

La bioeconomía

Nuevo marco para el crecimiento
sostenible en América Latina

Elizabeth Hodson de Jaramillo, Guy Henry, Eduardo Trigo
EDITORES ACADÉMICOS



Colección Prometeo: Tecnología y creatividad para la sostenibilidad



La bioeconomía.
Nuevo marco para el
crecimiento sostenible en
América Latina

La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina

Elizabeth Hodson de Jaramillo

Guy Henry

Eduardo Trigo

Editores académicos



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá



Reservados todos los derechos
© Pontificia Universidad Javeriana
© Centro de Cooperación Internacional en
Investigación Agronómica para el Desarrollo
(CIRAD)

© Guy Henry, Elizabeth Hodson de Jaramillo,
Eduardo Trigo, editores académicos

© Rafael Aramendis, Adriana Castaño, Ariel
Coremberg, Ramiro Costa,
Emilia Díaz, Marnix Doorn,
Amanda Gálvez Mariscal, Guy Henry, Irma
Hernández Velázquez,
Elizabeth Hodson de Jaramillo,
Marcelo Leal, Antonio G. Oliveira, Bernardo
Ospina, Manuel Otero,
Harold Patino, Marcelo Regúnaga,
Adrián G. Rodríguez-Vargas,
Eduardo Trigo, Sara Rankin, autores

Primera edición: junio de 2019
ISBN digital: 978-958-781-379-1
Número de ejemplares: 300
Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia



Editorial Pontificia Universidad Javeriana
Carrera 7 n.º 37-25, oficina 1301,
Bogotá, D. C.
Edificio Lutaima
Teléfono: 3208320 ext. 4205
www.javeriana.edu.co/editorial

Corrección de estilo:
Ella Suárez

Traducción al inglés:
John Oyuela

Diagramación:
Margoth de Olivos

Diseño de cubierta:
Claudia Rodríguez

Impresión:
Javegraf

Esta publicación conjunta está cofinanciada por el Proyecto INCO-NET ALCUE NET (2012-2017), un instrumento de acción de coordinación del 7º PM de la Comisión Europea, cofinanciado bajo el Acuerdo de subvención n.º 311953.

Pontificia Universidad Javeriana. Vigilada Mineducación. Reconocimiento como Universidad: Decreto 1270 del 30 de mayo de 1964. Reconocimiento de Personería Jurídica: Resolución 73 del 12 de diciembre de 1933 del Ministerio de Gobierno. Prohibida la reproducción total o parcial de este material sin autorización por escrito de los coeditores. Las ideas expresadas en este libro son responsabilidad de sus autores y pueden no coincidir con las posiciones de la Pontificia Universidad Javeriana.

Pontificia Universidad Javeriana. Biblioteca Alfonso Borrero Cabal, S. J.
Catalogación en la publicación

Hodson de Jaramillo, Elizabeth, editora académica
La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina+ Bioeconomy. New Framework for Sustainable Growth in Latin America / editores académicos, Elizabeth Hodson de Jaramillo, Guy Henry, Eduardo Trigo ; autores, Rafael Aramendis [y otros diecisiete]. -- Primera edición. -- Bogotá : Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2019.

384 páginas ; 24 cm
Incluye referencias bibliográficas.
ISBN : 978-958-781-378-4

1. Bioeconomía - América Latina 2. Economía ambiental - América Latina 3. Desarrollo sostenible - América Latina 4. Recursos naturales renovables - América Latina 5. Biomasa - América Latina 6. Energías limpias - América Latina I. Henry, Guy, editor 1954- II. Trigo, Eduardo J., editor. III. Aramendis-Ramírez, Rafael H., autor IV. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias

CDD 333.7 edición 21

Contenido

Prólogo	13
Introducción	15
Bioeconomía en Argentina: alcances, situación actual y oportunidades para el desarrollo sustentable	25
Introducción	25
El concepto de bioeconomía	26
Nuevas oportunidades para el desarrollo económico sostenible de Argentina	27
La producción de biomasa y las capacidades científico-tecnológicas como plataforma para el desarrollo de la bioeconomía en Argentina	30
Experiencias valiosas en el desarrollo de la bioeconomía argentina	35
Una estimación de la bioeconomía argentina en la actualidad	42
Reflexiones finales: temas para tener en cuenta respecto a una estrategia nacional que desarrolle la bioeconomía argentina	45
Referencias	48
Bioeconomía en Brasil: contexto general	49
Introducción	49
Políticas públicas y su aporte para los biocombustibles en Brasil	50
Programa de investigaciones en bioenergía	56
Plan de acción en ciencia, tecnología e innovación en bioeconomía	57
Desafíos y oportunidades para la bioeconomía brasilera	58

Brasil: modelos de sistemas productivos asociativos. Alimergia: producción integrada de alimentos, medio ambiente y energía	59
Introducción	59
Antecedentes	60
Cooperativa Mixta de Productores de Tabaco del Brasil Ltda.	61
Cooperativa Mixta de Producción, Industrialización y Comercialización de Biocombustibles del Brasil Ltda.	63
Observaciones	64
Consideraciones finales	67
Referencias	68
Bioeconomía en Chile	69
Introducción	69
Marco general de iniciativas públicas	69
Investigación y desarrollo	72
Estudios de caso	73
Agradecimientos	79
Referencias	80
Bioeconomía en Colombia	81
Introducción	81
Metodología de los estudios de caso	84
Presentación de los casos de estudio	88
Industria química	90
Análisis de los estudios de caso seleccionados de bioeconomía en Colombia	91
Conclusiones	98
Referencias	101
Bioeconomía en Costa Rica	103
Introducción	103
Bases políticas e institucionales para el desarrollo de la bioeconomía en Costa Rica	103
Oportunidades para el desarrollo de la bioeconomía en Costa Rica	109
Experiencias de bioeconomía en el sector privado	117

Conclusiones y comentarios finales	128
Referencias	131
Bioeconomía en México	133
Introducción	133
Casos seleccionados	136
Conclusiones	145
Referencias	146
Bioemprendimientos en Latinoamérica: jóvenes emprendedores	147
Introducción	147
Nuevos alimentos	149
Bioproductos	150
Inteligencia artificial al servicio de la biotecnología	153
Agroindustria	154
Energía y sostenibilidad	157
A modo de conclusión	159
Referencias	160
La bioeconomía en América Latina: recursos estratégicos, políticas públicas e institucionalidad	163
Introducción	163
La bioeconomía: nuevos rumbos para las políticas públicas	164
Recursos estratégicos para potenciar el desarrollo de la bioeconomía en América Latina	168
Marcos de políticas e institucionalidad relevantes	170
Oportunidades y desafíos	180
Referencias	184
Conclusión y perspectivas	187
Referencias	192

*La responsabilidad es la carga de la libertad:
obra de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles
con la permanencia de una vida humana auténtica en la Tierra.*

HANS JONAS

Prólogo

La bioeconomía constituye una estrategia basada en la idea de un uso más eficiente de los recursos, tecnologías y procesos biológicos para la provisión de bienes y servicios que nuestras sociedades demandan. Rápidamente está evolucionado hacia una visión amplia para el desarrollo sostenible que no solo se trata del aprovechamiento de los nuevos conocimientos y tecnologías que convergen y se potencian entre sí para ofrecer nuevas opciones impensadas como posibles hasta hace muy poco tiempo, sino también de un cambio total del papel de los recursos biológicos en la estructuración de las economías y la búsqueda de bienestar social. Más recientemente, se ha presentado como un camino viable para hacer frente a las demandas emergentes de los patrones de producción y consumo más en línea con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) sintetizados en la Agenda 2030.

Para los países de América Latina y el Caribe estas tendencias representan una nueva y potente oportunidad. La región no solo es un gran productor de biomasa sostenible, también cuenta con importantes desarrollos en sus capacidades científico-tecnológicas, así como en su infraestructura industrial y en el desarrollo de la bioenergía, donde se ha transformado en uno de los principales actores en los mercados internacionales. En lo estratégico esto representa la posibilidad de poder empezar a poner sobre una base diferente una discusión que lleva ya varios años; nos referimos a la de agricultura *vs.* industria como base de para las distintas estrategias de desarrollo. Los viejos “límites” sectoriales se vuelven difusos y poco relevantes, lo que da lugar a nuevas cadenas de valor y formas de aprovechar los recursos naturales, más allá de las restricciones impuestas por lo que se ha llamado la “trampa de los recursos naturales”.

El camino en esta dirección ya se ha empezado a recorrer y en los últimos años la visión de la bioeconomía se ha incorporado a muchas de las discusiones estratégicas a nivel regional, pero más importante, las iniciativas pensadas desde la visión de la bioeconomía en sectores productivos específicos se multiplican día a día en un proceso que claramente confirma el potencial de las ideas que las impulsan.

La obra que aquí se presenta resume a grandes rasgos estos procesos y acerca casos específicos que podrían considerarse emblemáticos por las oportunidades que encierran. Los análisis que se presentan son parte de una serie de proyectos regionales implementados con apoyo de la Comisión Europea, en los que participé desde diferentes perspectivas, primero como representante del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en Uruguay y Brasil, y luego, desde 2018, como director general de la Institución. En este sentido, como representante en el Uruguay, tuve la oportunidad de ser el anfitrión, en 2007, de una reunión del proyecto birregional ALCUE-Food, donde expertos latinoamericanos y europeos identificaron y discutieron las oportunidades que podía ofrecer la visión de la bioeconomía para los países de la región, en lo que sería la base del proyecto ALCUE-KBBE, en el cual participaron 12 países latinoamericanos y europeos y se ejecutó entre 2011 y 2014.

ALCUE-KBBE tuvo como objetivo principal construir las bases para una alianza estratégica entre la CE y las regiones de América Latina y el Caribe, para facilitar la colaboración y coordinación de la investigación e innovación en el área de la bioeconomía basada en el conocimiento, incluyendo agricultura, pesca, silvicultura, alimentos y biotecnologías relacionadas, donde el IICA fue un participante activo; como parte de sus actividades en 2012, y como representante en Brasil, nuevamente oficiamos de anfitriones de la primera reunión regional para identificar las prioridades de I+D para el desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe. Este proyecto representó un hito regional en la discusión del valor de la visión de la bioeconomía, no solo para el desarrollo de las agriculturas de los países de América, sino también como eje prioritario para su cooperación con los programas europeos; luego esto se sustanció en el hecho de que la bioeconomía se transformara en una de las áreas de trabajo de la Iniciativa Conjunta para la Investigación y la Innovación (JIRI) en el marco de las Cumbres de Jefes de Estado y de Gobierno de los países de América Latina y el Caribe y de la Comunidad Europea.

Estas experiencias han sido determinantes para que como director general del IICA, decidiera presentar como parte del nuevo Plan de Mediano Plazo (2018-2022) aprobado por el Comité Ejecutivo de la Junta Interamericana de Agricultura en julio de 2018, el Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo, el cual apoya de manera integrada los esfuerzos de los países de la región en pos del desarrollo de sus bioeconomías. En este contexto es un honor para mí poner a su consideración el contenido de esta obra.

MANUEL OTERO

Director General

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA

Introducción

Guy Henry,* Elizabeth Hodson de Jaramillo,** Rafael Aramendis,***
Eduardo Trigo**** y Sara Rankin*****

Posterior a la revolución verde, los países de América Latina optaron por modelos de desarrollo que impulsaran el crecimiento económico basándose en los recursos naturales y la sustitución de importaciones. Ese fue un esquema débil, debido a la poca agregación y diversificación de valor que recibía por parte de la industria y a la consideración de que los recursos naturales son limitados e indispensables para su sostenibilidad. Muchos países quedaron atrapados en el mercado de los productos básicos como materias primas, *commodities*, sujetos al vaivén de su disponibilidad y a sus precios cambiantes. Como respuesta a esta situación, surgió el concepto *bioeconomía*, que representa un modelo socioeconómico que reduce la dependencia de los recursos fósiles y promueve la producción y utilización intensiva del conocimiento sobre los recursos, procesos y principios biológicos, para el suministro sostenible de bienes y servicios en todos los sectores económicos (bioenergía, agrícola y bioinsumos, alimentos, fibras, productos para la salud, productos industriales y bioplásticos) a la vez que contribuye de manera decidida al bienestar humano y a “descarbonizar” la economía para dar cumplimiento a los diversos acuerdos ambientales globales para la sostenibilidad.

Este concepto reconoce el rol primordial del conocimiento científico-tecnológico como motor fundamental para redefinir las relaciones entre el agro, la biomasa y la industria. Con este enfoque, los procesos basados en la biomasa como materia prima son circulares y sostenibles: se reduce al mínimo la producción de residuos o desechos, se generan nuevos productos y servicios en múltiples sectores, lo que permite abordar de forma integral y coherente los retos de una región y, al mismo tiempo, crear nuevas fuentes de crecimiento económico y social equitativo, desde una perspectiva territorial. El objetivo primario de la bioeconomía es disminuir el uso de energía fósil no renovable

* Bioeconomista. Líder en Sistemas Agroalimentarios Sostenibles CIRAD, Montpellier.
guy.henry@cirad.fr

** Profesora emérita de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. ehodson8@outlook.com

*** Gerente general de Suricata SAS, Bogotá, Colombia. rafael.aramendis@suricata.com.co

**** Economista agrícola. Centro de Agronegocios y Alimentos, Universidad Austral, Rosario, Argentina.
ejtrigo@gmail.com

***** Bioeconomy Project Manager, CIRAD/CIAT, Cali, Colombia. s.rankin@cgiar.org

y sustituirla por recursos renovables en un contexto de sostenibilidad ambiental, social y económica, mediante producción, transformación y consumo de materiales biológicos y reducir al mínimo la obtención de residuos contaminantes (Henry, Hodson, Aramendis, Trigo y Rankin, 2017).

La bioeconomía propone un modelo económico en el cual la producción de bienes y servicios se basa en el uso eficiente y sostenible de los recursos biológicos (genes, biomasa de bacterias, plantas y animales) y de los recursos naturales (como suelo y agua), así como el aprovechamiento de los desechos que se generan en su transformación, reduciendo el uso de energía fósil y contribuyendo al objetivo global de descarbonizar la economía.

La bioeconomía es una respuesta a cuatro retos globales emergentes y convergentes: 1) el incremento de la población mundial (nueve billones de personas para 2050); 2) el aumento en la demanda global de biomasa (al menos un 60 % por encima de los índices actuales), que agrava la escasez de recursos naturales; 3) la evidencia creciente de que la era del petróleo y la energía barata está por acabar, y 4) las preocupaciones sobre el cambio climático. Esta situación evidencia que continuar con el mismo modelo de desarrollo no es una opción y que la bioeconomía será una herramienta indispensable para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

Lo que diferencia este nuevo modelo económico de otros es la incorporación del conocimiento en la definición de nuevas alternativas y senderos productivos, que permiten migrar de la insostenible economía del petróleo a la economía de la biomasa, y pasar del uso de fuentes no renovables a esquemas y procesos renovables que podrían denominarse *fotosíntesis en tiempo real*, poniendo emisión y secuestro de gases efecto invernadero (GEI), en el mismo tiempo geológico y no separados por millones de años como ocurre en el caso del petróleo. El conocimiento actual sobre los procesos biológicos, así como la capacidad de intervenirlos y manipularlos en función de intereses u objetivos específicos, permite, por un lado, proponer soluciones y, por otro, generar oportunidades (productos, procesos o servicios) y, de esta manera, con la aplicación de avances científicos, abrir campos innovadores poco conocidos, pero muy promisorios. Ya no se trata de los procesos tradicionales de agregación de valor, sino de la aparición de cadenas o redes de valor completamente nuevas que aprovechan las tecnologías de ‘cascada’ para optimizar los procesos en múltiples productos y, paralelamente, generar circularidad y, por lo tanto, una mayor sostenibilidad. Los elementos centrales de la bioeconomía son los recursos, los procesos y los principios biológicos, así como todas las tecnologías —convencionales y modernas— asociadas a su conocimiento, desarrollo, transformación o regeneración. En resumen, la bioeconomía se basa en la transición de la dependencia de combustibles fósiles a una situación en la cual la agricultura no

solo contribuya a la seguridad alimentaria, sino también a la producción de biomasa como materia prima renovable para la industria, la generación de energía y otros usos.

Los elementos centrales de la bioeconomía son los recursos, los procesos y los principios biológicos, así como todas las tecnologías (convencionales y modernas) asociadas con su conocimiento, desarrollo, transformación o regeneración (Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld, 2017). Las estrategias biobasadas cambian los balances establecidos respecto a patrones de acceso, uso de recursos y distribución de beneficios, para promover el incremento de la productividad y la competitividad de los productos de la economía de un territorio dado. Se crea la necesidad de que la comunidad tenga una mejor comprensión con procesos claros de toma de decisiones para identificar y manejar las ventajas y desventajas emergentes entre las actividades viejas y las nuevas, entre las diferentes escalas de aplicación y entre el corto y largo plazo. Una estrategia clave es el fortalecimiento de la capacitación a todo nivel, la promoción de capacidades empresariales y los procesos de comunicación y toma de decisiones. Adicionalmente, es fundamental impulsar la articulación de las diversas acciones institucionales bajo principios de competitividad, equidad, sostenibilidad, multisectorialidad y descentralización.

Por ende, la implementación de una bioeconomía requiere una plataforma de actores clave, en la cual el sector productivo esté en diálogo continuo con diferentes ministerios y agencias públicas, con la academia y con la sociedad civil. La transición exitosa hacia la bioeconomía, en un territorio determinado, va a necesitar un esfuerzo intenso en el desarrollo del recurso humano y en mejores mecanismos para la participación social inclusiva e incluyente. Los procesos biobasados precisan no solo una sólida base tecnológica y un reordenamiento de la base de habilidades científicas para innovación y desarrollo, sino que productores e industriales sean capaces de manejar los nuevos procesos (innovación), por lo general, mucho más intensivos en conocimiento que los enfoques convencionales.

La bioeconomía ha cobrado impulso en el mundo y es una realidad en muchos países desarrollados como Alemania, Francia, Finlandia, Holanda, Rusia y Japón. En los inicios de 2018, cerca de cincuenta países incluían políticas definidas o estrategias de bioeconomía en sus planes de desarrollo, y ya se han establecido estrategias subregionales (Consejo Alemán de Bioeconomía, 2018). Los planteamientos se encuentran alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en busca del crecimiento económico interno, la protección ambiental, la competitividad y el empleo, de forma tal que promuevan la inclusión social. En la Unión Europea, por ejemplo, este modelo permite originar empleo para alrededor de veintidós millones de personas en las industrias agroalimentaria, química, biotecnológica, forestal y energética, con un volumen anual de negocio de alrededor de dos trillones de euros ($\text{€ } 2 \times 10^{18}$).

Reflexiones de bioeconomía frente al sector agropecuario*

Juan Lucas Restrepo

Director de Corpoica (actual Agrosavia), Colombia

Nuestra cultura política y productiva en el sector agropecuario sigue siendo primordialmente cortoplacista. Una costosa fórmula de supervivencia que pone en riesgo nuestra economía agraria en el largo plazo.

Hay esperanza. En la última década han comenzado a aparecer modelos en el sector agropecuario colombiano que aplican los principios de la bioeconomía. Uno de los más significativos es un desarrollo considerable de nuevos bioproductos que comienzan a ser aprovechados no únicamente en aquellos modelos de producción etiquetados como "orgánicos", sino por productores que vienen incorporándolos en sistemas productivos convencionales, porque están viendo en ellos una herramienta valiosa para dar sostenibilidad a sus emprendimientos y para minimizar los impactos negativos ambientales y de imagen negativa de la producción agrícola en parte de la sociedad.

Debemos seguir de cerca los desarrollos asociados a las estrategias en bioeconomía de algunos países desarrollados para saber cómo aprovechamos los mismos con esfuerzos focalizados en nuestra propia economía como desarrollar una oferta competitiva de generación de biomasa local aprovechando nuestras condiciones de trópico donde tenemos ventajas comparativas para sacarle el mayor provecho a los desarrollos de terceros.

*Aportes del autor en el Foro Nacional de Bioeconomía, Colombia, 2017. Disponible en: <https://blog.ciat.cgiar.org/es/la-bioeconomia-motor-de-desarrollo-integral-para-colombia/>

No hay una sola forma de bioeconomía, sino muchas que se ajustan a las condiciones locales y las posibilidades de cada situación. La bioeconomía se define de maneras muy distintas alrededor del mundo y la terminología empleada también difiere; pero, en el fondo, las políticas en bioeconomía abarcan o engloban la innovación y la sostenibilidad integral en sus dimensiones sociales, ambientales y económicas, asociadas con el crecimiento de la economía y el empleo. Según los enfoques y abordajes, se utilizan diversos términos, cada uno con sus sesgos particulares, entre los cuales se encuentran: bioeconomía, economía de base biológica, economía verde, crecimiento verde, economía circular. Los aspectos comunes a las diversas definiciones de la bioeconomía son su relación con el conocimiento y la ciencia, la tecnología y la innovación, con la aplicación de biotecnologías y la reducción de la dependencia con respecto a los combustibles fósiles, así como el valor agregado de los productos, y los conceptos de sostenibilidad y ecoeficiencia.

La definición global recientemente ajustada en la Cumbre Mundial de Bioeconomía 2018 (Global Bioeconomy Summit, 2018) es: "la bioeconomía es la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluido el conocimiento relacionado, la ciencia, la tecnología y la

innovación, para suministrar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, en busca de una economía sostenible”. Se trata de un proceso de transformación social dinámico y complejo que requiere políticas a largo plazo. La visión de una bioeconomía sostenible es la *biologización* de la economía con nuevos procesos y productos industriales de base biológica (*biobasados*), lo que implica cambios en el comportamiento de los consumidores.

Para América Latina y el Caribe es un enfoque muy pertinente, puesto que se encuentra en una posición privilegiada, dada su abundancia en recursos naturales (biodiversidad, agua, tierra, entre otros), aunque se requiere fortalecer sus capacidades en ciencia, tecnología e innovación (CTI), así como promover la cooperación tecnológica. Por otro lado, es preciso adoptar políticas públicas sólidas y estrategias viables para promover el desarrollo de la bioeconomía en la región, para lo cual se hace indispensable la articulación entre las instituciones, la coordinación y gobernanza que fomenten los desarrollos requeridos. En la región se encuentran importantes desarrollos en diferentes áreas (senderos) en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Perú, México, entre otros países. Es claro que cada país y cada región deben establecer su propia agenda de desarrollo bioeconómico, basada en una ecuación que incluye, por una parte, el territorio, sus capacidades y vocaciones, y, por otra, las posibilidades y oportunidades que la tecnología brinda, acompañando todo el proceso por un eje conductor transversal, como lo es la formación del recurso humano capaz de liderar la transformación.

Por las anteriores razones, este libro presenta ejemplos de diferentes enfoques, así como algunas experiencias de países de América Latina que transitan hacia la construcción de una estrategia nacional específicamente dedicada a la bioeconomía. Brasil, con la aplicación exitosa de la bioeconomía enfocada en la obtención de bioenergía y donde se están proponiendo mecanismos alternativos de asociaciones para que el pequeño agricultor se encuentre incluido y se beneficie de las tecnologías; Colombia, que explora la valoración y uso de los recursos de la biodiversidad como punto de entrada a la bioeconomía; Chile, con la obtención de bioproductos; Costa Rica, con ejemplos de agregación de valor en las cadenas agroalimentarias, y México, donde las *spin-off* y las *start-up* tienen ya productos en el mercado como biofertilizantes y biofungicidas en asocio con compañías multinacionales —donde algunas empresas nacionales obtienen etanol por medio de fuentes no convencionales (cianobacterias) y otras desarrollan, venden y exportan alimentos funcionales, bioplásticos y enzimas industriales—. También se presentan ejemplos de emprendimientos de jóvenes investigadores de la región con alto potencial social y económico, así como un análisis regional asociado con el efecto de las políticas públicas en la promoción de la bioeconomía en la región de Latinoamérica y el Caribe (LAC).

Desarrollo de la agroindustria de la palma de aceite en el marco de la bioeconomía*

Jens Mesa Dishington
Presidente de Fedepalma, Colombia

El sector palmero ha sido pieza clave para el desarrollo de la política de biocombustibles, en virtud del rol del aceite de palma como principal insumo para la producción de biodiésel. Un estudio de análisis del ciclo de vida para el biodiésel de palma en Colombia, contratado por el Ministerio de Minas y Energía, dio como resultado que el biodiésel de palma colombiano tiene una reducción potencial de gases efecto invernadero alrededor del 83%.

La generación de bioproductos que sirvan como insumo para la industria química y para productos farmacéuticos, nutricionales y biocosméticos, así como la creación de nuevos bioservicios como aquellos relacionados con la medicina celular y células madre, pueden llegar a ser el futuro de este sector.

Se identificó que dentro del portafolio exportador de Colombia la palma de aceite puede llegar a abarcar aún más clústeres potenciales que el mismo petróleo. En aras de abordar estos retos de diversificación y de agregación de valor, la inversión pública en temas tan importantes como la ciencia y la tecnología debe ser consecuente con las estrategias que se desea emprender para lograr una economía sostenible. Mientras el promedio mundial del gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB está alrededor de 2,1%, el gasto de Colombia fue de tan solo el 0,2%.

El sector agrícola, en particular, ha tenido que sustentar sus actividades de investigación y desarrollo primordialmente en los recursos de la parafiscalidad agropecuaria, sin que esto haya sido acompañado de recursos gubernamentales. De igual manera, es importante fomentar la inversión del sector empresarial, mediante estímulos económicos para sus iniciativas de innovación y para su reconversión tecnológica. Solo con la suma de esfuerzos del sector productivo, la academia y el Estado, Colombia podrá ubicarse en la senda del crecimiento sostenible.

*Aportes del autor en el Foro Nacional de Bioeconomía, Colombia, 2017. Disponible en <https://blog.ciat.cgiar.org/es/la-bioeconomia-motor-de-desarrollo-integral-para-colombia/>

La discusión en nuestra región apenas comienza y es oportuno mencionar los temas emergentes planteados en el mundo. En la reciente Cumbre Mundial en Bioeconomía (abril de 2018) se definieron temas relevantes para agendas de investigación y políticas, principalmente enfocados en la estrecha relación de la bioeconomía con el manejo y adaptación al cambio climático; las consecuencias en la salud; la digitalización y tecnologías convergentes (bio, nano, informática); la comunicación y confianza del público en las ciencias y tecnologías transformadoras; la educación interdisciplinaria y entrenamiento a todos los niveles; la biodiversidad como recurso y base de la bioeconomía; la bioeconomía marina y de océanos; las fuentes innovadoras de financiamiento, y la bioeconomía en las ciudades. Entre las

recomendaciones se encuentra el establecimiento de mecanismos internacionales de coordinación y de intercambio de conocimientos, con actores del foro, así como la participación de organizaciones de las Naciones Unidas en foros de desarrollo sostenible, biodiversidad e innovación, particularmente en el Acuerdo de París en Cambio Climático (Global Bioeconomy Summit, 2018).

Senderos productivos de la bioeconomía para LAC
identificados en el proyecto ALCUE-KBBE (Knowledge Based Bio-Economy)*

Se han identificado algunos “senderos productivos” que conducen a producir más con menos y a reducir el impacto ambiental, aunque los procesos como los autores señalan están en proceso de maduración:

1. **Valorización de los recursos de la biodiversidad:** cubre todos los escenarios donde el elemento diferenciador es la adición de valor a través de procesamiento o transformación innovadora, desarrollo de mercados para productos, uso de rasgos funcionales y desarrollo de nuevos productos locales, etc.
2. **Ecointensificación:** se relaciona con las prácticas agronómicas dirigidas a reducir el impacto ambiental de las actividades agrícolas sin sacrificar los niveles existentes de producción/productividad (labranza mínima, bioinsumos, agricultura de precisión).
3. **Aplicaciones de la biotecnología** (productos y procesos): incluye el cultivo de tejidos, la selección asistida por marcadores (en cultivos y animales), semillas genéticamente modificadas, diagnóstico molecular, mejoramiento de reproducción animal a través de técnicas moleculares, enzimas modificadas, microorganismos y levaduras, etc. Esto se extiende tanto para el manejo de recursos naturales como para alimentos, fibras e industrias químicas y para suministro de energía.
4. **Servicios ecosistémicos:** incluye los procesos a través de los cuales el ambiente suministra los recursos utilizados por los humanos como el aire, agua, alimentos y materiales. Dada la naturaleza especial de la relación e interacción entre los recursos naturales y las actividades sociales y económicas en el enfoque de bioeconomía, una perspectiva ecosistémica es un componente fundamental en cualquier estrategia sostenible de bioeconomía.
5. **Eficiencia de las cadenas de valor:** incluye actividades que (1) reducen las pérdidas por residuos en cualquier nivel que sucedan y (2) apuntan al desarrollo de los vínculos con mercados necesarios para los bioproductos innovadores.
6. **Biorrefinerías y bioproductos:** se refiere al sector de la bioenergía y a los procesos que apuntan a la sustitución de combustible fósil como insumo industrial. Por ejemplo, las plantas de etanol, biodiésel, biogás, y las diferentes actividades de química verde.

* Eduardo J. Trigo, Guy Henry, et al. Bioeconomy Working Paper No. 2013-01. Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean. alcue-kbbe Project.

En el contexto de LAC, los pasos iniciales para el impulso a la bioeconomía se dieron en 2008, en Buenos Aires, en un taller birregional entre la Unión Europea y América Latina como evento final de un proyecto en el marco del Programa 6 de la Comisión Europea (ALCUE-Food). Ahí se formularon y construyeron propuestas y estudios que buscaron involucrar a actores de los diferentes ámbitos alrededor de la construcción del modelo naciente de bioeconomía en la región. La Comisión Europea ha venido apoyando decididamente varias actividades con enfoque birregional, como es el caso del Proyecto ALCUE-KBBE (bioeconomía basada en el conocimiento, 2011-2014), y el Latin America, Caribbean and European Union Network on Research and Innovation [ALCUE-NET], 2014-2017. En estas actividades se han analizado y discutido potencial, oportunidades, capacidades, experiencias en marcha, políticas específicas y condiciones para el desarrollo de la bioeconomía tanto en la región como en los países, lo que ha permitido plantear agendas de investigación y propuestas relacionadas con el tema (Hodson de Jaramillo, 2014). Los resultados permiten contar con evaluación importante sobre la situación, los limitantes y las oportunidades de la región, además de su base de recursos naturales, políticas y capacidad de investigación y desarrollo, listados de proyectos en curso relevantes para la implementación de la bioeconomía; y permitió proponer un listado de senderos o rutas y de buenas prácticas.

El proceso y el análisis de las experiencias y dinámica de la bioeconomía en la Unión Europea también llevaron a reflexiones y preguntas en relación con el contexto de LAC y los principales desafíos para la implementación del modelo de desarrollo basado en la bioeconomía como: 1) ¿qué tan importante es (y puede ser) la bioeconomía para LAC? ¿Cuál sería el valor económico de la bioeconomía para un país, región o sector?; 2) ¿cuál es el valor potencial de los sectores con base biológica (biobasados)?; 3) ¿cuáles son los principales factores de éxito y cuáles las limitaciones para las empresas biobasadas?; 4) ¿cómo afectan las políticas públicas el desarrollo de la bioeconomía? También se consideraron situaciones como desarrollo de modelos sostenibles que beneficien a los pequeños agricultores, o de procesos industriales que hagan uso eficiente de los recursos acuáticos, y como punto de interés primordial para todos los países en LAC, el aprovechamiento y valorización de biomasa residual para, por un lado, reducir el problema de contaminación y, por otro, obtener productos de valor agregado incluyendo energía renovable, fertilización del suelo, piensos o bioproductos diversos.

Para toda la región LAC es claro que el viraje hacia una economía basada en la biomasa en sustitución de los combustibles fósiles representa un cambio significativo en los sistemas socioeconómicos, agrícolas, energéticos y tecnológicos convencionales. La bioeconomía apalanca innovaciones en las ciencias de la vida y en las bioindustrias para alcanzar un crecimiento ecológico y social sostenible,

así como la generación de empleo con base en esta utilización sostenible de los recursos biológicos. Para que el enfoque bioeconómico se convierta en el motor de la transformación hacia la sostenibilidad en un contexto de economía circular, es indispensable un enfoque más sistemático, intersectorial e internacional, con políticas públicas de apoyo decidido hacia este modelo.

Referencias

- Consejo Alemán de Bioeconomía. (2018). *Bioeconomy policy (part III) update report of national strategies around the world: A report from the German Bioeconomy Council*. Recuperado de http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Bioeconomy-Strategies-around-the_World_Part-III.pdf
- Global Bioeconomy Summit. (2018). *Communiqué*. Documento procedente del Global Bioeconomy Summit 2018-Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing. Recuperado de http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Communique.pdf
- Henry, G., Hodson, E., Aramendis, R., Trigo, E. y Rankin, S. (2017). *La bioeconomía: Motor de desarrollo integral para Colombia*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical. Recuperado de <https://ciat.cgiar.org/es/la-bioeconomia-motor-de-desarrollo-integral-para-colombia/>
- Hodson de Jaramillo, E. (Ed.), (2014). *Towards a knowledge based bio-economy in Latin America and the Caribbean*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rodríguez, A. G., Mondaini, A. O. y Hitschfeld, M. A. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe: Contexto global y regional y perspectivas*. Santiago de Chile: Unidad de Desarrollo Agrícola, División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Trigo, E. J., Henry, G., Sanders, J., Schurr, U., Ingelbrecht, I., Revel, C., Santana, C. y Rocha P. (2013). *Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean*. Bioeconomy Working Paper No. 2013-01. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/273761114_Towards_bio-economy_development_in_Latin_America_and_the_Caribbean

Bioeconomía en Argentina: alcances, situación actual y oportunidades para el desarrollo sustentable

Eduardo Trigo,* Marcelo Regúnaga,** Ramiro Costa,*** Ariel Coremberg****

Introducción

La bioeconomía, entendida como el conjunto de sectores que utiliza procesos y recursos biológicos para la obtención de bienes y servicios, aparece como un concepto que se viene consolidando como alternativa para el desarrollo de una economía que, a nivel global, debe hacer frente al doble desafío de atender las demandas de alimentos, fibras y energía de una población que va en camino de superar los diez mil millones de personas antes del final del siglo XXI, y al mismo tiempo revertir, o al menos mitigar, los impactos negativos sobre el medio ambiente y los recursos naturales que están generando los patrones actuales de organización económica.

Para Argentina, la bioeconomía representa una opción de particular importancia, porque aplica en áreas de fortaleza, como la disponibilidad de biomasa y las capacidades científico-tecnológicas; así como en la larga trayectoria de la institucionalidad privada vinculada al sector agroindustrial. Adicionalmente, potencia algunos aspectos básicos del “saber hacer” del país; su carácter de un gran y muy eficiente productor de biomasa, lo cual es ampliamente reconocido, en los ámbitos nacional e internacional. Existe un amplio consenso respecto a que los techos de producción y productividad de biomasa en Argentina se pueden incrementar de manera significativa en los próximos años. Paralelamente, avanzar en la consolidación de una bioeconomía efectiva y eficiente permitiría instrumentar una estrategia de desarrollo territorial más equilibrada que

* Economista agrícola, Centro de Agronegocios y Alimentos, Universidad Austral, Rosario, Argentina. ejtrigo@gmail.com

** Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina. marceloregunaga@gmail.com

*** Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina.

**** Universidad de Buenos Aires, Argentina.

la existente, dadas las ventajas de localización en las respectivas regiones de las industrias basadas en el aprovechamiento de las distintas fuentes de biomasa.

Estas fortalezas ya se han manifestado en diversos desarrollos exitosos que permiten aseverar que la bioeconomía es un proceso en marcha en Argentina. La emergencia y crecimiento de empresas argentinas de biotecnología, la utilización masiva de organismos genéticamente modificados (OGM), la amplia difusión de estrategias productivas amigables con el medio ambiente, la producción de biocombustibles y el aprovechamiento de algunos de sus coproductos para alternativas de desarrollo productivo regional y de producción de biomateriales y bioenergías son claros ejemplos de dicho proceso y de los beneficios que puede aportar al país una estrategia de desarrollo integral de la bioeconomía.

El capítulo presenta las principales estrategias conceptuales de la bioeconomía; describen la oportunidad que brinda esta para instrumentar el desarrollo de largo plazo de Argentina; reseña las condiciones particulares del país como productor de biomasa y el apoyo científico-tecnológico; señala algunas experiencias relevantes que se encuentran en marcha en Argentina; da una aproximación estimada de la dimensión de la bioeconomía argentina, y reflexiona sobre los desafíos que enfrentará el país en la transición hacia una estrategia de desarrollo económico y social basada en la bioeconomía, planteando algunos interrogantes que será necesario resolver en su instrumentación.

El concepto de bioeconomía

El mundo se encuentra en un momento muy particular, tanto por los desafíos que enfrenta como por las oportunidades emergentes de las nuevas tecnologías. La necesidad de anticipar y responder a las demandas que generará en las próximas décadas el crecimiento de la población y de la economía mundial, conjuntamente con las crecientes restricciones en cuanto a la disponibilidad de recursos necesarios para hacer frente a esas demandas de una manera sostenible, resalta de manera cada vez más terminante que continuar con lo mismo (el *business as usual*) es un escenario que difícilmente se pueda mantener durante mucho tiempo más (Gerland et al., 2014).

En las dos últimas décadas, tanto en instancias internacionales como en nacionales, la bioeconomía ha sido claramente identificada como una estrategia de desarrollo deseable. Independientemente del enfoque —el uso de la biomasa o el rol del conocimiento—, el hilo conductor es el papel de la innovación (tecnológica, logística, empresarial y mercados), que apunta a mejorar la captura de la energía solar y su transformación en otras fuentes de energía, productos y servicios, a fin de influir en el impacto ambiental de las actividades de producción, distribución y consumo, y para promover un uso más eficiente y sostenible de los recursos naturales en general.

El actual desarrollo económico depende principalmente del empleo de recursos fósiles para la obtención de energía, químicos y otros insumos industriales. Estos recursos representan procesos de fotosíntesis de hace millones de años, cuyo aprovechamiento hizo posible la ingeniería y la química modernas, pero también se reconocen como uno de los principales impulsores de los procesos de cambio climático que están afectando a la humanidad (Haggett, Nájjar y Ramazzini, 1998). La bioeconomía, por su parte, se basa en un concepto que puede plantearse como *fotosíntesis en tiempo real*, donde el uso de la biomasa natural como fuente principal de energía y carbono pone dentro de una misma era geológica a los procesos de emisión y secuestro de carbono y, por lo tanto, ofrece una importante mejora en cuanto al impacto ambiental de las actividades económicas involucradas.

La biotecnología es el componente principal del conjunto de conocimientos y tecnologías que hacen que la bioeconomía sea la realidad de nuestro tiempo, pero no es la única plataforma tecnológica que interviene. Otras tecnologías permiten la captación de datos a gran escala y complementan las nuevas tecnologías biológicas para una agricultura mucho más efectiva en cuanto al uso del suelo y su impacto ambiental. Por su parte, la nanotecnología también contribuye a estos procesos, en una convergencia donde los avances en un campo potencian unos a otros (National Research Council, 2014).

Las interacciones biomasa/conocimientos/innovación, así como la “circularidad” ambiental implícita, permiten presentar la bioeconomía como un instrumento importante para hacer frente a los desafíos interrelacionados de seguridad alimentaria, agotamiento de recursos y cambio climático que hoy se plantean y que, al mismo tiempo, posibilitan un crecimiento económico sostenible a través nuevas actividades y cadenas de valor basadas en bioproductos.

Nuevas oportunidades para el desarrollo económico sostenible de Argentina

El contexto internacional plantea la necesidad de fomentar una sociedad menos dependiente de los recursos fósiles, que haga un uso mejor y más eficiente de sus recursos naturales renovables, es decir, bastante diferente a la que conocemos en la actualidad. Esto significa un nuevo escenario económico en relación con las ventajas comparativas, los sectores, los países y las competitividades relativas, lo que demanda nuevas políticas e instituciones capaces de contener y orientar el comportamiento de los distintos actores de la economía, para optimizar el aprovechamiento de las oportunidades existentes y minimizar los costos de transición hacia las nuevas situaciones.

Las oportunidades para Argentina en el marco de la bioeconomía deben considerarse según la circunstancia de que la mayoría de los sectores o segmentos de mercado que la integran son

nuevos, de reciente aparición y, por consiguiente, aún no se han consolidado, y donde las barreras a la entrada no están totalmente definidas, por lo que existen beneficios extraordinarios por parte de quienes entren en los nuevos mercados. El escenario actual que plantea la bioeconomía para Argentina parece ser muy diferente al que se enfrentó a principios del siglo pasado, con la inserción del país en los mercados internacionales como proveedor de productos básicos *commodities*. En aquel periodo, y como parte de los procesos económicos que surgieron de la Revolución Industrial y la aparición del petróleo, Argentina se integró al mundo mediante lo que se podrían llamar las cadenas de valor cortas, en las que la agricultura local era parte de las cadenas globales de la época, aportando materias primas, pero con limitado agregado de valor en servicios (financieros, transporte local e internacional) o transformación (procesamiento de alimentos y fibras), excepto en unos pocos sectores orientados al mercado interno.

Este sistema sirvió para que la naciente república atrajera inmigrantes y capitales a la producción primaria y creciera. Pronto se argumentó que esta alternativa no sería suficiente para absorber una población urbana en crecimiento: surgió así el conflicto agricultura-industria como sectores contrapuestos, sin retroalimentaciones evidentes entre ellos. Desde entonces, comenzó un largo ciclo de carácter pendular entre el *desarrollo agropecuario*, visto como un sector “tradicional” sin capacidad de generar empleo suficiente, al que había que desatender y desproteger comercialmente, y el *desarrollo industrial*, concebido como “el progreso”. Se trata de una visión imperante durante muchas décadas en la que se priorizó la sustitución de importaciones como estrategia de desarrollo.

La visión de la bioeconomía permite replantear los vínculos entre la agricultura y la industria, más allá de los puntos de vista tradicionales. La *biologización* de la economía es una estrategia de crecimiento que cruza todos los sectores y donde las interacciones se expanden, para incluir un conjunto mucho más complejo y estratégico de relaciones de insumo-producto e intersectoriales. Un desarrollo industrial moderno y competitivo basado en la biomasa y el conocimiento implica un análisis cuidadoso de las sinergias intersectoriales y la búsqueda de alternativas de desarrollo complementario, es decir, un nuevo paradigma para el desarrollo económico y social de Argentina, basado en la creación de competitividad genuina.

La confluencia de los factores que definen el modo de vida actual (crecimiento de la demanda, cambio climático, restricciones de recursos naturales, inicio del fin de la era del petróleo), adicionado a la irrupción de la biotecnología como instrumento para aprovechar mejor los procesos biológicos, están abriendo un ciclo de reacomodamiento que vuelve a poner el foco en la capacidad de producir y procesar eficientemente la biomasa.

El desafío para Argentina es no repetir el error anterior de las visiones intersectoriales antagónicas y aprovechar el nuevo ciclo de una manera más sistémica, avanzando en las oportunidades

de integración entre la agricultura (principal fuente de producción de biomasa, no solo en la pampa húmeda) con las nuevas instancias industriales, basadas en el aprovechamiento de la biomasa para la producción de bioenergías y bioproductos, sino integrarse a los procesos globales —a la bioeconomía global— a partir de productos finales o, al menos, con insumos intermedios resultantes del procesamiento de la biomasa.

Una breve revisión de lo que está ocurriendo en el mundo con el desarrollo de la bioeconomía en distintos países permite apreciar que existen tres tipos de situaciones (Kircher, 2012):

- Los que tienen una amplia disponibilidad de recursos naturales para la producción de biomasa y, al mismo tiempo, una base industrial y de ciencia y tecnología bien desarrollada y madura (Estados Unidos, Canadá y Rusia).
- Los que tienen una base industrial y científico-tecnológica bien desarrollada, pero carecen de producción propia de biomasa de relevancia global (la mayoría de los países europeos).
- Los que disponen de amplia producción actual o potencial de biomasa y sistemas científico-tecnológicos relativamente desarrollados, pero tienen deficiencias en sus capacidades industriales (Brasil, Argentina, Malasia, Colombia y México).

Argentina es parte de este último grupo en el que, claramente, la oportunidad está en su condición de gran productor de biomasa (actual y potencial, tanto en volumen como en diversidad). El desafío estratégico es cómo construir, sobre esta base y las capacidades científico-tecnológicas existentes, los senderos de desarrollo industrial para aprovechar efectivamente ese potencial.

Los principales ejes de inserción son en las áreas energética y alimenticia. En esta última está la doble oportunidad de asegurar que el potencial productivo del país —hoy estimado conservadoramente en volúmenes cercanos o superiores en un 50 % de los volúmenes actuales, alcanzables en el término de una década— se transforme en realidad, de manera que continúe siendo un componente estratégico de la seguridad alimentaria global y, al mismo tiempo, se aprovechen las tecnologías de “cascada” para que, de forma similar a lo que ocurre en el caso de los hidrocarburos, se produzcan amplias familias de productos (alimentos, bioenergéticos, biomateriales, insumos para la industria, etc.) que permitan agregar valor a una gran diversidad de industrias y adecuar la producción a las nuevas demandas alimenticias de poblaciones crecientemente urbanas y con requerimientos específicos en cuanto a forma, tiempo y espacio, y al mismo tiempo contribuyan a un mejor desempeño ambiental de los productos y sus procesos productivos, incorporando el concepto de *economía circular*.

En lo energético, además de los biocombustibles convencionales (etanol o biodiésel), la oportunidad apunta a la circularidad implícita en la bioeconomía y la posibilidad de transformar

costos actuales (disposición de los residuos biológicos de la industria, así como residuos sólidos urbanos) en insumos energéticos, que no solo contribuyan positivamente al balance energético del país, sino que representen una fuente de competitividad industrial mediante la reducción de los costos de la energía local (Golden y Hanfield, 2014).

Las ventajas que se derivan de la amplia disponibilidad de biomasa para Argentina no son, de ninguna manera, menores. La biomasa no es una categoría homogénea y hay diferencias significativas en cuanto a la localización, la densidad energética y la transportabilidad de los distintos tipos. También, por sus características físicas (esencialmente gran volumen) y su bajo precio unitario, en la mayoría de los casos “viaja mal”, es decir, su transporte a grandes distancias para el procesamiento no es eficiente desde el punto de vista económico, todo lo cual debe ser reflejado en las estrategias de desarrollo regional que se diseñen para su utilización y valorización *in situ*. Las implementaciones en este sector requieren su localización cercana a la materia prima, de manera tal que represente una fuente de competitividad para las regiones donde se produce y que sea un buen punto de partida para el desarrollo de las nuevas cadenas de valor con una amplia cobertura territorial. Estas características destacan la dimensión regional de la bioeconomía. En este sentido, no parece apropiado hablar de una bioeconomía argentina; por el contrario, esta se construirá como reflejo de lo que ocurra en cada una de las diferentes regiones productoras de biomasa y de los senderos específicos que se elijan en cada caso para optimizar el uso y agregado de valor a sus recursos naturales. El tipo de industrias y cadenas de valor que se busca promover para lograr su aprovechamiento integral deberá contemplar las condiciones agroecológicas (oferta de biomasa), la infraestructura física e institucional y las capacidades de investigación y desarrollo (I+D) existentes o que están por desarrollar (propias o en red).

La producción de biomasa y las capacidades científico-tecnológicas como plataforma para el desarrollo de la bioeconomía en Argentina

La producción de biomasa en Argentina

Producción de biomasa como fuente de energía renovable

Argentina posee condiciones ecológicas muy favorables para producir las principales fuentes de biomasa que pueden ser destinadas a la obtención de diversos tipos de bioenergías: los dendro-

combustibles y los agrocombustibles. A dichas fuentes se agrega, además, la disponibilidad de los residuos urbanos, que también pueden destinarse a la producción de bioenergías.

Las principales fuentes de oferta directa de biomasa corresponden a los bosques nativos y a las plantaciones forestales, a las cuales se adicionan los residuos forestales y silvícolas, biomasa de subproductos de industrias de aserradero, algodонера, arroceras, maniceras, azucareras, yerbateras, entre otros. La cuantificación de la producción de biomasa en Argentina como fuente de energía renovable muestra que la producción sostenible del país a partir de bosques nativos y plantaciones forestales es de aproximadamente 193 millones de toneladas de materia seca, de las cuales unos 143 millones de toneladas (equivalentes a 42.900 ktep¹/año) son físicamente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos. A estos recursos se pueden agregar tres millones de toneladas de biomasa leñosa proveniente de los subproductos de aserraderos y de la poda de cultivos leñosos permanentes, lo que provee un total de 146 millones de toneladas de recursos potencialmente disponibles de origen forestal y de podas de frutales. De ese total se estima que 124 millones de toneladas (equivalentes a 37.200 ktep/año) proceden de fuentes potencialmente comerciales, a los cuales se pueden adicionar unos tres millones de toneladas, si se contabiliza además otra biomasa no leñosa potencialmente disponible correspondiente a otros subproductos de la agroindustria, como la azucarera, la de elaboración de arroz, de maní y de otros cultivos. Esto permite afirmar que existe un enorme potencial de producción de biomasa no utilizado, que está disponible para uso energético en el país.

Producción de cultivos agrícolas que pueden ser fuente de alimentos o de agrocombustibles

- *Cultivos agrícolas* que pueden destinarse a la producción de biocombustibles. Entre ellos se destacan los cultivos azucareros o amiláceos, los cultivos oleaginosos y otros cultivos energéticos. Las producciones del ciclo 2010/11 de los principales cultivos de Argentina que pueden ser fuentes potenciales de aprovisionamiento de biocombustibles se indican en la tabla 1.
- *Subproductos agrícolas* obtenidos de la producción primaria, como rastrojos de maíz, trigo, soja, etc. Se consideraron los tres cultivos principales en términos de volumen de producción: soja, maíz y trigo. A partir de la producción de granos 2010/11 se estimó la biomasa total producida en forma de rastrojo; de ese total se estimó el volumen disponible (50 % del total obtenido), debido a que se entiende que el resto debe permanecer

1 Kilotoneladas equivalentes de petróleo.

en el sistema para incorporar al suelo y lograr un ciclo sustentable, como se resume en la tabla 1. Se estima que los datos totales de la tabla son del orden del 90% del total de los granos producidos.

- *Subproductos animales* obtenidos de la producción ganadera, como estiércol, camas de pollo, etc. La tabla 1 muestra una estimación del estiércol total anual generado por las principales actividades ganaderas en establecimientos comerciales medianos y grandes. Otra alternativa para la producción de biodiésel es a partir del sebo animal. A pesar de que la industria cárnica nacional es grande y tiene una oferta potencial de sebo elevada, el precio de la grasa, comparado con el de la soja, es poco competitivo, por lo que no se incluye esta opción. Tampoco se consideraron otros subproductos obtenidos del procesamiento industrial de las materias primas agropecuarias, debido a que no se han identificado industrias que generen cantidades relevantes de otros subproductos que se hayan identificado como posible materia prima para la obtención de biocombustibles, fuera de los correspondientes a los granos y demás productos ya mencionados.
- *Residuos sólidos urbanos*. Según el Observatorio Nacional de Residuos Sólidos Urbanos, en las provincias de Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, se producen 8,2 millones de toneladas por año de residuos sólidos urbanos (RSU). Se estima que el 50% de los RSU son orgánicos, por lo que resultan unos 4,1 millones de ton/año de residuos potencialmente aprovechables para la generación de energía.

Tabla 1. Oferta potencial de diferentes fuentes de biomasa en Argentina, 2011*

Fuentes de biomasa para destinos alternativos	Unidad	Volumen físico
1. Dendrocombustibles	Millones de toneladas de base seca	146,00
2. Agroalimentos o agrocombustibles		
<i>Azucareros-amiláceos</i>		
Caña de azúcar	Millones de toneladas de caña de base húmeda	19,81
Maíz	Millones de toneladas de grano	23,01
Sorgo	Millones de toneladas de grano	4,46
<i>Oleaginosos</i>		
Soja	Millones de toneladas de grano	48,89
Girasol	Millones de toneladas de grano	3,67
Maní	Millones de toneladas de grano	0,70
Otros (lino, colza)	Millones de toneladas de grano	0,06

Fuentes de biomasa para destinos alternativos	Unidad	Volumen físico
<i>Subproductos agrícolas-rastrajo disponible</i>	Millones de toneladas de materia seca	24,44
<i>Subproductos animales-estiércol disponible</i>		
Bovinos carne	Millones de toneladas	10,49
Bovinos lecheros	Millones de toneladas	5,86
Porcinos	Millones de toneladas	2,24
Avícolas	Millones de toneladas	0,13
3. Residuos sólidos urbanos	Millones de toneladas de residuos sólidos urbanos	4,10

Nota. El total asciende a 294 millones de toneladas, pero no se incluyó una línea con ese volumen físico total, porque se trata de productos no homogéneos.

Fuente: Trigo et al. (2012) y Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Capacidades en biotecnología del sistema científico-tecnológico argentino

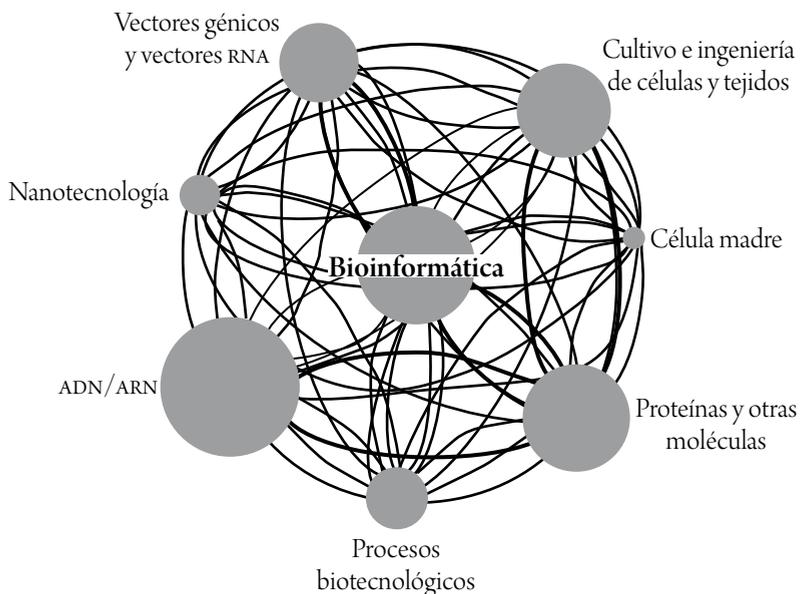
Para participar activamente en la oportunidad que brinda la bioeconomía no basta con disponer de abundantes fuentes de biomasa; es necesario, así mismo, contar con una estructura de recursos humanos e infraestructura de investigación y desarrollo, particularmente en el campo de la biotecnología, que si bien no es el único sector de la ciencia y la tecnología interviniente en el impulso de la bioeconomía, es quizás el de mayor gravitación en términos estratégicos. Esto involucra un conjunto de tecnologías fuertemente basadas en ciencia y de matriz interdisciplinaria, que requieren ingentes inversiones en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) y exigen una fuerte inversión en recursos humanos calificados, tanto en el sector público como en las empresas, al igual que equipamiento sofisticado en los centros de I+D, no limitado a los laboratorios de investigación, sino también en relación con los componentes de escalado hasta llegar a las etapas comerciales. Argentina cuenta con un valioso antecedente: una base de recursos humanos altamente calificados en ciencias básicas (biología, química, etc.), en ciencias médicas y en ingeniería, que ya están contribuyendo positivamente a la conformación de equipos de investigación en un amplio espectro de áreas de la biotecnología.

Diversas instituciones gubernamentales diseñan e instrumentan políticas y programas de apoyo y financiación de la biotecnología. Como consecuencia de esta prioridad política, el sector científico ha mejorado sustancialmente en las últimas dos décadas, mediante aumentos en los

recursos asignados en los programas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), así como los correspondientes a las universidades nacionales. Además, han tenido gran relevancia los recursos del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) y el Fondo Tecnológico Argentino (FONAR), que contaron con financiamiento internacional (Banco Internacional de Desarrollo [BID] y Banco Mundial), así como los correspondientes a la cooperación internacional, en particular el Proyecto Biotecsur, cofinanciado por la Unión Europea y el Mercado Común del Sur (MERCOSUR). Por estas razones, las capacidades en biotecnología del sistema científico-tecnológico argentino son bastante importantes, principalmente los grupos de investigación en biotecnología de las universidades nacionales (43%), centros del CONICET (40%), grupos de los organismos de Ciencia y Tecnología (como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA] y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI]) y de las entidades sin fines de lucro (14%), y grupos i+d de los hospitales (3%).

Las actividades más frecuentes son las de ADN/ARN (86% de los grupos), la bioinformática (68%), el cultivo e ingeniería de células y tejidos (57%), las proteínas y otras moléculas (54%), los vectores genéticos y vectores RNA (38%) y los procesos biotecnológicos (28%). Menor frecuencia corresponde a la nanotecnología y a las células madre. La figura 1 muestra la complejidad de las redes que se han conformado, a partir de las múltiples técnicas biotecnológicas que aplican o investigan los grupos en forma simultánea. En general, se observa un alto grado de vinculación y colaboración entre los grupos con propósitos de I+D y para capacitación e intercambio de información, así como con los organismos del área de ciencia y tecnología (en particular el MINCYT). También hay un alto nivel de vinculaciones con agencias e instituciones extranjeras (40% de los grupos), dado el carácter global del desarrollo de la biotecnología. Hay una interesante masa crítica de unas 1400 personas dedicadas a I+D en biotecnología. En cuanto al nivel académico, está integrada en un 55% por doctores, y el 45% restante tiene títulos de grado o maestrías. Predominan las especialidades en ciencias exactas y naturales (63%), en particular de las disciplinas de biología y biotecnología. La segunda área en importancia son las ciencias médicas (24%), principalmente bioquímica y, en menor medida, medicina y farmacia. Otras disciplinas son las ciencias agropecuarias y pesca (8%) y la ingeniería y tecnología (4%). Los principales factores limitantes para el desarrollo de las actividades I+D en biotecnología son: el acceso a equipos e insumos, el acceso al financiamiento y el acceso a recursos humanos altamente calificados.

Figura 1. Redes de técnicas biotecnológicas utilizadas por los grupos de investigación



Nota. El tamaño de los círculos y el ancho de las líneas representa las magnitudes relativas.

Fuente: Encuesta Nacional de Grupos de Investigación en Biotecnología del MINCYT (2014).

La principal producción que realizan actualmente los grupos de I+D es en biociencias. Sin embargo, una parte significativa de los grupos ha desarrollado vinculaciones con empresas o entidades sin fines de lucro, lo que ha sido de alta relevancia para el sector de empresas locales medianas y pequeñas. Las principales actividades evaluadas son la cooperación en proyectos de I+D (39%), las asesorías, las asistencias técnicas y las consultorías brindadas por los grupos de investigación a las empresas (32%), patentes conjuntas (6%), el intercambio de información (6%) y la capacitación de recursos humanos de las empresas (5%). Entre los principales obstáculos para una mayor cooperación público-privada están la limitada demanda de las empresas o de las entidades sin fines de lucro, su desconocimiento sobre las actividades que realizan de los grupos de I+D, la falta de conocimiento que tienen los grupos sobre necesidades de las empresas y limitantes asociadas con gestión de las instituciones.

Experiencias valiosas en el desarrollo de la bioeconomía argentina

Las capacidades mencionadas ya han concretado diversos logros, entre los que pueden señalarse:

- El desarrollo de empresas de biotecnología en un número importante de sectores.

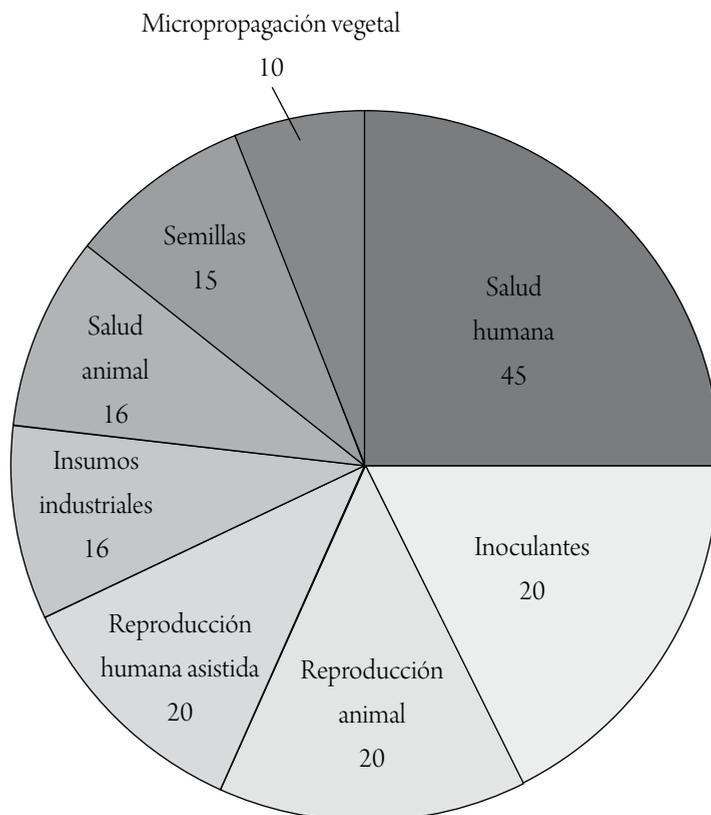
- La actividad pionera global en materia de incorporación y desarrollo local de OGM en la producción de granos y otros cultivos.
- La utilización masiva de sistemas de producción agrícola extensiva amigables con el ambiente.
- El dinamismo alcanzado y el alto potencial en la producción de aceites vegetales, biocombustibles y productos industriales derivados de las biorrefinerías.

El desarrollo de empresas de biotecnología

Un aspecto crítico para el desarrollo de la bioeconomía son las empresas intensivas en conocimientos, particularmente las biotecnológicas. Argentina cuenta con incipientes, pero crecientes iniciativas de pequeña escala dentro de este sector, con una estructura empresarial joven, base potente para futuros desarrollos, si se cuenta con políticas de promoción y un contexto regulatorio y de estabilidad macroeconómica de largo plazo. En 2012, operaban en Argentina unas 180 empresas de biotecnología (Bisang, 2014), número sustancialmente inferior al de los países líderes en este sector, aun cuando no difiere sustancialmente de las existentes en ese momento en Italia (265), Brasil (237) e Israel (233), es decir, la posición de Argentina es relativamente favorable frente a este segundo grupo, si se tienen en cuenta los respectivos productos internos brutos (PIB) de los países. Es interesante notar que se observa una presencia creciente de grupos empresarios argentinos de cierta envergadura económica que en el futuro permitirán encarar desarrollos comerciales sustantivos con base en estas tecnologías. Este posicionamiento comenzó hace más de tres décadas. Hacia los años ochenta del siglo pasado, cuando comenzaron a aparecer en el mercado los primeros productos biotecnológicos aplicados a la salud humana y a la genética vegetal, Argentina ya contaba con algunos desarrollos comerciales con base en estas tecnologías (producción de enzimas microbianas, micropropagación de cultivos, reactivos químicos y el interferón).

Las empresas activas en 2012 estaban dedicadas principalmente a producción de semillas, medicamentos de uso humano, desarrollo de bioinsumos para la producción vegetal y animal (vacunas), enzimas industriales, reproducción animal y fertilización humana asistida. En la figura 2 se presenta el número de empresas en los distintos subsectores productivos, identificadas en 2012. Se estima que, para 2012, la facturación de empresas relacionadas con biotecnologías (bienes y servicios como semillas, salud e insumos) fue del orden de los 6600 millones de dólares, aunque la correspondiente a las actividades estrictamente biotecnológicas fue de unos 2100 millones de dólares.

Figura 2. Número de empresas biotecnológicas correspondientes a diferentes subsectores



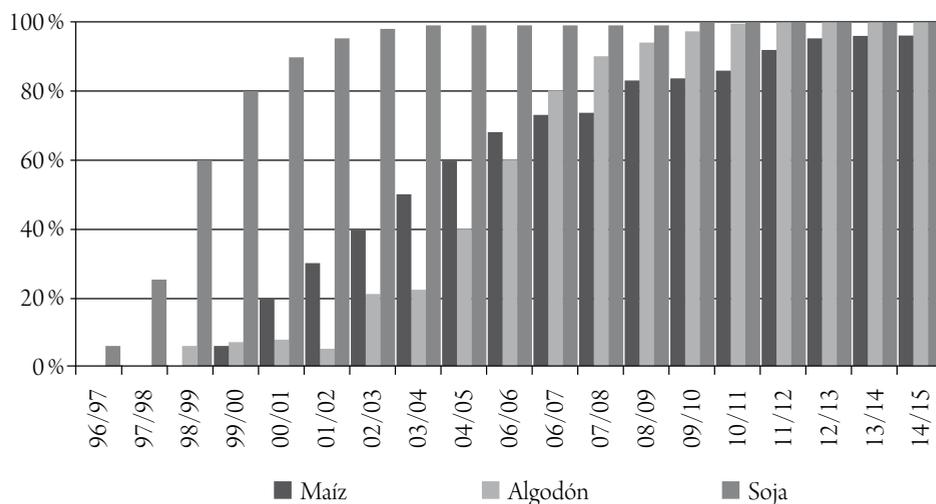
Fuente: Bisang (2014).

El total de recursos humanos de las empresas empleados en I+D en biotecnología en 2012 eran unas 1500 personas. De ese total, 700 profesionales correspondían al sector semillas; 306, a salud humana; 156, a inoculantes, y 125, a salud animal. La existencia de empresas en un amplio espectro de sectores —semillas, micropropagación de cultivos, bioinsumos, salud, genética y medicamentos humanos y animales, insumos industriales (microorganismos y enzimas)— es un aspecto para resaltar, dada la transversalidad que caracteriza a la bioeconomía. Desde el punto de vista de las fortalezas y debilidades, el grado de avance del sector semillas es una fortaleza, ya que permite anticipar una rápida transferencia de los avances científicos a los procesos de producción de biomasa. Por su parte, el sector de los insumos industriales, basado en el uso de la biotecnología blanca (la que usa organismos vivos o enzimas para obtener productos degradables, generar transformaciones para mejorar la eficiencia de los procesos productivos y reducir desechos asociados con las producciones industriales), es quizás el área de menor desarrollo, con poca inserción local, ya que la mayor parte de sus actividades está destinada al mercado externo (Bisang, 2014).

Pionera en uso masivo y desarrollo de los organismos genéticamente modificados (OGM) en la producción agrícola

Argentina es líder mundial en intensidad de uso de los transgénicos y fue pionera en su adopción, con una estructura institucional de regulación y de bioseguridad en materia de OGM, destacada como un importante antecedente para América Latina y otros países en desarrollo —Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (Conabia), el Instituto Nacional de Semillas (Inase); así como criterios y requisitos, fortalecimiento institucional del INTA en el área de biotecnología, etc.—. Después de la experimentación en campo y los estudios requeridos para su liberación comercial, se autorizó la comercialización de la soja resistente a glifosato a partir del ciclo 1996/97. Desde entonces, se han aprobado una gran cantidad de eventos transgénicos para soja, maíz y algodón, incluyendo eventos apilados (con varios transgenes). El país cuenta con veinticuatro años de experiencia en los aspectos de bioseguridad y con diecinueve años de experiencia en la utilización de eventos transgénicos en la producción de granos y algodón, pues cada año se cultivan más de veinte millones de hectáreas, lo que ha permitido lograr avances significativos en la eficiencia de utilización del agua del suelo, el manejo de los cultivos, la reducción en el uso de agroquímicos, el control biológico de plagas, la reducción de costos de producción, los aumentos de productividad y la reducción de la labranza del suelo o la no labranza (figura 3).

Figura 3. Intensidad de uso de organismos genéticamente modificados (OGM) en soja, maíz y algodón en Argentina (porcentaje del área cultivada total)



Fuente: Argenbio (2015). Recuperado de http://www.argenbio.org/adf/uploads/imagenes_doc/planta_stransgenicas/1_Grafico_de_evolucion_de_superficie_cultivada_OGM_en_Arg_en_porcentaje.pdf

Utilización masiva de sistemas de producción amigables con el ambiente (biomasa sostenible)

Con el fin de responder a inquietudes por el deterioro gradual de los suelos en la región pampeana, hacia 1989 se buscó la promoción y adopción de un nuevo paradigma agrícola, basado inicialmente en la siembra directa para la conservación del suelo, con una agricultura productiva y sostenible mediante el uso racional e inteligente de los recursos naturales con innovación tecnológica (intensificación sostenible). En Argentina ha habido una rápida y masiva adopción de la siembra directa, sistema que además incluye el uso de semillas mejoradas (genes tolerantes a herbicidas y resistentes a insectos y enfermedades), rotación de cultivos, control integrado de plagas, desarrollo de microbiología del suelo, estructuración y nutrición del suelo con base en los aportes biológicos complementados con fertilizantes, nuevas moléculas de productos agroquímicos, uso intensivo de la información y la comunicación, al que se está incorporando más recientemente la agricultura de precisión. Es una nueva agricultura, basada en el conocimiento proporcionado por el enfoque de la bioeconomía, que incluye la integración de diferentes disciplinas científicas (ecología, ecofisiología, genómica, biotecnología, nutrición y protección contra limitaciones bióticas y abióticas, tecnologías de información, etc.). Las buenas prácticas agrícolas (BPA) tienen una importancia estratégica, porque son las herramientas que permiten adaptar y aplicar los nuevos conocimientos a las innovaciones agrícolas y son un aporte significativo a la conservación y a la reducción del impacto en el calentamiento global. Argentina fue pionera en la creación de una Red de Buenas Prácticas Agrícolas en 2014, que integra las principales instituciones públicas y privadas del país, en la que se coordinan las actividades de las instituciones en los aspectos de capacitación, comunicación y definición de los alcances y medición de las buenas prácticas agrícolas.

Dinamismo intenso y gran potencial en la producción de aceites, biocombustibles y productos derivados de las biorrefinerías

El clúster de la producción de soja, aceites y biodiésel

Como se mencionó, la oferta de materias primas para la producción de biodiésel en Argentina es muy elevada y excede la demanda local, por lo que es el principal país exportador mundial de aceite y harina de soja. Más recientemente, la emergencia de la demanda mundial de biodiésel permitió diversificar el destino de la producción de aceite, incorporando la producción del biocombustible en la estructura de producción y exportación de la cadena oleaginosa; además, ello dio lugar a la producción de subproductos industriales en biorrefinerías. Durante las últimas dos

décadas se registró un notable proceso de crecimiento de la capacidad instalada para la molienda de oleaginosos y para la producción de biodiésel, por lo que Argentina cuenta con la industria aceitera más moderna y de mayor tamaño de plantas del mundo y lidera también las exportaciones mundiales de biodiésel de soja. La evolución de la capacidad de procesamiento de aceite para la producción de biodiésel en Argentina alcanzó a 4,3 millones de toneladas anuales de aceite a fines de 2014, lo que permitiría abastecer el consumo interno y el total del comercio mundial de biodiésel estimados para 2015. En resumen, el clúster de la cadena de la soja (producción primaria, procesamiento del grano y del aceite, producción de biodiésel, exportación de los productos del complejo) muestra una fuerte competitividad internacional, basada en los sistemas de producción, la tecnología incorporada en todas las etapas, el tamaño medio de los principales operadores y la localización cercana o bien en los mismos puertos de exportación.

Con el fin de calcular la evolución esperada de la producción de biodiésel hasta el final de la presente década, se plantearon diversos escenarios de evolución del consumo interno y las exportaciones de este producto y se realizaron proyecciones para 2021, correspondientes a hipótesis altas y bajas de evolución de la demanda y de la producción argentina de biodiésel, que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Producción de biodiésel en Argentina
(año 2011 y proyecciones para el año 2021* en millones de toneladas)

Productos	Producción 2011	Proyecciones 2021	
		Hipótesis baja	Hipótesis alta
Biodiésel	2,42	3,92	4,43

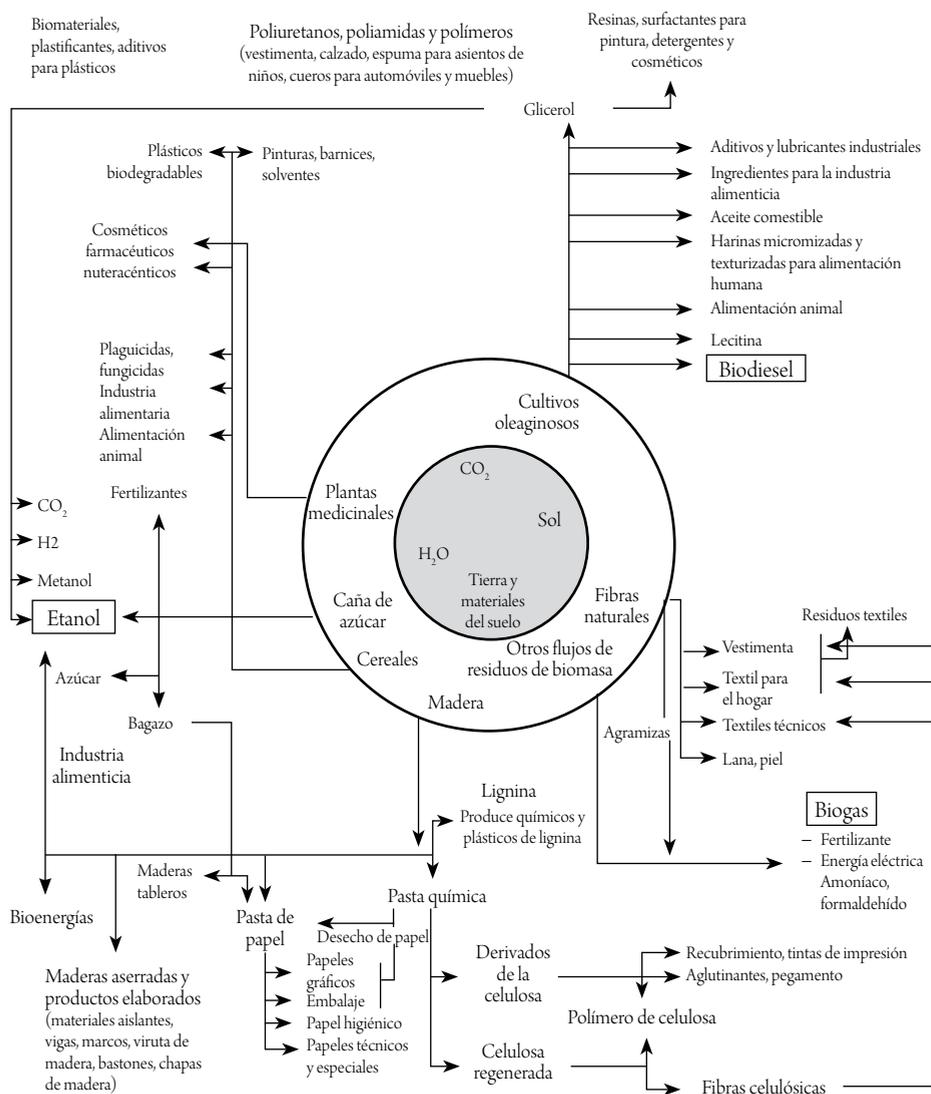
* Calculado a partir de los escenarios de evolución de la demanda local e internacional de biodiésel.

Fuente: Trigo et al. (2012) y MINCYT.

Alternativas de oferta potencial de productos industriales de las biorrefinerías

Por el gran potencial de distintas fuentes renovables de biomasa disponibles en Argentina, se ha considerado de interés esquematizar la diversidad de alternativas de desarrollo que pueden generarse a partir de su procesamiento en biorrefinerías. La figura 4 muestra diversidad de opciones industriales a partir del procesamiento de las principales fuentes de biomasa de Argentina. Los bioproductos industriales constituyen alternativas muy valiosas para la producción local de insumos de diversas industrias que, en muchos casos, corresponden a productos importados derivados del petróleo.

Figura 4. Alternativas de usos industriales de la biomasa en Argentina, 2015



Fuente: elaboración propia.

Otros biomateriales y harinas que se pueden elaborar en la cadena de la soja

Además del biodiésel y los derivados del glicerol, con la molienda de soja se obtienen aceites vegetales y harinas proteicas que pueden destinarse a la elaboración de otros bioproductos. El aceite vegetal da lugar a lubricantes biodegradables, surfactantes, colorantes y diversos polímeros. Con

la harina se producen, además de forrajes para el ganado, concentrados de proteína, aislados de proteína y harinas regreasadas, micronizadas, texturizadas y activadas. Todos estos productos tienen unos precios unitarios sustancialmente mayores a los destinos tradicionales para alimentación humana y animal. Los enormes volúmenes actuales y potenciales de productos de primera transformación de la soja podrían dar lugar a proyectos de gran envergadura para la elaboración industrial de productos de segunda y tercera transformación, en una escala tal que permitiría el desarrollo competitivo de estas alternativas de agregado de valor, tanto en el caso de los biomateriales derivados del aceite como en el caso de los derivados del procesamiento de la harina de soja.

Alternativas de desarrollo regional a partir de subproductos de maíz

La oferta potencial teórica del etanol a partir del procesamiento del maíz en Argentina es muy elevada (a la que se podría adicionar la correspondiente a otros granos similares, como el sorgo y otros cereales). En el supuesto de la utilización total de la producción de maíz mediante la molienda seca, en 2011 la producción de etanol podría haber alcanzado 9300 millones de litros y los subproductos —granos secos de destilería con solubles (DDGS) y dióxido de carbono (CO₂)—, 7,4 millones de toneladas cada uno. Las estimaciones para 2021, si se supone la utilización total de la producción de maíz con esos destinos, resultarían en la producción de 11.700 a 14.000 millones de litros de etanol y de 9,3 a 11,1 millones de toneladas cada uno de los subproductos mencionados. Ya se ha iniciado el proceso de inversión en plantas de molienda seca de maíz productoras de etanol y sus subproductos. A fines de 2014, se encontraban en operación ocho plantas, con una capacidad instalada total de más de 800.000 metros cúbicos de etanol, que implicarían unos dos millones de toneladas de maíz. La importancia estratégica de estas iniciativas, que en su mayor parte se encuentran localizadas en el interior del país en zonas distantes de los grandes centros urbanos y puertos, no está limitada a la producción exclusiva del bioetanol, sino que da lugar a modelos para la producción regional de alimentos (como lácteos y carnes), biocombustibles y bioenergía (a partir de dióxido de carbono), viabilizando así otros desarrollos industriales y de pequeños centros urbanos.

Una estimación de la bioeconomía argentina en la actualidad

La bioeconomía no es un sector de la economía; constituye una estrategia industrial que cruza toda la economía e incluye gran variedad de sectores y partes de sectores, tradicionales y nuevos, que comparten el concepto del uso de los procesos y recursos biológicos como un componente central de sus actividades de producción y servicios (Werny, Coremberg, Costa,

Trigo y Regúnaga, 2015). Plantea una profunda transformación en las relaciones intersectoriales existentes en la economía, haciendo que los conceptos *sector* y *cadena de valor* adquieran límites difusos, al entrecruzarse de manera cada vez más compleja, consecuencia de cómo cambian las formas de uso de los recursos naturales; el papel del conocimiento, el capital y el trabajo; la generación y captación de externalidades, y la distribución de los beneficios económicos de las nuevas actividades (von Braun, 2013). Las cadenas de valor tradicionales pierden con la bioeconomía mucho de su sentido original; se genera lo que se podría describir como una *red de valor*, donde las distintas materias primas contribuyen a diversas cadenas, dependiendo de cómo se den las relaciones de demanda, disponibilidad de tecnología y los costos de oportunidad de los recursos involucrados en cada situación en particular.

Las estrategias industriales de la bioeconomía resaltan las interrelaciones que existen entre las diferentes cadenas. En lugar de mirar una industria, el enfoque de redes de valor mira el conjunto de productos que se derivan de una materia prima y el hecho de que las materias primas mismas son también sustituibles, entonces se centra en las sinergias y en cómo es posible optimizar las interrelaciones entre las cadenas y el valor total generado por el sistema. Dentro de este enfoque en “red” se resaltan las ineficiencias y se pueden identificar oportunidades para mejorar la productividad del conjunto, ya sea en el plano local, en el nacional o en el internacional. Al respecto, el potencial para reciclado y los enfoques de cascada durante la etapa de procesamiento desempeñan un papel determinante para la identificación y desarrollo de oportunidades de captura de valor local. El uso de enfoques de cascada y las interrelaciones entre las cadenas son estratégicos para incrementar la eficiencia de los recursos naturales, generar opciones de innovación y nuevos negocios y reducir el potencial conflicto existente entre usos alternativos.

Esta dinámica hace muy complejo medir cuál es la contribución actual y potencial de la bioeconomía al PIB de los países. La transversalidad, el tipo de enfoques tecnológicos que utiliza y la relativa novedad que tiene el tema de la bioeconomía en los círculos de discusión e implementación de políticas públicas en el ámbito internacional hacen que no exista en la actualidad una metodología estándar que permita conocer con cierta exactitud cuál es su contribución al PIB y su comparación con lo que ocurre en otras economías. Sin embargo, es posible avanzar definiendo los productos, los insumos y las actividades que se incluirán como integrantes de la bioeconomía. En el caso de Argentina, se estimó la contribución de la bioeconomía al PIB a partir de las actividades que cumplen con los siguientes criterios:

- Utiliza biomasa como insumo.
- Incorpora biotecnología como insumo.
- Todos los productos que utilizan la biomasa y la biotecnología como insumo.

Es decir, la definición de bioeconomía adoptada abarca la producción de los recursos biológicos renovables y su conversión en alimentos, forrajes, productos de base biológica y bioenergía. Incluye la agricultura, la actividad forestal y pesquera, la producción alimentaria y la producción de pulpa y papel, así como partes de la industria textil, química y de las industrias energéticas y biotecnológicas (farmacéutica). En función de dichas definiciones y de una metodología de estimación elaborada específicamente para este propósito, Werny et al. (2015) estimaron que en 2012 la bioeconomía argentina representaba el 15,4 % del PIB. Su valor agregado ascendía a aproximadamente US\$72.600 millones. Esta contribución al PIB representa una cifra mayor a lo que se ha estimado para la agricultura y el sector agroindustrial, dado que incorpora otros sectores manufactureros. Es necesario aclarar que esta estimación no incluye el conjunto de maquinarias y equipamiento utilizado para la generación de bioproductos, ni los servicios y la logística que se generan alrededor de estos sectores de actividad económica.

Los datos estimados se sintetizan en la tabla 3. Puede apreciarse que el sector primario presenta la mayor participación en el total del valor agregado de la bioeconomía, con el 58 % (8,9 % del PIB), y el 42 % restante corresponde a la industria manufacturera (6,5 % del PIB). Asimismo, no todo el valor agregado industrial se genera en los sectores de manufacturas de origen agropecuario (MOA); estos producen el 72 % del total del valor agregado en la industria bio y las ramas de manufacturas de origen industrial (MOI) representan el 28 %.

Tabla 3. Participación de los distintos sectores integrantes de la bioeconomía en el PIB en 2012

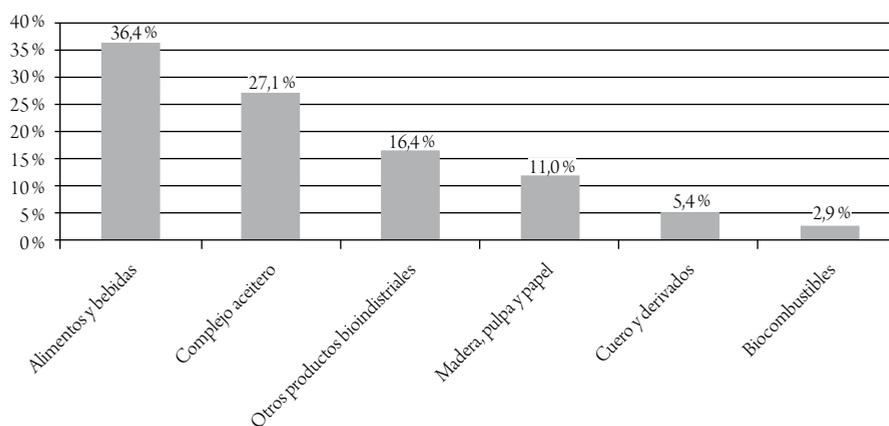
Sector	Valor agregado bio			Participación bio en PIB (%)
	Millones de pesos argentinos	Millones de dólares	Participación (%)	
Primario bio	191.525	42.086	58	8,9
Industria manufacturera bio	139.149	30.577	42	6,5
– Manufacturas de origen agropecuario	100.300	22.040	30	4,7
– Manufacturas de origen industrial	38.849	8.537	12	1,8
Total de los sectores bio	330.639	72.663	100	15,4

Fuente: elaboración propia.

En algunos ámbitos se supone que los biocombustibles son el total de la bioeconomía. Sin embargo, este trabajo demuestra que los biocombustibles en Argentina proporcionan solo el 3 % del total de la bioindustria. Los biocombustibles provenientes de cereales y oleaginosas generan el 79,5 % de ese subtotal; el bioetanol de caña de azúcar, el 12 %, y el biogás, el 8,5 % restante. Un

porcentaje considerable del total del valor agregado industrial bio (97 %) se genera por fuera del sector de biocombustibles. Este conjunto de otros productos y actividades resulta sumamente heterogéneo; y dentro de ese conjunto 27 actividades industriales acumulan el 83,7 % del valor agregado bio. Agregando por principales bloques productivos, la principal actividad bioindustrial corresponde al bloque de alimentos y bebidas: 36,4 %; el 27,1 % corresponde al complejo aceitero; el 16,4 %, a otros productos bioindustriales; el 11,9 %, al complejo de madera, pulpa y papel; el 5,4 %, al cuero y sus derivados; y el 3 %, a los biocombustibles (figura 5).

Figura 5. Participación porcentual de los principales subsectores en el valor agregado de las actividades industriales bio, 2012*



* Valor agregado a precios de productor.

Fuente: Werny et al. (2015).

Reflexiones finales: temas para tener en cuenta respecto a una estrategia nacional que desarrolle la bioeconomía argentina

Las oportunidades que ofrece la bioeconomía a Argentina son importantes y se incrementarán notablemente en las próximas décadas, asociadas con la evolución prevista del mercado de alimentos y otros productos tradicionales, con incremento poblacional y del ingreso y con su impacto en el cambio de las dietas y preferencias alimentarias. La expansión también será alentada por las nuevas demandas de bienes y servicios industriales, que surgen con fuerza, dado el interés por el cuidado de los recursos naturales y la necesaria mitigación de los efectos de la actividad económica sobre el cambio climático.

Si bien Argentina presenta ciertas debilidades asociadas con su grado de desarrollo industrial, infraestructura y competitividad media, también cuenta con ventajas basadas en su amplia oferta de biomasa, tanto a nivel territorial como en la diversidad de orígenes de esta. Sus fortalezas en el campo científico-tecnológico y en la institucionalidad privada en torno al sector agroindustrial son también factores de apalancamiento para potenciar las estrategias de desarrollo.

Las experiencias disponibles indican que la bioeconomía no solo demanda una nueva base de conocimientos, sino que también implica cambios más amplios en las formas de organización social y económica y en los comportamientos de los actores económicos individuales en diversos aspectos, como la orientación de las inversiones y las decisiones de producción, las preferencias de los consumidores, etc. Es decir, es necesario contemplar todos los aspectos de las políticas y regulaciones que contribuyan a promover y orientar los nuevos procesos, así como a manejar los costos de transición involucrados en el pasaje de la antigua a la nueva economía, amigable con el ambiente y, por lo tanto, sostenible.

Una nueva estrategia de desarrollo económico y social basada en la bioeconomía requiere un plan de acción que coordine las actividades del sector público con una visión integral de las distintas dimensiones de las políticas públicas (macroeconómica, impositiva, comercial, agropecuaria, industrial, científico-tecnológica) y que aliente los esfuerzos del sector privado para consolidar un proceso de crecimiento sostenido del empleo y de la producción de una manera amigable con el medio ambiente y que contribuya a una inserción competitiva de Argentina en la economía global.

Un factor relevante que ha limitado el desarrollo industrial argentino ha sido la falta de convergencia de las inversiones y el acceso al crédito, por la carencia de una macroeconomía sana y estable en el tiempo, que es una condición necesaria para tener tasas de inflación acordes con la media mundial. En ese sentido, una conducta fiscal prudente, sostenible y contracíclica, así como una activa coordinación de esta con la administración monetaria y cambiaria, resulta prioritaria para permitir la existencia de esquemas impositivos que incentiven la producción sin descuidar los recursos necesarios para el Estado.

Más allá de asegurar las cuestiones generales mencionadas, hay un conjunto de temas específicos que es necesario abordar explícitamente. Incluyen aspectos como la aceptación y la concientización de la sociedad sobre las ventajas y consecuencias de la nueva estrategia de desarrollo basada en la bioeconomía, la nueva base de conocimientos necesarios, los recursos humanos, la legislación y los marcos regulatorios, los mecanismos de financiamiento y la infraestructura requeridas para una efectiva transición hacia una nueva forma de organización de la economía.

El avance de la bioeconomía en el mundo ha sido a partir de la disponibilidad de una nueva base de conocimientos, que permite resolver en cada caso los valores de la ecuación de producir

“más con menos” (lo mismo con menos o más con lo mismo) implícita en el concepto de la bioeconomía. En ese sentido, algunas preguntas que se deben explorar incluyen las siguientes: dado el tipo de recursos disponibles y las capacidades existentes, ¿cuáles son las nuevas disciplinas y las prioridades específicas de investigación que se buscan promover? ¿Cuáles son los instrumentos de políticas más efectivos para impulsar el tipo de actividades de I+D+i que se requieren, particularmente para promover las redes y consorcios integrados por los distintos actores de las redes y cadenas de valor? ¿Cuáles son los vínculos internacionales que se deben fortalecer y los mecanismos más efectivos para integrarse a la red de conocimiento mundial en las disciplinas prioritarias desde la perspectiva de la bioeconomía argentina? ¿Qué instrumentos e incentivos son necesarios para promover una mejor articulación del sector público con el sector privado?

La cantidad y la diversidad de interrogantes para la implementación de la bioeconomía es muy grande, lo que plantea la necesidad de definir una hoja de ruta con la cual abordar y construir de manera integral una nueva estrategia de desarrollo económico y social. Las oportunidades e implicancias que ella puede tener para el futuro de Argentina son de gran relevancia y pueden dar lugar a un cambio profundo en el sendero de progreso del país, en la organización de la sociedad y en su inserción internacional, basada en la economía del conocimiento aplicada al uso eficiente y sustentable de los recursos naturales, que constituyen uno de los activos de gran significación para pivotear un desarrollo de largo plazo basado en la bioeconomía. Una economía del conocimiento que dará lugar a la generación de empleos de alta calidad.

Referencias

- Bisang, R. (2014). *Las empresas de biotecnología en Argentina*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Gerland, P., Raftery, A. E., Ševčíková, H., Li, N., Gu, D., Spoorenberg, T., Alkema, L., Fosdick, B. K., Chunn, J., Lalic, N., Bay, G., Buettner, T., Heilig, G. K. y Wilmoth, J. (2014). World population stabilization unlikely this century. *Science*, 346(6206), 234-237. <https://doi.org/10.1126/science.1257469>
- Golden, J. S. y Handfield, R. B. (2014). *Why biobased?: Opportunities in the emerging bioeconomy*. Washington: U. S. Department of Agriculture, Office of Procurement and Property Management BioPreferred Program*.
- Haggett, P., Nájjar, M. y Ramazzini, G. (1998). *Geografía: Una síntesis moderna*. Serbiula (Sistema Librum 2.0).
- Kircher, M. (2012). The transition to a bio-economy: national perspectives. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(3), 240-245.
- National Research Council. (2014). *Convergence: Facilitating transdisciplinary integration of life sciences, physical sciences, engineering, and beyond*. Recuperado de <http://www.nap.edu/catalog/18722/convergence-facilitating-transdisciplinary-integration-of-life-sciences-physical-sciences-engineering>
- Trigo, E., Regúnaga, M., Aquaroni, M., Giménez, F. y Peña Farinaccia, J. (2012). *Biorrefinerías en la República Argentina: Análisis del mercado potencial para las principales cadenas de valor*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Von Braun, J. (2013). *Bioeconomy – science and technology policy for agricultural development and food security*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/8fd0/f25e66f841cb7ea74dc726b9fd51bbe4ffd0.pdf>
- Werny, M., Coremberg, A., Costa, R., Trigo, E. y Regúnaga, M. (2015). *Medición de la bioeconomía: Cuantificación del caso argentino*. Buenos Aires: Bolsa de Cereales de Buenos Aires.

Bioeconomía en Brasil: contexto general

Antonio G. Oliveira*

Introducción

En las próximas décadas, el mundo se enfrentará a varios desafíos originados por los cambios demográficos y del clima que ya se perciben. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que el mundo albergará en 2050 a unos 9700 millones de habitantes. Este crecimiento poblacional, unido a los continuos procesos de urbanización, conlleva el aumento de la demanda por energía, agua y alimentos del orden del 35 %, 55 % y 70 %, respectivamente, teniendo como base valores de 2005.

Ante este escenario, Brasil pretende mantenerse a la vanguardia del uso de fuentes renovables de energía. En la actualidad, cuenta con una de las matrices energéticas más limpias del planeta. Al presente, el 39 % de la energía consumida en Brasil proviene de fuentes renovables; mientras que el promedio mundial es del 14 %. En lo relacionado con la bioenergía, los productos de la caña de azúcar son la fuente más utilizada, dado que abastece el 16 % de la energía consumida en el país, principalmente en forma de etanol dedicado a transportes y bagazo para combustión en calderas (Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2015a).

Sin embargo, con los compromisos que Brasil asumió mundialmente en la Conferencia del Clima (COP-21), para un país de dimensiones continentales como Brasil, es imperativo que estos temas también cumplan con la necesidad de preservación y recuperación ecosistémica. La reducción de los recursos naturales y la contaminación ambiental deberán ser temas prioritarios en las nuevas estrategias productivas. En este escenario, la bioeconomía surge como un nuevo paradigma económico para contribuir a la resolución de parte de las crisis globales.

* Asesor técnico del Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, Brasil. antoniooo@ife.no

Políticas públicas y su aporte para los biocombustibles en Brasil

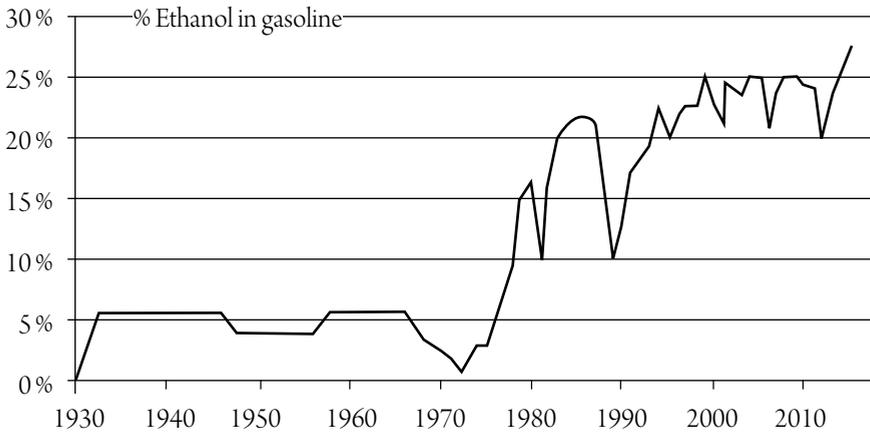
Aunque Brasil todavía no tiene una estrategia exclusiva dedicada a la bioeconomía, durante los últimos cuarenta años esta se ha implementado por medio de la bioenergía, con agresivas políticas para acelerar el desarrollo y uso del etanol y del biodiésel como combustible (EPE, 2007, 2014, 2015b). Las siguientes secciones destacan las principales políticas de demanda de mercado (*market pull* [MP]) y tecnología *push* (TP) aplicadas en Brasil.

Políticas de demanda de mercado

Pro-Alcohol

Desde la década de los treinta del siglo pasado, Brasil inició la implementación de la obligatoriedad de mezclar etanol en la gasolina para rodar automóviles y motocicletas (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos [CGEE], 2015; CGEE-Unicamp, 2009). La producción y utilización de etanol se aceleró cuando el Gobierno brasileño creó, en 1975, el Programa Nacional del Alcohol (Pro-Alcohol) y cuando aumentó la obligatoriedad del 5 % al 15 % de la mezcla de etanol en la gasolina (Rosillo-Calle y Cortez, 1998). Este uso obligatorio de mezcla etanol-gasolina es uno de los factores fundamentales que promovió el mercado del etanol y áreas relacionadas.

Los valores mínimos y máximos de la mezcla vienen aumentando gradualmente, y en la actualidad el requerimiento es de mínimo un 18 % (E18) y máximo un 27 % de etanol (E27) en la gasolina (CGEE, 2017). La figura 1 muestra cómo el promedio anual de etanol mezclado en la gasolina está en ascenso. Se encuentra un impacto en la flota de vehículos ligeros, dado que hoy más del 90 % de la flota de nuevos automóviles en Brasil son *flex fuel*, o sea, que son capaces de rodar con cualquier cantidad de etanol mezclada en la gasolina o, incluso, solo con etanol.

Figura 1. Promedio anual de mezcla de etanol en la gasolina para vehículos

Fuente: tomada de Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2017, p. 27).

Consecuencia de lo anterior, se ha incrementado la producción brasileña de etanol anualmente, hasta alcanzar en 2016 la cifra de 28.000 millones de litros. Esto puso al país en segundo lugar en la clasificación mundial de mayores productores, después de Estados Unidos (tabla 1).

Tabla 1. Producción anual de etanol y estimado de producción para 2022 (billones de litros)

Country	Feedstock and Fuel	2016	2022 main	2022 acc.	Brief explanation of accelerated case
United States	C ethanol	57,9	60,4	62,0	Higher exports; increased E15 and E85 uptake; integrated Technologies to increase output.
Brazil	SC ethanol	28,1	34,5	38,0	Concrete measures to deliver investment in RenovaBio plan; low levels of lost capacity.
European Union	MF ethanol	4,3	5,3	6,6	Roll-out of E10 to new member states; no scalene-down post 2020 in finalised RED update.
China	C ethanol	2,6	3,8	5,0	13th FYP target met, feedstock diversification, measures to simulate investment.
Thailand	MF ethanol	1,2	2,2	2,7	Higher E20 and E85 uptake via fuel infrastructure roll-out; growing cassava feedstock availability.
India	M ethanol	1,1	1,9	3,0	Mitigating inter-state logistical barriers; broadening feedstock base beyond molasses.

Country	Feedstock and Fuel	2016	2022 main	2022 acc.	Brief explanation of accelerated case
Argentina	MF ethanol	0,9	1,2	2,1	Mandate increase to 26 %; investment to scale up com etanol capacity; FFV roll-out.
Philippines	SC ethanol	0,2	0,4	0,6	5% mandate achieved; switch from industrial to fuel etanol output; increased cane planting.
Additional fuel etanol production in 2022				10,3	

Fuente: International Energy Agency (2017).

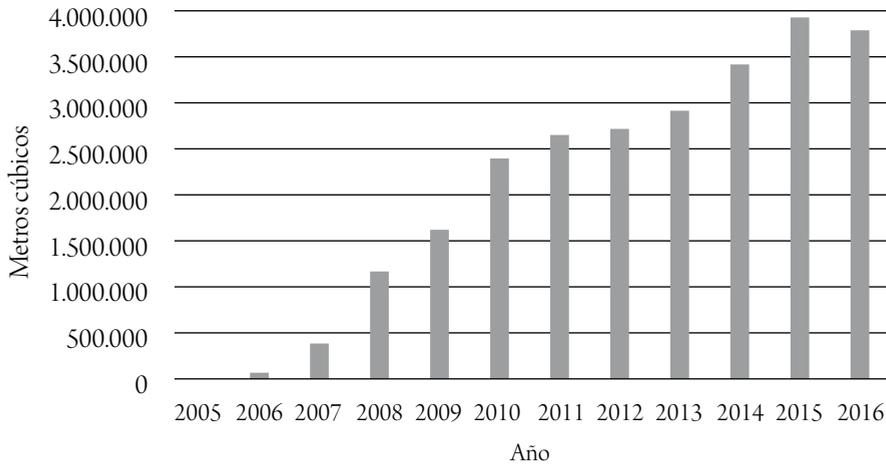
Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiésel (PNPB)

Los primeros registros del interés de Brasil en biodiésel se encuentran desde la década de los veinte del siglo pasado, cuando el Instituto Nacional de Tecnología experimentaba con combustibles alternativos y renovables. Sin embargo, solo con la crisis del petróleo en los años setenta del siglo XX surgió la primera gran iniciativa gubernamental de estímulo al biodiésel, la cual se llamó Pro-Aceite (el Plan de Producción de Aceites Vegetales para Fines Energéticos). El plan tenía objetivos audaces, como el de generar excedentes de aceite vegetal que hicieran sus costos de producción competitivos con los del petróleo, y la subsiguiente meta de mezclar un 30 % de aceite vegetal al aceite diésel, con perspectivas de su sustitución integral a largo plazo. No obstante, con la caída del precio del petróleo, el plan fue abandonado en 1986.

Posteriormente, se iniciaron varios programas para incentivo al biodiésel, los cuales fueron dejados de lado en el tiempo. Para que el biodiésel tomara nueva dimensión en Brasil, fue necesario que no solamente se tomaran en consideración los factores económicos, sino también las preocupaciones con aspectos sociales y ambientales, asociados con la perspectiva de que se agotaran las reservas mundiales de petróleo, cada vez más escaso y costoso. Con el fin de reducir la dependencia del diésel importado para cubrir el déficit de la balanza y promover la inclusión social, fue establecido en 2003 el PNPB (Ministério de Minas e Energia do Brasil, 2004). Reglamentaciones derivadas de este transformaron en obligatoria la mezcla de biodiésel en el diésel. Actualmente, la mezcla es de un 8 % de biodiésel (B8), y hay una ley que entró en vigencia que requiere el cambio a B9 en marzo de 2018 y a B10 en 2019 (Lei 13.263, 2016).

Desde la implementación de la obligatoriedad, la producción brasileña de biodiésel ha aumentado hasta alcanzar 3,8 millones de metros cúbicos en 2016 (figura 2), lo que coloca a Brasil entre los tres mayores productores mundiales (tabla 1).

Figura 2. Producción anual de biodiésel en Brasil



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Producción anual de biodiésel y estimado de producción para 2022 (billones de litros)

Country	Feedstock and Fuel	2016	2022 main	2022 acc.	Brief explanation of accelerated case
United States	MF Biodiesel/MF HVO	5,9	7,4	9,0	Increase in HVO capacity; switch to producer tax credit; continuation of RFS2 support.
Brazil	SB biodiesel	3,8	5,0	6,2	Stronger diesel demand growth; higher B20 consumption in fleets and public transport.
European Union	MF biodiesel	13,5	13,4	16	Further HVO refinery conversion projects; no scale-down post 2020 in finalised RED update.
China	WR biodiesel	0,9	1,7	2,2	13th FYP target met; mobilise waste and residue feedstocks; new provincial mandates.
India	WR biodiesel	0,0	0,2	1,5	Formatisation of B5 mandate and roll-out of blending programme; use in rail transport.

Country	Feedstock and Fuel	2016	2022 main	2022 acc.	Brief explanation of accelerated case
Indonesia	PO biodiesel	2,8	5,3	8,5	Lowering underutilised capacity; ongoing exports and fully enforced B20 mandate.
Malaysia	PO biodiesel	0,9	1,3	1,8	Move to B15 as outlined in 11th Malaysia plan; ongoing consultation with motor vehicle OEMs.
Argentina	SB biodiesel	3,0	2,5	3,5	Improved export prospects with United States and European Union, as well as new markets.
Singapore	MF HVO	1,1	1,1	1,4	New HVO capacity and debottlenecking of corrente production capacity to increase output.
Additional bio-diesel and HVO production in 2022				11,2	

Fuente: International Energy Agency (2017).

RenovaBio: un nuevo marco en la política de combustibles

RenovaBio es una política de Estado de descarbonización del transporte que entra en vigor en 2019, en línea con los compromisos que Brasil asumió mundialmente en la Conferencia del Clima. La política tiene como objetivo valorizar los biocombustibles nacionales, prever seguridad energética, mejorar la calidad del aire en las grandes metrópolis e incentivar la innovación tecnológica y otros beneficios.

A diferencia de las medidas tradicionales, RenovaBio no propone la creación de un impuesto sobre el carbono, subsidios, crédito presumido o disposiciones volumétricas de adición de biocombustibles a combustibles. El programa funcionará de acuerdo con dos instrumentos:

- Definición de metas nacionales de reducción de emisiones para la matriz de combustibles, para un periodo de diez años. Las metas nacionales se desglosarán en metas individuales, anualmente, para los distribuidores de combustibles, conforme su participación en el mercado de combustibles fósiles.
- Certificación de la producción de biocombustibles, asignando datos diferentes para cada productor, en valor inversamente proporcional a la intensidad de carbono del biocombustible producido. La nota reflejará exactamente la contribución individual de cada

agente productor para mitigar una cantidad específica de gases de efecto invernadero en relación con su sustituto fósil (en términos de toneladas de equivalente de dióxido de carbono o CO₂).

La conexión de estos dos instrumentos se establecerá con la creación del crédito de descarbonización por biocombustibles (CBIO), el cual será un activo financiero, negociado en bolsa, emitido por el productor del biocombustible, a partir de su comercialización (factura). Los distribuidores de combustibles deben cumplir con la meta, al demostrar la propiedad de los CBIO en su cartera.

Este modelo valoriza los combustibles de menor intensidad carbónica, como el etanol, el biodiésel, el bioqueroseno y el biogás. Se espera que hacia 2030 se generen 1,4 millones de nuevos empleos asociados con la producción de etanol y biodiésel, y que se inviertan 500.000 millones de dólares en la expansión de la oferta de biocombustibles.

Políticas de estímulo tecnológico (Technology Push Policies)

Las principales políticas de incentivo a los biocombustibles en Brasil son de demanda de mercado (MP, Pro-Alcohol, PNPB y RenovaBio); sin embargo, también se cuenta con una serie de políticas nacionales de estímulo tecnológico (*Technology Push*) que han contribuido en el avance de la capacidad brasilera de producción de biocombustibles, principalmente en el incremento de la eficiencia en los procesos de producción científicos y tecnológicos.

Plan de Apoyo al Desarrollo Tecnológico Industrial de los Sectores Sucroenergético y Sucroquímico (PAISS)

Se puede decir que, en Brasil, la experiencia de políticas de inversión más aproximada a la bioeconomía fue una edición del Plan de Apoyo al Desarrollo Tecnológico Industrial de los Sectores Sucroenergético y Sucroquímico (PAISS), lanzado por una operación conjunta del Banco de Desarrollo de Brasil (BNDES) con la Financiadora de Inovação e Pesquisa (FINEP), en 2010. Este plan fue una respuesta al diagnóstico de que en el país los programas de apoyo a esos sectores tenían como característica una muy baja coordinación entre las agencias públicas en las actividades de fomento y apoyo con recursos públicos, adicional a la baja magnitud de los recursos asignados.

El plan PAISS tuvo como objetivo identificar planes de negocio y fomentar proyectos innovadores que contemplasen el desarrollo, la producción y la comercialización de nuevas tecnologías industriales destinadas al procesamiento de la biomasa (etanol 2G y nuevos productos), a partir de la caña de azúcar, innovando en la articulación de proyectos en biocombustibles y

bioproductos en el mismo programa. De acuerdo con el área de biocombustibles del BNDES, durante 2014, el PAISS ofreció recursos del orden de mil millones de reales, para ser aplicados en el periodo 2011-2014.

Programa de investigaciones en bioenergía

La Fundación de Apoyo de la Investigación del Estado de São Paulo (Fapesp) lanzó en 2008 el Programa de Investigación en Bioenergía (BIOEN), cuyo objetivo es estimular y articular actividades de investigación y desarrollo (I+D) utilizando laboratorios académicos e industriales para promover el avance del conocimiento y su aplicación en áreas relacionadas con la producción de bioenergía en Brasil. Para alcanzar este objetivo, el BIOEN busca:

- Incrementar la productividad de la caña de azúcar a través de investigaciones innovadoras.
- Evaluar y buscar medios para reducir los impactos ambientales y socioeconómicos de la producción de bioenergía.
- Generar conocimiento que asegure la posición de liderazgo de Brasil en la investigación y producción de bioenergía.

Las áreas de I+D del BIOEN se distribuyen en ejes compuestos por cinco divisiones:

- Biomasa para bioenergía (enfocado en caña de azúcar).
- Proceso de fabricación de biocombustibles.
- Biorrefinerías y *alcoholquímica*.
- Aplicaciones del etanol para motores automotores: motores de combustión interna y celdas de combustible.
- Investigación sobre impactos socioeconómicos, ambientales y uso de la tierra.

BIOEN pretende articular investigación y desarrollo realizados en ámbitos público y privado, utilizando laboratorios académicos y empresariales en busca de generar y aplicar conocimientos relacionados con la producción de etanol en Brasil. El programa cuenta con una sólida base de investigación exploratoria académica relacionada con las cinco divisiones mencionadas. Se espera que estas actividades generen nuevos conocimientos y formen recursos humanos altamente calificados, esenciales para mejorar la capacidad de la industria en tecnologías orientadas al etanol y aumentar su competitividad interna y externa.

BIOEN incluye investigación académica, y cuando se considere conveniente, establece asociaciones para el desarrollo de actividades de investigación cooperativa entre universidades e institutos de investigación en el estado de São Paulo y empresas, compartiendo recursos humanos, materiales y financieros. En estas alianzas, los detalles específicos de los temas de interés se

especifican de acuerdo con los intereses del socio privado y de los compromisos de la Fapesp en relación con la promoción de investigación en el estado de São Paulo. Otras agencias, tanto del gobierno federal como de otros estados, también participan del BIOEN-Fapesp.

Hasta 2016, el programa recibió un aporte financiero del orden de los doscientos millones de dólares, provenientes del Gobierno (incluyendo universidades estatales e institutos de investigación), así como la inversión de iniciativas privadas, en forma de cofinanciación. Hasta 2017, el portafolio de proyectos de BIOEN incluía propuestas con empresas privadas, como: Braskem, ETH Bioenergía, Mahle Metal Leve, Microsoft Research, Oxiten, PSA Peugeot Citroën de Brasil y Vale. Entre otros socios importantes del programa se encuentran: BBSRC, Unión Europea, BE-Basic Consortium, Boeing, Dedini, Oak Ridge National Laboratory y consejos de investigación del Reino Unido. La Fapesp también apoya investigaciones en empresas menores, ligadas a las áreas estratégicas del BIOEN. Aproximadamente, el 15 % de los fondos asignados por el programa se destinan a las asociaciones con pequeños empresarios.

Plan de acción en ciencia, tecnología e innovación en bioeconomía

A pesar de que en Brasil aún no se cuenta explícitamente con una política nacional en bioeconomía, se encuentran en ejecución diversas iniciativas que se desarrollan en forma poco coordinada, a veces superpuestas e independientes, pero que ciertamente contribuyen al avance de esta área en el país. Estas iniciativas adoptan formas de colaboraciones internacionales, proyectos de I+D+i, estudios y publicaciones, capacitación y difusión de conocimiento, acciones de defensa de intereses, entre otras.

Con el fin de articular la integración de los diversos esfuerzos para promover la bioeconomía en Brasil, el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovaciones y Comunicaciones (MCTIC) inició la formulación del Plan de Acción en Ciencia, Tecnología e Innovación en Bioeconomía (PACTI Bioeconomía), dado que en la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2016-2019 de Brasil, la bioeconomía se encuentra como una de las áreas estratégicas. El Plan de Acción tiene como objetivo producir y aplicar conocimientos científicos y tecnológicos para la promoción de beneficios sociales, económicos y ambientales, con el fin de cubrir lagunas de conocimiento esenciales, fomentar la innovación y proporcionar condiciones para la inserción estratégica de la bioeconomía brasilera dentro del escenario global.

El plan tiene sus líneas temáticas definidas de acuerdo con la lógica productiva de las bioindustrias, las cuales se dividen en tres líneas centrales y una transversal:

- Biomasa.
- Procesamiento y biorrefinerías.
- Bioproductos.
- Observatorio Brasileiro de Bioeconomía.

Desafíos y oportunidades para la bioeconomía brasileira

A pesar de la larga historia de inversión en producción y uso de biocombustibles en Brasil (etanol, desde 1930, y biodiésel a principios del siglo XXI), se han encontrado dificultades técnicas: el etanol, en particular, llegó a una barrera de desarrollo técnico de los procesos actuales. El etanol producido en Brasil es de primera generación (E1G), que usa solamente el caldo de la caña de azúcar para producirlo por fermentación. La tecnología E1G tiene capacidad de producción de 6800 litros por hectárea y pudo alcanzar un máximo de 8500 litros por hectárea en 2015. Esa barrera compromete la reducción de precios del etanol para competir con la gasolina.

Brasil está enfrentando el desafío de superar esta barrera tecnológica con inversiones en tecnologías de etanol de segunda generación (E2G). En ese proceso se obtiene etanol no solamente del caldo de la caña de azúcar, sino también del bagazo, lo cual tiene el potencial de incrementar la producción hasta 24.800 litros por hectárea en 2025 (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017). Estas inversiones incluyen la creación del Laboratorio Nacional de Tecnología del Bioetanol y la financiación de cuatro plantas de producción de E2G; tres a escala comercial y una a escala demostrativa. Sin embargo, el precio del E2G aún no ha llegado a niveles competitivos.

Con el fin de transformar la producción de E2G en un proceso competitivo, todavía son necesarias una serie de inversiones en dos enfoques de políticas para avances tecnológicos: el TP y el MP. En el primero es preciso invertir en el desarrollo de más plantas demostrativas, principalmente para resolver las limitaciones con el pretratamiento de la biomasa y su conversión, así como la necesidad de desarrollo de enzimas nacionales para estos procesos. En lo que se refiere a la demanda MP, se pueden formular políticas que garanticen el aumento de la demanda por medio de compras públicas, así como la obligatoriedad de mezcla de E2G en la gasolina. Otra política de MP que se puede aplicar es promover incentivos fiscales y tarifas garantizadas (*feed-in tariff*).

La aplicación del PACTI Bioeconomía puede ser el elemento necesario para articular todas las medidas de desarrollo de tecnologías tanto de estímulo TP como de demanda MP que se encuentran en marcha, a efectos de reducir los costos de producción de estos biocombustibles. Adicionalmente, el desarrollo tecnológico asociado con la producción de biocombustibles puede generar varios avances y cambios, principalmente en lo que se refiere a la producción de químicos a partir de materias primas renovables.

Brasil: modelos de sistemas productivos asociativos. Alimergia: producción integrada de alimentos, medio ambiente y energía

Harold Patino*, Marcelo Leal**, Bernardo Ospina***

Introducción

Uno de los grandes debates actuales en el mundo es sobre la relación de la humanidad con el medio ambiente y como consecuencia directa las relaciones entre la sociedad, el desarrollo socioeconómico y el uso de combustibles fósiles. Una de las alternativas disponibles es la producción de biocombustibles. Sin embargo, en el modelo de producción agrícola vigente, esta alternativa no es sostenible, porque contribuye a reducir la oferta de alimentos y al aumento de los impactos sociales y ambientales.

En Brasil, los campesinos organizados a través del Movimiento de Pequeños Agricultores (MPA) han entrado en este y otros debates, participando de forma integrada y con respeto por el medio ambiente, en la discusión sobre la forma de producir alimentos y energía. Sin embargo, la lucha de clases, las contradicciones y la forma de organización de la sociedad son hoy muy diferentes y más complejas que aquellas a las cuales los campesinos estaban acostumbrados. Esta complejidad se debe, en parte, a que con el surgimiento de la revolución verde en los años setenta del siglo XX, el modelo tecnológico de desarrollo agrícola del agronegocio fue transferido directamente a los sistemas de producción de los campesinos.

Dentro de este escenario, es importante resaltar el importante papel que tiene la agricultura campesina en la producción de alimentos. Según datos del último censo agrícola realizado en Brasil (2005-2006), publicados por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) en 2009, alrededor del 70 % de los alimentos que van a la mesa del pueblo brasileiro provienen de la agricultura

* Zootecnista, M. Sc., D. Sc. Jefe del Departamento de Zootecnia, Universidade General do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. harold.patino@ufrgs.br

** Ingeniero agrónomo, especialista en economía política. marcelolealts@gmail.com

*** Investigador de la Corporación Clayuca, CIAT, Cali, Colombia. b.ospina@clayuca.org

campesina o familiar. Como respuesta a todos estos retos y contradicciones aparentes, el MPA se propone, junto con su base social, construir una nueva concepción de los sistemas productivos, que está basada en la producción integrada de alimentos, medio ambiente y energía (Alimergia).

La competencia entre la producción de energía y la producción de alimentos es una de las principales contradicciones y polémicas sobre la producción de energía renovable, debido a que el sistema actual se basa en monocultivos que dependen altamente del uso de agroquímicos y del mercado internacional. Este modelo no sirve a la población campesina, porque los vuelve dependientes de las multinacionales y del capital internacional. Sin embargo, en los sistemas campesinos, la producción de energía puede estar asociada con la producción de alimentos, a través de áreas diversificadas, como la agroforestal, donde los residuos de la producción de energía (bagazos y tortas) se utilizan en la producción animal y se incorporan al suelo como fertilizante orgánico. Estos sistemas combinados proporcionan una garantía en el suministro de alimentos y energía para la sociedad y, además, pueden ayudar a cambiar las rutas de entrada de los insumos para la producción agrícola.

Alimergia es la combinación de tres palabras que tienen conceptos muy amplios y que están directamente vinculados a nuestra vida: alimentación, medio ambiente y energía. Es un nuevo formato de las relaciones existentes en los sistemas de producción, donde la ganadería, la agricultura y el entorno interactúan con sinergia, a través de arreglos que aseguran la producción de alimentos verdes, sanos y de energía limpia. Alimergia busca promover la soberanía alimentaria y energética de las personas de una manera integrada y armoniosa con los ecosistemas locales, utilizando sistemas agrícolas y ganaderos de base ecológica. No es solo un concepto que pretende unir, en un sistema integrado y sistémico, la alimentación, el medio ambiente y la energía, sino que se plantea como un nuevo paradigma, necesario para hacer frente a los retos y las necesidades objetivas de la sociedad y la supervivencia de la vida en la biosfera.

Antecedentes

El MPA surgió en 1996, en el estado de Rio Grande do Sul, Brasil, como una alternativa de organización de las familias campesinas, muchas de las cuales fueron afectadas por una grave sequía que destruyó gran parte de su producción agrícola. Las familias que producían alimentos de forma diversificada en sus pequeñas propiedades comenzaron a movilizarse para buscar mejores condiciones de vida en el campo, dado que el modelo de exportación de la agricultura brasileña los dejó al margen de la inversión pública. En el mismo periodo, las familias campesinas en los estados de Rondônia, Espírito Santo y Santa Catarina ya estaban discutiendo una manera diferente de organización, porque sus representaciones sindicales, como el Movimiento de los Sin Tierra

(MST) y la Comisión Pastoral de la Tierra (CPT) ya no estaban dando respuestas a las necesidades del campesinado.

El MPA es un movimiento campesino de masas, de carácter nacional y popular, lucha autónoma y permanente, que consiste en grupos de familias campesinas cuyo principal objetivo es garantizar la soberanía alimentaria del pueblo brasileño, el rescate de la cultura y la identidad campesina y el respeto a las diversidades regionales. El MPA hace parte de la Vía Campesina, una articulación internacional de los movimientos campesinos, que lucha, junto con otros movimientos y sectores de la sociedad, por un proyecto popular para Brasil. Actualmente trabaja en diecisiete de los veinte estados brasileños. El principal papel del MPA es el de formular estrategias de participación de los campesinos en los sistemas de producción y consumo de biocombustibles. Los conceptos de Alimergia y sistemas campesinos de producción son elaborados dentro del movimiento y plantean las bases para el diseño de los proyectos en las cooperativas.

Dentro de esta estructura organizacional se crearon en el estado de Rio Grande do Sul, la Cooperativa Mixta de Productores de Tabaco del Brasil Ltda. (Cooperfumos) y la Cooperativa Mixta de Producción, Industrialización y Comercialización de Biocombustibles del Brasil Ltda. (Cooperbio).

Cooperativa Mixta de Productores de Tabaco del Brasil Ltda.

La Cooperfumos fue creada en 2004 por el MPA del estado de Rio Grande do Sul (MPA-RS), en la ciudad de Santa Cruz do Sul, con el objetivo de articular la diversificación de la producción agrícola en las pequeñas granjas de producción de tabaco y también como un mecanismo para combatir el rápido crecimiento de las empresas tabacaleras. Se seleccionó esta ciudad por ser la sede de grandes empresas tabacaleras multinacionales. Actualmente, Cooperfumos reúne a cerca de doce mil miembros, distribuidos entre los campesinos productores de tabaco y otros campesinos. Desde su fundación, Cooperfumos está desarrollando varios proyectos para diversificar y mejorar las condiciones de producción agrícola, el fortalecimiento de las organizaciones sociales y mejorar las condiciones de vida de los campesinos y de las campesinas.

En 2008, Cooperfumos inició un proyecto de producción integrada de alimentos y bioenergía en asociación con la Empresa Brasileira de Petróleos (Petrobras) y otras instituciones. En este se construyó el Centro de Formación de Alimentos, Medio Ambiente y Energía San Francisco, que se inauguró a mediados de 2009. Para su construcción, la Alcaldía del municipio de Santa Cruz do Sul donó un área de 41 hectáreas, situada en la carretera ERS 412, kilómetro 18.

El Centro de Producción y Capacitación Campesina San Francisco de Asís, establecido para buscar formas de diversificar el cultivo del tabaco, es hoy un centro de divulgación y propagación de experiencias teórico-prácticas de los combustibles, en la perspectiva de una autosuficiencia alimentaria y energética de los campesinos, basada en una producción agroecológica. Además, desarrolla alternativas concretas para facilitar la producción, el procesamiento y la comercialización de los productos obtenidos en las propiedades de sus asociados. El centro trabaja de forma integral en cuatro áreas: producción de alimentos, producción de energía, agroprocesos y capacitación.

En la producción de alimentos se utiliza el pastoreo racional Voisin (PRV) en el sistema de integración agro-silvo-pastoril destinado a la producción de ganado de leche y de carne. Los animales también tienen a su disposición para su alimentación los coproductos de la minidestilería (vinaza y bagazo), así como las puntas de la caña de azúcar. También se dispone de una huerta ecológica con producción de hortalizas utilizadas como alimento por los agricultores que participan en los cursos de formación. Esta huerta está integrada con cerdos y gallinas criollas, destinadas al consumo interno del complejo. Existe también una huerta de frutas con varias especies, especialmente nativas. Dentro de la silvicultura se trabaja en la siembra de árboles en alta densidad como fuente de madera y leña para las calderas, utilizando especies como la bracatinga (*Mimosa scabrella*) y la acacia (*Acacia* spp.). También se trabaja con sistemas agroforestales utilizando especies como tung (*Vernicia fordii*), jatrofa (*Jatropha curcas*), nogal (*Juglans regia*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), integrados con cultivos de frijol, yuca, batata, calabaza, maíz, linaza, girasol, sésamo, maní, caña de azúcar, sorgo dulce, semillas de ricino, arveja, haba, frijol de puerco, frijol gandul, sandía y avena.

El centro cuenta con la Casa de Semillas Criollas, que tiene más de 120 cultivares, entre las especies y variedades en fase de multiplicación, para su posterior distribución a las familias campesinas. También se ha implementado un pequeño jardín medicinal con el propósito de preparar infusiones y remedios caseros de uso popular, así como productos fitoterapéuticos, a base de plantas que presentan propiedades medicinales reconocidas como menta, hinojo, bálsamo de limón, albahaca, manzanilla, romero, aloe, aulaga y boldo. El objetivo de este jardín es proporcionar plántulas de las especies medicinales a los agricultores familiares vinculados a la MPA y Cooperfumos y a otros que visiten el Centro.

En la producción de biocombustible, el centro dispone de una microdestilería de alcohol con los equipos necesarios en todas las etapas de producción y procesamiento de la caña de azúcar y el sorgo dulce, así como para la siembra de árboles en alta densidad, y con buen potencial calorífico para satisfacer la necesidad de la madera como fuente de energía de la caldera. Además de la producción de etanol, los derivados de la caña de azúcar y del sorgo dulce son transformados en azúcar morena, miel y aguardiente. En la parte de biocombustibles, el centro también cuenta

con una microplanta de producción de biodiésel, que en la actualidad está procesando aceites de fritura recogidos en las ciudades de la región, lo que contribuye al reciclaje de estos residuos que son de manejo problemático en restaurantes y cocinas. Tanto el etanol como el biodiésel se utilizan en tractores y camiones de la cooperativa.

En el área de agroprocesos (almacenamiento, secado, procesamiento y distribución de granos), el centro cuenta con silos de almacenamiento de grano, una unidad de extracción de aceite vegetal para abastecer la industria del biodiésel y para apoyar el proyecto de la instalación de la agroindustria de aceites vegetales comestibles. A partir de la unidad de extracción de aceites vegetales, se está instalando la fábrica de fertilizantes orgánicos y la fábrica de alimentos balanceados, aprovechando los subproductos, agregando valor y suministrando insumos a los agricultores a menor costo y con calidad diferenciada. Estas iniciativas están incluidas dentro de la visión de ayudar a los agricultores a superar la dependencia de los combustibles fósiles y dar inicio al proceso de transición agroecológica en los sistemas productivos.

El centro de formación profesional es un edificio que sigue los principios de la bioconstrucción, con alojamiento en forma de viviendas replicables en las comunidades rurales, con las técnicas conocidas como superadobe y tierra paja. En este lugar hay espacio para oficinas, sala de reuniones, auditorio, cafetería y cocina, que se utilizan para los momentos de formación y capacitación de campesinos y campesinas.

Cooperativa Mixta de Producción, Industrialización y Comercialización de Biocombustibles del Brasil Ltda.

Fundada en 2005, Cooperbio congrega actualmente más de dos mil asociados en la región noroeste de Rio Grande do Sul y cuenta con sedes en los municipios de Seberi y Frederico Westphalen. El objetivo de Cooperbio es desarrollar sistemas campesinos de producción que integren la producción de alimentos con las energías renovables y la preservación ambiental. Para esto la cooperativa interviene en la producción agrícola y la industrialización agroecológica de alimentos y energías renovables, la producción de insumos biominerales (biofertilizantes y harina de rocas) para la agricultura orgánica, la asistencia técnica y extensión rural para transición agroecológica, la implantación de agroflorestas, la bioconstrucción y la educación ambiental.

Cooperbio inició en diciembre de 2012 el proyecto Alimergia para implantar agroflorestas y centros territoriales de educación ambiental, financiado por Petrobras, mediante el Programa Petrobras Socioambiental. Este proyecto ha permitido que la región se convierta en una de las mayores áreas de recuperación de áreas degradadas. En total han sido implantadas 379 agroflorestas y

se han sembrado más de 200.000 plantas de especies forestales nativas y frutícolas. El área de impacto del proyecto Alimergia está localizada a 350 kilómetros de Porto Alegre y comprende 35 municipios. La estructura agraria de la región se caracteriza por la existencia de 45.000 unidades de producción, en propiedades con áreas entre una y cincuenta hectáreas.

En la década del sesenta del siglo pasado, esta región recibió fuertes subsidios para la adopción de modelos de producción agrícola basados en los principios de la “revolución verde”, como la uniformidad genética, el uso intensivo de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) y la mecanización pesada. Estos procesos han ocasionado deterioro de los ecosistemas, con drástica reducción de la vegetación nativa, reducción de la biodiversidad agrícola y de los servicios ambientales y el empobrecimiento de las poblaciones rurales. Las políticas de desarrollo priorizaron la expansión de las cadenas productivas, como la soja transgénica, maíz y tabaco, y los cultivos de uso intensivo de mecanización y agroquímicos, que requieren de inversiones elevadas en infraestructura y uniformiza las áreas de producción.

Sin embargo, la región tiene grandes potencialidades para solucionar el grave problema de degradación ambiental y exclusión social. La elevada participación de la agricultura familiar campesina en la base económica creó las condiciones necesarias para que el Gobierno brasilero la incluyera dentro del programa Territorios de la Ciudadanía del Ministerio de Desarrollo Agrario (MDA), orientado a regiones con alta vulnerabilidad socioambiental; pero con potencial para protagonizar proyectos y definir agendas regionales integrados en los ámbitos ambiental y socioeconómico. Dentro de este contexto, el proyecto Alimergia busca construir soluciones sistémicas que integren la recuperación de los servicios ambientales, la generación de energías renovables y la producción de alimentos, además de generar puestos de trabajo descentralizados, retomando la relación sociedad-naturaleza por medio de prácticas agroecológicas.

Observaciones

Los proyectos implementados por Cooperfumos y Cooperbio se han dado mediante alianzas con otras organizaciones del MPA, como la Cooperativa Mixta de Producción y Comercialización Campesina de Rio Grande do Sul Ltda. (CPC-RS), la Cooperativa de Provisión de Servicios, Asistencia Técnica y Educación Rural Ltda. (Coopsat), el Instituto Cultural Padre Josimo y la Cooperativa de Vivienda Campesina (Cooperhab).

Las prácticas y concepciones de los proyectos de Alimergia llevados a cabo en las dos cooperativas fueron utilizados en la formulación del Programa Campesino, una política pública establecida en 2013 en el estado de Rio Grande do Sul y considerada la de mayor impacto estatal en el área de transición agroecológica y suministro popular de alimentos. Adicionalmente, los centros

territoriales de cooperación implementaron acciones de planeamiento y educación ambiental, capacitación agroecológica y cooperativismo. Estos centros reciben visitantes de todos los lugares de Brasil, y entre 2014 y 2015 capacitaron aproximadamente a cuatro mil personas.

La consolidación del proyecto Alimergia fue posible por el trabajo conjunto entre las cooperativas e instituciones del Gobierno brasilero. En primer lugar, las cooperativas Cooperbio y Cooperfumos, como instrumentos cooperativos de los asociados vinculados al MPA, organizaron la base campesina, así como los equipos técnicos y de gestión, y ejecutaron los proyectos de producción primaria y de agroindustrialización.

La propuesta de los sistemas de producción dentro del concepto de Alimergia, utilizada por Cooperfumos y Cooperbio, fue viabilizada por las políticas de incentivos creadas dentro del programa nacional de biodiésel. Este programa generó un ambiente favorable al debate sobre las energías renovables y permitió la participación activa del MDA y de Petrobras como entidades promotoras de la inserción sostenible de la agricultura familiar campesina en la cadena productiva de los biocombustibles. El MDA fue el responsable de desarrollar acciones para insertar la agricultura familiar en la cadena productiva y monitorear los proyectos privados y cooperativos para poder dar el sello oficial al combustible social. Este sello indicaba que, por lo menos, el 30 % de las materias primas utilizadas en la fabricación del biodiésel venía de la agricultura familiar campesina. Dentro de la propuesta inicial, el MDA tenía la función de organizar proyectos de diversificación de la producción, evaluando nuevas oleaginosas y materias primas para energías renovables y promover el financiamiento a las cooperativas para su utilización.

Con el paso del tiempo, el MDA cedió al pragmatismo y redujo el Sello de Combustible Social y no promovió la diversificación de la soja. Posteriormente, el programa se fue debilitando, porque el ímpetu del programa nacional de biodiésel y las acciones del Gobierno, relacionadas con las energías renovables, disminuyeron con el descubrimiento de los depósitos de petróleo en el mar (Pre-Sal), lo cual ocasionó una falta de recursos y la obstrucción del ambiente institucional para el desarrollo de las actividades.

Petrobras es una empresa de capital abierto (sociedad anónima), cuyo mayor accionista es el Gobierno de Brasil, por lo que se considera una empresa estatal de economía mixta. Tiene el monopolio de producir y comercializar los combustibles en Brasil y tiene la función de implantar y administrar las grandes unidades de biodiésel y etanol. Esto es un inconveniente, porque ni Cooperfumos ni Cooperbio pueden comercializar los biocombustibles que produzcan. Para viabilizar el proyecto Alimergia, el financiamiento y los incentivos vinieron de la Petrobras Bio-combustibles, a través del programa Petrobras Socioambiental, que aportó los recursos para que las cooperativas implantaran los centros de capacitación y las agroindustrias.

Es evidente que la propuesta del proyecto Alimergia necesita políticas públicas que apoyen las innovaciones en bioeconomía, y actualmente no se cuenta con ellas. El cambio en los sistemas de producción y consumo propuestos en el proyecto Alimergia exige nuevas estructuras institucionales y educativas que permitan divulgar y promover la educación en todos los niveles para poder enfrentar con éxito los desafíos del nuevo paradigma. Las universidades y centros de investigación deben dirigir sus acciones e innovaciones hacia tecnologías y procesos de gestión de los agroecosistemas como estrategia para reducir el uso de insumos externos, con énfasis en la conservación (suelo, agua y energía), el incremento de la agro-biodiversidad y la promoción de prácticas de reciclado de nutrientes (regulación biótica). Además de esto, es necesario que las instituciones integren el conocimiento técnico-científico con las prácticas y conocimientos locales, creando relaciones de confianza e interdependencia entre los campesinos y la población urbana y rural.

Es necesario cambiar el enfoque reduccionista utilizado en los currículos vigentes en la mayoría de las universidades, que busca solucionar los problemas desde la visión de una sola disciplina y que potencializa el uso de tecnologías insumo-dependientes, asociadas a mayores ganancias de productividad. Existe falta de masa crítica de profesores e investigadores que utilicen el enfoque holístico y sistémico, pues la gran mayoría privilegia sus líneas de trabajo de acuerdo con el número y prestigio de las publicaciones (“publicación-dependiente”), presionados por los índices de desempeño exigidos por las instituciones de financiamiento vinculadas al Ministerio de Educación. Los profesionales graduados en las universidades carecen de conceptos claros sobre ética y su relación con el impacto ambiental y social, de algunos sistemas modernos de producción agropecuaria. La gran mayoría de universidades forma agrónomos, veterinarios y zootecnistas dentro del paradigma antiguo, que repiten las indicaciones propagadas por la tecnología de insumos defendida por las grandes empresas internacionales.

Los proyectos del área bioeconómica necesitan una legislación específica que valore la preservación ambiental, así como los enfoques de producción y comercialización de alimentos y energías renovables. Las políticas públicas y sus agentes financiadores precisan condiciones favorables y diferenciadas para la implementación de la bioeconomía, utilizando nuevos indicadores e integrando esfuerzos de diversos sectores para apoyar los proyectos hasta que estén consolidados técnica y financieramente y hasta que logren alcanzar la madurez social requerida para su continuidad.

La legislación es blanda con los productos alimenticios y energéticos industriales. La carga tributaria es baja para los productos agroquímicos y otros productos nocivos a la naturaleza y la sociedad. Una de las propuestas sugeridas es el aumento de la carga tributaria para los agroquímicos (fertilizantes químicos, hormonas, antibióticos y energías derivadas de petróleo y carbón), creando un fondo para el desarrollo de la bioeconomía en las comunidades campesinas. La

política energética está enfocada en sistemas centralizados de producción y comercialización, dejando las cooperativas sin piso jurídico para comercializar el etanol y el biodiésel producido en los mercados regionales. Teniendo un marco legislativo adecuado se crea la seguridad jurídica para implantar emprendimientos sostenibles que tengan acceso a financiamiento y espacio para comercialización de sus productos.

Uno de los mayores problemas que enfrentan los proyectos de bioeconomía (agroecología y agricultura orgánica) es la falta de infraestructura para la producción, almacenamiento y procesamiento de los productos. Existe una marcada ausencia de empresas dedicadas a la producción de insumos orgánicos utilizados en la producción agrícola, ganadera y forestal. A pesar de existir una tendencia de cambio en el paradigma tecnológico, pasando del modelo agroquímico para el biotecnológico, dicho cambio está sobre el control de las mismas empresas que actualmente producen los agroquímicos. También, debido a la falta de estructuras de almacenamiento, muchas veces los campesinos tienen que almacenar sus productos orgánicos mezclados con productos convencionales o transgénicos, razón por la que pierden su valor agregado.

No obstante, consideramos que las iniciativas bioeconómicas tienen un enorme potencial para construir un nuevo sistema de producción y consumo sustentables, con base en la cooperación y el protagonismo de campesinos que hoy están marginados de mercados de mayor valor agregado. El éxito de las iniciativas del proyecto Alimergia depende del fortalecimiento interno, de la cooperación y de la ampliación de la relación con las sociedades urbanas que apoyen el proyecto, política y económicamente, debido a que el apoyo institucional por parte del Gobierno nacional es escaso.

Consideraciones finales

Las propuestas en el área de la bioeconomía se refieren a sistemas de producción agropecuaria sostenibles que utilicen intensivamente la integración de conocimiento y biodiversidad, para optimizar el uso de los recursos naturales y permitir mejoras en la calidad de vida de los productores y los consumidores. Alimergia es un proyecto que busca transformar la agricultura y la sociedad, y sus relaciones con el medio ambiente, a través de actividades agropecuarias verdes y limpias, alimento en cantidades, calidades y precios asequibles, energía renovable limpia, barata y una nueva sociedad más humana y democrática.

Referencias

- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2017). *Second generation sugarcane bioenergy & biochemicals*. Brasília. Recuperado de https://www.cgее.org.br/documents/10195/734063/Ethanol2G_web.pdf
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-Unicamp. (2009). *Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil*. Brasília.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2007). *Plano Nacional de Energia 2030–PNE 2030*. Río de Janeiro.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2014). *Estudos da demanda de energia*. Río de Janeiro.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2015a). *Balanço energético nacional 2015*. Río de Janeiro.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2015b). *Plano decenal de expansão de energia 2024*. Río de Janeiro.
- International Energy Agency. (2017). *Renewables 2017: Analysis and Forecasts to 2022*. París. https://doi.org/10.1787/re_mar-2017-en
- Lei 13.033. (2014, 24 de septiembre). Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 8.723, de 28 de outubro de 1993; revoga dispositivos da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências. Recuperado de <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-federal/leis/2014&item=lei-13.033--2014>
- Lei 13.263. (2016, 23 de marzo). Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Recuperado de <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13263-23-marco-2016-782625-publicacaooriginal-149818-pl.html>
- Ministério de Minas e Energia do Brasil. (2004). *Biodiesel: O novo combustível do Brasil*. Recuperado de http://cmsdespoluir.cnt.org.br/Documents/PDFs/cartilha_biodieselgov.pdf
- Rosillo-Calle, F. y Cortez, L. A. B. (1998). Towards ProAlcool II—a review of the Brazilian bioethanol programme. *Biomass and Bioenergy*, 14(2), 115-124. [http://doi.org/10.1016/S0961-9534\(97\)10020-4](http://doi.org/10.1016/S0961-9534(97)10020-4)

Bioeconomía en Chile

Marnix Doorn*

Introducción

El concepto de bioeconomía no se encuentra explícito como política pública en Chile bajo esta definición. No obstante, sí se encuentran diversas iniciativas públicas y privadas que apuntan al enfoque de este concepto. La creación de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, los diferentes programas de Chile Transforma como plataforma de colaboración público-privada (economía productiva y diversificada), así como algunos cambios legislativos que exigen a las empresas cambiar su gestión, impulsan de una u otra forma el desarrollo de iniciativas relacionadas con la bioeconomía. Pese a lo anterior, una visión más integral de la bioeconomía podría generar más impacto y enfoque en las actividades que se adelantan. Todavía no se integran de forma expresa conceptos biotecnológicos y aún falta entender cómo influirá el desarrollo de la industria 4.0 o cuarta revolución industrial en los diferentes aspectos de la economía nacional. En el presente capítulo se ofrece una visión general de algunas de las iniciativas públicas-privadas actualmente en marcha en Chile a lo largo de su territorio, al igual que algunos ejemplos puntuales de proyectos de interés bioeconómico en el país.

Marco general de iniciativas públicas

A continuación se describen algunas iniciativas públicas relacionadas con el enfoque de bioeconomía como ejemplos de orientaciones y guías, sin que sea una revisión exhaustiva. Se presenta una breve descripción de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, del Programa Transforma Alimentos y, por último, de la nueva Ley de Responsabilidad Extendida del Productor.

* Gerente de desarrollo de negocios, Centro de Biotecnología de Sistemas, Fraunhofer Chile Research Foundation, Chile. marnix.doorn@fraunhofer.cl

Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático

La Agencia surgió en 2017 como una organización continuadora del Consejo Nacional de Producción Limpia, para acelerar las transformaciones productivas en Chile. Es un Comité de la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo), cuya misión es fomentar la inclusión de la dimensión del cambio climático y el desarrollo sostenible en el sector privado con una visión territorial. Se formó como parte ejecutora para facilitar el cumplimiento de los compromisos internacionales que ha asumido Chile, como el Acuerdo Climático de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

En el documento *Recomendaciones para una agenda de trabajo pública privada al año 2030 en materia de sustentabilidad y cambio climático* (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático [ASCC], 2018), se presenta una agenda a 2030 con áreas prioritarias en los sectores forestal, acuicultura, agroindustria, transporte, cuencas y recursos hídricos, residuos y ciudades. En relación con residuos se pretende, por ejemplo:

generar un mercado para productos que salen del proceso de valorización, promover una oferta mayor de productos reciclables para satisfacer la demanda de las plantas de reciclaje e impulsar el desarrollo tecnológico para la valorización de ciertos productos que aún no son valorizables en Chile. (p. 31)

Adicionalmente, y de forma complementaria, sugiere promover alternativas de tratamiento y valorización de residuos orgánicos tanto municipales como de la agroindustria, aunque estos no se abordan como residuos prioritarios en la Ley 20.920 de 2016, que provee el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. La Agencia trabaja mediante tres instrumentos que impulsan el desarrollo sostenible:

- El Fondo de Producción Limpia, cuyo objetivo es apoyar a las empresas en la implementación de la producción limpia, buscando aumentar su eficiencia y minimizar sus impactos en el medio ambiente.
- Los acuerdos territoriales, que apoyan la creación de espacios de coordinación entre empresas, comunidades y actores locales, para trabajar en conjunto por la sustentabilidad del territorio y los desafíos del cambio climático.
- El instrumento Producción Limpia, que se aplica a los procesos de producción, los productos y los servicios, con el fin de mejorar las condiciones productivas, ambientales, sociales y de higiene y seguridad laboral.

Por lo tanto, la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático está involucrada en varios temas que se pueden incluir en lo que entendemos bajo el concepto de bioeconomía, y cuenta con el apoyo a través de subsidios y coordinación de actores para su implementación.

Programa Transforma Alimentos

Los programas estratégicos de especialización inteligente de Chile, impulsados por Corfo, en el marco de la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento del Ministerio de Economía, son un conjunto de iniciativas que buscan potenciar la diversificación y la sofisticación de la economía chilena, identificando oportunidades tecnológicas y de mercado, con alcance global, bajo un enfoque de especialización inteligente. En el ámbito de la bioeconomía, el programa Transforma Alimentos se enfoca en:

la incorporación de tecnologías sustentables que desarrollen nuevos productos a partir de las materias primas disponibles, los que destaquen por su composición y procesamiento saludable. Asimismo, se pretende innovar en los envases y embalajes de productos. Esta iniciativa pretende posicionar a Chile dentro de los diez países líderes en la producción de alimentos saludables para el mundo. (Programa Transforma Alimentos, s.f.)

Existe tanto un programa nacional como programas específicos en las regiones, centrados en los subsectores regionales, como ganadería, fruticultura, horticultura, agroindustria y alimentos con valor agregado. En el contexto de este programa se incorporaron varios elementos relacionados con los fundamentos de la bioeconomía, incluyendo:

- Programa Cero Pérdidas de Materias Primas en la Agroindustria. Se estima que existe una pérdida de hasta un 45 % de las materias primas entre el paso de la producción primaria y la industria que procesa, dependiendo de la cadena a la que pertenezca. A través de un diagnóstico de ocho diferentes cadenas, el objetivo es formular soluciones técnicamente y económicamente viables para reducir las pérdidas.
- Programas tecnológicos que se enfocan en el desarrollo de ingredientes funcionales y aditivos. La valorización total de los recursos que incluyen algas nativas, granos, cereales y derivados lácteos y de nuevos materiales para envases.
- En cuanto a empresas individuales, se apoyan las empresas mediante subsidios con la valorización de desechos y subproductos de origen acuícola y agroindustrial.
- El Centro Tecnológico para la Innovación Alimentaria. Es un consorcio de cuatro universidades chilenas y dos fundaciones para crear nuevos productos, procesos y empaques con sello saludable (Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Chile,

Universidad de la Frontera, Universidad de Talca, Fundación Chile, Transforma Alimentos y Fraunhofer Chile), tiene por objetivo instalar infraestructura en forma de plantas piloto en los ámbitos de ingredientes, alimentos y envases. A través de las plantas piloto se pretende impulsar el desarrollo de nuevos productos a escala semiindustrial. La primera planta piloto busca tener un enfoque en la producción de ingredientes de alto valor agregado.

El programa Transforma Alimentos es una colaboración público-privada en la cual, en total, se implementarán 155 proyectos por un valor de 110,3 millones de dólares, de los cuales el 37 % son financiados directamente por las diferentes empresas asociadas a los proyectos (Transforma Alimentos, s. f.).

Ley de Responsabilidad Extendida del Productor

Chile se encuentra implementado la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley 20.920, 2016). Esta tiene como objetivo reducir la generación de residuos, promoviendo la reutilización y el reciclaje a través de la responsabilidad extendida al productor. La Ley establece que:

Las obligaciones para prevenir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización serán establecidas o exigidas de manera progresiva, atendiendo a la cantidad y peligrosidad de los residuos, las tecnologías disponibles, el impacto económico y social y la situación geográfica, entre otros.

Investigación y desarrollo

En el ámbito de investigación aplicada y el desarrollo existen numerosas iniciativas en las diferentes áreas de aplicación de la bioeconomía. A continuación se presentan dos ejemplos de instituciones que se enfocan más en el desarrollo y en el escalamiento.

Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción

La Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT) de la Universidad de Concepción (<https://www.udt.cl>) es uno de dieciséis centros de investigación de excelencia nacionales reconocidos por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnología (CONICYT) con financiamiento basal a largo plazo. Se posiciona como centro que realiza ciencia, tecnología e innovación en bioeconomía con enfoques en biomateriales, bioenergía y bioproductos. El centro cuenta con plantas piloto en diversas áreas que permiten el escalamiento precompetitivo.

Fraunhofer Center for Systems Biotechnology

El Centro de Biotecnología de Sistemas de Fraunhofer Chile Research (FCR-CSB) fue el primer centro de investigación establecido por la Fundación Fraunhofer Chile Research (<https://www.fraunhofer.cl>) en el contexto del programa Atracción de Centros de Excelencia, de la Corfo, que busca promover el vínculo entre las empresas y el mundo del conocimiento, complementando las capacidades del ecosistema nacional de innovación con la experiencia de entidades internacionales de reconocida trayectoria en desarrollo y transferencia tecnológica. Es el primero en América Latina basado en el modelo de innovación de Fraunhofer, el cual busca desarrollar ciencia y tecnología aplicada para atender las necesidades de la industria. El centro tiene un enfoque sistémico y trabaja en áreas temáticas en agricultura, ingredientes y alimentos (AFI, por su sigla en inglés), acuicultura y sustentabilidad industrial. Dentro el área de AFI, parte de la generación de conocimiento sobre ecosistemas productivos y va hasta la valorización de residuos mediante la extracción de ingredientes de alto valor en colaboración con la academia y la industria.

Estudios de caso

Como ejemplo de avances en emprendimientos con enfoque de bioeconomía se presentan cuatro modelos de proyectos con potencial bioeconómico en Chile en las áreas de valorización de la biodiversidad, bioenergía y obtención de bioproductos.

Caso 1. Valorización de la biodiversidad: papas nativas de Chile

Las frutas y las verduras son una contribución significativa a la salud humana, dado que, adicional a su valor tradicional, proporcionan metabolitos secundarios de interés. Junto con los macronutrientes clásicos, también presentan propiedades antioxidantes que a su vez pueden intervenir en el desarrollo de enfermedades crónicas (Ah-Hen et al., 2012). Las papas se encuentran entre los principales alimentos en el mundo y ocupan el cuarto lugar en los cultivos mundiales, después del maíz, el arroz y el trigo (Organisation for Economic Co-operation and Development, s. f.).

Entre la gran variedad de papas presentes en el sur de Chile hay un grupo particular (papas nativas chilotas: *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* del grupo Chilotanum), la cual está constituida por un gran número de accesiones diferentes y muestra una amplia variabilidad fenotípica en colores y formas, y de las que se mantienen alrededor de 290 accesiones como reservorio en el Banco de Germoplasma de la Universidad Austral de Chile. Estas variedades producen cantidades variables de metabolitos secundarios que incluyen polifenoles y antocianinas, las cuales proporcionan una fuente importante de genes para la introgresión en variedades de papa de alto

rendimiento —en este contexto se entiende la introgresión como el movimiento de genes dentro de la misma especie a consecuencia de un proceso de hibridación interespecífica seguido de retrocruzamiento— (Jannink, Lorenz e Iwata, 2010).

Con el fin de conservar y valorizar esta biodiversidad única, el proyecto MoMaPo (Molecular Markers for the Generation of Potatoes with Enhanced Anthocyanin Content) se enfocó en acelerar el camino hacia la generación de nuevas variedades con un contenido nutricional mejorado (Consorcio Papa Chile, 2017). Para ello se implementaron tecnologías consolidadas de última generación que permitieran estudiar y seleccionar marcadores genéticos relacionados con las características fenotípicas deseadas, a fin de proporcionar una plataforma sólida para la mejora continua de variedades de papa.

El proyecto se enfocó en identificar genes involucrados en la biosíntesis de antocianinas para utilizarlos como marcadores moleculares en programas de mejoramiento, con el fin último de ofrecer herramientas prácticas que mejoren las concentraciones de antocianinas en cultivares de papa, utilizando la biodiversidad subutilizada de variedades locales chilenas. El proyecto MoMaPo lo financió la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica y el Ministerio Federal de Educación y Ciencia de Alemania, y permitió establecer las bases para la cooperación técnica entre el Centro de Biotecnología de Sistemas de Fraunhofer Chile, la Universidad Austral de Chile y el Instituto Fraunhofer de Biología Molecular y Ecología en el campo de acción “biotecnología: especialmente investigación nutricional”.

Entre los resultados más destacados del proyecto se cuentan el establecimiento de una estructura de colaboración internacional organizada para el trabajo biotecnológico en el ámbito agrícola, que se espera que resulte en la generación de nuevas variedades de cultivos o alimentos con propiedades nutricionales mejoradas; así como la información de apoyo para los programas de mejoramiento actuales y futuros. El proyecto MoMaPo es un punto de partida estratégico para el desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología e innovación en Chile y representa un ejemplo de la aplicación de herramientas biotecnológicas para la valorización de la biodiversidad en una forma sostenible, garantizando la conservación de las variedades originales.

Caso 2. Importancia de la biodiversidad para la productividad de huertos

Chile es uno de los países líderes mundiales en exportación de fruta fresca. Esto ha significado la intensificación de la producción y, en el caso del aguacate, la superficie se ha incrementado hacia las laderas de los cerros del centro del país; por lo tanto, el paisaje ha cambiado de forma importante. Las abejas, componentes clave de la biodiversidad global, garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos, incluida la polinización, responsable del éxito reproductivo de la mayoría de

las plantas. La abundancia de las abejas se encuentra estrechamente asociada a las condiciones del entorno de huertos comerciales, por lo que los paisajes heterogéneos tienden a afectar los parámetros de polinización y producción de fruta.

Para evaluar el efecto de la estructura del paisaje en las comunidades de abejas nativas se utilizaron imágenes satelitales de huertos de palto (aguacate) de la zona central de Chile para la clasificación de usos y coberturas de suelo. Se estimó la presencia de especies de plantas nativas e introducidas y la abundancia de abejas nativas y abejas de miel presentes en la flora de borde. Los resultados preliminares indicaron que huertos de palto con mayor número de hectáreas plantadas (223 ha) presentan un alto porcentaje de especies de flora introducida en el paisaje, un menor número de abejas nativas y mayor abundancia de abejas melíferas respecto de paisajes con menor extensión de plantación (25 ha). Estos resultados mostrarían algunos efectos negativos de grandes extensiones de cultivos en los componentes de la diversidad de Apoidea.

Caso 3. Optimización de uso de suelos: agro-PV

La rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos instalados en el suelo está aumentando constantemente. Este incremento de la ventaja competitiva conduce a nuevos modelos de negocios para la utilización las tierras. La disponibilidad limitada de suelos arables y la creciente demanda de espacio conducirán a nuevas dimensiones en la competencia por el uso de la tierra en las interfaces entre economía, ecología y la sociedad. En 1981, Adolf Goetzberger, fundador del Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar ISE, y Armin Zastrow, fueron los primeros en proponer el concepto de uso eficiente de los recursos de tierra cultivable llamada *agrofotovoltaica* (APV). Propusieron una tecnología de sistema especial que optimizara el rendimiento de la energía fotovoltaica y la fotosíntesis.

El concepto *agro-PV* propone desarrollar sistemas de producción energética basándose en tecnología solar fotovoltaica, en combinación armónica y optimizada con la producción agrícola. Para ello se instalan los paneles fotovoltaicos mediante una disposición tal que permita tanto actividades agrícolas para una amplia variedad de cultivos como una distribución espacial de los paneles de forma tal que el patrón de sombreado resulte uniforme sobre el cultivo intervenido. La intensidad de sombreado puede definirse según la geometría (orientación e inclinación) del sistema que se va a instalar.

El uso del concepto agro-PV presenta los siguientes impactos de tipo positivo:

- Evita la competencia por el uso de suelos para agricultura y energía, lo cual permite el desarrollo armónico y conjunto de ambas actividades.
- Genera una nueva fuente de ingresos para los agricultores, bajo la forma de ahorro de costos, debido a la autogeneración energética en el mismo predio, así como por la venta

de energía excedente a las redes de distribución mediante la aplicación de lo establecido en la Ley de Generación Distribuida vigente en Chile.

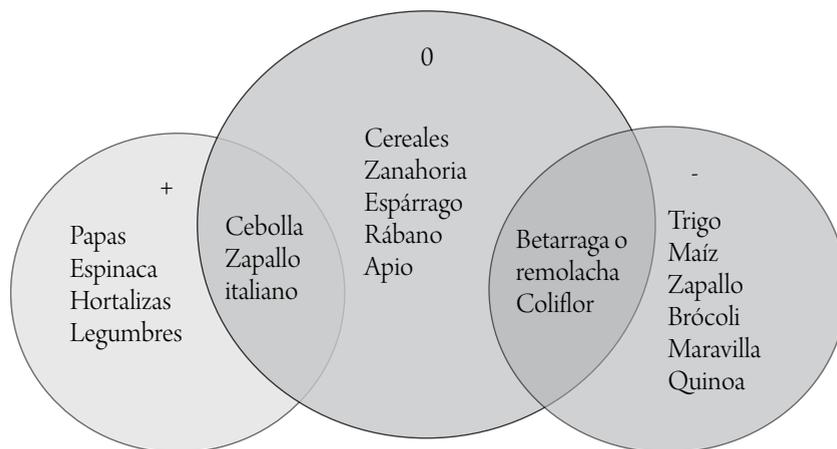
- Se abre la posibilidad de reducir la huella de carbono.

En Chile, país con un alto nivel de radiación en la zona centro-norte, se instalaron tres pilotos agro-PV en la Región Metropolitana de Santiago, donde el crecimiento de la zona urbana compite por espacio con más del 25 % de la producción de hortalizas del país. Los pilotos fueron instalados sobre cultivos hortícolas, con el fin de estudiar el comportamiento de los cultivos con un aumento de 30 % de sombra y de utilizar la energía para fines productivos, domésticos e inyección en la red. Las mediciones en los pilotos son 100 % digitales y proveen datos de forma continua a bajo costo.

Los beneficios del sistema no solamente son para los productores: no obstante la cobertura del servicio eléctrico de casi el 100 %, las redes eléctricas rurales no tienen el mismo estándar que en las zonas urbanas, razón por la cual son frecuentes y más extensos los cortes y variaciones de frecuencia o voltaje. Agro-PV, al disponer de fuentes de generación energética distribuida en las redes rurales, puede contribuir a estabilizar las redes y a mejorar la calidad del servicio.

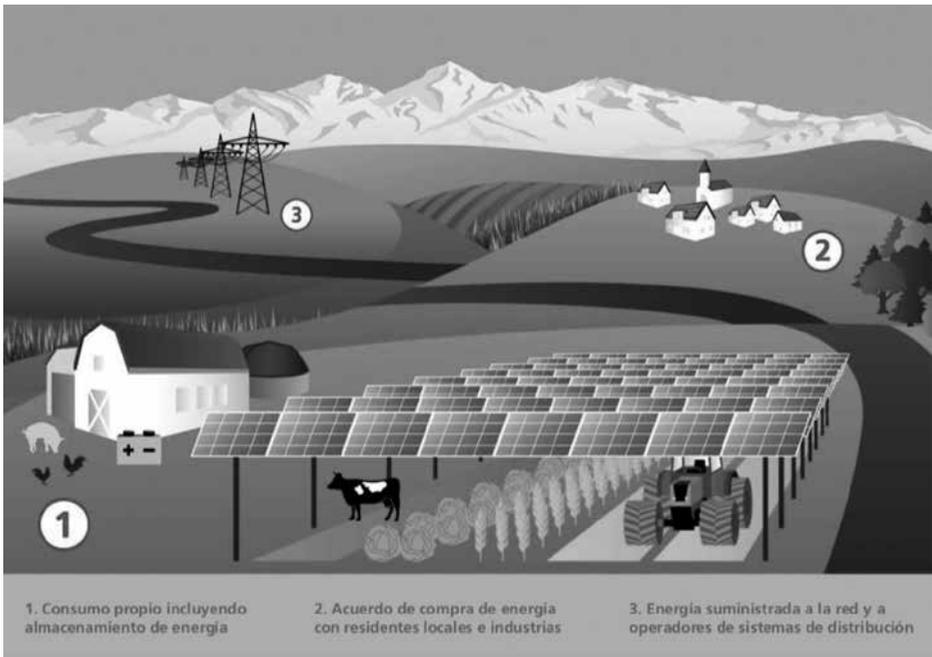
Las tres plantas piloto representan valiosos laboratorios en terreno que permitirán evaluar diferentes cultivos y desarrollar pruebas de nuevas tecnologías, como paneles fotovoltaicos bifaciales. Los primeros resultados muestran poco impacto en los cultivos y una mejor retención de humedad bajo los paneles. Además, se pretende buscar aplicaciones en cultivos que sufren daño por sobreexposición de radiación (frutas de exportación) y otros impactos del cambio climático (figuras 1, 2 y 3).

Figura 1. Estudios piloto de agro-PV



Fuente: Fraunhofer Chile Research (2019).

Figura 2. Diagrama de los pilotos



Fuente: Fraunhofer Chile Research (2019).

Figura 3. Ensayos piloto



Fuente: Fraunhofer Chile Research (2019).

Caso 4. Productos vegetales de alto valor: desde el descubrimiento hasta el producto final

Los productos naturales obtenidos de las plantas han sido utilizados por la civilización humana durante milenios; le han proporcionado medicinas vitales y componentes dietéticos esenciales. Más recientemente, los compuestos bioactivos de fuentes vegetales se han utilizado en diversos usos, incluyendo cosméticos, suplementos para la salud y, adicionalmente, son componentes importantes de diversos piensos. A pesar de las importantes inversiones, se requieren nuevas actividades y nuevas biofuentes sostenibles para reducir o eliminar el refinado químico y, por lo tanto, el impacto ambiental de los productos procesados.

En este contexto, el proyecto DISCO (apoyado por el Programa Marco DISCO de la Unión Europea) tuvo como objetivo comprender las rutas biosintéticas de las plantas involucradas en la formación de productos vegetales de alto valor y desarrollar nuevas herramientas para la ingeniería metabólica y la mejora molecular para generar nuevas fuentes de productos fitoquímicos bioactivos e industriales. El proyecto fue financiado por la Comisión Europea dentro del Séptimo Programa Marco de Investigación e Innovación (FP7) con un presupuesto total de 6,5 millones de euros. La institución coordinadora del proyecto fue el Royal Holloway en el Reino Unido, en una alianza multinacional y multidisciplinaria de expertos de quince instituciones académicas e industriales asociadas, que garantizaron la participación de actores de tanto el ámbito académico de descubrimiento como en el industrial.

En el ámbito internacional, Fraunhofer Chile participó en pruebas de uso de carotenoides como colorantes en alimentos para acuicultura (Nogueira et al., 2017). Los cetocarotenoides son pigmentos orgánicos de alto valor utilizados en la industria de alimentos y piensos para conferir color. La acuicultura es un buen ejemplo, en el cual la adición de carotenoides a la alimentación es esencial para la coloración de la carne de trucha o salmón y, por lo tanto, la viabilidad comercial del producto. En este estudio, se desarrollaron procesos complejos de ingeniería metabólica en tomate para producir cetocarotenoides de alto valor (como cantaxantina, fenicoxantina o astaxantina), con el fin de producir una fuente renovable de cetocarotenoides para su uso como aditivos en alimentos para peces, así como su posible escalamiento en condiciones de campo. La producción de estos compuestos en tomates ha permitido evaluar este material “generalmente reconocido como seguro”, en ensayos de acuicultura con un bioprocesamiento mínimo y con bajo consumo de energía, con el fin de demostrar la factibilidad de producción, técnica y económica del sistema.

Se encontró que los alimentos con base en plantas (tomates) fueron más eficientes que los alimentos sintéticos para la coloración de los filetes de las truchas. Este logro representa un posible paradigma nuevo en la bioproducción de compuestos químicos especializados en volumen,

con el fin de reducir la dependencia de los procesos químicos derivados de combustibles fósiles y promover la sostenibilidad, respondiendo adicionalmente a la demanda de los consumidores por colorantes no artificiales.

Agradecimientos

El autor agradece a los doctores Derie Fuentes (Fraunhofer Chile) y Anita Behn (Universidad Austral de Chile), por su colaboración con el caso de la papa, y a Sharon Rodríguez, por el caso de la polinización.

Referencias

- Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático de Chile. (2018). *Recomendaciones para una agenda de trabajo pública privada al año 2030 en materia de sustentabilidad y cambio climático*. Recuperado de http://www.agenciasustentabilidad.cl/resources/uploads/documentos/recomendaciones_para_una_agenda_de_trabajo_publica_privada_al_2030.pdf
- Ah-Hen, K., Fuenzalida, C., Hess, S., Contreras, A., Vega-Gálvez, A. y Lemus-Mondaca, R. (2012). Antioxidant capacity and total phenolic compounds of twelve selected potato landrace clones grown in Southern Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1), 3-9.
- Consorcio Papa Chile. (2017, 5 de abril). El banco de germoplasma chileno de papas de la UACH, un tesoro para la biodiversidad. Recuperado de <https://www.papachile.cl/chile-el-banco-de-germoplasma-chileno-de-papas-de-la-uach-un-tesoro-para-la-biodiversidad/>
- Fraunhofer Chile Research. (2019). *Concepto AGRO PV y su aplicación en el sector hortalizas en la Región Metropolitana de Santiago*. Recuperado de <https://www.fraunhofer.cl/en/cset/project.html>
- Jannink, J. L., Lorenz, A. J. e Iwata, H. (2010). Genomic selection in plant breeding: From theory to practice. *Genomics* (9), 166-177.
- Ley 20.920 (2016, 1 de junio). Ley marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1090894>
- Nogueira, M., Enfissi, E., Martínez Valenzuela, M. E., Menard, G. M., Driller, R. L., Eastmond, P. J., Schuch, W., Sandmann, G. y Fraser, P. D. (2017). Engineering of tomato for the sustainable production of ketocarotenoids and its evaluation in aquaculture feed. *PNAS*, 114(41), 10876-10881. <https://doi.org/10.1073/pnas.1708349114>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (s. f.). *Crop production*. Recuperado de <https://data.oecd.org/agrouput/crop-production.htm>
- Transforma Alimentos. (s. f.). *Hoja de ruta*. Recuperado de http://transformaalimentos.cl/home/hoja_ruta#indicadores2

Bioeconomía en Colombia

Rafael Aramendis,* Adriana Castaño**

Introducción

El contexto socioeconómico en el cual se desarrollan las empresas de bioeconomía en Colombia en 2016 es variado y muy complejo. Desde el punto de vista interno, las variables reglamentarias e institucionales y las de política pública, especialmente las relacionadas con los sectores agrícola, ambiental, de ciencia y tecnología y de competitividad e innovación son factores determinantes para restringir, condicionar o potenciar los factores externos y generar un ambiente favorable o desfavorable para la consolidación de las bioempresas.

El presente estudio se realizó con el objeto de determinar de qué manera los factores externos e internos afectan el desarrollo de estas empresas, mediante el análisis de diez estudios de caso de bioempresas colombianas en los senderos de Bioenergías/Biorrefinerías, Biotecnología/Ecointensificación y Biodiversidad en Farmacéutica y Cosmética, definidos por el proyecto ALCUE-KBBE. Dentro de los hallazgos más relevantes se destaca que un alto porcentaje (80 %) de las bioempresas colombianas analizadas nacieron como empresas de carácter familiar con recursos propios o de la banca privada, casi todas innovan en producto o en proceso, y exportan a destinos como América Latina, Europa y Asia. Estas empresas actúan en sectores fuertemente regulados, reconociendo la importancia de las cadenas de valor, del logro de las certificaciones voluntarias y de la implementación de esquemas de responsabilidad social y ambiental en sus operaciones, pero aún son incipientes aspectos como el reconocimiento de la propiedad intelectual como mecanismo de protección de sus innovaciones, la intensidad de las relaciones universidad-empresa y su representación gremial.

El análisis del contexto en el cual se desarrolla la bioeconomía requiere, por lo menos, una evaluación inicial de los aspectos macroeconómicos del país y de las políticas públicas en materias

* Químico farmacéutico. M.Sc. Gerente general de Suricata SAS, Bogotá, Colombia. rafael.aramendis@suricata.com.co

** Bióloga. M.Sc. Consultora en Bioseguridad de OGM. Consultora de Suricata SAS, Bogotá, Colombia. acastanoh@gmail.com

agrícolas, de innovación y desarrollo tecnológico, de ciencia y tecnología, de competitividad y de ambiente y diversidad biológica. Con este análisis transversal se determina de qué modo el conocimiento científico y tecnológico puede asociarse con la base de los recursos naturales, a fin de generar bienes y servicios que permitan el crecimiento competitivo y sostenible de una nación.

En materia de crecimiento económico, Colombia tenía para 2015 una perspectiva de crecimiento superior al promedio de la región (3 %), frente al esperado para América Latina y el Caribe, que se situaba entre el 0,5 % y el 1,1 % (Deloitte & Co. S.A., 2015). Sin embargo, frente a los retos de la competitividad, el país se ubicaba en una categoría media bastante discreta: para el periodo 2014-2015 ocupó el puesto 66 entre 144 países, con un índice de competitividad de 4,45 con base en la medición de los pilares de infraestructura, instituciones, ambiente macroeconómico, salud y educación primaria; en materia de innovación y factores de sofisticación, Colombia ocupó el puesto 64 entre 144 países con un puntaje de 3,64, incluidos factores de innovación y el grado de sofisticación en los negocios. El país fue catalogado como una de las treinta economías que se encontraban en la etapa de impulso de la eficiencia (*efficiency driven*). Con base en los componentes del Índice Global de Competitividad, el país hace parte de las veinte economías emergentes más grandes, de las que hacen parte en América Latina países como México, Brasil y Argentina.

Las políticas agrícolas del país muestran un abandono sistemático y progresivo del sector rural, evidenciado en los indicadores del Censo Nacional Agropecuario Colombia, que se enuncian a continuación, los cuales no han permitido cerrar la brecha entre el sector rural y el urbano y limitan la coexistencia de la agricultura de subsistencia para pequeños y medianos agricultores con la agricultura industrializada que permitirá llevar los beneficios de la innovación agrícola a todo el país (DANE, 2015):

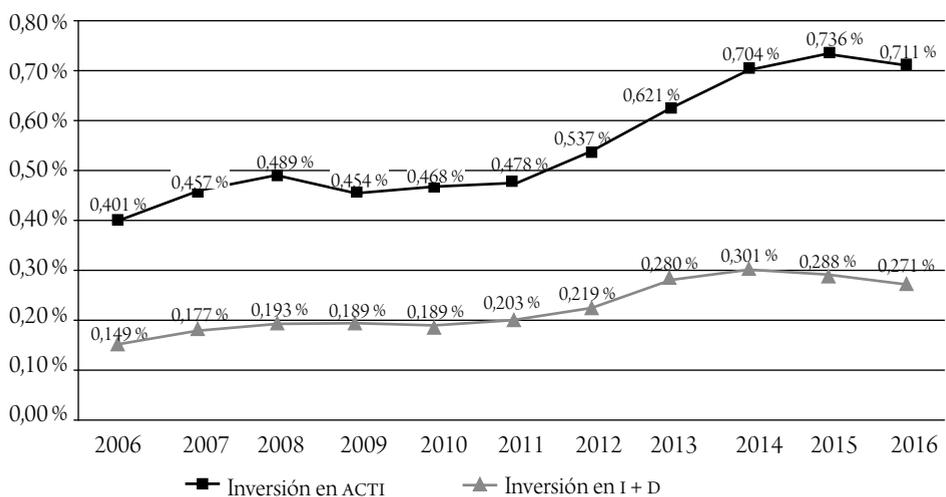
- El país tiene 44,5 millones de hectáreas con potencial para actividades agrícolas. De estas se encuentran cultivadas siete millones, de las cuales el 74,8 % está dedicado a cultivos permanentes como caña de azúcar, palma, caucho, banano, flores y café, y el 16 % se encuentra en cultivos transitorios como arroz, papa, maíz, soja, hortalizas y verduras.
- El 80,4 % del área rural del país se dedica a pastos, y solo el 19 % a siembras.
- Del área rural dispersa censada en el país, el 50,6 % corresponde a bosques naturales, el 40,6 % es de uso agropecuario, el 7,25 % tiene un uso no agropecuario y el 1,5 % está en desarrollo urbano.
- El sector agrícola colombiano se caracteriza por un alto número de pequeñas unidades de producción con poca área frente a una cantidad reducida de grandes unidades con mucha área, lo que indica una alta concentración en la propiedad y tenencia de la tierra.

El 70 % de las unidades de producción tiene menos del 5 % del área censada y se da alta fragmentación a medida que crecen los hogares y los hijos emigran a las ciudades.

- El 83 % de los productores no cuenta con maquinaria agrícola y un porcentaje igual menciona no tener infraestructura agropecuaria.
- El 90 % de los productores afirma no recibir asistencia técnica agropecuaria, lo que incide directamente en la falta de productividad, competitividad y eficiencia del sector.
- El índice de pobreza multidimensional para el sector rural colombiano se sitúa en un 44,7 % para 2015 en el sector rural frente a un 21,9 % de 2014.

En materia de ciencia y tecnología, los indicadores tampoco son alentadores. Según datos del Observatorio de Ciencia y Tecnología, la inversión en ciencia tecnología e innovación (CTI) como porcentaje del producto interno bruto (PIB) fue de 0,271 % en 2016 (862.675 miles de millones de pesos), con una caída sostenida desde 2014, año en el cual se presentó el mayor crecimiento de inversión, con el 0,301 %, en relación con el PIB, que fue de 757.065 miles de millones de pesos. Estos porcentajes de inversión corresponden a la inversión neta en CTI sin incluir actividades asociadas a investigación y desarrollo (I+D): servicios tecnológicos, apoyo a la formación y capacitación científica, administración y otras actividades de apoyo (Lucio et al., 2016). La figura 1 muestra el comportamiento de inversión en CTI en Colombia durante los últimos diez años, en comparación con la inversión, que contempla actividades de I+D, sin que en ninguno de los dos casos en esos años llegue a estar cerca al 1 % de inversión del PIB, y muy lejano de la inversión que países de la región y países desarrollados hacen en I+D con base en su economía.

Figura 1. Evolución de la inversión en I+D como porcentaje del PIB, 2006-2016



Fuente: tomado de Lucio et al. (2016).

En el marco de medio ambiente y diversidad biológica, el país es parte de la gran mayoría de acuerdos, tratados multilaterales o regionales emanados de la Convención de la Diversidad Biológica y que influyen en el desarrollo de la bioeconomía dentro los cuales se destacan: Convenio de la Diversidad Biológica, Decisión Andina 391 de Acceso a Recursos Genéticos, el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, el Convenio de Nagoya y el Protocolo de Nagoya Kuala Lumpur Suplementario al Protocolo de Cartagena, este último en trámite de ratificación ante el Congreso de la República, al igual que el Acuerdo de París.

Metodología de los estudios de caso

Con el objetivo de definir las empresas de bioeconomía objeto de este estudio se efectuó un proceso secuencial consistente en las siguientes etapas:

1. Análisis de los elementos que respaldan el desarrollo de la bioeconomía en Colombia.
2. Determinación de los sectores o senderos en los cuales las empresas se categorizarían.
3. Filtrado preliminar de las bioempresas que iban a ser incluidas en el estudio.
4. Selección de las bioempresas.

Dentro del análisis de políticas se estudiaron las relacionadas con bioenergía, uso sostenible de recursos naturales, medio ambiente, agricultura, ciencia tecnología e innovación y desarrollo. En la institucionalidad se identificaron cuatro niveles fundamentales de entidades en las que se apalanca el desarrollo de la bioeconomía en el país. En el área de recursos humanos se analizó el grado de formación académica y la disponibilidad de profesionales con maestría y doctorado que tienen capacidad para apoyar las diferentes áreas científicas y tecnológicas convergentes a bioeconomía. Los marcos regulatorios analizados fueron los de biocombustibles, biotecnología (incluyendo la regulación para organismos genéticamente modificados, bioensayos, recursos naturales, acceso a recursos genéticos, biofarmacéutica y biocosmética), biocomercio y propiedad industrial en lo relacionado con propiedad intelectual y derechos de obtentores de variedades vegetales. Finalmente, se revisaron algunos estudios que dan cuenta de los potenciales impactos socioeconómicos actuales de la biotecnología en el país.

Esta contextualización se adelantó con base en análisis de documentos oficiales de gobierno o consultas de las páginas web de las diversas entidades gremiales, públicas y privadas, involucradas en la materia, así como en la consulta bibliográfica de estudios nacionales e internacionales recientes sobre biotecnología, biodiversidad y biocomercio. También se nutrió con la experiencia y participación de los miembros del equipo consultor, durante los últimos tres años, en diferentes foros mundiales relacionados con las materias tratadas.

La estructuración de análisis de caso de las bioempresas se definió con base en los sectores/senderos seleccionados para la consultoría en el caso de Colombia y de acuerdo con los lineamientos señalados en el proyecto ALCUE-KBBE (Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa) (Trigo et al., 2014):

1. Sector de bioenergía: que comprende las empresas que se dedican a la producción de biocombustibles a partir de caña de azúcar (bioetanol) y palma de aceite (biodiésel).
2. Sector de biotecnología: conformado por empresas que usan o producen cultivos genéticamente modificados (OGM), bioinsumos, biorremediación, aplicación en la industria química y aplicaciones en el sector de la salud.
3. Sector de la biodiversidad: se enfocó en empresas farmacéuticas con producción de fitomedicamentos y en empresas de producción de biocosméticos u obtención de ingredientes naturales para la fabricación de cosméticos.

Para cada uno de estos senderos se adelantó una búsqueda preliminar de empresas que son reconocidas como líderes, por lograr incorporar dentro de sus procesos productivos actividades de bioeconomía para la producción de sus bienes o servicios. En el análisis preliminar se incluyeron empresas de diferente tamaño, composición jurídica y organizacional y de diferente procedencia (nacionales, mixtas o extranjeras). Las empresas preliminares seleccionadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Empresas preliminares seleccionadas

Sector	Subsector	Empresa identificada
Bioenergía	Sector caña de azúcar: bioetanol	Manuelita
		Riopaila
		Mayaguez
		Providencia
		Risaralda
		Cauca
		Bioenergy
	Sector palma de aceite: biodiésel	Odin Energy
		Oleoflores
		Ecodiesel de Colombia
		Bio D S. A.
		Aceites Manuelita
		Biocastilla

Sector	Subsector	Empresa identificada
Biotecnología y eointensificación	Organismos genéticamente modificados (OGM)	Pajonales Aliar
	Bioinsumos	Ecoflora Agro Biocultivos S. A. Bioinsumos S. A. Soluciones Microbiológicas del Trópico
	Biorremediación	Llano Ambiental S. A. Solubact Ecocert
	Industria química	Smurfit Cartón de Colombia Disaromas
Biodiversidad para salud	Farmacéutica	Labfarve Aral Thel Pronabell sas Phitoter Naturfar
	Biocosmética	Apiflower Ecoflora Care Neyber Waliwa
	Aplicaciones en salud	Corpogen Histolab Vecol

Fuente: elaboración propia.

La metodología empleada para el trabajo incluyó un proceso de selección por triple filtro mediante el cual, en una etapa inicial, se seleccionó el universo de empresas por cada sendero y, posteriormente, se tamizaron de la siguiente manera:

- Primer filtro: cumplimiento de criterios económicos y de mercado.
- Segundo filtro: cumplimiento de variables regulatorias, normativas, de uso de instrumentos de propiedad intelectual y de cumplimiento de aspectos ambientales y sociales en su práctica empresarial.
- Tercer filtro: se aplicó como criterio positivo de selección para escoger la bioempresa en el estudio determinar si una misma empresa tenía más de un bien o servicio en un único sendero o bienes o servicios en más de un sendero.

Por cada empresa seleccionada se realizó, en el 90 % de los casos, una entrevista presencial con el gerente general o responsable operativo de la empresa, para posteriormente realizar una

ficha resumen de cada empresa, validada por el responsable corporativo, con las cuales se construyó el análisis de cada caso y de cada sector mediante las matrices DOFA.

Este proceso de selección tiene la limitante de que no todas las compañías tienen su información económica disponible de manera pública; por ello, la información de análisis externo en lo relacionado con las cadenas logísticas, de abastecimiento y comerciales se tomó de dos fuentes: a) información que cada compañía registra en sus páginas web; y b) conocimiento particular del equipo consultor sobre la actividad de la bioempresa. Este criterio matricial es muy certero para las compañías del sector de bioenergía, que reportan su información consolidada año a año mediante la metodología Global Report Initiative (GRI) y que cuenta con gremios que la agrupan y consolidan (por ejemplo, Asocaña y Fedebiocombustibles).

Para el sector de biodiversidad, que es naciente en el país, la información económica se infiere de la suministrada por la Asociación Nacional de Industriales (la ANDI) Cámara Sectorial Farmacéutica y la Cámara Cosmética, y las variables externas se toman de la información pública disponible de cada compañía.

El desempeño económico de las empresas se realizó con base en los reportes de la Superintendencia de Sociedades de Colombia con corte a diciembre de 2014. La entrevista aplicada constituye la base para la descripción de los casos seleccionados, la cual contemplaba:

1. Aspectos descriptivos de la compañía: razón social, líneas de negocio, actividad empresarial, base de operaciones (nacional, regional o global).
2. Bien de la biodiversidad empleado y transformado, bienes o servicios obtenidos y sendero bioeconómico según el proyecto ALCUE-KBBE.
3. Aspectos históricos y de conformación de la empresa.
4. Innovaciones que se han realizado.
5. Políticas públicas nacionales, locales o regionales. En particular las de CTI, si han sido un apoyo o una barrera para el desarrollo de la bioempresa.
6. Estrategias de protección intelectual.
7. Reglamentación nacional aplicable y barreras encontradas para el desarrollo de la bioempresa y sus desarrollos y bioproductos.
8. Apoyo de cooperación internacional para el establecimiento de la empresa y sus productos.
9. Impacto de los recursos humanos, técnicos, de logística, infraestructura sociales, económicos y ambientales.
10. Potencial de evolución de la bioempresa.
11. Datos financieros.
12. Criterios de sostenibilidad.

Resultado de este análisis se generó una ficha por empresa y un análisis DOFA por sector y por bioempresa, para concluir con un análisis transversal de los sectores/senderos trabajados. Un criterio adicional para seleccionar la bioempresa modelo para el análisis de caso es la ejecución en el interior de la compañía de más de una bioactividad, en alguno de los senderos seleccionados, lo que denominamos en el estudio *hibridación tecnológica* o la actividad de la misma compañía en más de un sendero de los seleccionados por el programa ALCUE-KBBE.

Presentación de los casos de estudio

Las empresas seleccionadas para cada sendero fueron aquellas que tuvieron para cada uno de sus sectores el mejor desempeño económico y de sostenibilidad al cierre del año fiscal inmediatamente anterior al estudio y cumplieran con todos o la gran mayoría de las variables de análisis externos, en términos de cumplimiento de parámetros normativos, regulatorios, de existencia y visibilidad de cadenas logísticas y comerciales para el desarrollo de sus operaciones, presencia de relaciones academia-empresa y reconocimiento académico o industrial. Las variables económicas analizadas fueron: ventas, utilidad operacional, utilidad neta y patrimonio.

Con base en la metodología de selección de las bioempresas por doble filtro, descrita preliminarmente, las empresas seleccionadas por sendero fueron:

1. Sector de biocombustibles (biodiésel): Grupo Empresarial Manuelita (Aceites Manuelita, hoy Manuelita Aceites y Energía).
2. Sector de biotecnología/ecointensificación:
 - OGM: Organización Pajonales, Aliar.
 - Bioinsumos: Ecoflora Agro, Organización Pajonales, Biocultivos S. A.
 - Aplicaciones en salud: Corpogen.
3. Sector de valoración de la biodiversidad:
 - Fitomedicamentos: Laboratorios Labfarve.
 - Biocosmética/aseo: Ecoflora Care, Neyber, Apiflower.

Sector de bioenergía

El sector industrial para la producción de bioetanol en Colombia tiene su base en los ingenios azucareros, algunos de los cuales se establecieron hace cien o más años y cuya actividad principal inicial se centró en la producción de azúcar cruda y refinada, para posteriormente migrar a la producción de etanol. Algunos de estos ingenios azucareros diversificaron sus líneas de negocio

basados en las políticas del gobierno enfocadas en el fomento a la producción de biodiésel a partir de fuentes alternativas como la palma de aceite.

Hoy, Colombia es el segundo país latinoamericano líder en la producción de bioetanol después de Brasil, con un programa de gasolina oxigenada de entre el 8 % y el 10 %, que cubre el 83 % del mercado nacional y que garantizará el desarrollo del sector, tanto que al 2020 crecerá hasta cinco veces más del nivel actual (UPME MME, 2009). Actualmente, la producción de etanol está ligada a la existencia de un clúster bioindustrial del azúcar en el valle geográfico del río Cauca, clúster que cuenta con importantes encadenamientos hacia adelante y hacia atrás.

Como resultado del primer filtro en relación con datos económicos para las empresas productoras de bioetanol y biodiésel, la compañía que mejor desempeño económico individual presentó durante 2014, por ventas y utilidad operacional, fue Aceites Manuelita, y al comparar el desempeño económico frente a las compañías de su mismo sector también ocupó el primer lugar.

En aplicación del segundo filtro en el que se revisó el cumplimiento y desarrollo de aspectos de mercado, compromiso e implementación de las variables ambientales, sociales, regulatorias y normativas, se encontró que esta misma empresa tiene, además de un desempeño sobresaliente en el ámbito nacional, un amplio reconocimiento internacional.

Sector de biotecnología y ecointensificación

Para seleccionar las empresas de este sector/sendero, se aclara que, a diferencia de lo que sucede con las del sector de bioenergía, no se dispone de información financiera individual, por cuanto las empresas de este sector no se encuentran agremiadas, y algunas de ellas reportan su información económica consolidada a través de sus matrices financieras, como es el caso de la Organización Pajonales, que pertenece al Grupo Financiero Corficolombiana. Los datos financieros que se tienen son resultado de las entrevistas adelantadas.

Para el caso de OGM, Organización Pajonales y Aliar S. A. corresponden a dos de las mayores empresas agrícolas del país que siembran cultivos genéticamente modificados (algodón o maíz) que hacen parte de una cadena de valor y que cumplen con normas ambientales, sociales y de bioseguridad. Se aclara que únicamente se analiza la cadena de siembra, y no la cadena completa de uso y consumo de OGM. Adicionalmente, la empresa Aliar S. A. es uno de los casos de estudio de innovación agrícola de la Universidad de Harvard; mientras que la Organización Pajonales se incluye dentro los casos seleccionados para bioinsumos, porque cuenta con una línea de producción de estos, que cumple con los criterios de selección de los casos de estudio.

En el caso de Aliar, se seleccionó no solo por el cumplimiento de los criterios de siembra de materiales genéticamente modificados (GM), sino porque es un modelo de integración de

la cadena avícola y porcícola, pues parte desde la siembra de los insumos requeridos en la cadena (maíz y soja).

En relación con las empresas de bioinsumos Ecoflora Agro y Biocultivos S. A., la primera ha sido considerada una empresa modelo innovadora en bioeconomía (Pisón y Betancur, 2014), por desarrollar productos de la biodiversidad, por aplicar estrategias de propiedad intelectual, por ocupar ese nicho de mercado que ocupan, el uso de criterios de sostenibilidad para el manejo de sus operaciones y por seleccionar cuidadosamente a sus proveedores. La segunda corresponde a un caso exitoso en Colombia de empresa derivada (*spin-off*) entre el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia y un grupo de inversionistas privados del departamento del Tolima que, a la fecha, continúa produciendo biofertilizantes y bioplaguicidas con marcas y registros propios.

En el ámbito de aplicaciones en salud, pocas empresas en el país usan productos y procesos de la biotecnología para obtener bienes y servicios. Este es el caso de la empresa Corpogen, seleccionada como estudio de caso por ser una iniciativa de investigadores con visión de negocio y amplio reconocimiento internacional en los temas de tuberculosis y malaria y que han desarrollado productos con diversas aplicaciones basados en el empleo de herramientas de biología molecular.

Procesos de biorremediación

En Colombia no se encuentran empresas públicas o privadas que presten servicios de biorremediación. Fundamentalmente, esta actividad se desarrolla en los ámbitos académico y de investigación enfocada en identificar cepas de microorganismos degradadores de sustancias o compuestos, su comportamiento o metabolitos producidos por estos. Se concentra en los grupos de investigación del área ambiental de la Pontificia Universidad Javeriana, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de los Andes y la Universidad de Antioquia, y en algunos proyectos de apoyo de la academia al sector minero. También existen algunas empresas de consultoría que ofrecen servicios para el tratamiento de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, residuos líquidos, así como la implementación de sistemas de gestión ambiental y cumplimientos normativos. De la revisión adelantada no se identificó una empresa que desarrolle en la actualidad o implemente procesos de biorremediación o bioaumentación; por lo tanto, no fue posible adelantar un análisis de caso para este sendero.

Industria química

Con base en información de la Superintendencia de Industria y Comercio, para el sector de la industria química e industrial se identificaron 58 empresas como las más representativas

(*Revista Semana*, 2015). Estas se encuentran en tres sectores: 1) gases industriales, 2) aromas y colorantes y 3) productos químicos. En ese grupo no se identificaron empresas que puedan ser consideradas bioempresas, que utilicen y transformen los recursos naturales renovables para la obtención de bienes y servicios, con excepción de Smurfit Cartón de Colombia.

Sector valoración de la biodiversidad en el sector farmacéutico y de cosmética

Dentro del empleo de la biodiversidad para obtener productos con uso farmacéutico, la Fundación Laboratorio de Farmacología Vegetal (Labfarve) se seleccionó como estudio de caso por su reconocimiento como el primer laboratorio nacional de investigación sobre flora medicinal colombiana y productos fitoterapéuticos aceptados por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), y en el cual el asocio universidad-empresa (Fundación Escuela Colombiana de Medicina Juan N. Corpas) ha sido uno de sus principales fundamentos. Otro elemento clave para la selección de esta empresa es su participación como pionero en la reglamentación en materia de medicamentos fitoterapéuticos obtenidos a partir de recursos naturales en Colombia.

En el área de la biocosmética se eligieron como estudio de caso tres empresas: Ecoflora Care, Neyber y Apiflower. Ecoflora Care, además de las razones citadas para Ecoflora Agro, se ha posicionado como una marca naciente en el mercado de sector de aseo corporal y el aseo doméstico con productos obtenidos de la biodiversidad, como resultado de los desarrollos universidad-empresa.

Apiflower y Neyber SAS se seleccionaron por ser dos de las microempresas exitosas en el desarrollo de biocosméticos y obtención de materias primas a partir de especies de la biodiversidad colombiana, apoyadas y consideradas líderes dentro del Programa de Transformación Productiva (PTP) del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, pues han recibido distinciones como empresas innovadoras en el país y están posicionando sus productos en el mercado internacional con volúmenes cada día crecientes de exportaciones a mercados como la Unión Europea y Estados Unidos.

Análisis de los estudios de caso seleccionados de bioeconomía en Colombia

Se presenta un análisis DOFA individual (tablas 2, 3 y 4) para cada uno de los senderos definidos en el estudio, y un análisis DOFA transversal para los tres senderos seleccionados (tabla 5), que incluye dieciocho variables empresariales, de negocio y de cumplimiento normativo y regulatorio, que permiten ver el desempeño de la compañía con criterios de sostenibilidad económica, social y

ambiental. Adicionalmente, y con base en el análisis de cada una de las empresas seleccionadas, se identificaron las oportunidades y restricciones para el desarrollo de cada uno de los senderos de la bioeconomía para Colombia (tabla 6).

Tabla 2. Análisis DOFA para el sector de bioenergía

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> – Cuentan con una Política Nacional de Biocombustibles. – Hay un marco institucional y reglamentario en el país. – Implementación y medición de acciones de sostenibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> – Monocultivo. – Percepción social del cultivo de palma. – Baja investigación en el país de nuevas fuentes de generación de biocombustibles (jatropha, yuca, pastos, residuos, etc.).
Limitantes	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> – Falta de definición en el tema tierras a nivel nacional. – Falta de adaptación de la regulación en materia de mezclas para diferentes tipos de motores de vehículos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ingreso al mercado de la oleoquímica. – Completar el ciclo de vida de sus productos.
Amenazas	
<ul style="list-style-type: none"> – Costos país. – Cambio climático y fenómeno del Niño. – Cambios de las tasas arancelarias para el azúcar, lo que impactaría indirectamente la producción de bioetanol. – Seguridad alimentaria vs. producción de biocombustibles. 	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Análisis DOFA para el sector de biotecnología y eointensificación

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> – El sector de biotecnología cuenta con un instrumento de política (Conpes 3697 de 2007). – Instituciones y reglamentación para OGM, semillas, bioinsumos, diagnóstico, definidas y en operación. – Uso de los diferentes sistemas de la propiedad intelectual. – Amplio reconocimiento nacional. – Sector fundamentado en I+D, la que se evidencia en el desarrollo de productos. – Gran diversidad microbiana. 	<ul style="list-style-type: none"> – El Conpes 3697 no ha sido operativizado y no cuenta con recursos de ejecución. – Cambios en la interpretación y aplicación de las normas, por la rotación de funcionarios en las instituciones.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> – Fuerte capacidad científica (124 grupos de 47 universidades públicas y privadas nacionales que de manera particular trabajan en investigación con recursos de la biodiversidad y aplicaciones biotecnológicas; los 124 grupos tienen una capacidad humana representada en 442 doctorados y 374 maestrías). 	<ul style="list-style-type: none"> – Interés en usar ogm, pero están diseñados para variedades de zonas templadas y no del trópico.
Limitantes	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> – No hay un gremio que los agrupe y lidere como sector biotecnología*. – Falta de definición en el tema tierras en el país. – Baja capacidad de escalamiento. – Relocalización de las operaciones de las compañías dueñas de la tecnología de modificación genética (Monsanto, Syngenta). – Falta de credibilidad del agricultor en los bioinsumos en comparación con los insumos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ampliación de mercados internacionales vía exportación para los bioinsumos (Centro y Suramérica). – Obtención de certificaciones ambientales y de responsabilidad social. – Mayor trabajo empresa-academia, para la generación de nuevos <i>spin-off</i>. – Desarrollo del mercado a nivel del agricultor.
Amenazas	
<ul style="list-style-type: none"> – Cambio climático. – Costos país. – Variabilidad en la tasa representativa del mercado. 	

*Se excluyen las representaciones de AgroBio e ILSI, que agrupan empresas, pero con fines de educación, capacitación o divulgación; y agremiaciones como Fedegán, SAC y Asoporciola, que agremian empresas específicas con fines comerciales puntuales.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Matriz de análisis DOFA para el sector de biodiversidad: farmacéutico y cosmético

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> – El sector cosmético fue considerado por el Estado como uno de los sectores de clase mundial para el país. – Los instrumentos que tiene el Estado para apoyar este sector han sido determinantes en las etapas de fortalecimiento y ampliación de mercados. 	<ul style="list-style-type: none"> – Cambios en la interpretación y aplicación de las normas por la rotación de funcionarios en las instituciones. – Dificultad de cumplimiento de las exigencias regulatorias en particular del mercado europeo (preservantes, etiquetas, envases, empaques, registros, estudios).

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> – Amplia base de recursos biológicos y genéticos asociados en Colombia, país megadiverso. – Reconocimiento y desarrollo de las cadenas de valor del sector. 	<ul style="list-style-type: none"> – Falta de estudios fitoquímicos y etnobotánicos que den línea base. – La agremiación que los reúne (Fenad) aún no tiene mayor representatividad.
Limitantes	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> – Recursos limitados del Estado para crear empresa. – Falta de claridad en la aplicación y trámites asociados a la norma de acceso a recursos genéticos. – Reglamentación desactualizada (vademécum de plantas) o restrictiva (acceso a recursos) que limita el uso de la diversidad biológica. – Producción suficiente de materia prima con estándares de calidad adecuados (buenas prácticas). 	<ul style="list-style-type: none"> – Apoyo de las entidades del Estado para cumplir y acceder a las exigencias regulatorias del mercado extranjero, en particular el europeo. – Biodiversidad como base del crecimiento del país en línea con los 20 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. – Ampliación de los mercados internacionales basado en la ventaja comparativa que significa el uso de productos novedosos basados en la biodiversidad con algún grado de valor agregado y que cumplen las exigencias del mercado internacional (<i>fair trade</i>, sostenibilidad, trabajo con comunidades indígenas y campesinas, etc.).

Amenazas

- Costos país.
- Los criterios de la regulación para los biocosméticos y los productos farmacéuticos de la biodiversidad los están asimilando a los productos farmacéuticos y cosméticos de síntesis.
- Biopiratería.
- Rechazo por parte del Sistema General de Salud al uso de medicamentos a base de plantas para ser incluidos y aceptados como tratamientos alternativos a la medicina alopática.
- Cambio climático.
- Variabilidad en la tasa representativa del mercado.

Fuente: elaboración propia.

Los tres sectores analizados comparten algunas fortalezas y debilidades. El análisis de las fortalezas muestra que estas son bastante relativas, pues a pesar de que existen políticas públicas para los tres senderos: de bioenergía (Política Nacional de Biocombustibles) y Política de Biotecnología (Conpes 3069), o guías de política (consideración del sector cosmético como de clase

mundial), estos instrumentos han sido lentos al responder, en el caso de los biocombustibles, a los cambios de oferta, al excedente de capacidad instalada del sector, a los cambios tecnológicos que pueden incrementar la productividad y la rentabilidad del sector o, en el caso de biotecnologías, no se traducen en asignación de recursos financieros reales para apoyar el sector y no cuentan con un instrumento adecuado del Consejo Superior de Política Fiscal (CONFIS) que asigna los recursos a los planes de desarrollo.

Las amenazas que comparten los tres senderos están relacionadas con los altos costos país, la no inclusión de la variable cambio climático dentro de los procesos de producción y sostenibilidad de las compañías y la persistencia de temas regulatorios y normativos expresados en vacíos jurídicos, así como la discrecionalidad al interpretar las normas, y procesos burocráticos, lentos y engorrosos en las autoridades ambientales del país.

El análisis DOFA transversal para los tres senderos analizados y la evaluación de la matriz de oportunidades y restricciones por sector permite establecer que el 80 % de las empresas analizadas en la muestra, pertenecientes a los tres senderos estudiados para la bioeconomía en Colombia, tienen un origen de carácter familiar, que emplearon para su constitución inicial recursos propios y de la banca privada, mas no recursos estatales.

Todas las empresas de bioeconomía analizadas en la muestra en los senderos seleccionados reconocen la importancia y la necesidad de establecer y operar cadenas (o redes) de valor como factor determinante en la competitividad, la diversificación de exportaciones y el acceso a mercados. Si en el sector la cadena aún no está desarrollada o está en proceso, las empresas la han ido desarrollando para su entorno inmediato.

Tabla 5. Análisis transversal por senderos ALCUE-KBBE

Variable	Sendero de bioenergía	Sendero biotecnología/ eointensificación	Sendero biodiversidad en farmacéutica y cosmética
Clasificación de las empresas (Ley 905 de 2004)*	Gran empresa	Diverso	Mipymes, pymes y medianas
Número de empleados	> 500	10-> 500	10-200
Ventas promedio/año (COP)	Superior a 1000 millones	250 millones. Superior 1000 millones	1000 millones, promedio
Año de creación	+ 50 años	15 años promedio	15 años, promedio

Variable	Sendero de bioenergía	Sendero biotecnología/ ecoinintensificación	Sendero biodiversidad en farmacéutica y cosmética
Motivación de creación	Implementación de Política Nacional en Biocombustibles	Respuesta a la solución de un problema específico del negocio o sector	Interés personal o profesional de nuevos productos
Tipo de constitución de las empresas	Familiar	Familiar	Familiar
Cadena de valor	Sí hay. Cubre desde agricultor a comercialización	Sí hay. Integración de la cadena de valor	Sí hay. Integración de la cadena de valor
Recursos de iniciación de empresa	Propios	Propios y banca privada	Propios y banca privada
I+D	Adapta tecnología. Innovación en materia de protección ambiental y generación eléctrica	Sí	Sí Prospección frutos amazónicos, identificación nuevos usos compuestos vegetales
Contemplan políticas nacionales para su creación o fortalecimiento	Sí	No	Sí Sector cosmético considerado de clase mundial. Apoyo gubernamental en etapa de fortalecimiento
Hibridación tecnológica	Sí	Sí	No
Propiedad intelectual	No	Sí (patentes, DOV)	No En exploración
Regulación	Regulado, pero no es barrera	Regulado, barrera en términos de aplicación de las normas	Regulado, barrera en términos de aplicación de la norma y vacíos normativos
Certificaciones voluntarias	Sí	Sí	Sí

Variable	Sendero de bioenergía	Sendero biotecnología/ eointensificación	Sendero biodiversidad en farmacéutica y cosmética
Relación universidad-empresa	Escasa	Alta Para el caso de Bioinsumos: <i>spin-off</i>	Alta con miras a buscar innovación
Sostenibilidad ambiental y social	Sí	Sí	Sí
Exportaciones	Sí	Sí (Latinoamérica, Estados Unidos)	Sí (Unión Europea, Asia, Latinoamérica, Europa del Este, Estados Unidos)
Representación gremial	Sí	No	Sí, pero en reconsolidación

* Las pymes colombianas responden por el 40 % del PIB nacional, y el 80,8 % del empleo en Colombia lo generan las mipymes, distribuido así: 50,3 % en las microempresas, 17,6 % en las pequeñas y 12,9 % en las medianas.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Matriz de oportunidades y restricciones por sendero de la bioeconomía

Sendero	Oportunidades	Restricciones/limitantes
Bioenergía	<ul style="list-style-type: none"> – Proteger todas sus innovaciones por la vía de la propiedad intelectual – Incrementar la relación universidad-empresa – Ampliar y diversificar el destino de sus exportaciones 	<ul style="list-style-type: none"> – Cuentan con recursos estatales limitados para crear empresas
Biotecnología/ biointensificación	<ul style="list-style-type: none"> – Ampliar y diversificar destino de sus exportaciones 	<ul style="list-style-type: none"> – Recursos limitados del Estado para crear empresas – Regulación con discrecionalidad de aplicación y vacíos normativos
Biodiversidad en farmacéutica y cosmética	<ul style="list-style-type: none"> – Implementar hibridación tecnológica – Proteger innovaciones por la vía de la propiedad intelectual – Aumentar y diversificar el destino de sus exportaciones – Fortalecer su representación gremial especialmente para el sector fitomedicamentos 	<ul style="list-style-type: none"> – Recursos estatales limitados para crear empresas en este sector – Regulación con vacíos normativos y sujeta a interpretaciones

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Los tres senderos cuentan con el desarrollo normativo y regulatorio por parte de las autoridades competentes; sin embargo, para los senderos de biotecnología y biodiversidad, esta regulación se percibe como una barrera en el momento de su aplicación y cumplimiento, por tres factores fundamentales: a) vacíos normativos, b) procesos burocráticos y lentos, y c) interpretación discrecional que realizan los funcionarios gubernamentales de turno sobre algunas normas.

Las empresas analizadas de los tres sectores reconocen, con mayor o menor intensidad, la necesidad de implementar esquemas de sostenibilidad ambiental y social. Al igual que la obtención de certificaciones de carácter voluntario, que principalmente están requiriendo los mercados externos (por ejemplo, certificaciones de comercio justo, no trabajo infantil, protección ambiental, sistemas de calidad, tipo de producción, entre otras).

Las empresas pertenecientes a los tres senderos analizados, en su gran mayoría, están exportando producto terminado o se encuentran incursionando en el mercado internacional a destinos variados (Unión Europea, Europa del este, Estados Unidos o Latinoamérica). Es conveniente destacar que para el sector de biodiversidad, el apoyo del gobierno sí ha sido determinante en la apertura de nuevos mercados y en el cumplimiento de exigencias normativas y regulatorias de los países de destino, una vez que la bioempresa está totalmente establecida.

Para los tres senderos analizados, la relación universidad-empresa presenta un grado muy diverso de intensidad y de profundidad, que va desde escasa hasta alta participación. Es destacable que para el sector de bioinsumos y de salud se observa una tendencia positiva hacia la aparición y mantenimiento y consolidación de empresas derivadas (*spin-off*).

Las políticas nacionales no han sido necesariamente un factor de generación y fortalecimiento de las empresas en cada uno de los senderos. Las de bioenergía surgen por la existencia de una Política Nacional de Biocombustibles y bajo la premisa que cuentan con capacidad instalada y capital de riesgo suficiente para nuevas inversiones y ampliación de operaciones en el sector (fundamentalmente desde etanol hacia biodiésel); mientras que las empresas de los senderos de biotecnología/eointensificación y biodiversidad no surgen porque exista una política propia para su sector. Las políticas han servido, en algunos casos, para el fortalecimiento de la empresa ya existentes y su posible expansión internacional.

El sendero de bioenergía en Colombia adapta y transfiere tecnología en materia de biocombustibles (etanol y biodiésel) y realiza algunas innovaciones en materia de protección ambiental (biogás obtenido a partir de biomasa) y de generación de energía eléctrica renovable, pero puede ampliar sus contribuciones a la economía del país si toma decisiones relacionadas con su participación

en las cadenas secundarias y terciarias de valor (oleoquímica) y si genera fuentes de energía que aporten al crecimiento de la matriz energética del país.

Las empresas de la muestra analizada, pertenecientes a los senderos de biotecnología y biodiversidad (biofarmacéutica y biocosmética), realizan innovaciones consistentes en la generación de nuevos productos, nuevos procesos o nuevos usos para productos ya existentes.

En dos de los senderos analizados (bioenergía y biotecnología), las empresas están comenzando a incursionar en temas de hibridación tecnológica (uso de la mejor tecnología de punta disponible y empleo simultáneo de OGM) como un factor clave para su competitividad en escenarios globales.

En las empresas analizadas pertenecientes a los senderos de biotecnología/ecointensificación y biodiversidad (biofarmacéutica y cosmética) hasta ahora se comienza a reconocer la importancia de proteger sus innovaciones por la vía de la propiedad intelectual.

A fin de que las empresas lleven a cabo los cambios requeridos, el Gobierno nacional debe garantizar las condiciones mínimas para generar un contexto favorable al desarrollo de la bioeconomía en al menos los siguientes aspectos: a) aumento con prioridades definidas y foco de la inversión en CTI que, para la fecha del estudio, se encontraba en el 0,271 % del PIB; b) revisión completa y exhaustiva de la manera como se otorgan recursos para CTI a través del Sistema General de Regalías (SGR); c) fortalecimiento y articulación de Colciencias como máximo ente rector de la CTI en el país, y d) cambio en las normas legales que regulan los senderos de biotecnología y biodiversidad, especialmente en lo relacionado con acceso a recursos genéticos, pues los marcos actuales generan sobrerregulación y proteccionismo, limitando el acceso y uso sostenible de la diversidad biológica, así como la adecuada y oportuna introducción de nuevas tecnologías al país.

Los diversos actores del sistema, tanto públicos como privados (universidades, centros de investigación y entes de adopción, promoción y transferencia de tecnología), deberían encauzar sus esfuerzos a, por lo menos, garantizar el cumplimiento de los siguientes aspectos: a) inclusión de la variable cambio climático en la matriz de decisiones relacionadas con productividad, competitividad y eficiencia; b) articulación, coordinación y focalización de todas las instituciones y actores encargados de transferir los resultados de investigación y desarrollo desde las universidades y centros de investigación hacia el sector privado; c) garantizar la no duplicación ni el solapamiento de esfuerzos entre todas aquellas entidades que están a cargo de financiar y promover actividades de CTI bajo la figura de ángeles inversionistas, redes de ángeles inversionistas y agencias estatales del tipo Innpulsa, Innova, Invest y Connect, entre otras.

En relación con el sector financiero, es vital garantizar el cumplimiento de los siguientes aspectos: a) generación y mantenimiento de líneas de capital de riesgo para *crear* emprendimientos

privados de base biológica, y una vez demuestren su viabilidad, puedan ser apalancados por los mecanismos de financiación y apoyo ya existentes en el Estado; b) promoción de la asociación con inversionistas privados nacionales o internacionales y la selección de socios estratégicos para los bionegocios, y c) generación de líneas privadas de apoyo para la creación de mipymes, pymes y medianas empresas ligadas a la bioeconomía.

En las empresas de bioeconomía, en particular, y en todos los actores de este subsistema, en general, debe promoverse un cambio profundo en la manera como se concibe la CTI y su valor como base de la sostenibilidad de sus propios negocios y de la competitividad del país. También es fundamental que las bioempresas trabajen bajo estándares internacionales obligatorios o voluntarios de responsabilidad social y ambiental.

En resumen, para que el país cuente con bioempresas competitivas y sostenibles, cada instancia y cada actor debe ejercer un rol claro y determinado: el Gobierno central, suministrando los recursos, los bienes públicos, los marcos normativos claros y transparentes y la infraestructura adecuada; las instancias de innovación y transferencia estatales, redefiniendo su papel en el marco de las agendas nacionales y regionales de competitividad, y el sector privado, cambiando su mentalidad frente a la urgente necesidad de asumir la innovación y el desarrollo como parte de la estrategia de supervivencia de sus empresas.

Referencias

- DANE - Departamento Nacional de Estadística. (2015). *Censo Nacional Agropecuario 2015*. Bogotá: DANE.
- Deloitte & Co. S.A. (2015). *Análisis económico y de industrias Latinoamérica. En busca de una estrategia de crecimiento económico sostenible*. Informe Semestral Año VIII n.º 25 - octubre de 2015. Argentina.
- Lucio, J., Guevara, A., Perea, G. I., Torralba, D. R., Romero, I. C., Ramírez, D. ... et al. (2016). *Indicadores de ciencia y tecnología: Colombia 2016*. Bogotá: Observatorio de Ciencia y Tecnología. Recuperado de <http://indicadores2016flip.ocyt.org.co/index.html#6>
- Pisón, A. C. y Betancur, M. A. (2014). Experiencias exitosas en bioeconomía en América Latina y el Caribe. En E. Hodson de Jaramillo (Ed.), *Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa* (pp. 119-140). Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Reuters/FMI/Deloitte. (2015). Informe Panorama Económico Mundial 2015. http://www.larepublica.co/bajo-crecimiento-de-am%C3%A9rica-latina-podr%C3%ADa-durar-5-a%C3%B1os_281281 (Consultado septiembre 2015).
- Revista Semana*. (17 al 24 de mayo de 2015). "Las 100 Empresas más grandes de Colombia y las 900 restantes". Edición n.º 172.
- Trigo, E. J., Henry, G., Sanders, J., Schurr, U., Ingelbrecht, I., Revel, C., Santana, C. y Rocha, P. (2014). Hacia un desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe. En E. Hodson de Jaramillo (Ed.), *Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa* (pp. 17-46). Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- UPME - Unidad de Planeación Minero Energética y Ministerio de Minas y Energía. (2009). *Biocombustibles en Colombia*. Bogotá.

Bioeconomía en Costa Rica*

Adrián G. Rodríguez-Vargas**

Introducción

Costa Rica dispone de condiciones para convertirse en un líder mundial en bioeconomía, por la inversión que el país ha hecho durante las últimas décadas en educación y en ámbitos como biodiversidad, aprovechamiento forestal, cambio climático, agricultura sostenible y energías limpias. Más aún, la bioeconomía puede servir como concepto para articular tales iniciativas alrededor del gran objetivo nacional de la descarbonización fósil, pues la bioeconomía es, en esencia, la alternativa a la economía de los combustibles fósiles.

El objetivo de este capítulo es destacar el potencial de la bioeconomía como marco de acción para orientar políticas de desarrollo productivo e innovación en Costa Rica, tomando como referencia la aspiración nacional de alcanzar la descarbonización fósil. Para ello se identificaron las bases institucionales y de desarrollo de políticas públicas que ya existen, se analizaron oportunidades y se ilustró con casos el potencial de la bioeconomía en el país. Se finaliza con algunas conclusiones y comentarios sobre cómo fortalecer el desarrollo de la bioeconomía en el país, haciendo hincapié en la importancia de la articulación de las políticas y del alineamiento de incentivos.

Bases políticas e institucionales para el desarrollo de la bioeconomía en Costa Rica

Legislación

Costa Rica tiene una larga tradición en el desarrollo de marcos legales e institucionales y de políticas públicas relevantes para potenciar el desarrollo de la bioeconomía. La construcción de este

* Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal).

** Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola y Biodiversidad, División de Recursos Naturales, Cepal. Costa Rica. adrian.rodriguez@un.org

marco legal se remonta al periodo entre finales de los años cuarenta y sesenta del siglo pasado, con la creación del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), en 1949 (Ley 449), institución pionera en el desarrollo de energías limpias; la declaratoria de los cráteres volcánicos como parques nacionales con sentido turístico, en 1955 (Ley Orgánica del Instituto Costarricense de Turismo), hito fundamental para la promoción del ecoturismo en Costa Rica; y la creación de la Reserva Cabo Blanco, en 1963, que marca un camino para las políticas de conservación de la biodiversidad. En 1970 se creó la Dirección General Forestal (DGF), como parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y se emitió la Ley de Conservación de la Fauna Silvestre (Ley 4551, modificada en 1984 por la Ley 6919); y en 1977 se creó el Servicio Nacional de Parques Nacionales (Ley 6184) (Fournier, 1985).

La institucionalidad ambiental se empieza a articular como tal a finales de los años ochenta, con la creación del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (Mirenem), en 1988, a partir de la transformación del Ministerio de Industrias, Energía y Minas (MIEC) en dos entidades: el Miremem, que mantiene la competencia en energía e incorpora competencias en los ámbitos de bosques, flora, fauna silvestre, áreas silvestres protegidas y meteorología, y el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC). Este marco se consolida en los años noventa con cinco leyes:¹ 1) la Ley Orgánica del Ambiente (7554 de 1995), que crea el actual Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE); 2) la Ley Forestal (7575 de 1996), que introduce el concepto de servicios ambientales;² 3) La Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (7593 de 1996), que faculta el cobro por el servicio ambiental de provisión de agua; 4) la Ley de Conservación de Suelos (7779 de 1998), y e) la Ley de Biodiversidad (7788 de 1998).

Otras leyes e instrumentos legales relevantes, dictados durante las últimas tres décadas, son: Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico (7169 de 1990); Ley de Protección Fitosanitaria (7664 de 1997); Ley de Aprobación del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (8537 de 2006); Ley de Protección de las Obtenciones Vegetales (8631 de 2008); Decreto Ejecutivo de Regulación de la Biodiversidad (34433-MINAE de 2008); Decreto Ejecutivo de Regulación y Operación de los Mercados Domésticos de Carbono (37.923-MINAE de 2009); Ley de Manejo Integral de Desechos (8839 de 2010); Programa País Carbono

1 En conjunto, estas leyes constituyen el marco dentro del cual se realiza la ejecución del Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), que se puede consultar en <http://www.fonafifo.go.cr/psa/>

2 La Ley reconoce cuatro servicios: a) mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción); b) protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico; c) protección de la biodiversidad para su conservación y uso sostenible, científico y farmacéutico, de investigación y de mejoramiento genético, así como para la protección de ecosistemas y formas de vida; y d) belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

Neutralidad, Acuerdo (36-MINAE de 2012); Reglamento de Regulación y Operación del Mercado Doméstico de Carbono (Decreto Ejecutivo 37926-MINAE); Reglamento de Biocombustibles Líquidos y sus Mezclas (Decreto Ejecutivo 40050-MINAE-MAG de 2016); Aprobación del Acuerdo de París (Decreto Legislativo 9405 de 2016); Ley de Promoción del Transporte Eléctrico (49405 de 2017), y el Acuerdo entre el Ministerio de Ambiente y Energía y el Ministerio de Agricultura y Ganadería para la reducción de emisiones en el sector agropecuario (2018).

Políticas, planes y estrategias nacionales relevantes

En Costa Rica, al igual que en otros países de la región, ya existen iniciativas de política pública relevantes para el desarrollo de la bioeconomía (Aramendis, Rodríguez y Krieger, 2018). Entre ellas destacan: Programa Nacional de Agricultura Orgánica (1994); Programa Nacional de Biocombustibles (2008); Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007); Plan de Acción Estrategia Nacional de Cambio Climático (2010); Plan Nacional de Turismo Sostenible 2010-2016 (2010); Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2011-2020 (2011); Política Nacional de Biodiversidad (2015); Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2025 (2015); Estrategia Nacional REDD+ Costa Rica (2015); VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (2015); el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2015-2021 (2015); Plan Nacional de Gestión de Residuos 2016-2021 (2016); Política Nacional de Saneamiento de Aguas Residuales, 2016-2030 (2016); Política Nacional de Sociedad y Economía basadas en el Conocimiento, 2017-2030 (2016); y Política Nacional de Humedales, 2017-2030 (2017).

También son destacables las acciones de mitigación apropiadas para el ámbito nacional (*Nationally Appropriate Mitigation Actions* [NAMA]) en el sector agropecuario, en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), uno en el sector cafetalero y otro en ganadería, ambos en proceso de implementación. La NAMA Café contempla la reducción en uso de fertilizantes nitrogenados, el uso eficiente del agua y la energía en beneficio, el fomento de sistemas agroforestales y el manejo de residuos. La NAMA Ganadería busca promover la implementación de tecnologías y medidas para la adaptación y mitigación al cambio climático, buscando a la vez que los productores incrementen su productividad e ingresos.

También se elaboró una NAMA Energía-biomasa como parte del VII Plan Nacional de Energía 2015-2030, con el objetivo de incentivar el aprovechamiento de los residuos agrícolas orgánicos (RAO) generados en el sector agropecuario y agroindustrial en la generación de energías limpias. Y en abril de 2018 se concluyó la elaboración de los lineamientos para el diseño e implementación de la Estrategia de Producción de Musáceas Bajas en Carbono, Resilientes y Adaptadas

al Cambio Climático (EPMBC), con visión de cadena productiva, que contempla la producción primaria, el empaque y el transporte.

Institucionalidad pública y privada

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) es la entidad que lidera las actividades de bioeconomía en el país, en el marco del proceso de adhesión de Costa Rica a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).³

Entre los ministerios relevantes en la elaboración de una estrategia de bioeconomía destacan el MINAE, el MAG, el Ministerio de Salud, el MEIC, el Ministerio de Comercio Exterior (Comex) y el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan). Otras entidades (autónomas, semiautónomas y consultivas) con roles pertinentes son el Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicyt, 1972), la Comisión Técnica de Bioseguridad (Ley 7664 y Ley 7788), la Comisión Nacional de Gestión de la Biodiversidad (Conagebio, 1998) y la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (Procomer); así como varias de las entidades descentralizadas del sector agropecuario, especialmente el Instituto Nacional de Investigación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), la Oficina Nacional de Semillas, el Servicio Nacional de Sanidad Animal (Senasa) y el Servicio Fitosanitario del Estado.

En el ámbito de la investigación y el desarrollo, el país cuenta con más de treinta centros de investigación en ciencias biológicas, sostenibilidad y áreas relevantes para el fomento de la bioeconomía, en las tres principales universidades públicas —Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Nacional (UNA)— (tabla 1). A ello se suman dos entidades regionales de formación e investigación en el área de las ciencias biológicas: 1) el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), que desarrolla actividades de investigación y que ofrece varios programas de posgrado, y 2) la Universidad EARTH, una institución internacional privada de educación superior sin fines de lucro dedicada a la formación de profesionales en ciencias agrícolas.

3 En el apartado “El proceso de adhesión a la OECD: articulación institucional y coherencia de las políticas” se detalla más información.

Tabla 1. Costa Rica: centros de investigación en ciencias biológicas, desarrollo sostenible y ámbitos relevantes para el desarrollo de la bioeconomía (en las tres principales universidades públicas)

Universidad de Costa Rica	Universidad Nacional	Instituto Tecnológico de Costa Rica
<p>Ciencias agroalimentarias</p> <ul style="list-style-type: none"> – Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) – Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) – Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial (CIEDA) – Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) – Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) – Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC) – Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) <p>Ciencias básicas</p> <ul style="list-style-type: none"> – Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ) – Centro en Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) – Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA) – Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMIC) – Centro de Investigaciones en Productos Naturales (CIPRONA) – Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) – Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) 	<p>Facultad de la Tierra y el Mar</p> <ul style="list-style-type: none"> – Instituto de Investigaciones y Servicios Forestales (INSEFOR) – Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS) – Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT) – Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) – Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC) <p>Facultad de Ciencias Sociales</p> <ul style="list-style-type: none"> – Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE) 	<p>Sede Central, Cartago</p> <ul style="list-style-type: none"> – Centro de Investigación en Administración, Economía y Gestión Tecnológica (CIADEG-TEC) – Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) – Centro de Investigación y Gestión Agroindustrial (CIGA) – Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) – Centro de Investigación en Innovación Forestal (CIF) – Centro de Investigación y Extensión de Ingeniería de los Materiales (CIEMTEC) – Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA) – Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC)

Universidad de Costa Rica	Universidad Nacional	Instituto Tecnológico de Costa Rica
Ciencias de la salud <ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEB) - Instituto Clodomiro Picado (ICP) - Instituto de Investigaciones Farmacéuticas (INIFAR) - Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET) Ciencias sociales <ul style="list-style-type: none"> - Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES) 		Centro Regional de Santa Clara, San Carlos <ul style="list-style-type: none"> - Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH)

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, como apoyo a la innovación, se cuenta con el Centro Nacional de Alta Tecnología (Cenat), y dentro de este el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (2004), instancias que son parte de la institucionalidad de las universidades públicas de Costa Rica (Conare).

En el ámbito privado, entre las entidades relevantes se encuentran el Clúster CR-Biomed, el Instituto Nacional de Biodiversidad (Inbio) y las corporaciones del sector agropecuario: el Instituto del Café de Costa Rica (Icafe), la Corporación Bananera Nacional (Corbana), la Corporación de Fomento Ganadero (Corfoga), la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (Laica), la Corporación Arrocería Nacional (Conarroz) y la Corporación Hortícola. De ellas, tanto el Icafe como Corbana impulsan actividades de investigación y desarrollo e innovación, a través del Centro de Investigación en Café (Cicafe) y del Centro de Investigación en Banano, ambos líderes en la región.

Otras entidades privadas que cumplen roles importantes para el desarrollo de la bioeconomía son la Oficina Nacional Forestal (ONF), la Cámara Nacional de Agricultura y Agroindustria (CNAA), la Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria (Cacia), la Asociación Costarricense de Productores de Energía (Acope), la Asociación Biogás en Costa Rica, así como la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (Cinde). No se cuenta con fondos específicos para apoyar la bioeconomía; sin embargo, entre los que existen y que podrían cumplir dicha función están el Fondo de Incentivos para el Desarrollo Científico y Tecnológico, el Fondo Propyme y el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.

Oportunidades para el desarrollo de la bioeconomía en Costa Rica

Se encuentran al menos cuatro procesos en curso que plantean oportunidades para el implementar una estrategia o política nacional de bioeconomía en Costa Rica: a) el proceso de adhesión a la OCDE, como marco para la articulación de políticas públicas y de quehaceres institucionales; b) el desarrollo de un Plan Nacional de Descarbonización, como alternativa para potenciar el uso pleno de la biomasa y procesos productivos de economía circular; c) el cambio estructural hacia una bioeconomía basada en el conocimiento, aprovechando los recursos de la biodiversidad, y d) la articulación público-privada que se ha empezado a generar en ámbitos relacionados con la bioeconomía, a partir de la creación del clúster CR-Biomed.

El proceso de adhesión a la OCDE: articulación institucional y coherencia de las políticas

La OCDE (2017), en la revisión de la política de innovación, le recomendó al país: a) fomentar la innovación para aumentar la productividad; b) fortalecer el compromiso a largo plazo con la ciencia, la tecnología y la innovación; c) *fortalecer la coherencia de políticas y su implementación*; d) robustecer la contribución de la investigación pública a la innovación, y e) mejorar la base de información para formular políticas de ciencia, tecnología e innovación.

El MICITT ha considerado que la bioeconomía ofrece un marco para el diseño de políticas en línea con dichas recomendaciones, a partir de las fortalezas y oportunidades que dicho organismo destaca para el país en materia de innovación. Por ejemplo, fortalezas en cuanto a la diversificación de la base de las exportaciones, la marca país, el desarrollo de algunas industrias relevantes (esto es, agroindustria, manufactura especializada, dispositivos médicos, economía digital y ecoturismo), el compromiso para invertir en educación, calidad del capital humano, recursos excepcionales de biodiversidad y gran atención a la protección del medio ambiente. La OCDE también ha identificado oportunidades del sistema de innovación de Costa Rica que también son relevantes para potenciar la bioeconomía. Por ejemplo, la implementación del Sistema Nacional para la Calidad (Ley 8279 de 2002) y la mejora de su uso por parte de las empresas nacionales, la capitalización de la ventaja comparativa que el país tiene en investigación sobre la biodiversidad y medio ambiente, la consolidación de industrias emergentes intensivas en conocimiento (*software* y biotecnología) e iniciativas para abordar desafíos sociales (por ejemplo, en eficiencia energética, medio ambiente y salud).

Dos de las recomendaciones de la OCDE son relevantes para considerar en la elaboración de una estrategia para el desarrollo de la bioeconomía: el fomento de la innovación para incrementar la productividad y el fortalecimiento de la coherencia de políticas y de su implementación. En el primer ámbito, la OCDE hizo hincapié en la necesidad de apoyar a las pymes a fin de que acrecienten sus capacidades para tener acceso y adopten nuevas tecnologías y conocimientos, de manera tal que se conviertan en actores innovadores relevantes y logren integrarse plenamente a las cadenas globales de valor. Esto reviste gran relevancia, considerando que muchos desarrollos empresariales innovadores en ámbitos relacionados con la bioeconomía son pymes y emprendimientos (*startups*) de alta tecnología creadas por jóvenes emprendedores. El apoyo a este tipo de iniciativas es fundamental para una bioeconomía basada en el conocimiento.

En cuanto al fortalecimiento de la coherencia de las políticas de innovación y de su implementación, la OCDE destacó la necesidad de superar la fragmentación y la débil coordinación entre los actores relevantes. Ello es también importante para articular la bioeconomía al sistema de ciencia, tecnología e innovación y, en general, para alinear políticas, instituciones e incentivos, con

el fin de impulsar la bioeconomía, que por naturaleza no es sectorial. La elaboración de estrategias de bioeconomía debería partir de la identificación y articulación de las iniciativas que ya existen, junto a diálogos con el sector privado y otros actores relevantes, especialmente en la comunidad académica y de investigación. El desarrollo de políticas para la bioeconomía también requiere alinear incentivos que ya existen, especialmente aquellos destinados a promover la innovación y el emprendimiento (Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld, 2017).

Liderazgo mundial para dar el paso desde la carbono-neutralidad hacia la descarbonización fósil

En su discurso de toma de posesión, el 8 de mayo de 2018, el presidente Carlos Alvarado propuso que “Para la COP 26 del año 2020, así como de cara al Bicentenario,⁴ Costa Rica deberá estar ya liderando los acuerdos de París en materia de cambio climático, siendo el laboratorio mundial de descarbonización” (Alvarado, 2018). En palabras del presidente Alvarado:

En materia ambiental, para el Bicentenario tenemos el deber ético de liderar en el mundo, como lo hemos hecho en el pasado. Debemos ser ágiles e innovadores. Estamos llamados a resguardar los ecosistemas y proteger la biodiversidad, gravemente afectada por el acelerado paso del cambio climático y de desastres climatológicos. No solo tenemos que mejorar la gestión de nuestros parques nacionales y el balance ambiental y humano en las zonas protegidas, sino que tenemos la tarea titánica y hermosa de abolir el uso de combustibles fósiles en nuestra economía para dar paso al uso de energías limpias y renovables. La descarbonización es la gran tarea de nuestra generación, y Costa Rica debe estar entre los primeros países del mundo que lo logra, si no el primero.

La aspiración expresada por el presidente Carlos Alvarado para hacer de Costa Rica un laboratorio mundial de descarbonización fósil y el deseo de estar entre los primeros países en lograrla representa la culminación de un proceso que inició con la meta de la carbononeutralidad y con el desarrollo de instrumentos para apoyarla. El objetivo de lograr la carbononeutralidad a 2021 había sido propuesto en la Estrategia Nacional de Cambio Climático en 2007 y como meta en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. En cuanto a la creación de instrumentos, en 2012 se oficializó el Programa País Carbono Neutralidad (Acuerdo 36-2012-MINAE), en el cual se define que la Norma INTE 12-01-06:2011, Norma Nacional para Demostrar la c-neutralidad, es la única norma reconocida por el Gobierno de Costa Rica para demostrar la

4 Costa Rica celebrará su bicentenario el 15 de septiembre de 2021.

carbononeutralidad⁵ y su cumplimiento es requisito para otorgar la marca C-Neutral (una marca registrada por el Gobierno de Costa Rica en el Registro Nacional de la Propiedad). La creación de instrumentos se complementa en 2013 con la publicación del *Reglamento de regulación y operación del mercado doméstico de carbono* (Decreto Ejecutivo 37926-MINAE). El desarrollo de las NAMA en el sector agropecuario (café y ganadería) es parte de ese proceso de creación de instrumentos de apoyo a la carbono neutralidad.

También son relevantes incentivos ya existentes, como la Bandera Azul Ecológica y el Certificado de Sostenibilidad Turística. La Bandera Azul Ecológica es un distintivo que se otorga anualmente, para premiar el esfuerzo y el trabajo voluntario en la búsqueda de la conservación y el desarrollo, en concordancia con la protección de los recursos naturales, la implementación de acciones para enfrentar el cambio climático, la búsqueda de mejores condiciones higiénico-sanitarias y la mejoría de la salud pública de los habitantes de Costa Rica.⁶ Por su parte, el Certificado para la Sostenibilidad Turística está diseñado para categorizar y diferenciar empresas turísticas de acuerdo con el grado en que su operación se acerque a un modelo de sostenibilidad, en cuanto al manejo de los recursos naturales, culturales y sociales.

Las primeras acciones de impulso a la descarbonización se han centrado en el apoyo a la energía limpia, el transporte público y la movilidad urbana, tomando como marco de referencia la Ley de Promoción del Transporte Eléctrico, de 2017. Con ello se busca crear lazos virtuosos entre la trayectoria y capacidad del país para generar electricidad a partir de fuentes limpias y renovables (hídrica, eólica, geotérmica, solar y biomasa) y el hecho de que la mayor generación de emisión de gases de efecto de invernadero se genera en el sector transporte. Desde el punto de vista de las políticas públicas, la descarbonización se ha incluido como uno de los pilares del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2022 y se ha elaborado un Plan Nacional de Descarbonización, orientado por tres principios: a) promover transformaciones estructurales más que cambios incrementales, b) proveer las bases de un nuevo paradigma para el desarrollo de Costa Rica y c) desarrollar medidas para asegurar que la transformación productiva hacia la descarbonización sea inclusiva.

5 La Norma INTE 12-01-06:2011 había sido oficializada en 2011 como el “Sistema de Gestión para Demostrar la C-neutralidad: Requisitos” (Acuerdo 70-2011 MINAE).

6 El programa incluye las siguientes categorías: agropecuaria, cambio climático, centros educativos, comunidad clima neutral, comunidades, construcción sostenible, eclesial-ecológica, ecodiplomacia, espacios naturales protegidos, eventos especiales, hogares sostenibles, microcuencas, municipalidades, playas y salud comunitaria.

Profundizar el cambio estructural hacia una bioeconomía de alto valor agregado basada en el conocimiento

Una aproximación de la importancia económica de la bioeconomía se puede obtener a partir de su aporte a las exportaciones. En un estudio para América Latina y el Caribe, Rodríguez et al. (2017) clasificaron las exportaciones en cinco categorías:⁷ 1) bioeconomía de productos básicos,⁸ 2) bioeconomía de valor agregado en productos básicos,⁹ 3) bioeconomía de alto valor agregado,¹⁰ 4) economía mineral y fósil;¹¹ y 5) otras manufacturas.¹²

Las exportaciones de la bioeconomía en Costa Rica alcanzaron un 43,5% del valor total de las exportaciones durante el periodo 2013-2015 (tabla 2), de las cuales el 28,1% correspondieron a la bioeconomía de productos básicos; el 13,3%, a la bioeconomía de valor agregado en productos básicos, y el 2,1%, a la bioeconomía de alto valor agregado. Al comparar con el periodo 2000-2002, los rubros que presentaron el mayor crecimiento son los de bioeconomía de valor agregado en productos básicos (de 9,1% a 13,4%) y la bioeconomía de alto valor agregado (de 1,2% a 2,1%).

Rodríguez et al. (2017) ubicaron a Costa Rica entre los países con una alta proporción de exportaciones de la bioeconomía (mayor que el promedio regional) y mayor proporción de exportaciones de manufacturas que de productos minerales y recursos fósiles. Este grupo incluye a los países en los cuales la bioeconomía tendría un mayor potencial, pues ya tienen una base de exportaciones de bioeconomía importante y poseen una base de exportaciones de manufacturas también significativa, que facilitarían las posibilidades de expandir la producción de manufacturera de base bioeconómica.

7 A partir de la clasificación de productos del Sistema Armonizado y utilizando la base de datos de exportaciones Comtrade.

8 Productos derivados directamente de sectores primarios de base biológica (agricultura y agroindustria; pesca, acuicultura y productos derivados; productos forestales e industria de la madera).

9 Productos con algún grado de procesamiento, a partir de sectores primarios de base biológica (industria alimentaria; pulpa de madera e industria del papel; textiles basados en fibras naturales y productos de cuero; biodiésel; bioetanol y otros alcoholes; bioenergía sólida).

10 Sectores manufactureros con una base de materias primas de base biológica (productos químicos de base biológica; productos farmacéuticos de origen biológico; bioplásticos; y perfumería y cosmética de origen biológico).

11 Productos derivados de los sectores de la minería y de base fósil.

12 El resto de los sectores, que en su totalidad son sectores productores de manufacturas.

La tabla 2 permite identificar varios fenómenos relevantes sobre el desarrollo de la bioeconomía en Costa Rica y que ilustran lo indicado respecto de su potencial. Comparando los periodos 2000-2002 y 2013-2015, se observa que:

- el mayor crecimiento se presenta en las exportaciones de la bioeconomía de alto valor agregado, con una tasa de crecimiento promedio acumulativa anual del 10,5% entre 2000-2002 y 2013-2015. En esta categoría el mayor crecimiento se observa en los rubros de productos biofarmacéuticos (40,5%) y de biocosméticos (13,1%),
- el ritmo de crecimiento de las exportaciones de biofarmacéuticos y de biocosméticos contrasta con el poco dinamismo de las exportaciones de productos de la industria farmacéutica y de cosméticos. Por lo tanto, hay evidencia de un cambio en el perfil de estas dos industrias hacia el desarrollo de productos de base biológica, y que
- el crecimiento en el aporte de las exportaciones de la bioeconomía crece en una proporción casi equivalente (cinco puntos porcentuales) a la reducción que experimentan las exportaciones de los sectores manufactureros (-4,8 puntos porcentuales). Las ganancias en la proporción de las exportaciones de la bioeconomía se generan en los rubros de bioeconomía de valor agregado en sectores básicos, especialmente de la industria alimentaria, y en las exportaciones de la bioeconomía de alto valor agregado. La caída en la proporción de las exportaciones de manufacturas se explica casi en su totalidad por la reducción en el aporte de las exportaciones de la industria textil y de prendas de vestir. Por lo tanto, más que un proceso de desindustrialización, la caída en la proporción de las exportaciones de manufacturas evidencia un cambio estructural, en el cual la pérdida de importancia de un sector manufacturero tradicional empieza a ser compensada por el dinamismo de sectores manufactureros de base biológica (industria de alimentos, biofármacos y biocosméticos).

Tabla 2. Costa Rica: indicadores de la importancia de las exportaciones, por tipo de economía, tasas de crecimiento promedio acumulativas anuales (TCPAA) y porcentajes

Clasificación	TCPAA 2013-2015 vs. 2000- 2002	Composición, en subperiodos seleccionados		
		2000-2002	2007-2009	2013-2015
Bioeconomía	7,0	38,55	35,05	43,52
<i>Bioeconomía de recursos naturales</i>	5,9	28,24	22,89	28,07
Agricultura y agroindustria	6,3	25,22	21,36	26,07
Pesca y acuicultura	0,8	2,59	1,11	1,35

Clasificación	TCPAA 2013-2015 vs. 2000- 2002	Composición, en subperiodos seleccionados		
		2000-2002	2007-2009	2013-2015
Madera y productos forestales	9,3	0,43	0,42	0,65
<i>Bioeconomía de valor agregado en recursos naturales</i>	9,2	9,08	11,13	13,35
Industria alimentaria	10,9	6,49	8,41	11,68
Pulpa e industria del papel	3,3	1,44	1,72	1,02
Fibras y textiles naturales y cueros	-2,4	0,98	0,58	0,33
Bioediesel				
Bioenergía sólida	2,6	0,00	0,00	0,00
<i>Bioeconomía de alto valor agregado</i>	10,5	1,22	1,03	2,10
Químicos de base biológica	5,3	1,16	0,95	1,07
Biofármacos	40,5	0,02	0,02	0,96
Bioplásticos	3,8	0,01	0,02	0,01
Biocosméticos	13,1	0,03	0,04	0,06
Productos de origen mineral y fósil	5,6	4,55	4,85	4,35
Productos de origen mineral	7,2	3,73	4,18	4,32
Productos de origen fósil	-16,8	0,82	0,67	0,04
Manufacturas	5,3	56,90	60,10	52,13
Metalmecánica	9,0	0,75	0,98	1,07
Maquinaria y equipo	6,0	38,64	37,84	38,64
Industria química	9,9	1,39	1,42	2,22
Plásticos y caucho	9,3	3,34	3,41	4,99
Industria textil y de vestir	-8,0	8,16	2,67	1,30
Industria farmacéutica y cosmética	0,5	3,61	3,62	1,81
Otras manufacturas	12,0	1,02	10,16	2,10
Total	6,0	100,00	100,00	100,00

Fuente: Rodríguez et al. (2017).

Rodríguez et al. (2017) también identificaron los rubros de la bioeconomía mejor posicionados en términos de competitividad, utilizando una versión simple del indicador de ventaja comparativa revelada (VCR) en las exportaciones. Costa Rica se ubica como uno de los países

mejor posicionados en la región, con VCR positiva en 7 de los 12 rubros (agricultura y agroindustria; pesca, acuicultura y productos derivados; industria alimenticia; pulpa e industria del papel; bioetanol; industria biofarmacéutica, y biocosméticos), solo por debajo de Brasil (9 rubros) y de Uruguay (8 rubros). Costa Rica, junto con Argentina, Brasil y Uruguay, son los únicos países que presentan VCR en más de un sector de bioeconomía de alto valor agregado. Y Costa Rica es el único donde dichas VCR se presentan en los sectores de biofármacos y biocosméticos.

Articulación público-privada-investigación y desarrollo relevante para la bioeconomía: el clúster CR-Biomed

CR-Biomed es una asociación sin fines de lucro, creada en 2012 (refundada en 2014) por un grupo de emprendedores, científicos, profesionales, miembros de la academia y representantes del sector público y privado, con el fin de promover y optimizar los sectores de la biotecnología, dispositivos médicos y sectores afines a las ciencias de la vida. Liderada por el sector privado, integra a los sectores académico y gubernamental alrededor de la promoción de las actividades científicas y empresariales dirigidas a la innovación.

Los miembros de CR-Biomed incluyen empresas consolidadas (Grupo Trisán y sus unidades de negocio Laquinsa y Bio Engineering; BIOTD; Florex), empresas de consultoría y servicios (Bufete Arias, Marketplaza, Salud a un Clic), centros de investigación (Laboratorio Nacional de Nanotecnología y Fundación Inciensa), *startups* de base biotecnológica/biología sintética (Bromé, Magenta Biolabs, Speratum, Cibus 3.0, Surek Biotecnology) y fondos de capital de riesgo (Carao Ventures). La organización cuenta con el patrocinio del ITCR, de Procomer, de la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo y del Centro Nacional de Alta Tecnología.

CR-Biomed tiene tres ejes temáticos: a) sensibilización (establecer una estrategia de comunicación efectiva con los diferentes actores del sector y la sociedad sobre los beneficios y el impacto de la biotecnología en la economía y en la calidad de vida), b) mejora de la competitividad (incidir en políticas nacionales y en el establecimiento de un marco regulatorio en el campo de la biotecnología, que le permita al sector desarrollarse de una forma eficiente, aumentando su competitividad en los mercados internacionales) y c) internacionalización (generar las condiciones y las oportunidades para que la industria biotecnológica costarricense se inserte y compita efectivamente en el mercado internacional).

Experiencias de bioeconomía en el sector privado

Además de un marco institucional y de políticas conducentes al desarrollo de la bioeconomía, también existen en el país experiencias privadas de implementaciones relevantes en distintos ámbitos. En esta sección se resumen algunas de ellas, incluyendo iniciativas de bioemprendimiento llevadas adelante por jóvenes.

Instituto Nacional de Biodiversidad: gestión de la biodiversidad

Un antecedente muy importante para América Latina en materia de gestión de la biodiversidad fue la creación del Inbio, en 1989, como un centro privado (de interés público) de investigación y gestión de la biodiversidad, con el propósito de apoyar esfuerzos para fortalecer la protección y el conocimiento de la biodiversidad y promover su uso sostenible.

En su primera etapa (hasta 2015), el Inbio promovió un modelo de gestión basado en los conceptos de protección, conocimiento y uso sostenible de la biodiversidad. Para ello concentró sus esfuerzos en cinco líneas de acción: 1) elaboración de inventarios y monitoreo de especies y ecosistemas del país (incluye organismos asociados con la producción agrícola); 2) conservación de la biodiversidad; 3) comunicación y educación para fomentar la consideración ambiental en las decisiones de la población; 4) bioinformática, mediante la aplicación de herramientas informáticas para apoyar procesos de administración, análisis y diseminación de datos sobre la biodiversidad; y 5) bioprospección, para buscar usos sostenibles y de aplicación comercial de los recursos de la biodiversidad. Para apoyar las actividades de educación ambiental, en 2000 se construyó el Inbio Parque, un parque temático con representación de cuatro tipos de bosques que representan la mayor parte de los ecosistemas que se encuentran en Costa Rica.¹³

Durante las dos primeras décadas de su funcionamiento el Inbio dependió fuertemente de recursos externos de cooperación internacional. Sin embargo, la institución no logró consolidar su autosuficiencia financiera, debido a la reducción paulatina de tales recursos y a la insuficiencia de los ingresos por concepto de propiedad intelectual y de otros ingresos derivados de la biodiversidad. Ello llevó a la institución a una profunda crisis financiera, que redujo significativamente sus actividades. La responsabilidad del mantenimiento de las colecciones biológicas se trasladó al Museo Nacional y pasaron a ser parte de su patrimonio; el Inbio Parque pasó a ser parte del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac).

Con la indemnización pagada por el Gobierno por la tierra y otros activos el Instituto entró en una nueva fase, desde marzo de 2016, en la cual ha continuado con su misión de educación

13 Bosque del valle central, bosque húmedo, bosque seco y humedal.

ambiental. También se ha abocado a encontrar usos y aplicaciones para la biodiversidad, a partir de su acervo de información, así como a cumplir contratos vigentes de venta de servicios que tiene con más de cuarenta países.

La crisis financiera enfrentada por el Inbio evidencia que su modelo fue exitoso en lo relativo a la administración de colecciones biológicas para generar conocimiento, pero sin énfasis en su uso para potenciales desarrollos comerciales. Esa era la tarea principal de la Unidad de Bio-prospección, mediante la búsqueda de nuevas fuentes de compuestos biológicos, genes, proteínas, microorganismos y otros productos naturales que pudieran ser de interés por su potencial para la industria farmacéutica, cosmética, agrícola y biotecnológica. Para avanzar en esa dirección el Inbio deberá adherirse al clúster CR-Biomed,¹⁴ con el propósito de complementar los esfuerzos ya realizados, sumando capacidades de valorización de la ciencia junto a otras entidades nacionales públicas, privadas y de los sectores de ciencia, tecnología e innovación.

Grupo Trisán: bionsumos agrícolas y soluciones para el tratamiento de aguas residuales

Trisán es un grupo corporativo de capital costarricense. Fue fundado en 1961 como distribuidor de productos destinados a la salud animal y cuatro años más tarde amplió la gama de sus productos al ofrecer materias primas para la industria alimenticia y productos químicos para la agricultura. Representa a fabricantes internacionales de insumos especializados y trabaja en la introducción, desarrollo y comercialización de productos y servicios de innovación tecnológica, así como de biosoluciones amigables con el ambiente para los sectores agrícolas, veterinarios, agro-industriales e industriales. Actualmente cuenta con oficinas en todos los países centroamericanos y en República Dominicana.

El Grupo Trisán está actualmente integrado por cinco divisiones de negocio: 1) Trisan Agro, dedicada a la comercialización de productos de protección vegetal, semillas híbridas y productos para la agricultura, como bioestimulantes y correctores de suelos; 2) Laboratorios Químicos Industriales (Laquinsa), empresa en la que adquirió una participación importante en 1992, dedicada a la elaboración de productos para la salud animal y protección vegetal; 3) Trisan Food & Tech, empresa enfocada en la industria alimentaria (comercialización de materias primas, aditivos e ingredientes funcionales); 4) Bio-Engineering S.A., conocida como Trisan Agua, creada en 2005, que brinda soluciones integrales de tratamiento de las aguas residuales, tanto industriales como domésticas, y de los subproductos sólidos generados por dicha actividad; y 5) Trisán

14 Información disponible al cierre de la edición de este capítulo (agosto de 2018).

Ciencias Pecuarias S.A., creada en 2005, dedicada a la comercialización de medicamentos y productos para la salud y producción animal.

Las actividades relacionadas con bioeconomía se desarrollan en las divisiones Laquinsa y Bio Engineering S.A., ambas integrantes del clúster CR Biomed. Laquinsa es la empresa del grupo encargada de llevar adelante las actividades de investigación y desarrollo, y ha obtenido patentes de biocidas y bacteriófagos para la actividad de camaronicultura, y biocontroladores para la actividad avícola, entre otros.

Industria Porcina Americana S. A.: conversión de desechos en bioenergía

Porcina Americana S.A., fundada en 1977, es una de las granjas porcinas más grandes del país, con una producción anual de alrededor de 75.000 cerdos (faena diaria de alrededor de 300 cerdos), en la cual se da todo el ciclo productivo: desde la gestación hasta el consumidor final. En 2011 se inició un proceso para su clausura, por parte de las autoridades sanitarias y ambientales, debido a problemas con el tratamiento de las excretas, grasas y sangre.¹⁵ Frente a esa situación, la empresa decidió instalar un biodigestor, que actualmente es el más grande del país, y desarrolló un proyecto para su autoabastecimiento energético.

El proceso fue asesorado por la empresa Ingenya Consultores S.A., se desarrolló en una alianza con el Programa 4E (Energías Renovables y Eficiencia) de la Agencia Alemana de Cooperación (GIZ), y contó con el apoyo del Programa Biogás, del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). El biodigestor instalado produce energía durante 16 horas diarias; su capacidad es de 3000 metros cúbicos de biogás, que es aprovechado en un generador, sincronizado a la red, con una capacidad de 250 kilovatios por hora, con la utilización de 160 metros cúbicos de excretas al día.

La instalación del biodigestor para aprovechar la biomasa residual ha permitido ahorrar aproximadamente US\$250.000 anuales por concepto de energía. Pese a que la empresa tiene una alta demanda de energía en su operación (1.149.750 kilovatios por hora consumidos anualmente), el proyecto genera un excedente de biogás que se espera utilizar para generar electricidad para su venta a través de una interconexión a la red eléctrica nacional.

15 Pese a disponer de tres lagunas de oxidación para verter sus aguas residuales, con el tiempo estas fueron perdiendo su capacidad, debido a su sedimentación, y las aguas residuales terminaban vertidas en un cuerpo de agua.

Corporación Manza Té: producción de infusiones, miel y pasabocas (*snacks*)

Manza Té nació a partir de la adquisición de una pequeña planta artesanal dedicada a la producción de té de manzanilla (*Chamaemelum nobile*), fundada diez años antes. Luego de un proceso de industrialización y diversificación, actualmente la empresa produce y distribuye miel, avena y granola procesada, así como una amplia variedad de infusiones naturales, aromáticas, frutales y mezclas preparadas de hierbas. La empresa tiene tres líneas de productos: 1) infusiones, bajo la marca Manza Té, de la cual la manzanilla es su producto insignia; 2) miel de abeja, bajo la marca La Abejita; y 3) avenas y granolas bajas en grasa total y saturada, endulzadas con miel de abeja, bajo la marca La Selva.

La manzanilla utilizada se produce en una finca de la empresa y se complementa con una red de proveedores localizados en diferentes partes del país. Actualmente, produce 600.000 cajas de té por mes y la marca representa el 65 % del mercado nacional de infusiones. La empresa opera bajo la filosofía de “apoyar al agricultor nacional”, por lo que adquiere de pequeños agricultores hierbas para producir otros tipos de infusiones (como tilo y malva), entre los que destacan como proveedoras un grupo de mujeres jefas de hogar en la zona de San Carlos, al norte del país.

La Corporación también es líder en el mercado de miel de abeja. Inicialmente, importaba la materia prima, porque la miel producida en el país era de una calidad muy variada, la producción insuficiente y existía la posibilidad de mieles adulteradas. Ante ese panorama, inició un proceso de asistencia técnica con los apicultores nacionales a fin de mejorar la calidad de la miel y aumentar su producción, así como crear confianza con los productores mediante estabilización de los precios de compra y las condiciones del mercado. Para ello establecieron programas de capacitación, asesoría en costos, controles de calidad y una alianza que buscaba pactar precios, respetar los acuerdos y establecer plazos cortos para pagar por la materia prima.

El proceso se inició con una asociación de ocho productores de Jicaral (Guanacaste), que producían quince barriles de miel al año y que en la actualidad involucra a treinta familias (doscientas personas) que suministran seiscientos barriles, que son envasados en una planta que es administrada conjuntamente por la asociación de productores y la Corporación. El programa, que también incluye a asociaciones de apicultores en diversas partes del país (Pacífico norte y sur, Los Santos), se considera un éxito como caso de buenas prácticas apícolas. En el proceso han contado con el apoyo del Servicio Nacional de Sanidad (Senasa). Actualmente, trabajan con apicultores especializados en la cría de abejas reinas, así como en sanidad veterinaria. La Corporación apoya a las asociaciones de apicultores en la importación de maquinaria, con asesoría para garantizar la calidad, pureza y homogeneidad de la miel, así como en la comercialización.

La Corporación Manza Té tiene registradas sus marcas en Costa Rica y en el resto de Centroamérica, así como el color de las cajas de distribución del producto y el diseño de la botella para la distribución de la miel. La empresa se guía para el aseguramiento de la calidad de sus productos por las normas de la Organización Mundial de la Salud y de la Unión Europea y establece estándares de procedimientos con el objetivo de obtener la certificación como producto orgánico. Está certificada ISO 14001 e ISO 22000 y como Marca País dentro del Procomer, una certificación especial que otorga Costa Rica a productos nacionales que garantizan condiciones especiales de calidad, así como Bandera Azul Ecológica, en la categoría cambio climático, primer peldaño para certificarse Carbono Neutral¹⁶ y obtener la marca C-Neutral.

La Corporación tiene establecidos compromisos con el desarrollo sostenible y la inclusión. Como parte del primero, en 2008 se sustituyó el uso del bromuro de metilo por el ozono, para limpiar y purificar la materia prima, lo que le valió el Premio a la Excelencia en Gestión Ambiental de la Cámara de Industrias de Costa Rica. Adicionalmente, la empresa contrata personal con discapacidades para determinados procesos o funciones, lo que se considera un impacto ejemplarizante para el resto de los colaboradores.

Bioland S. A.: alimentos naturales y biocosméticos

BioLand (<http://bio-land.org>) es una empresa familiar fundada en 1982 con el objetivo de revolucionar la industria convencional de productos alimenticios y de cuidado personal, ofreciendo productos naturales de forma sostenible. La empresa se radicó inicialmente en una pequeña planta en el Cantón de Desamparados, al sur de San José, desde la cual producía para puntos de venta propios. En 1985, modificó esa política y comenzó a vender sus productos en supermercados y también exportaba productos de cuidado personal a Oriente Medio, Europa y América del Norte. Sin embargo, a inicios de los años noventa la empresa dejó la exportación para crecer de una manera más ordenada, concentrando su expansión en el mercado interno. A finales de los años noventa la empresa se trasladó a su planta actual, en el Cantón de Tres Ríos, al este de San José.

16 La Bandera Azul Ecológica es un distintivo que se otorga anualmente para premiar el esfuerzo y el trabajo voluntario en la búsqueda de la conservación y el desarrollo, en concordancia con la protección de los recursos naturales, la implementación de acciones para enfrentar el cambio climático, la búsqueda de mejores condiciones higiénico-sanitarias y la mejoría de la salud pública de los habitantes de Costa Rica. El programa incluye las siguientes categorías: agropecuaria, cambio climático, centros educativos, comunidad clima neutral, comunidades, construcción sostenible, eclesial-ecológica, eco-diplomacia, espacios naturales protegidos, eventos especiales, hogares sostenibles, microcuencas, municipalidades, playas y salud comunitaria (<https://banderaazulecologica.org/>).

El desarrollo de la empresa se ha basado en el diseño de un proceso gradual, planeado para suplir varias etapas, de acuerdo con el cumplimiento de las siguientes acciones: a) introducir un concepto renovado y específico de calidad, en relación con las ventajas reales para el consumidor; b) contactar productores de materias primas sanas y amigables con la naturaleza y establecer el mecanismo de apoyo, ofreciéndoles garantías de adquisición de sus productos y en algunos casos financiamiento, y c) sustituir aquellos ingredientes considerados dañinos o cuestionados por otros productos que favorezcan los aspectos de salud del ser humano y su entorno. Paralelamente, se estableció un plan dirigido a la contribución ambiental, reconociendo que la responsabilidad ambiental no debe separarse de las prácticas industriales.

Hoy en día, la empresa produce más de trescientos productos en las líneas de nutrición y cosmética elaborados a partir de ingrediente orgánicos. En la primera línea se incluyen complementos alimentarios, pasabocas (*snacks*) y cereales, y en la línea de biocosméticos ofrece tres líneas de productos, bajo las marcas Vegetus (jabones), Organics (cuidado capilar) y Dermia (cuidado facial). Para el desarrollo de nuevos emprendimientos Bioland cuenta con procesos innovadores y un intenso programa de investigación y desarrollo.

El único mercado de exportación que ha mantenido la empresa durante los últimos quince años ha sido Panamá. También se ha enfocado en el desarrollo de una línea exclusiva de alta cosmética orgánica que empezó a comercializar en Costa Rica mediante la instalación de su primera tienda. Además, ha abierto puntos de venta en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría de Costa Rica y el Aeropuerto Internacional Tocumen de Panamá e inició la exportación de sus tres líneas de cosméticos a Guatemala. El plan de expansión de Bioland también incluye vender la franquicia en el exterior, para lo cual han recibido ofertas de interesados en España, Holanda, Canadá, Estados Unidos, México, Suramérica y varios países de Centroamérica. Los planes de expansión de la empresa para los próximos tres años contemplan la exportación de productos de su marca Organics a toda Centroamérica, así como a República Dominicana, Puerto Rico, Trinidad y Tobago y Jamaica, con América del Norte como objetivo final.

Agribiotecnología de Costa Rica S. A.:

micropropagación de plantas por crecimiento *in vitro*

Agribiotecnología de Costa Rica S.A.-Agribio (<http://agribiocr.com>) es una empresa de biotecnología agrícola de capital 100 % costarricense, creada en julio de 1985 por Óscar Arias Moreira.¹⁷

17 La investigación en biotecnología agrícola en Costa Rica se originó a finales de los años setenta del siglo pasado, cuando por iniciativa de Óscar Arias Moreira se creó el Laboratorio de Biotecnología de Plantas, del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Es el primer laboratorio privado de biotecnología de Costa Rica que inició como un pequeño laboratorio de cultivo de tejidos que producía plantas ornamentales para el mercado de Estados Unidos. Tiene una capacidad instalada para la producción de aproximadamente quince millones de vitroplantas por año, lo que lo hace el laboratorio de micropropagación el más grande de Latinoamérica.

Agribio produce plantas libres de enfermedades con alta estabilidad genética. Cuenta con más de 250 protocolos de propagación para musáceas, café, piña, caña de azúcar, vainilla, forestales, orquídeas, plantas ornamentales, cultivos energéticos, raíces y tubérculos. Dispone de procesos estandarizados de gestión de la calidad certificados bajo la norma INTE ISO 9001:2008. Actualmente exporta a Estados Unidos, Centro, Suramérica, Caribe, Europa y África y cuenta con socios estratégicos en Ecuador, Perú, El Salvador, República Dominicana, África, México, entre otros.

Agribio tiene un activo programa de investigación y desarrollo tanto en el campo de la biotecnología como en sistemas modernos de producción agrícola. Ofrece servicios de a) investigación y desarrollo de protocolos de propagación *in vitro* y otras técnicas de propagación comercial de plantas (desarrollo de sistemas de propagación de plantas, mediante la utilización de técnicas *in vitro* y *ex vitro*, buscando calidad, inocuidad y eficiencia); b) desarrollo y administración de proyectos agroindustriales (ofrecen soluciones integradas para proyectos de producción forestal, piña y banano, producción e industrialización de jugos y pulpas, y de producción y exportación de plantas ornamentales; y c) soporte técnico y dirección científica de proyectos (ofrecen servicios de planeación/estructuración, análisis financiero, desarrollo, implementación y operación de proyectos agroindustriales de musáceas, piña, forestales, cítricos, plantas ornamentales, raíces, tubérculos y biocombustibles. Otros servicios incluyen la limpieza de virus, la conservación de germoplasma, el mejoramiento vía selección somaclonal y análisis de viabilidad de semillas.

La empresa colabora con varias instituciones nacionales, como Corbana, Icafe, la Escuela del Trópico Húmedo, la UCR, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) y el Inbio. También lo hace con el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca, que agrupa a entidades e instituciones vinculadas a procesos de producción, procesamiento, comercialización y utilización de la yuca y otras raíces y tubérculos, en países de América Latina y el Caribe y de África.

Consciente de la importancia de la sostenibilidad ambiental, Agribio se enfoca en el ahorro energético, el uso eficiente del agua, la baja utilización de fertilizantes convencionales y el manejo integrado de plagas y enfermedades, utilizando sistemas alternativos y uso de microorganismos benéficos y bioproductos. En 1999, la Cámara de Exportadores de Costa Rica le otorgó el Premio al Esfuerzo Exportador, y en 2005 y 2012, la Presidencia de la República y el Ministerio de Agricultura le otorgaron a su presidente la Medalla Nacional al Mérito Agrícola.

Bioemprendimientos

Bromé: Bromelina y celulosa microcristalina a partir de desechos de piña

Bromé es una *start-up* orientada a extraer biocompuestos de interés para las industrias de alimentos y farmacéutica, a partir de los residuos del cultivo de la piña, por medio de la biotecnología. Nació como un emprendimiento de Daniel Méndez durante su época de estudiante de biotecnología en la UNA, en Heredia, Costa Rica, motivado por brindar una solución al problema de contaminación que genera la producción de piña. Esta es una actividad agroexportadora muy importante en el país, pues Costa Rica es el primer exportador mundial del producto, con más de 60.000 hectáreas dedicadas a su producción. La actividad genera alrededor de 8-10 millones de toneladas de residuos que, al no aprovecharse, se convierten en un problema de contaminación ambiental. Además, de particular importancia es la proliferación de la mosca *Stomacxys calcitrans*, que afecta la actividad ganadera.

La iniciativa nació como con el nombre de Reuti Piña, que enfatizaba el recurso utilizado (desechos de la producción de piña). Bromé pone el relieve en su principal producto: la *enzima bromelina*, y su orientación a producir una tecnología enzimática que brinde soluciones a las industrias de alimentos y farmacéutica. La bromelina es una enzima presente en las bromeliáceas, familia a la que pertenece la piña (*Ananas comosus*), que tiene la capacidad de deshacer las proteínas de igual manera que la *pepsina*, enzima que forma parte del jugo gástrico, por lo que es utilizada en la industria de alimentos y bebidas.

Bromé también ha desarrollado una tecnología para la producción de *celulosa microcristalina* (CMC), a partir de los desechos de la piña, una vez extraída la bromelina. El producto puede utilizarse como ingrediente en procesos de fabricación de fármacos. Por ejemplo: se combina con otros excipientes en procesos de compresión de tabletas; presenta ventajas en cuando a la resistencia de la tableta, sensibilidad al lubricante y granulación en húmedo; se desempeña como un aglutinante idoneo en procesos de tableteado, debido a su dureza y compresividad, y no es una sustancia tóxica ni reactiva.

En su fase inicial Reuti Piña/Bromé recibió apoyo del programa UNA Incuba, de la UNA. En su fase actual ha recibido apoyo del Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot) y del programa Costa Rica Exporta, de Procomer. Bromé es uno de los miembros fundadores de CR-Biomed.

Magenta Biolabs: biocosmética a partir de residuos agrícolas

Magenta Biolabs (<http://magenta-biolabs.webflow.io/>) es una *start-up* creada por estudiantes de biotecnología del TEC. Sus inicios se remontan a comienzos de 2015, cuando sus fundadores (Marcelo Castro, Rafael Lobo, José Pablo Méndez y Sofía Miranda) participaron en la competencia nacional *Start-up Weekend*, lo que les permitió acceder a finales de ese año al programa de preincubación del TEC. Aunque se les dificultó conseguir financiamiento para llevar adelante su proyecto, tuvieron la oportunidad de aplicar a la competencia Indie Bio (<https://indiebio.co>), a comienzos de 2016. Los estudiantes fueron aceptados en la competencia de ese año, lo que les permitió acceder a financiamiento y capacitación en herramientas empresariales en la aceleradora de Indie Bio, en Irlanda.

Magenta Biolabs trabaja en el desarrollo de un proceso para producir ácido hialurónico a partir de residuos agrícolas. El ácido hialurónico forma parte de ciertos tejidos como articulaciones, nervios y piel, y actúa como agente amortiguador, lubricante e hidratante. Con la edad, el cuerpo pierde la capacidad de producir este componente, lo que hace que la piel pierda hidratación y firmeza. Magenta busca darle una solución a este problema a un costo menor que el de los cosméticos antiedad tradicionales, pues el ácido hialurónico, en conjunto con el colágeno y la elastina, tienen la función de darle firmeza y una apariencia más joven a la piel. Magenta utiliza residuos agrícolas para sus procesos de producción, y para ello trabaja en conjunto con cooperativas de productores que posteriormente obtendrán beneficios económicos por su venta.

Hemoalgae: anticoagulantes a partir de microalgas

Hemoalgae (<http://hemoalgae.com>) es una *start-up* de biología sintética orientada al desarrollo de hirudina, un anticoagulante obtenido a partir de microalgas que actúa como inhibidor de la trombina, enzima generada a partir de la coagulación. Esta permitiría reducir el costo de producción de los medicamentos anticoagulantes tradicionales, con un producto de mejor asimilación y efectividad que estos. Además, se asegura el rápido crecimiento y obtención de la materia prima.

Hemoalgae fue creada a finales de 2016 por estudiantes de biotecnología del TEC, luego de que sus fundadores (Myrka Rojas, Diana Mendoza y Luis Barboza) participaran y ganaran el primer premio en la competencia Synbio Thon, de biología sintética, en la cual equipos de estudiantes trabajan durante un fin de semana para crear un dispositivo genético que pueda resolver algún tipo de problema de la comunidad. Luego de obtener el primer premio, la firma ingresó en el proceso de pre incubación del TEC. Pocos meses después de su creación (abril de 2017),

la firma obtuvo el apoyo de RebelBio,¹⁸ firma irlandesa de aceleración de proyectos de biología sintética y biotecnología. El acuerdo con la empresa de alcance global contempló el otorgamiento de capacitación, infraestructura y financiamiento a los emprendedores a cambio de un 8 % de la propiedad de la firma. Además, a finales de 2017, Hemoalgae obtuvo el primer lugar en su categoría en la competencia Get in the Ring (orientada a la identificación de firmas innovadoras y el acompañamiento para su consolidación) en Costa Rica y representó en junio de 2018 al país en la competencia global.

Jeca Pharma: productos farmacéuticos a partir de jengibre

Jeca Pharma (<http://www.jecapharma.com>) es una *start-up* fundada por Jean Carlo González Guevara, farmacéutico egresado de la Universidad Latina de Costa Rica, en 2015. La empresa desarrolla productos farmacéuticos innovadores basados en hongos y plantas medicinales, mediante la aplicación de la nanotecnología y la biotecnología. En 2016, ganó el premio Rodolfo Jiménez Borbón, otorgado en la competencia Yo Emprendedor para Centroamérica, por su actitud emprendedora. La empresa elabora actualmente dos productos. El primero es JenGel, un gel con propiedades antimicrobianas, capaz de impedir el crecimiento de las principales bacterias que producen infecciones en la piel. Este se obtiene a partir de extractos de jengibre (*Zingiber officinale*) y es utilizado en los tratamientos de quemaduras, heridas y úlceras. El segundo, derivado de la investigación para la obtención de JenGel, es el JenVag Óvulos, también creado en base a extractos de jengibre y que se utiliza para combatir infecciones vaginales causadas por el hongo *Candida albicans*.

Flores y Follajes del Caribe: biotecnología para el desarrollo de orquídeas

Flores y Follajes del Caribe es una empresa familiar creada en 2015, ubicada en Guácimo, en el Caribe costarricense, fundada por el ingeniero agrónomo Marco Antonio Córdoba. La empresa se gestó orientada a la exportación de flores tropicales; sin embargo, viró su negocio hacia el desarrollo de una oferta de productos con mayor incorporación de tecnología y valor agregado. Actualmente, trabaja la genética de las orquídeas en un laboratorio de biotecnología de plantas, y se dedica a la producción de tres tipos de orquídeas, especiales para flor de corte y para exhibición. Una segunda línea de negocio es el agroturismo, que se desarrolla en el Caribbean Botanical Garden, un

18 Rebelbio (<https://rebelbio.co/>) es una de las aceleradoras globales de proyectos biotecnológicos más importantes.

jardín botánico de 4,5 hectáreas propiedad de la empresa, con senderos, jardines temáticos y áreas para el desarrollo de proyectos turísticos. Flores y Follajes del Caribe ha contado con el apoyo de Procomer y también recibe colaboración del CENIBiot para el desarrollo de nuevos productos. En 2017 la firma obtuvo el primer premio en la competencia nacional Seedstar, desarrollada por Procomer. La empresa tiene planes para exportar a México, Chile, Centroamérica, Canadá y Estados Unidos; también aspira llegar a Europa, con flores cortadas. Además, está desarrollando un híbrido de orquídeas blancas orientada al mercado de flores para boda.

Cibus 3.0: biodiésel a partir del suero residual de la industria láctea

Cibus 3.0 fue creada en 2011 por un grupo de estudiantes y egresados de la carrera de biotecnología del ITCR, que integran el primer grupo de biología sintética en Costa Rica, enfocado en la transformación de residuos industriales en bioenergías. El producto que ha desarrollado Cibus 3.0 es un biodiésel elaborado a partir de suero de leche. Para ello, diseñaron una bacteria capaz de transformar la lactosa (azúcar de la leche) en lípidos (grasas), los cuales luego utiliza la misma bacteria para producir biodiésel. La bacteria está diseñada para que una vez finalizado el proceso, se desintegre y se libere el biodiésel. El producto permite esquivar el dilema *food vs. fuel* y reducir los posibles conflictos de uso de la tierra como consecuencia de la expansión de cultivos energéticos. El proyecto permitiría darles valor de uso y económico a las más de 800.000 toneladas de suero de leche generadas como residuo por parte de la industria láctea del país.

El objetivo fundacional fue participar en la Competencia Internacional de Maquinaria Genéticamente Modificada (Igem, por su sigla en inglés), organizada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en 2012, un evento global orientado principalmente a jóvenes de pregrado que desarrollan un proyecto de biología sintética con un tema de fondo específico. El equipo Cibus 3.0 ha participado en dos ocasiones en el ámbito latinoamericano y, hasta ahora, es el único representante de Costa Rica. En 2012 participaron y obtuvieron el primer premio en la categoría de Proyectos Ecoamigables en la Feria de Ideas de Negocios del ITCR y en el mismo año participaron en la competencia de planes de negocio Yo Emprendedor, donde recibieron tres galardones (Elevator Pitch, Idea con Mayor Proyección y primer lugar en la categoría Energías Limpias). En 2013, participaron y obtuvieron el tercer lugar en la competencia CleanTech Open, en los Estados Unidos, en la categoría Ideas Globales, aunque recibieron el primer lugar en la categoría de Transporte. Por último, en 2015, fueron finalistas de la Competencia de Talento e Innovación de las Américas, en la categoría Innovación Económica.

Conclusiones y comentarios finales

Costa Rica dispone de un conjunto de condiciones que la ubican en una posición muy favorable para avanzar rápidamente en el desarrollo de una estrategia nacional de bioeconomía. Más aún, la adecuada implementación de dicha estrategia le podría permitir al país, en un plazo razonable, convertirse en un líder global en el ámbito de la bioeconomía.

Para ello confluyen varias circunstancias: en primer lugar, la voluntad expresada durante la última década, al más alto nivel político, de avanzar hacia la descarbonización. Esta aspiración se expresó inicialmente como un objetivo de carbononeutralidad para el 2021, en la Estrategia Nacional de Cambio Climático de 2007 y en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. También la ratificó el presidente Carlos Alvarado, en su discurso de toma de posesión, el 8 de mayo de 2018, al expresar que “La descarbonización es la gran tarea de nuestra generación, y Costa Rica debe estar entre los primeros países del mundo que lo logra, si no el primero”. En segundo lugar —y en el marco del cual se inscribe la propuesta de avanzar hacia la descarbonización— está la imagen que tiene el país, por su liderazgo en materia de sostenibilidad. Un liderazgo global que es ampliamente reconocido, por ejemplo, en el desarrollo de un sistema de áreas para la protección de su biodiversidad, en turismo sostenible, en la producción de energía limpia y en cambio climático. En tercer lugar, el país cuenta con un marco institucional y de políticas públicas en ámbitos relevantes para el desarrollo de la bioeconomía, como biodiversidad, agricultura y ganadería sostenibles, bioenergía, pago por servicios ambientales y desarrollo de un mercado interno de carbono. En muchos de esos campos, el país ha sido pionero: la puesta en marcha de un sistema de pago por servicios ambientales y el desarrollo de NAMA en el sector agropecuario (en café y ganadería) son ejemplos notables. Un cuarto elemento, no menos importante, es la disponibilidad de una buena base de capital humano, como resultado de la inversión que ha hecho el país en educación, así como de capacidades científicas en el ámbito de las ciencias biológicas, como ha sido reconocido por la OCDE (2017). El país cuenta con más de treinta centros de investigación en ciencias biológicas, desarrollo sostenible y áreas relevantes para implementar la bioeconomía en las principales universidades públicas (tabla 1). Y el CENIBiot y el Laboratorio Nacional de Nanotecnología funcionan como una plataforma compartida de las universidades públicas para trabajar conjuntamente con el sector productivo nacional.

Finalmente, y relacionado con el punto anterior —aunque no hay evidencia sistematizada al respecto—, hay indicios de que están aumentando los emprendimientos innovadores de base científica en ámbitos relacionados con la bioeconomía, sobre todo creados por jóvenes emprendedores, muchos de ellos estudiantes y egresados de las escuelas de biotecnología del ITCR, la UNA y la UCR. Tales iniciativas proveen señales acerca de nichos alternativos para nuevos negocios

y cadenas de valor, como el aprovechamiento de la biomasa de desecho para generar productos de alto valor agregado. La creación del clúster CR-Biomed —cuya membresía incluye empresas consolidadas y en proceso de consolidación— se considera un paso crucial en la creación de un ecosistema para potenciar el desarrollo de empresas de base bioeconómica.

En resumen, la voluntad expresada por gobiernos de distintos signos políticos durante la última década y el liderazgo del país en el ámbito del desarrollo sostenible, junto con el camino recorrido en la creación de marcos institucionales y de políticas y la existencia de capacidades técnicas y científicas y de un clima favorable a la innovación en ámbitos relevantes son elementos que deberían estar en la base de una estrategia de bioeconomía en Costa Rica. La elaboración de dicha estrategia plantea retos de articulaciones, alineamientos y convergencias. Es importante articular políticas públicas y las acciones institucionales que derivan de ellas; por ejemplo, en ámbitos relacionados con el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos, con la intensificación sostenible de la producción agropecuaria y con el desarrollo de sistemas productivos de ciclo cerrado (economía circular) en los cuales se logra un aprovechamiento pleno de la biomasa, entre otros. Igualmente, es necesario articular iniciativas públicas, privadas y de ciencia y tecnología, en esos ámbitos; alinear incentivos e inversiones públicas y privadas, y lograr la convergencia de visiones, intereses y de voluntades. La meta es la descarbonización; el camino es la bioeconomía: convertir al país en un laboratorio mundial de referencia para la descarbonización fósil por la vía de la bioeconomía.

La elaboración de una estrategia de bioeconomía debería contemplar, al menos: a) el establecimiento de un sistema de gobernanza, que defina roles y responsabilidades de las entidades involucradas; b) la definición de un modelo que asegure la sostenibilidad económica y financiera del proceso y que haga viable el propósito de llegar al mercado con las innovaciones de la bioeconomía; y c) un sistema de comunicación, coordinación y diálogo político con los diferentes actores sociales (Aramendis, Rodríguez y Krieger, 2018). También debería aportar claridad en términos de marcos legales y regulaciones, proveer mecanismos para acceder a información sobre acceso a mercado y cuestiones de propiedad intelectual y contemplar el desarrollo de mecanismos de seguimiento y evaluación.

Una estrategia de bioeconomía construida bajo tales premisas debería también enmarcarse en los dos grandes marcos de políticas definidos por la comunidad internacional: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París sobre Cambio Climático. También debería ser funcional a dos grandes objetivos nacionales: por un lado, el gran objetivo de la descarbonización, que debería ir de la mano con procesos de innovación y diversificación productiva; por otro, los objetivos de desarrollo territorial e inclusión social.

Dicha estrategia también debería apoyarse en ámbitos complementarios, especialmente: a) *fortalecimiento del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación*, a partir de las ciencias biológicas y su convergencia con otras disciplinas, como la nanotecnología y las tecnologías digitales; b) *diversificación de las exportaciones* y aprovechamiento de las oportunidades que ofrecen los acuerdos de libre comercio que ha firmado el país; c) *atracción de inversiones* hacia sectores de base biológica en los cuales se conjugan condiciones de alto desarrollo tecnológico y de agregación de valor, con la creación de empleos de calidad y de desarrollo regional; y d) *creación de condiciones para el desarrollo del emprendimiento*, especialmente por parte de jóvenes y mujeres, y la creación de nuevas cadenas de valor.

Una observación final sobre el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación *vis-a-vis*: la creación de condiciones para el desarrollo de la bioeconomía es la necesidad de fortalecer el rol del sector agropecuario. El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2015-2021 (MICITT, 2015) contempla como una de sus cinco áreas de impacto el área de alimentos y agricultura; sin embargo, en la descripción de la institucionalidad del sector ciencia, tecnología y telecomunicaciones, las únicas dos entidades relacionadas con dicha área son el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) y el CENIBiot. Dada la conformación sectorial del Estado, no se incluye al INTA, pues pertenece al sector agroalimentario. Sin embargo, el sector agropecuario es central en los ámbitos de investigación, desarrollo e innovación en Costa Rica; por ejemplo, de los 34 centros de investigación listados en la tabla 1, al menos diez pertenecen directamente al área de alimentos y agricultura. Y únicamente en el sector agropecuario existen centros de investigación privados financiados directamente por entidades gremiales (Icafe y Corbana).

Referencias

- Alvarado, C. (2018). *Discurso de toma de posesión del cargo como presidente de la República de Costa Rica para el período del 8 de mayo de 2018 al 8 de mayo de 2022*. San José, Costa Rica: Museo Nacional.
- Aramendis, R., Rodríguez, A. y Krieger, L. (2018). *Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- El-Chichakli, B., von Braun, J., Lang, C., Barben, D. y Philp, J. (2016). Five cornerstones of a global bioeconomy. *Nature*, 535, 221-223.
- Fournier, L. A. (1985). El sector forestal de Costa Rica: antecedentes y perspectivas. *Agronomía Costarricense*, 9(2), 253-260.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones. (2015). *Plan Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación 2015-2021*. San José, Costa Rica.
- Rodríguez, A., Mondaini, A. y Hitschfeld, M. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (OCDE). (2017). *OECD Reviews of Innovation Policy: Costa Rica*. París.
- Torres, F. (2018, 24-25 de enero). *Hacia una política nacional de bioeconomía en Costa Rica*. Documento procedente del Seminario Regional Bioeconomía en América Latina y el Caribe 2018, Cepal, Santiago de Chile.

Bioeconomía en México

Amanda Gálvez Mariscal,* Irma Hernández Velázquez**

Introducción

México, como una economía emergente, se posiciona en el ámbito internacional como un país con potencial interesante debido a la movilidad de sus productos, al estar muy cercano al mercado estadounidense y al ser claramente un líder en Latinoamérica en términos de exportaciones. El país tiene una red de tratados de libre comercio con 46 países, 32 acuerdos para la promoción y protección recíproca de las inversiones, nueve acuerdos de alcance limitado y es miembro del Tratado de Asociación Transpacífico (TPP). Entre los principales países con los que México comercia bajo estos esquemas son Estados Unidos y Canadá (Tratado de Libre Comercio de América del Norte). Actualmente, frente a una renegociación con el nuevo gobierno republicano, también son importantes países del Cono Sur y Centroamérica con el tratado de libre comercio (TLC) único con Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua; además un TLC con Perú, otro con Panamá, acuerdos con Colombia, Venezuela, Costa Rica, Nicaragua, Chile, Guatemala, Honduras y el Salvador, Uruguay, y el Tratado de Libre Comercio entre México y la Unión Europea (TLCUEM), un TLC con Israel, y un TLC con Islandia, Lichtenstein, Noruega y Suiza, y uno más con Japón (ProMéxico, 2017).

Es menester mencionar que el término *bioeconomía* en el país se encuentra sesgado hacia la genómica y la bioeconomía médica, ya que en ese sector se encuentran empresas exitosas de producción de dispositivos médicos, cuidado a la salud, investigación farmacéutica y, ahora, sectores de turismo médico. Gracias a ProMéxico, entidad de la Secretaría de Economía de México, se ha calculado el valor de la industria biotecnológica en 307.000 millones de dólares, cálculos que incluyen también la industria farmacéutica y de la salud, ámbito en el que México es un buen líder (ProMéxico, 2016).

Respecto de las políticas públicas relacionadas con la bioeconomía, estas se centran en el desarrollo de bioenergéticos, en consonancia con la Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos

* Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. galvez@unam.mx

** Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. hernandezvelazquezia@gmail.com

(2009), y apoyadas por la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergía de 2008, lo que ha permitido al país diversificar su mezcla de fuentes de energéticas. La generación de bioenergía se apoya en las secretarías de estado de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat); la Secretaría de Energía (Sener); la de Economía (SE), y la de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

La bioeconomía basada en el conocimiento como tal aparece de manera incipiente en el lenguaje gubernamental, lo que no quiere decir que en el país no se esté trabajando en el ámbito de la producción de bienes y servicios originados en recursos biológicos o en biorrefinerías, por lo que este documento seleccionó algunas empresas mexicanas con base bioeconómica que, a pesar de las bajas cifras de apoyos financieros, de patentes mexicanas y de una inversión en ciencia, tecnología e innovación, que se encuentra muy por debajo de las cifras de otros países, han logrado posicionarse en la economía nacional o internacional (tabla 1). Entre los principales problemas a que se enfrentan las nuevas empresas basadas en el conocimiento, además de los mencionados, se encuentra una fuerte carga administrativa para las nuevas empresas (*startups*), una proporción muy inferior de capitales de apoyo y la necesidad de promover aún más la vinculación de la investigación nacional para poder ver en un futuro con mayor frecuencia la transferencia de tecnologías desde el sector académico y de investigación (Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2013).

Tabla 1. Número de patentes sometidas en biotecnología por sector institucional de una selección de países latinoamericanos

	2006	2007	2008	2009
Instituciones públicas de investigación				
Brasil	0	2	2	1
Chile	0	0	0	0
Colombia	4	0	0	1
México	1	1	3	0
Instituciones públicas de Educación Superior				
Brasil	15	14	17	14
Chile	1	4	7	5
Colombia	1	0	0	1
México	1	3	3	3
Total de instituciones de investigación				
Brasil	15	16	19	15
Chile	1	4	7	5
Colombia	5	0	0	2
México	2	4	6	3

Fuente: modificada de OECD (2013).

indiscutiblemente están trabajando y se encuentran diversas empresas exitosas en el país. Se requiere incrementar la capacidad emprendedora de los recursos humanos de alta especialidad, con el fin de atender de manera más adecuada las necesidades industriales y tecnológicas y así contribuir a una bioeconomía sostenible. Según ProMéxico (2016), en 2016 en el país existían más de 400 empresas que usaban o desarrollaban biotecnología moderna: 75 en agricultura, 82 en medioambiente, 54 en salud humana, 86 en alimentos y 118 más en industrias varias, como salud animal, acuicultura y otros.

Casos seleccionados

Para el año 2050, México tendrá el reto de proveer de insumos a más de 150 millones de habitantes, por lo que se requiere urgentemente un modelo nacional de desarrollo orientado hacia los sectores basados en la bioeconomía, para aprovechar de forma práctica la infraestructura existente, crear empleos para los recursos humanos científicos y tecnológicos que cada año se gradúan en el país y conseguir apoyos financieros suficientes para que, en su caso, se sostengan las redes y agrupaciones empresariales (clústeres) actuales y futuros, de forma que mejore la interacción entre las instituciones y asociaciones que representen a las partes interesadas en la bioeconomía del país.

Caso 1. Biofábrica Siglo XXI

Esta es una empresa dedicada a la producción de biofertilizantes con base en microorganismos obtenidos en suelos mexicanos por instituciones de investigación nacionales. Es una empresa derivada (*spin-off*) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con sede en Ciudad de México, que se vincula para la innovación por una agricultura sustentable. Biofábrica Siglo XXI tiene convenios con las mejores instituciones nacionales de investigación biotecnológica y agrícolas y ha participado en programas del Gobierno de México. Su listado de productos incluye biofertilizantes formulados con *Rhizobium etli*, con *Azospirillum brasilense* y con micorriza *Glomus intraradices*. Produce también una composta biológica con base en vinaza y cachaza, ambos subproductos de la industria de la caña de azúcar y la producción de etanol, adicionada con biofertilizantes. Todos sus productos utilizan microorganismos benéficos para las plantas y el suelo, por lo que logran mejorar los cultivos. Uno de los resultados más importantes de la empresa indica el aumento en el tamaño de las raíces de las plantas de maíz, razón por la que se fortalece el cultivo (figura 2). Actualmente, realiza investigaciones tendientes a utilizar bacterias antagonicas a hongos de *Phytophthora* y *Fusarium*, dos hongos prevalentes en suelos mexicanos y que causan problemas de ataques fúngicos en papa y maíz. De esta forma, esperan lograr un control biológico de estos hongos fitopatógenos. Sus nuevos biofertilizantes tendrán formulaciones enriquecidas con estos microorganismos antagonicos.

Figura 2. Ejemplos del desarrollo radicular logrado con la aplicación de biofertilizantes de Biofábrica Siglo XXI



Fuente: Biofábrica Siglo XXI.

Caso 2. Agro & Biotecnia S. de R. L. de C. V.

Agro & Biotecnia es una empresa fabricante de Fungifree AB® (figura 3), biofungicida de amplio espectro primero en su clase, desarrollado y comercializado en México, que obtuvo el premio Innovadores de América en 2014. El producto, cuyo principio activo son esporas del microorganismo *Bacillus subtilis* 83, es formulado con la tecnología del Instituto de Biotecnología de la UNAM y del Centro para la Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD Culiacán). Fungifree AB® permite reducir la aplicación de plaguicidas químicos y obtener frutos de calidad y, así, obtener un manejo alternativo de las plagas de manera sostenible. Creada en 2008, la empresa se encuentra asociada a la comercializadora FMC Agroquímica de México, forma en la que ha logrado una distribución comercial apropiada y atender así uno de los factores más frecuentes de fracaso en las empresas de este corte: la falta de apoyos para la distribución y comercialización nacional y, eventualmente, internacional.

El desarrollo del producto es una muestra del trabajo en equipo de fitopatólogos, microbiólogos e ingenieros de procesos que lograron desarrollar una formulación efectiva para el control de diversos hongos fitopatógenos que afectan a más de veinte cultivos de importancia comercial como mango, aguacate, cítricos, bayas, tomates, chile, calabacita, etc., sin riesgo para el consumidor. Gracias al grupo de científicos asociados a la empresa, se ha logrado obtener —a partir de la bacteria—, la producción de diversos compuestos como antibióticos, estimuladores del sistema inmune de la planta y reguladores de crecimiento vegetal, lo que explica su amplio espectro de uso en diversos cultivos agrícolas. Fungifree AB® es un producto inocuo que cuenta con la certificación del Instituto de la Revisión de Materiales Orgánicos (OMRI), lo que permite su uso en la producción orgánica y potenciar así la capacidad de exportación de México (Calzada Roviroso, 2015).

Figura 3. Fungifree ab®



Fuente: Agro & Biotecnia.

Caso 3. Kurago Bioteck

Esta es una empresa situada en el estado de Jalisco, donde hay una importante tradición de uso del *Agave tequilana* var. *Weber* para la fabricación de tequila. La empresa Kurago Biotek utiliza una biotecnología de simbiosis sinérgica mediante la interacción biológica entre prebióticos, probióticos y nutrientes, en bases no lácteas, únicas en el mercado que contienen fructanos de agave como medio de soporte para los microorganismos y, a su vez, como prebiótico para el consumidor. Su producto emblemático es Ventro (figura 4). Actualmente tienen diecinueve alimentos funcionales en mercado, en canal de supermercados, nutrición médica, redes de venta directa y comedores industriales.

Figura 4. Imagen del producto Ventro



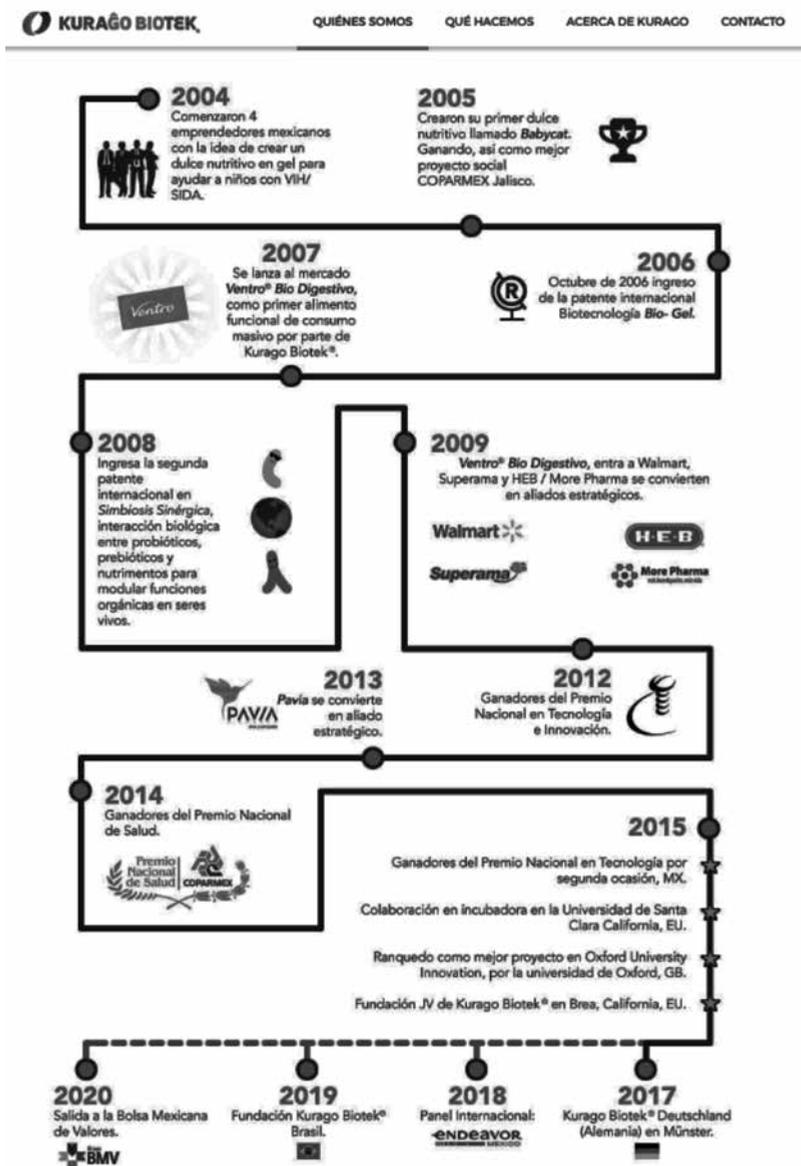
Fuente: Kurago Biotek Holdings SAPI de CV.

Con una patente del biogel, esta matriz se utiliza como vehículo para los nutrientes y microorganismos vivos y metabólicamente activos. El alimento funcional resultante es capaz de modular funciones orgánicas, como reducción de toxinas urémicas en insuficiencia renal crónica, coadyuvantes en quimio y radioterapia, construcción de masa muscular, reducción de colesterol con lipoproteínas de baja densidad (LDL), entre otras. Su idea fue desarrollada pensando en modernizar los alimentos utilizados con una tradición milenaria por la población mexicana. Ciertamente, es una competencia para los productos basados en polisacáridos de otras fuentes como puedan ser la achicoria o la alcachofa de Jerusalén, lo que da al producto una ventaja competitiva de novedad y aprovecha un recurso netamente mexicano: los polisacáridos fructanos de agave, justamente para diferenciarlos.

El conocimiento experto (*know-how*) de la empresa se basa en enlaces del polisacárido que los microorganismos son capaces de utilizar, así como su peso molecular, para crecer y restaurar sus poblaciones en la microbiota intestinal, así como en una fermentación selectiva por diseño de bioprocesos que permite la segregación de metabolitos como enzimas, proteínas y ácidos por los microorganismos. La empresa desarrolla sus productos con sus científicos de base y colaboraciones con instituciones nacionales e internacionales de investigación y desarrollo.

Recientemente, la empresa ha logrado incorporarse al Parque Industrial de Münster, Alemania, y transferir biotecnología alimenticia a Europa. Igualmente, han hecho lo propio para transferirla a Estados Unidos. En la figura 5 se presenta un esquema con el plan estratégico de desarrollo de la empresa Kurago Biotek. El enlace para la conferencia TED de la empresa es: <https://www.youtube.com/watch?v=ky6aNq0Xf6k&t=20s>

Figura 5. Esquema del plan estratégico de desarrollo de la empresa Kurago Biotek



Fuente: Kurago Biotek Holdings SAPI de CV.

Caso 4. Industrias Vepinsa

Esta industria se dedica a la producción de colorantes naturales como nutraceuticos para venta en farmacias. Fundada en 1969, inició con colorantes naturales para la industria del pollo, y se ha diversificado para incluir pigmentos en el sector biotecnológico como nutraceuticos. Su especialidad es la producción de luteína (ésteres y concentrado) para el cuidado ocular. Así mismo, realizan investigación sobre el uso de distintas biomásas como son los residuos agrícolas o de pesquerías para la extracción de nutraceuticos. También utilizan materias de producción primaria como maíz azul, chiles picantes y flor de Jamaica para la producción de antocianinas, licopeno y carotenoides. Localizada en el noroeste del país (en el estado de Sinaloa), exporta el 40 % de su producción a Estados Unidos y a otros diez países en Centro y Suramérica, Europa y Asia. Es dueña de diez patentes del sector biotecnológico. En la figura 6 se muestran los logos de dos de sus productos primordiales.

Figura 6. Logos de sus dos productos nutraceuticos principales



Fuente: <http://vepinsa.com.mx/espanol/linea-humana/nutraceuticos/lutiplen-e/>

Caso 5. Enmex

Enmex es una empresa líder en el ramo en México, fundada en 1972, con más de cuarenta años de experiencia en la fabricación por fermentación de enzimas microbianas industriales para diferentes sectores y el sector alimentario, para la hidrólisis de proteínas, nutrición animal y la industria cervecera, almidonera, de lácteos, de jugos y de panificación. Además de atender con enzimas a las industrias de curtiduría y textilera, produce enzimas para detergentes y jabones biológicos. Exporta un 60 % de su producción a América del Norte, América Central, Suramérica, la Unión Europea, Asia y el Oriente Medio. Sus enzimas se utilizan en muchos productos del consumo diario en el supermercado, al ser una de las industrias más antiguas de México con un amplio abanico de productos (figura 7).

Figura 7. Imágenes de la planta de producción de la empresa Enmex en el Estado de México



Fuente: <http://www.enmex.com.mx/index.html>

Caso 6. Benthos Bioscience/Coco Chavita

Empresa de biotecnología marina, fundada en Escuinapa, Sinaloa, en 2008, donde se realiza la extracción y procesamiento de compuestos bioactivos, principalmente del pepino de mar *Isostichopus fuscus* o pepino de mar café, bajo uno de los ocho permisos con fines comerciales que en el país ha concedido la SEMARNAT. La tecnología de extracción de compuestos bioactivos se ha desarrollado en México y ha sido transferida a Asia y Norteamérica. Con ella se aprovechan los ejemplares para

la extracción de fibras de colágeno, de una manera más eficiente, para las industrias farmacéutica y cosmética. Con esta tecnología es posible obtener fibras de colágeno, de alto precio en el mercado.

En el área de investigación, la empresa aprovecha la microbiota de los ejemplares de *Isostichopus* en la búsqueda de microorganismos benéficos que puedan ser útiles para el control de enfermedades en acuiculturas importantes para México, como es la del camarón, así como para una mejora en la salud de la propia especie del pepino de mar. Así mismo, realizan investigación para utilizar otras especies de equinodermos de aguas mexicanas y su biodiversidad. Además, utiliza una tecnología de crianza del pepino de mar que ha sido mejorada y adaptada a las condiciones de México y reconocida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como tecnología líder en innovación y desarrollo del área, lo que a su vez contribuirá al repoblamiento de las especies utilizadas. Es importante mencionar que los ejemplares se colectan y procesan empleando personas de las comunidades costeras donde realizan sus operaciones.

Caso 7. BioFields

Es un grupo industrial mexicano creado en 2007 para la generación de energía limpia fotovoltaica, así como para producir aceites de alto valor y biocombustibles de manera amigable al medio ambiente. Su división agrícola cultiva higuierilla en más de catorce mil hectáreas —por contrato y en tierras propias en los estados de Sonora y Sinaloa, en el noroeste del país— (figura 8) para la producción de aceite de ricino con aplicaciones de la industria de plásticos, fibras sintéticas, tintas, esmaltes, lubricantes, cosméticos, entre otras industrias. Aprovecha la ventaja de que la higuierilla contiene entre 45 % y 55 % de aceite en su masa en base húmeda.

Figura 8. Campo de siembra de higuierilla en El Sahuaral



Fuente: <http://www.biofields.com/>

El bioetanol, que es el producto más innovador de la empresa, lo trabaja en conjunto con la empresa americana Algenol. Es importante mencionar que la innovación es la producción directa de etanol con las algas verdeazules (cianobacterias), procariontes autotróficos que con la radiación solar (por fotosíntesis) y como fuente de carbono CO_2 (proveniente de una planta de la Comisión Federal de Electricidad) acumulan el glucógeno necesario para producir el etanol (figura 9).

Este proceso evita que se interfiera con la producción de alimentos, pues las instalaciones para el cultivo de las algas se encuentran en zonas desérticas, de tierras marginales sin posibilidades de uso para la agricultura, soleadas 328 días al año, y utilizan un sistema que además es fácilmente escalable, pues tiene cercano, en Puerto Libertad, Sonora, el agua del Mar de Cortés, necesaria para las algas.

Figura 9. Instalaciones del cultivo de algas Algenol en Puerto Libertad, Sonora



Fuente: <http://www.biofields.com/>

Caso 8. Bioplásticos y Polímeros Biofase sapi de C. V.

Biofase es una empresa mexicana que inició en 2013 a producir una familia de resinas biodegradables que pueden ser procesadas mediante cualquier método de moldeo de plásticos, a partir de un polímero existente en las semillas del aguacate, que son un esquilmo agroindustrial. Puede reemplazar ciertas aplicaciones del polietileno, polipropileno y poliestireno. Su tecnología está patentada y producen cubiertos de plástico que contienen al menos un 70% de los polímeros de la semilla, y que son biodegradables incluso en tiraderos de basura, aunque no haya sistemas de composteo que produzcan gas. Este innovador proceso ha sido reconocido como uno de los cinco mejores bioplásticos en el mundo. La planta, que actualmente tiene una capacidad de producción de 700 toneladas por mes se encuentra situada en Morelia, Michoacán, muy cercana a los mayores sitios de producción del aguacate en el país y donde ciertamente se encuentra semilla de desperdicio. Las dos tecnologías principales de la empresa son las resinas híbridas Avoplast, con 70% de biopolímero del aguacate, o las resinas compostables que tienen un 100% de biopolímero, para las diferentes aplicaciones, dependiendo de las propiedades requeridas para los procesos de moldeo (figura 10).

Figura 10. Especificaciones de las dos formulaciones de biopolímeros de semilla de aguacate de la empresa Biofase

AVOPLAST Hybrid Resins			
Propiedad	Unidad	Método	Valor
Índice de Flujo (200°C/5kg)	g/10min	ASTMD1238	10.0
Tensión al cede	MPa	ASTMD638	19.4
Elongación al cede	%	ASTM D638	16.0
Tensión a la ruptura	MPa	ASTM D638	14.5
Módulo de tensión	MPa	ASTM D638	621
Punto de fusión	°C	-	205

- ✓ Replaces up to 70% of the oil content per plant matter.
- ✓ Biodegradable
- ✓ Significantly reduces carbon footprint
- ✓ Replaces applications of polystyrene, polypropylene and polyethylene
- ✓ Excellent for injection products such as cutlery, rigid packaging, etc.

AVOPLAST Compostable Resins			
Propiedad	Unidad	Método	Valor
Índice de Flujo (200°C/5 kg)	g/10 min	ASTM D1238	9
Tensión al cede	MPa	ASTM D638	20
Elongación al cede	%	ASTM D638	3
Tensión a la ruptura	%	ASTM D638	17
Elongación a la ruptura	%	ASTM D638	5
Punto de Fusión	°C	-	210

- ✓ A proprietary blend containing 100% biopolymers of avocado seed together are other biodegradable elements
- ✓ Biodegradable and Compostable
- ✓ Significantly reduces carbon footprint
- ✓ Replaces applications of polystyrene, polypropylene and polyethylene
- ✓ Excellent for injection molding products, thermoforming and blowing such as cutlery, rigid, flexible packaging, bags, bottles.

Fuente: <https://www.biofase.com.mx/bioplastico>

Conclusiones

México tiene varias ventajas competitivas y comparativas que lo convierten en un buen socio de negocios; no obstante, el país deberá recorrer el camino requerido para alinear su industria con la bioeconomía basada en el conocimiento, ya que es evidente la necesidad de fortalecer la vinculación academia-industria, pues en general las empresas nacionales productoras de bienes y servicios basados en recursos biológicos no cuentan con departamentos de innovación y desarrollo, por lo que la generación de patentes en el área es pobre. Sin embargo, los casos de éxito presentados indican con claridad que el nivel científico y tecnológico en el país es bueno y que los indicadores de número de patentes no necesariamente implican el verdadero potencial del país. El extenso territorio nacional, dos millones de kilómetros cuadrados y la extensa variedad de microclimas, aunado a la megadiversidad, marcan un gran potencial que se está mostrando ya al ser el principal proveedor de productos agrícolas de Estados Unidos, superando a Canadá y Unión Europea, según datos del Departamento de Agricultura (USDA). El mercado exterior mexicano en el área de alimentos actualmente se encuentra dominado por exportaciones de productos primarios (frutas, verdura y carne). Sin embargo, el desarrollo biotecnológico del país indica ya varios esfuerzos, ciertamente no son los únicos los reportados aquí, pero esperamos que esta muestra indique las excelentes posibilidades que tiene el país de saltar al mercado, con productos con mayor valor agregado, en el bloque comercial del TLCAN y en otros países con los que México tiene tratados comerciales.

Referencias

- Calzada Roviroso, J. (2015). Mexican products in 150 countries: Challenges, dynamics and perspectives on mexican agribusiness. *Negocios ProMéxico* (X), 11-14. Recuperado de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/revista-negocios/pdf/oct-2015.pdf>
- Estrada, J. (2014). Healthy businesses. *Negocios ProMéxico*, 7(IX), 14-62. Recuperado de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/revista-negocios/pdf/sep-2014.pdf>
- Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos. (2009). Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Estrategiabioenergeticos.pdf>
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (2013). *Knowledge-based start-ups in Mexico*. París. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264193796-en>
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), México. (2017). *Arranca el proyecto para la implementación del Protocolo de Nagoya en México*. Recuperado de <http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/presscenter/articles/2017/05/30/arranca-el-proyecto-para-la-implementaci-n-del-protocolo-de-nagoya-en-m-xico.html>
- ProMéxico. (2016). *Biotecnología: diagnóstico sectorial*. Recuperado de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/biotecnologia.pdf>
- ProMéxico. (2017). *Tratados comerciales*. Recuperado de <http://www.promexico.mx/es/mx/tratados-comerciales>.

Bioemprendimientos en Latinoamérica: jóvenes emprendedores

Emilia Díaz*

Introducción

“La implacable búsqueda de la oportunidad, sin importar los recursos de los que dispones” (Eisenmann, 2013). Así definió el concepto de *emprendimiento* Howard Stevenson, académico de la Universidad de Harvard, reconocido por esta singular descripción, considerada hoy en día una de las más acertadas dentro del rubro. Si bien el emprendimiento como movimiento ha tomado fuerza mundial hasta convertirse en una suerte de moda, su vertiente biotecnológica no ha experimentado tal rapidez de expansión, y su conocimiento y ejecución suelen verse limitadas a pocos jugadores en regiones geográficas determinadas.

De acuerdo con el Monitor Global de Emprendimiento (GEM, 2018), el emprendimiento como actividad comercial abarca toda nueva creación de negocios, en cualquier área del quehacer comercial que implique una creación de valor para el usuario final. Por lo mismo, proyectos aparentemente tan disímiles como el desarrollo de un nuevo *software* de aplicación industrial y una tienda para venta de manualidades nativas son considerados dentro de esta categoría. Según el *Reporte global 2017-2018* del GEM, Latinoamérica y el Caribe (LAC) presentan la mayor tasa total de actividad temprana en emprendimiento (TEA o *total early-stage entrepreneurial activity*), la cual mide el porcentaje de la población de la región entre 18 y 64 años que ha comenzado su propio negocio y lleva operando menos de 3,5 años (GEM, 2018). Desafortunadamente, esta región presenta también la menor tasa de intensidad de innovación en todo el mundo, además de la segunda menor tasa de generación de empleo. Una de las posibles explicaciones a esta dualidad es la falta de creación de negocios de base tecnológica, los cuales son intrínsecamente innovadores y permiten amplia creación de puestos de trabajo calificado, además de presentar mejores condiciones de sostenibilidad económica en el tiempo, por su generación de valor agregado.

* Directora ejecutiva de Allbiotech. Fundadora de Kaitex Labs, Chile. emiliadiazcl@gmail.com

Las condiciones para el emprendimiento en Latinoamérica son reconocidamente disímiles, con países como México, Brasil y Chile, que lideran clasificaciones en el mundo de facilidad de hacer negocios y de ecosistemas de emprendimiento; mientras que la mayor parte de los territorios de la región presentan principalmente emprendimiento por necesidad y en las cuales se considera una herramienta de movilidad social, en lugar de una opción alternativa a la formación profesional tradicional. Para el caso de emprendimientos en biotecnología y en ciencia en general, resulta clave considerar que las condiciones laborales de la región para jóvenes científicos son en gran medida deficientes y han llevado a numerosas manifestaciones sociales e iniciativas de cambio para la realización de ciencia de calidad en el continente (Hirschfeld, 2017; Díaz, 2015).

En este contexto, se debe considerar que la elección de generar emprendimientos en el área biotecnológica en Latinoamérica suele hacerse bajo condiciones notablemente poco favorables. Si se define el *bioemprendimiento* como la creación de un negocio de base tecnológica directa o indirectamente ligada a herramientas biotecnológicas, salta a la vista una característica clave que lo diferenciará del emprendimiento tradicional: el alto riesgo y el intensivo uso de capital que este implica. Según el informe *Biotechnology Report 2017: Beyond Borders. Staying the Course* (Ernst y Young, 2017), el costo asociado a un nuevo producto de biofarmacéutica se encuentra entre los 1000 y los 2500 millones de dólares, además de requerir diez años de desarrollo. Para el caso de sistemas diagnósticos, se considera una referencia de 25 a 100 millones de dólares, según Bio Resource International (2014). Por otro lado, un emprendimiento de *software* puede establecerse con poco más de 1000 dólares (Jarvis, 2016). Y si se considera que las tasas de fracaso tanto en desarrollo farmacológico como otras áreas de la biotecnología suelen ubicarse sobre el 95 %, ¿cuál es la probabilidad real de generar avances biotecnológicos en Latinoamérica a través del emprendimiento?

Felizmente, existen en el continente grandes exponentes de la capacidad de la región para generar innovación con recursos limitados. Pese a que aún no existe un llamado “unicornio” entre los emprendimientos de base biotecnológica de la región, numerosos proyectos están haciendo crecer el sector bioeconómico de América Latina, al generar nuevos materiales de origen biológico, al rediseñar procesos a través de la biotecnología y al crear soluciones a problemas agrícolas, médicos y sociales.

Cabe destacar que gran parte de estas nuevas iniciativas de bioemprendimiento son llevadas a cabo por jóvenes, tendencia que se observa también en la actividad emprendedora general de la región. Según el reporte ya mencionado del GEM (2018), América Latina y el Caribe son los territorios con mayor actividad emprendedora juvenil: el 16,5 % de los emprendedores de la región tiene 34 años o menos. Norteamérica es el segundo país en la lista, con un 14 % de emprendedores en este intervalo de edad. Se debe notar que la importancia de actividades de formación de

nuevos negocios y tecnologías por parte de jóvenes fue destacada en 2017 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) y la Corporación Andina de Fomento (CAF), en su estudio *Perspectivas económicas de América Latina 2017: juventud, competencias y emprendimiento*. En este trabajo se destaca la importancia crucial de empoderar a este sector de la población, que representa más de 163 millones de personas entre 15 y 29 años en la región. El reporte sugiere “empoderar a los jóvenes como actores económicos, sociales y políticos, a través de políticas para fortalecer sus competencias y promover su emprendimiento”, asegurando que “si los jóvenes tienen más y mejores competencias y tienen mayores oportunidades de emprendimiento, impulsarán un crecimiento económico incluyente”.

A continuación, se presentan diversos ejemplos de cómo grupos de jóvenes en Latinoamérica están logrando incorporar más conocimiento en nuestra economía, a partir de innovaciones tecnológicas de impacto económico y social apalancadas en la biotecnología y la bioeconomía, en distintos campos de aplicación.

Nuevos alimentos

A 2018, 815 millones de personas no contaban con alimentación asegurada, según datos de las Naciones Unidas, y en los próximos años el mundo deberá ser capaz de aumentar radicalmente su capacidad de producción de alimentos para salvaguardar la supervivencia de las estimadas 9000 millones de personas que poblarán la Tierra en 2050 (United Nations, 2018; Roser, 2018). Dada la actual sobreexplotación de océanos, tierras de cultivo y bosques, se deben identificar nuevas estrategias que permitan alimentar de manera sostenible a la creciente población.

Empresas como Impossible Foods, Wild Earth, Finless Foods, Clara Foods y Modern Meadow se han vuelto reconocidas en el ámbito internacional por su interesante premisa: utilizar los avances biotecnológicos para reimaginar la comida. Desde hamburguesas a pescados, sustitutos para huevos e incluso alimento para mascotas, estos bioemprendimientos han sido capaces de producir alimentos “desarrollados en laboratorio” que no requieren el uso de vida animal o tierra de cultivo, y son aptos para consumo de individuos con restricciones alimenticias. En Latinoamérica, empresas desarrolladoras de nuevos alimentos generan sustitutos sostenibles, nuevas fuentes de proteínas, entre otros.

The Not Company (Chile)

The Not Company (NotCo) se describe como una empresa que “utiliza inteligencia artificial para crear alimentos excepcionales” (<http://www.thenotcompany.com/>). En 2016, lanzó al mercado su

producto NotMayo, un sustituto de mayonesa 100 % vegetal y la demostración de la aplicación de su singular invención: Giuseppe, una inteligencia artificial entrenada con conocimientos de biología molecular para generar patrones con ingredientes vegetales que reproduzcan la textura y el sabor de alimentos de base animal. Ya han logrado imitar la consistencia y sabor de la leche, el yogur y el queso, productos que son vendidos en Chile bajo los nombres NotMilk, NotYogurt y NotCheese.

De acuerdo con su fundador, Matías Muchnick, el aporte de la tecnología de NotCo es que provee una herramienta para sustituir un sistema de alimentación basado en la cría y producción animal y suministrar una alternativa adecuada, lo que podría sentar las bases para una red de producción de alimentos más sostenible y amigable con el ambiente. NotCo participó en el programa de aceleración IndieBio, en Silicon Valley, en 2017, y actualmente emplea a seis personas en Chile con intenciones de generar operaciones en Estados Unidos (The Not Company, 2018).

ArthroFood (Colombia)

Esta empresa produce harina de grillos con la esperanza de volverlos parte regular de la dieta de las personas del continente y el mundo. Según la empresa, una porción de harina de grillos provee 3,5 veces más proteína que una porción de carne de res; además, genera 85 veces menos gases de efecto invernadero, y utiliza 11.000 litros menos de agua (<https://www.arthrofood.co/>). Dado que se trata de un procedimiento a bajo costo y amigable con el ambiente, la solución de ArthroFood podría ser clave para lograr la seguridad alimentaria de países en desarrollo, al suministrar una fuente de proteína de bajo costo y generar fuentes de trabajo para comunidades vulnerables.

Actualmente, la empresa busca construir la primera granja de insectos para consumo humano de Latinoamérica y está vendiendo su harina en un formato de 70 % harina de trigo y 30 % harina de grillo en plan piloto. Según información de la empresa, su misión social busca “transferir el conocimiento de la producción de insectos a poblaciones vulnerables de Colombia, para que ellos sean los productores y proveedores de una fuente de alimentación segura” (ArthroFood, 2017).

Bioproductos

Se pueden considerar *bioproductos* dos tipos de producto: en primer lugar, los objetos, entidades o reactivos creados por medios biológicos, mediante organismos capaces de manufacturarlos en su interior, como si se tratasen de pequeñas *biofactorías*. En esta categoría se encuentran, por ejemplo, vacunas recombinantes e ingredientes de alto valor agregado como omega 3, generadas dentro de organismos (como bacterias, levaduras y microalgas optimizadas para estos fines). En segundo lugar están los bioproductos que pueden haber sido manufacturados en ambientes no biológicos,

como fermentadores, pero que son intrínsecamente una entidad biológica en sí mismo, como es el caso de numerosas enzimas.

El concepto de utilizar organismos vivos como fábricas capaces de generar productos de alto valor agregado con mínimas necesidades de alimento se ha utilizado ampliamente en el mundo, tanto en áreas de medicina como nutrición, agro y energía. En Latinoamérica, en particular, se generaron numerosos proyectos basados en la generación de biocombustibles a partir de algas y otros organismos productores, pero sin lograr la optimización y la agregación de valor requeridos para alcanzar la sostenibilidad económica necesaria en su momento de ejecución. Nuevas técnicas de ingeniería metabólica y edición de genes, como la biología sintética y CRISPR-CAS9, están abriendo paso a una nueva generación de optimización en organismos productores, y con la biodiversidad intrínseca del continente, Latinoamérica se posiciona como un interesante pionero en la creación sustentable de nuevos bioinsumos para medicina, nutrición y una miríada de aplicaciones.

Algunos ejemplos de empresas internacionales que han generado desarrollos interesantes en esta área son Microsynbiotix, que desarrolla y produce vacunas funcionales para la acuicultura en microorganismos genéticamente modificados, y Bolt Threads, empresa estadounidense que produce seda a partir de organismos generados por biología sintética y que recientemente firmó un acuerdo con la diseñadora Stella McCartney para producir indumentaria sostenible, de origen biológico (Iredale, 2017).

Kura Biotec (Chile)

Esta empresa, fundada en 2013, se originó al descubrirse el potencial de las enzimas presentes en el sur de Chile, como base para plataformas de detección y tratamiento de fármacos. Kura Biotec (<https://www.kurabiotec.com>) utilizó desechos de la industria del abalón (moluscos gasterópodos de la familia de los Haliotidae) para el desarrollo de una aplicación de alto impacto mundial: la creación de un catálogo de enzimas utilizadas como detectores para toxicología analítica y diagnóstico de trazas de drogas y de explosivos en locaciones de alta seguridad. El trabajo en enzimología toxicológica de la empresa se ha reconocido en numerosos certámenes y les ha permitido expandirse a cuatro continentes; además, estableció una subsidiaria en Estados Unidos, en 2017. Kura Biotec continúa trabajando en modelos más sofisticados y aplicando todas las herramientas técnicas a su alcance para generar las enzimas más rápidas y precisas del mercado.

Esta empresa, igualmente, resalta la importancia de comprender la innovación técnica como un sistema holístico que debe colocar el impacto positivo en el centro de la operación. Sumado a su trabajo para generar pruebas más confiables y precisas que afecten directamente la salud humana, Kura dona el 1 % de sus ventas totales (o el 10 % de su ganancia, si resulta mayor) a iniciativas

que apoyen la preservación del medio ambiente, a través de iniciativas de reciclaje, reforestación u otros programas ecológicos, y también a iniciativas sociales de desarrollo de comunidad, rehabilitación, educación, deportes, cultura, etcétera.

Hemoalgae (Costa Rica)

Se estima que el 2% de la población mundial debe consumir dosis diarias de anticoagulantes para sobrevivir. Si bien los tradicionales pueden extender la vida de personas con síndromes como aparición de coágulos y riesgo de ataques cardíacos, sus efectos secundarios pueden ser tan severos que en ciertos casos pueden resultar peores que la enfermedad en sí misma. Hemoalgae (<http://hemoalgae.com/>) nace para proveer una nueva generación de anticoagulantes a quienes más los necesitan, mediante la obtención del polipéptido hirudina (el anticoagulante estrella y con mayor sensibilidad en el mercado) en biofactorías algales modificadas. Hemoalgae busca remplazar la warfarina, producida con sanguijuelas y utilizada hasta hoy en paralelo como veneno para ratas, por una versión natural, de diseño racional y sin efectos secundarios negativos para quienes deben consumirlo (Umaña Venegas, 2017).

Aunque se trate de una empresa joven, Hemoalgae ya ha sido reconocida internacionalmente por proporcionar nuevos insumos para medicina de manera sostenible (véase el capítulo Costa Rica en este libro). Fue parte del programa de aceleración 2017 de Rebel Bio, parte del fondo de inversión SOSV, aceleradora hermana de la estadounidense IndieBio, ya mencionada. Su objetivo de generar una plataforma de producción de medicamentos modificados de alta demanda a costo reducido estaría en capacidad de proveer una vía sostenible para el desarrollo de nuevos avances clínicos en la región, mejorando además la calidad de vida de quienes son actualmente aquejados por dolencias relacionadas con el uso extensivo de anticoagulantes.

Phage Technologies, S. A. (Chile)/Milkeeper

Phage Technologies (<https://pht.cl/>) tiene como foco la producción de aditivos alimenticios utilizando bacteriófagos, los cuales actúan como controladores microbiológicos en el interior de los alimentos de forma segura, eficiente y sostenible. La empresa desarrolla pseudovacunas para la industria lechera, que se basan en bacteriófagos, virus que infectan bacterias y que podríamos llamar sus predadores naturales. Estos fagos se adicionan al alimento de terneros durante sus primeras semanas de vida, lo cual contribuye a eliminar las bacterias patógenas que suelen atacarlos y les generan desde estancamiento de crecimiento hasta incluso la muerte. El producto de Phage Technologies, Milkeeper (<http://milkeeper.com/>), logra hasta un 80% de reducción de la enfermedad

en terneros, y un 90 % menos de muertes. Es de acción específica y no tóxica, por lo que no genera problemas clínicos en los terneros y aumenta la productividad de los ganaderos que lo utilizan.

Phage Technologies logró posicionarse no solo por su avance técnico, sino porque también se convirtió en uno de los primeros emprendimientos latinos en lograr cerrar un trato de distribución con un gigante multinacional: Bayer. En 2016, se cerró el contrato oficial, al entregar la distribución de Milkeeper a Bayer en Latinoamérica durante un periodo inicial de cinco años. Ello impulsó notablemente esta tecnología al resto de la región para continuar su impacto positivo. Contar con el apoyo de una empresa tan reconocida como Bayer resulta clave para lograr la correcta internacionalización de esta tecnología. Como comentó uno de sus cofundadores, Diego Belmar, en una entrevista al portal Redbionova: “La gente recibe el producto de una forma distinta y (el trato) nos abre las puertas a llegar a todos los países de interés que siempre habíamos pensado, pero que sabíamos que iba a ser difícil” (Abarca, 2017). Se espera que, una vez confirmados los buenos resultados en la región, la tecnología inicie su comercialización en el resto del mundo.

Inteligencia artificial al servicio de la biotecnología

Las grandes innovaciones ocurren en la intersección de disciplinas. Mientras más disímiles, más emocionante logra ser su aplicación. Este es el caso de la interacción entre biotecnología e inteligencia artificial (IA), campo de convergencia tecnológica que ha dado mucho de qué hablar en los últimos años.

La inteligencia artificial debe entenderse como algo más que un robot incorpóreo capaz de vencer a un campeón de *Go*. Se trata de una poderosa herramienta de tratamiento de datos y resolución de problemas, una suerte de evolución natural de la programación y diseño de *software* que ha llevado a crear entidades particulares expertas en ciertas áreas —o en lenguaje de inteligencia artificial, “entrenadas”— en ciertas bases de datos.

Si bien en décadas anteriores hubo pequeñas incursiones desde la computación hacia la biotecnología, lo cierto es que este camino no logró pavimentarse hasta que el área biológica logró dos hitos cruciales: la disminución acelerada del costo de secuenciación del genoma y la mejora exponencial en toma y generación de datos a partir de sistemas biológicos. La existencia de cantidades casi inmanejables de información a la cual la biotecnología se enfrenta actualmente es el campo preciso para que la inteligencia artificial desempeñe su mejor papel, desenterrando patrones y visibilizando conexiones previamente inasibles, poniéndolos al servicio de científicos cada vez más conectados entre sí y con más acceso a información destinada para sus intereses. Una empresa pionera en esta combinación es Asimovio, iniciativa estadounidense que promete estandarizar el diseño racional de nuevos organismos a partir de conexiones y circuitos biológicos

decantados por una inteligencia artificial entrenada con la mayor base de datos disponible en este tema en el mundo.

Gea Enzymes (Chile)

La empresa chilena Gea Enzymes (<https://geaenzymes.com>) es uno de los casos notables de bioemprendimiento de los últimos años. Con todos sus socios de menos de 26 años de edad a 2018 y menos de 4 años de operación, esta iniciativa *start-up* ha logrado gestionar más de un millón de dólares en inversión, gracias a la tecnología que han desarrollado: *Molecular Affinity Dynamics Interface* (MADI), la primera plataforma bioinformática automatizada de diseño industrial de proteínas. Se trata de una aplicación de inteligencia artificial en aprendizaje constante, y con suficientes datos es capaz de predecir los patrones tridimensionales que adoptará una cierta secuencia de aminoácidos; incluso logra diseñar un patrón óptimo de doblaje de la proteína final buscada. La plataforma utiliza numerosas herramientas de *machine learning*, *deep learning* y otras herramientas de programación en inteligencia artificial, lo que le permite simular numerosos candidatos hasta lograr dar con un óptimo que resuelva las necesidades puntuales planteadas por la industria.

El caso de Gea Enzymes ilustra tristemente la falta de apertura hacia la innovación que aún se encuentra en el continente. Según narró uno de sus cofundadores, Leonardo Álvarez, durante una entrevista con el principal diario de Chile, no existió interés de parte de las empresas productivas del país que podrían haberse beneficiado de su tecnología, puesto que representaba un riesgo que no estuvieron dispuestos a correr. En Estados Unidos, en cambio, fue otra historia: empresas los contactaban directamente para codesarrollar soluciones. Según Leonardo:

Todas las empresas allá (USA) están buscando innovación, porque saben que es la forma de permanecer vigentes en el mercado. Varias compañías han creado una nueva división que es para realizar una búsqueda de las tecnologías que están saliendo en *startups* (nuevos emprendimientos). (Díaz, 2018)

Casos de éxito como el de Gea son precisamente lo que se requieren para que más empresas latinoamericanas abran sus puertas a la innovación tecnológica e integren mayor nivel de ciencia y conocimiento en sus procesos productivos, hasta convertir a la región en un referente en este ámbito.

Agroindustria

Durante siglos, la región latinoamericana se ha caracterizado por su estrecha conexión con el campo y la agricultura. Pese a los impulsos generados desde la política pública y la academia en gran

parte de los países de la región, las industrias de extracción y, sobre todo, aquellas ligadas a producción agrícola en el campo siguen siendo gran parte de la actividad económica de Latinoamérica, con los pros y los contras que esto implica.

La realidad es que el campo latinoamericano no ha alcanzado aún su máxima expresión. Observando casos como el de Holanda y su optimización de espacios de cultivo, surge casi inmediatamente la pregunta: ¿cómo es posible que un país con cuatrocientas veces menos área que toda nuestra región esté hoy más preparado para alimentar al resto del mundo que nosotros?

El milagro holandés, como tantos otros, no se trata de magia, sino de tecnología. Campos atiborrados de sensores, conectados unos a otros y alimentando bases de datos capaces de encontrar nuevos óptimos y reajustar parámetros de cultivo, han sido la base para el desarrollo de una agricultura de precisión de primer nivel en espacios considerablemente reducidos.

Si bien Latinoamérica no llega aún a los niveles de rendimiento de los Países Bajos, existen nuevas empresas enfocadas en acelerar este proceso y en lograr que nuestra región produzca suficiente para todos sus habitantes y, por qué no, incluso para el mundo entero.

Agrosmart (Brasil)

La cofundadora y actual gerente de Agrosmart, Mariana Vasconcelos, tenía apenas veintitrés años cuando creó su empresa. Originaria de Itajubá, Mariana creció rodeada de los cultivos de sus padres, agricultores que producían maíz y caña de azúcar, pero sin un interés particular por el campo. Sin embargo, esto cambió cuando durante su paso por la universidad comprendió lo mucho que granjeros como su padre podrían beneficiarse de integrar tecnologías en sus procesos. Desde esta idea nació Agrosmart (<https://agrosmart.com.br>), una plataforma de monitoreo agrícola (agricultura digital) que permite a sus usuarios optimizar los recursos hídricos y minimizar los costos asociados con control de plagas y enfermedades, entre otros, es decir, en busca de mayor eficiencia en el uso de insumos con un criterio de sostenibilidad.

La empresa se basa en el uso de sensores capaces de medir numerosas variables ambientales, que alimentan una base de datos cotejada con imágenes satelitales para entregar una visualización con recomendaciones y puntos de información críticos para el campo analizado. Desarrolla modelos agronómicos inteligentes ajustados a las condiciones específicas, basados en el material genético, el tipo de suelo y el microclima de cada lote. Estas herramientas constituyen una poderosa plataforma de agricultura de precisión que influye directamente en el rendimiento de las tierras de cosecha y logra que los agricultores que las trabajen ahorren hasta un 60% de agua y un 40% de energía, además de generar rendimientos de incluso un 20%. Si bien al inicio del trabajo de Agrosmart muchos potenciales clientes cerraron sus puertas al considerar a Mariana y su equipo

demasiado jóvenes, hoy —solo cuatro años después— son respaldados por Google, monitorean cultivos para Coca-Cola y Syngenta y cuentan con numerosos inversionistas privados que han aportado capital del orden de los millones de dólares, y que confían en el impacto que esta tecnología está teniendo en Brasil y que se puede expandir al resto del mundo agrícola.

Beeflow (Argentina)

Beeflow (<http://www.beeflow.co/>) es una empresa argentina que provee servicios de polinización con la tecnología del siglo XXI. Desarrollan abejas “fuertes e inteligentes” que mejoran el rendimiento de los cultivos polinizados incluso hasta un 90 %, con lo cual reducen, además, la mortandad de abejas y generan nuevas fuentes de ingreso para apicultores. La *start-up* ha sido apoyada por dos redes de alto nivel: la incubadora Indie Bio, ya mencionada, y la *company-builder* argentina Grid Exponential.

Su portal oficial describe su tecnología como “abejas + ciencia”. La tecnología desarrollada se basa en investigación previa de sus fundadores sobre el aprendizaje y memoria de las abejas, moléculas capaces de reducir mortandad y diseño de colmenares basados en análisis de patrones de vuelo. Con estos factores, el equipo es capaz de diseñar distintos formulados que varían de cultivo en cultivo y que son anteriormente suministrados a las abejas en su alimento para que recuerden el olor y luego prioricen su fuente durante la etapa de polinización.

The Yield Lab (Argentina)

Si bien The Yield Lab (<https://www.theyieldlab.com/latin-america>) no se trata de un bioemprendimiento, sí debe ser considerado en el momento de mapear el futuro del campo en la región. Se trata de una aceleradora de bioemprendimientos, es decir, una entidad dedicada a la búsqueda, apoyo, financiamiento y crecimiento de emprendimientos de alto impacto, precisamente dentro del área de la Agroindustria 2.0. The Yield Lab cuenta con operaciones en Estados Unidos, Irlanda, Singapur y, recientemente, Argentina. Esto responde al potencial observado en la región por parte de la aceleradora principal en Estados Unidos, y luego de menos de un año de ejecución ya han respaldado tres proyectos de esta área, como apoyo a la eficiencia en la producción agrícola mediante la agricultura de precisión, es decir, mayor sostenibilidad:

- Agree Market (<https://www.agreemarket.com/>) es un mercado virtual que busca digitalizar y transparentar el proceso de comercialización de productos básicos (*commodities*). Es una plataforma pensada para mercadeo en la cual los usuarios pueden comprar o vender productos sencillamente desde un dispositivo conectado, tanto en mercados nacionales como en internacionales.

- Kilimo, la segunda empresa apoyada por The Yield (<http://www.kilimo.com.ar/>), presenta un sistema integrado de gestión de riego para agricultura en grandes áreas. Mediante un algoritmo desarrollado por su equipo, Kilimo entrega recomendaciones óptimas de riego para distintos cultivos. Mediante una plataforma para el manejo del riego en agricultura extensiva, utiliza información satelital, climática y datos a campo para alimentar un motor de *big data* y recomendar el riego óptimo para cada cultivo, mejorando los rendimientos hasta en un 30 % y la eficiencia del uso del agua hasta en un 70 %. Se ha empleado con éxito en Argentina y, recientemente, en Estados Unidos.
- Eiwa (<https://www.eiwa.ag/es/>) es una empresa que entrega un servicio de toma y procesamiento de imágenes que combina el uso de drones y visión computarizada para modelar el comportamiento de diversos cultivos, con un foco especial en programas de mejoramiento genético, que aportan información para generar especies más óptimas. Entre los clientes destacados de Eiwa se encuentran Syngenta y DowDuPont.

Energía y sostenibilidad

La crisis energética del planeta es una crónica de una muerte anunciada que viene pregonándose desde hace décadas. Con el agotamiento de los combustibles de origen fósil y el requerimiento de sustitución de energías fósiles por energías renovables, en busca de la sostenibilidad y la reducción de la emisión de gases efecto invernadero, los esfuerzos por aumentar la producción de energía limpia se han redoblado en los últimos años en todo el mundo, pero sin lograr reemplazar todavía los métodos tradicionales insostenibles y de alto grado de contaminación.

Para combatir esto, numerosas industrias han comenzado a adentrarse en el concepto sostenible de *cerrar el ciclo* o de *economía circular*, que reimagina el ciclo de vida de un producto de manera que este pasa desde el camino lineal tradicional de producción, uso y desecho, a un ciclo cerrado donde el “desecho” puede volverse material para la creación de un nuevo producto, idealmente eliminando en el futuro el concepto de desecho. Este concepto se ha aplicado desde procesos industriales de fabricación de ropa hasta plantas de producción energética y minera, y se ha logrado reducir el impacto ambiental de la producción de la empresa y generar al mismo tiempo impacto positivo social, económico y ambiental (Ellen McArthur Foundation, 2017).

Mientras una empresa no sea capaz de cerrar el ciclo dentro de sus propias operaciones, se realzará la importancia de nuevas iniciativas que sean capaces de revalorizar sus desechos como insumos de alto valor agregado para otras industrias no relacionadas. Es en este punto particular donde América Latina, con su amplia producción desde industrias de extracción, puede establecer un nuevo paradigma de sostenibilidad con base en la revalorización agrícola, minera, forestal, entre otros.

Bromé (Costa Rica)

Bromé, anteriormente conocido como Reuti-Piña (<http://reuti-pinacr.com/>), es una *start-up* costarricense enfocada en la valorización de desechos de la industria de la piña. La empresa busca extraer biocompuestos de interés comercial de la masa no aprovechable en el proceso industrial de producción de piñas. Según Bromé, más de diez millones de toneladas de residuos aprovechables se generan todos los años a partir de las más de sesenta mil hectáreas de siembra de piña existentes en Costa Rica. A partir de estos residuos, la empresa ha logrado extraer bromelina, una enzima de interés para la industria cervecera, capaz de mejorar el aspecto, el sabor y el aroma de la cerveza (véase el capítulo de Costa Rica en esta obra).

La empresa comenzó a establecer contactos con potenciales clientes en 2014 y logró el interés de fabricantes de cerveza en Latinoamérica. Una vez probado su producto en el ámbito industrial, su plan de expansión incluyó aventurarse también con las industrias farmacéuticas y vitivinícolas, a fin de aprovechar todos los beneficios presentados por la bromelina para diversas áreas de fabricación industrial. Al día de hoy, Bromé cuenta con un equipo de veintisiete personas y ha conseguido recursos de Banca para el Desarrollo, además de inversión privada e incluso ventas iniciales a clientes del sector farmacéutico. En entrevista con el diario *El Financiero*, a finales de 2017, su fundador y encargado de desarrollo de ventas mencionaba que “Esperan empezar ventas en el mercado de cervezas y vinos el próximo año”, con foco en países de alta producción en el área, como República Dominicana y Chile (Cordero, 2017).

Iniciativas en industria tradicional: Aguas Andinas y Arauco (Chile)

Si bien la mayor parte de las innovaciones cubiertas en este capítulo provienen de grupos en general de reducido tamaño que buscan generar tecnologías y procesos disruptivos a partir de ciencia, resulta clave conocer también casos de empresas tradicionales que han adoptado modelos de innovación similares a los de una *start-up* para resolver sus problemas internos. Es el caso, por ejemplo, de la forestal Arauco y su proyecto Más Maqui (<https://www.masmaqui.com/>) y de la iniciativa Biofactoría (<https://www.biofactoria.cl/>), de Aguas Andinas.

Según explica Francisco Lozano, gerente de Innovación de la forestal Arauco, el proyecto Más Maqui surgió en 2011, al detectar una alta presencia de maqui en los terrenos de bosque nativo de la empresa. Este producto no maderero no representaba interés directo para el operar de Arauco, pero la empresa fue capaz de reconocer su potencial valor en términos de mejorar la sostenibilidad e impacto positivo. En entrevista con el *Diario Financiero*, Lozano relató: “Teníamos un activo con valor que había que capturar de forma sustentable y con apoyo de la comunidad.

En Chile se cosechan entre 300 y 500 toneladas al año, nosotros tenemos más que eso” (Orellana, 2015). Para potenciar este impacto, el proyecto se basa en una red de recolectores locales, quienes son capacitados en técnicas silvícolas y de emprendimiento local. Se ha logrado con esto incentivar la participación comunitaria y valor compartido, interviniendo mínimamente el ecosistema a través de una recolección sostenible.

Por su parte, la iniciativa Biofactoría, de Aguas Andinas, busca “transformar residuos en recursos”, utilizando sus propios sistemas de tratamiento de aguas para generar como subproducto un fertilizante de uso agrícola, como primer paso en la recuperación selectiva de nutrientes de interés comercial. Además de esto, la planta busca lograr una completa autoeficiencia energética con base en energías renovables, y ha implementado un sistema de control de emisiones para minimizar el impacto ambiental, logrando una progresiva regeneración de ecosistemas previamente dañados por la acción industrial. Como aparece en su portal oficial, la iniciativa busca “Entender el mundo como el metabolismo de un ser vivo, como un sistema de interrelación e interdependencia” (Aguas Andinas, 2017).

A modo de conclusión

La que se presenta no es ni mucho menos una lista exhaustiva de todas las formas en las cuales se está generando conocimiento aplicado a la industria en nuestro continente. Simplemente, se busca dar a conocer algunos de los ámbitos que hoy se están explorando con una mirada de innovación basada en la ciencia, buscando ser un elemento disruptivo de viejos estándares industriales que nos encaminen como países, continentes y planeta, hacia un futuro más sostenible, justo y armónico.

La innovación basada en la ciencia será clave para construir el mejor futuro posible. El emprendimiento, en general, y los bioemprendimientos, en particular, se presentan como poderosas herramientas capaces de traer nuevas ideas y mayor velocidad a procesos de cambio que, hoy por hoy, toman demasiado tiempo y no aprovechan todo el potencial disponible. Requerimos las nuevas ideas y las nuevas mentes que el continente pueda producir, y debemos asegurar que concentren sus esfuerzos en resolver las necesidades inmediatas y futuras de la región. Hoy, más que nunca, es clave que establezcamos lazos y colaboración entre distintos países, industrias y áreas del conocimiento, conectando y facilitando nuevos desarrollos, nuevas ideas y nuevos sueños. Esta contribución es solo una muestra del futuro que hoy se está construyendo.

Referencias

- Abarca, D. (2017, 16 de marzo). Aditivo alimenticio creado por científicos chilenos consigue trato de distribución con el gigante Bayer. *Redbionova*. Recuperado de <http://www.redbionova.com/aditivo-alimenticio-creado-cientificos-chilenos-consigue-trato-distribucion-gigante-bayer/>
- Aguas Andinas. (2017). *Biofactorías*. Recuperado de <https://www.aguasandinas.cl/web/aguasandinas/biofactorias>
- ArthroFood. (2017). *Productos*. Recuperado de <https://www.arthrofood.co/>
- Bio Resource International. (2014). *What makes a biotech business unlike any other businesses*. Recuperado de <https://briworldwide.com/what-makes-a-biotech-business-unlike-any-other-business>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) y Corporación Andina de Fomento (CAF). (2017). *Perspectivas económicas de América Latina 2017: juventud, competencias y emprendimiento*. París. Recuperado de https://www.oecd.org/dev/americas/E-book_LEO2017_SP.pdf
- Cordero, C. (2017, 18 de noviembre). “Startups” de biotecnología invierten e investigan en negocios que se verán en diez años. *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/startups-de-biotecnologia-invierten-e-investigacion/JRLB6JX-VR5ENPPNGWDDM7JPUH4/story/>
- Díaz, E. (2015, 10 de diciembre). White coat rising. *Nature Biotechnology: Trade Secrets*. Recuperado de <http://blogs.nature.com/tradesecrets/2015/12/01/white-coat-rising>
- Díaz, P. (2018, 26 de marzo). El emprendimiento biotecnológico chileno que atrae US\$ 1 millón. *Economía y Negocios, El Mercurio*. Recuperado de <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=453625>
- Eisenmann, T. R. (2013, 10 de enero). Entrepreneurship: A working definition. *Harvard Business Review*. Recuperado de <https://hbr.org/2013/01/what-is-entrepreneurship>

- Ellen McArthur Foundation. (2017). *What is circular economy?* Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy>
- Ernst & Young. (2017). *Biotechnology report 2017: Beyond borders. Staying the course.* Recuperado de [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-beyond-borders-biotech-report-2017/\\$FILE/ey-beyond-borders-biotech-report-2017.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-beyond-borders-biotech-report-2017/$FILE/ey-beyond-borders-biotech-report-2017.pdf)
- Global Entrepreneurship Monitor. (2018). *Global Report 2017-2018.* Recuperado de <https://www.gemconsortium.org/report/50012>
- Hirschfeld, D. (2017, 24 de abril). América Latina marcha por la ciencia. *SciDevNet América Latina.* Recuperado de <https://www.scidev.net/america-latina/educacion/multimedia/america-latina-marcha-por-la-ciencia.html>
- Iredale, J. (2017, 20 de julio). Stella McCartney partners with bolt threads on sustainable material development. *Women's Wear Daily.* Recuperado de <https://wwd.com/fashion-news/fashion-scoops/stella-mccartney-partners-with-bolt-threads-on-sustainable-material-development-10949591/>
- Jarvis, P. (2016, 10 de junio). How much does it cost to start a software company? *The Next Web.* Recuperado de <https://thenextweb.com/entrepreneur/2016/06/10/much-cost-start-software-company/>
- Orellana, F. (2015). Bebida + Maqui, la reciente innovación de Arauco, se convertiría en spin off este año. *Diario Financiero.* Recuperado de <https://www.df.cl/noticias/empresas/empresas-y-startups/bebida-maqui-la-reciente-innovacion-de-arauco-se-convertiria-en-spin/2015-01-16/171301.html>
- Roser, M. (2018). Future population growth. *Our World in Data.* Recuperado de <https://ourworldindata.org/future-population-growth#the-size-of-populations-un-population-projection-by-country-and-world-region-until-2100>
- The Not Company. (2018). *Nuestro manifiesto.* Recuperado de <http://www.thenotcompany.com>
- Umaña Venegas, J. (2017, 5 de abril). Hemoalgae, la nueva “startup”, recibirá \$100.000 de aceleradora de empresas de biotecnología. *Hoy en el Tec.* Recuperado de <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2017/04/05/hemoalgae-nueva-startup-recibira-100000-aceleradora-empresas-biotecnologia>
- United Nations. (2018). *Sustainable development goals.* Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

La bioeconomía en América Latina: recursos estratégicos, políticas públicas e institucionalidad*

Adrián G. Rodríguez-Vargas**

Introducción

La bioeconomía ha adquirido importancia durante la última década como marco de referencia para el diseño e implementación de políticas de desarrollo productivo e innovación, sobre todo ante la necesidad de transitar a formas de producción en las que se minimice o elimine la generación de desechos y el uso de combustibles fósiles (Hess, Lamers, Stichnothe, Beermann y Jungmeier, 2016). Pese a su relevancia potencial para América Latina, el concepto de bioeconomía ha recibido poca atención en las políticas públicas de los países de la región. A la fecha no existen estrategias dedicadas de bioeconomía, como sí es el caso en Europa. Pero sí existen iniciativas que pueden servir de base para su desarrollo; por ejemplo, en los ámbitos de la bioenergía, las biotecnologías, la biodiversidad y los servicios ambientales.

El proceso más formal para el desarrollo de una estrategia marco con estrategias regionales de bioeconomía es el que se está implementando en Argentina,¹ vinculado al concepto de *territorios inteligentes*. También en Colombia, el presidente Juan Manuel Santos, en 2016, destacó la oportunidad que presenta el fin del conflicto armado para:

consolidar una nueva economía con mayor provecho de nuestros recursos y reivindicar nuestro medio ambiente [...]. Queremos llegar al año 2025 convertidos en una bioeconomía basada en la ciencia, la tecnología y la innovación, y que saque el mayor provecho de su inmensa riqueza natural. (Citado en “El compromiso del gobierno”, 2016, párr. 3)

* Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Cepal.

** Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola y Biodiversidad, División de Recursos Naturales, Cepal. adrian.rodriguez@un.org

1 Bioeconomía Argentina, que se puede consultar en <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/>

El objetivo del presente capítulo es resaltar el potencial de la bioeconomía como marco de referencia para orientar políticas de desarrollo productivo e innovación, en el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, identificando las bases institucionales y de desarrollo de políticas públicas que ya existen en la región para ello. El capítulo está organizado en cuatro secciones adicionales a la introducción. En la segunda sección se resalta la bioeconomía como marco para las políticas públicas, destacando su aporte en la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y su contribución a la innovación para el cambio estructural con enfoque de sostenibilidad. En la tercera sección se destaca la variada disponibilidad de recursos biológicos y se identifican aquellos que se consideran estratégicos para impulsar el desarrollo de la bioeconomía en América Latina a corto y a mediano plazo. En la cuarta sección se presentan marcos institucionales y de políticas que se encuentran en la región y que proveen una base para la articulación de estrategias de bioeconomía. La información se refiere a diez países y abarca estrategias de innovación, políticas de desarrollo en ámbitos relacionados con la bioeconomía (e. g. agricultura sostenible, ganadería sostenible, crecimiento verde, etc.), así como las áreas de biotecnología, biodiversidad y recursos forestales y bienergía y aprovechamiento de desechos. También se identifican incentivos relevantes en el ámbito de la política pública y actores relevantes en el sector privado. Finalmente, en la quinta sección se destacan oportunidades y desafíos para el desarrollo de la bioeconomía en la región.

La bioeconomía: nuevos rumbos para las políticas públicas

La bioeconomía proporciona un marco conceptual para implementar políticas centradas en enfrentar los grandes retos de la sociedad y las preocupaciones de desarrollo sostenible contempladas en la Agenda de Desarrollo de 2030 (El-Chichakli, Braun, Lang, Barben y Philp, 2016). Tomando la Agenda 2030 como referente, la bioeconomía representa una alternativa para la especialización inteligente de los territorios, para la innovación y el cambio estructural con enfoque de sostenibilidad, así como para potenciar políticas de desarrollo agrícola y rural.

La bioeconomía y la Agenda de Desarrollo 2030 para el Desarrollo Sostenible

La bioeconomía promueve el cambio estructural hacia una economía poscombustibles fósiles, basada en el aprovechamiento sostenible y pleno de los recursos biológicos, incluyendo los recursos de desecho. Por lo tanto, la bioeconomía es una alternativa real para la descarbonización fósil

de la economía y puede desempeñar un rol fundamental en la acción climática, en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 (combatir el cambio climático). Pero las contribuciones de la bioeconomía pueden ir mucho más allá de su aporte en la lucha contra el cambio climático:

- La bioeconomía se relaciona con la *producción sostenible de alimentos saludables y con la intensificación sostenible de la producción agropecuaria*; por lo tanto, puede contribuir al ODS 2 (mediante la producción sostenible de alimentos), al ODS 3 (vidas saludables) y al ODS 15 (protección de ecosistemas terrestres).
- La bioeconomía se sustenta en nuevos modelos productivos, como las biorrefinerías y la bioindustria, que permiten desarrollar productos que pueden utilizarse como insumos por otros sectores productivos (biomateriales para la construcción, bioinsumos para la agricultura), sustituyendo insumos derivados de la petroquímica; o productos que satisfacen nuevas demandas por parte de los consumidores (alimentos funcionales o biocosméticos). Por lo tanto, además de su contribución al ODS 2 (producción sostenible de alimentos), puede ser también instrumental para el logro del ODS 7 (energía sostenible y accesible para todos), del ODS 8 (nuevas fuentes de trabajo decente y desarrollo económico sostenible) y del ODS 9 (industria e innovación).
- Asociado al concepto de *refinería* también está la posibilidad de cerrar ciclos productivos, mediante la utilización productiva de la biomasa de desecho (residual) derivada de la producción y consumo; por lo tanto, la bioeconomía es esencial para el logro del ODS 12 (producción y consumo responsables) y del ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles).
- Un elemento innovador de la bioeconomía es la posibilidad de desarrollar productos, procesos y sistemas repitiendo sistemas observados en la naturaleza. Ello puede dar lugar a nuevas cadenas de valor que promuevan el impulso al ODS 9 (industria e innovación), el ODS 14 (uso sostenible de la biodiversidad submarina) y al ODS 15 (uso sostenible de la biodiversidad terrestre).
- La bioeconomía también abarca el desenvolvimiento de alternativas de biorremediación para enfrentar problemas de contaminación ambiental. Por ejemplo, para la recuperación de suelos degradados o contaminados y para el tratamiento de aguas para consumo humano y de aguas de desecho. Por lo tanto, ofrece alternativas para apoyar el ODS 6 (agua limpia y saneamiento para todos) y al ODS 15 (en lo relativo a la prevención de la degradación de suelos).

Especialización inteligente, innovación y cambio estructural con enfoque de sostenibilidad

La base de recursos biológicos condiciona el desarrollo de la bioeconomía en entornos territoriales concretos; por lo tanto, es pertinente hablar de bioeconomías, más que de bioeconomía, en términos genéricos. Ello hace que el enfoque de la bioeconomía sea una alternativa para intensificar la especialización de los territorios de acuerdo con sus ventajas competitivas, mediante estrategias de evolución productiva e innovación, impulsadas por la demanda, las asociaciones de innovación enfocadas en una mayor coordinación entre los diferentes actores sociales y el alineamiento de los recursos y estrategias entre actores privados y públicos en los distintos ámbitos de gobernanza.² Dicho enfoque se está utilizando en Argentina para implementar estrategias subnacionales de bioeconomía en las que se combinan recursos biológicos estratégicos y capacidades existentes en los territorios.

El enfoque de la bioeconomía es consistente con la creación de estrategias de innovación intensivas en conocimiento para el sector agropecuario y agroindustrial, a fin de potenciar capacidades y fomentar la colaboración en biotecnologías y otras tecnologías habilitantes, de fortificar desarrollos en bioenergía (bioenergía biomásica, bioenergía solar, biogás), de diversificar la base económica de las economías regionales (no solo producción de alimentos, sino también biomasa en un sentido más amplio) y de incrementar la agregación de valor (e. g. agroindustria rural, nuevas cadenas de valor de base biológica).

La bioeconomía es también un camino para el cambio estructural, desde una perspectiva de sostenibilidad. El enfoque de la bioeconomía es consistente con la Agenda de Desarrollo 2030, con los objetivos de la mitigación, la reducción de emisiones y la adaptación al cambio climático y con las aspiraciones de la inclusión económica y social. En tanto uno de sus objetivos principales es reducir o eliminar el uso de energía proveniente de recursos fósiles, la bioeconomía representa una estrategia eficaz para un cambio estructural orientado a la descarbonización de la economía.

Pertinencia del concepto para las políticas de desarrollo agrícola y rural

Una característica importante de los recursos biológicos, sobre todo de los recursos de la biomasa (cultivada y de desecho), es su alto costo de transporte, lo que representa un incentivo para su transformación directamente en el territorio donde se produce, con gran potencial para desencadenar procesos inclusivos de desarrollo local. En América Latina y el Caribe, la bioeconomía provee nuevas opciones para el desarrollo agrícola y rural y la creación de empleos de calidad; por

2 Véase, por ejemplo, The European Commission's Cohesion Policy, en <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/smart-specialisation>

ejemplo: a) abriendo nuevas oportunidades para la agricultura, como una actividad ya no solo dedicada a producir alimentos e ingredientes, sino también a la producción de biomasa para usos múltiples; b) creando oportunidades para nuevas cadenas de valor, a partir del uso de biomasa no alimentaria y de desechos y de la elaboración de bioinsumos para la agricultura (como biofertilizantes, bionematicidas, biopesticidas, biofungicidas y biocondicionadores); y c) posibilitando la generación de pymes basadas en el conocimiento, insertas en nuevas cadenas de valor y que le brinden oportunidades de empleo y desarrollo empresarial a jóvenes y mujeres.

Nuevos paradigmas productivos

Como se mencionó, la contribución central de la bioeconomía es facilitar el tránsito hacia una economía en la que se elimina paulatinamente el uso de energía y recursos fósiles; por tanto, es una estrategia auténtica para avanzar hacia la descarbonización fósil de la economía. Central en ese nuevo modelo productivo es el concepto de *biorrefinería* que es el equivalente al concepto de refinería petroquímica, pero utilizando insumos biológicos (Sauvée y Viaggi, 2016; Koltuniewicz y Dabrowska, 2016).

La biorrefinería es un modelo productivo por medio del cual se producen bioenergía y bioproductos, a partir del uso completo de la biomasa. Permite la creación de cascadas de valor alrededor de la biomasa, minimizando o eliminando la descarga de “desechos” al ambiente. Una biorrefinería puede trabajar utilizando biomasa cultivada o “biomasa de desechos”, sean estos agrícolas, agroindustriales o domiciliarios. Los productos obtenidos de una biorrefinería son variados y dependen de las biomásas utilizadas y del tipo de tecnologías que se utilizan en su transformación (Venkata Mohan et al., 2016; Jungmeir, 2014).

La bioeconomía es también consistente con enfoques productivos de ciclo cerrado, como ecología/ecosistema industrial (Frosch y Gallopoulos, 1989) y simbiosis industrial (Lombardi y Laybourn, 2012), así como con los conceptos de biomimetismo (Benyus, 1997) y economía azul (Pauli, 2011). Se trata de sistemas productivos en los cuales se busca aprovechar todos los desechos que se generan en la producción y el consumo, de manera que se eliminan o se minimizan las descargas de estos al ambiente; y que también plantean como elemento innovador la replicación/imitación de procesos naturales en los procesos productivos.

Nuevas tecnologías

Las biotecnologías, en general, y la convergencia tecnológica, en particular (entre las biotecnologías, la nanotecnología y las tecnologías digitales), son centrales para potenciar el desarrollo de la

bioeconomía, pues aumentan las fronteras para la utilización sostenible de toda la gama de recursos biológicos disponibles (por ejemplo, bacterias, virus, microorganismos, algas, plantas y organismos mayores y diferentes tipos de biomasa). También son esenciales para entender y repetir los comportamientos y procesos desarrollados por organismos a lo largo de miles de millones de años, para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y procesar sus desechos.

Hay variedad de aplicaciones de las biotecnologías que se han incluido en distintas estrategias para el desarrollo de la bioeconomía; entre estas se destacan la biotecnología blanca (aplicaciones industriales), la biotecnología gris (aplicaciones a la solución de problemas ambientales), la biotecnología verde (aplicaciones en la agricultura), la biotecnología azul (aplicaciones en el ámbito de los recursos marinos) y la biotecnología roja (aplicaciones en el campo de la medicina). Otros ámbitos científicos relevantes para la bioeconomía incluyen disciplinas como la genómica y la química verde, así como herramientas que surgen de la interdisciplinariedad y la convergencia tecnológica, como la bioinformática.

Recursos estratégicos para potenciar el desarrollo de la bioeconomía en América Latina

En el corto y mediano plazo hay tres tipos de recursos que se consideran estratégicos para impulsar el desarrollo de la bioeconomía en la región: a) recursos de la biodiversidad, incluyendo la agrobiodiversidad, b) biomasa de cultivo y c) biomasa de desecho (residual), derivada de los procesos de producción y consumo. Estos recursos se asocian con procesos de diversa naturaleza, como la bioprospección, la aplicación de la biotecnología, la bioinnovación y las biorrefinerías, de los cuales derivan bioenergía, biomateriales, bioinsumos agrícolas, biofármacos y biocosméticos, entre otros.

Recursos de la biodiversidad

En la región se ubican ocho de los diecisiete países más megadiversos del planeta, ubicados en la cuenca andino-amazónica (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y en Mesoamérica (Costa Rica y México). La variedad en biodiversidad también se puede encontrar en otros ecosistemas únicos a la región, como el desierto del norte del Chile-sur del Perú, las pampas argentinas y la patagonia argentino-chilena. Y, por supuesto, la menos conocida biodiversidad marina, tanto en el Pacífico como en el Caribe y el Atlántico. El desarrollo de una bioeconomía con base en la biodiversidad debería fundamentarse en una estrategia que busque su protección, conocimiento y uso sostenible. Para utilizar de manera productiva y sostenible la biodiversidad se la debe conocer; pero solo se puede llegar a conocer el potencial de la biodiversidad si se la protege.

Biomasa cultivada

América Latina, junto con África, es reconocida por su potencial para la expansión de su frontera agrícola. Ese es un potencial que se puede aprovechar para incrementar la producción de biomasa, no solo para usos alimentarios, sino también para fibras, forrajes, bioenergía y bioproductos en general (e. g. bioplásticos). En un sentido amplio, la biomasa cultivada se refiere no solamente a la generación de alimentos y de cultivos tradicionales para producir bioenergía (e. g. soja, maíz y palma aceitera), sino también a los cultivos energéticos no alimentarios (e. g. el *miscanthus gigante*, *switchgrass*, *jatropha*), a los cultivos forestales y al cultivo de algas.

Sin embargo, el potencial para la producción de biomasa no se distribuye de manera uniforme y su aprovechamiento debería tener en cuenta consideraciones de seguridad alimentaria y conservación de ecosistemas frágiles. En particular, los objetivos y metas de producción de biomasa para usos energéticos deben balancearse con los objetivos de seguridad alimentaria y conservación y el desarrollo de nuevos sistemas productivos más intensivos y sostenibles. En ese contexto, adquiere relevancia el concepto de *intensificación sostenible de la producción agropecuaria*, que se refiere a prácticas dirigidas a mejorar el desempeño ambiental de las actividades agrícolas, sin sacrificar la productividad existente. Su objetivo es lograr un equilibrio entre los beneficios agrícolas, ambientales, económicos y sociales, buscando un empleo más eficiente de los recursos energéticos y enfocándose en reducir el uso de combustibles fósiles, plaguicidas y otros contaminantes. Ejemplos de estrategias específicas de intensificación sostenible incluyen prácticas agrícolas de siembra directa, estrategias de agricultura de precisión, manejo integrado de plagas y nutrientes y el uso de bioinsumos.

Biomasa de desecho (residual)

La región se conoce por su aporte a la producción global de materias primas agrícolas y alimentos. Sin embargo, los desechos que se generan, tanto en la producción agrícola como en la agroindustrial, siguen viéndose como un problema de contaminación. La bioeconomía —consistente con el enfoque de economía circular— considera los desechos biomásicos un recurso más para la producción de nuevos alimentos, nuevos materiales y energía, bajo el concepto de biorrefinería. El interés por el uso de los desechos en la región es incipiente, pero el potencial sin duda es considerable, si se tienen en cuenta los volúmenes de producción de materias primas agrícolas. El conocimiento del verdadero potencial de este recurso demanda la elaboración de inventarios detallados de los diferentes tipos de biomasa de desechos disponibles, que determinen los potenciales técnicos de aprovechamiento, tomando en cuenta lo que se debe dejar en el campo para el mantenimiento de servicios ecosistémicos (Ronzon y Piotrowski, 2017; Brosowski et al., 2016).

Marcos de políticas e institucionalidad relevantes

Las tres recursos identificados en el apartado anterior para impulsar el desarrollo de la bioeconomía en América Latina se asocian con bioprospección, aplicación de biotecnologías, bionnovación y biorrefinerías, de los cuales derivan bioenergías, biomateriales, bioinsumos agrícolas, biofármacos y biocosméticos, entre otros. En esta sección se identifican ámbitos institucionales y de políticas presentes en la región y que son pertinentes para crear estrategias dedicadas de bioeconomía basadas en los recursos identificados. Se incluyen políticas de innovación y políticas de sostenibilidad en ámbitos relacionados (agricultura sostenible, ganadería sostenible, pago de servicios ambientales, entre otras), así como las aplicaciones de la biotecnología, el aprovechamiento de la biodiversidad y los recursos forestales y el manejo de residuos y producción de bioenergía. Se presenta un breve resumen de la situación en dichas áreas en diez países de la región.³ La revisión incluye los elementos que se consideran más destacados; por lo tanto, no es exhaustiva.

Marcos institucionales y de políticas en innovación

En todos los países incluidos en el análisis hay institucionalidad en el ámbito de la innovación, que incluye la existencia de ministerios o secretarías de ciencia y tecnología o innovación (todos los países), de sistemas nacionales de innovación (todos los países), de planes nacionales de ciencia y tecnología/innovación (excepto Ecuador), de leyes de ciencia y tecnología/innovación (excepto Ecuador) y de mecanismos de incentivos (todos los países). Además, cuatro de los diez países (Chile, Costa Rica, Colombia y Perú) cuentan con comisiones o consejos de competitividad en los que generalmente participa el sector privado. En la tabla 1 se resumen los principales elementos identificados.

Tabla 1. América Latina y el Caribe (10 países): marcos institucionales en innovación

Elementos	AR	BR	CL	CO	CR	CU	EC	MX	PE	UY
Ciencia y tecnología	L, M	L, M	M	L, M	L, M	L, M	M	L, M	L, M	L, C
Planes nacionales de ciencia y tecnología/innovación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema nacional de innovación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3 Los países incluidos son Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México, Perú y Uruguay. La información está actualizada a diciembre de 2017.

Elementos	AR	BR	CL	CO	CR	CU	EC	MX	PE	UY
Mecanismos de incentivos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Órganos nacionales de competitividad			X	X	X				X	

L: ley; M: ministerio o secretaría; C: comisión o ente de menor rango a ministerio o secretaría; X: existe otro mecanismo.

Fuente: Rodríguez et al. (2017).

En algunos países, los ministerios o secretarías tienen atribuciones en otros temas; por ejemplo, educación superior en Ecuador (Secretaría de Educación Superior, Ciencia Tecnología e Innovación), telecomunicaciones en Costa Rica (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones) y ambiente en Cuba (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente). En Argentina, además del ministerio, también existe el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y en Costa Rica, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT).

Políticas de desarrollo sostenible relacionadas

En todos los países hay, al menos, dos programas en alguno de los siguientes ámbitos (tabla 2): acuicultura sostenible (excepto Ecuador y Cuba), ganadería sostenible (excepto Cuba y Perú), agricultura sostenible (excepto Argentina, Colombia, Ecuador y México), desarrollo rural/agricultura familiar (excepto Ecuador y Cuba).

Tabla 2. América Latina y el Caribe (10 países): marcos institucionales y de políticas en ámbitos relacionados con la bioeconomía

Elementos	AR	BR	CL	CO	CR	CU	EC	MX	PE	UY
Agricultura sostenible	L	L	L		L	E		L	L	
Ganadería sostenible		E	E	E	E	E	E	E	E	E
Acuicultura sostenible	E	E	E	E	E			E	E	E
Agricultura familiar/ desarrollo rural	L	L	E	E	E			L	E	L
Cambio climático	L	L	X	L	X	X	X	L	X	L
Ratificación CMNUCC	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L

Elementos	AR	BR	CL	CO	CR	CU	EC	MX	PE	UY
Ratificación Acuerdo de París	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Crecimiento verde			E	E					E	
Biocomercio/ negocios verdes				E					E	

L: ley; M: ministerio o secretaría; E: estrategias, políticas, programas, proyectos o planes; X: existe otro mecanismo.

Fuente: Rodríguez et al. (2017).

Todos los países han ratificado la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París y tienen iniciativas en ese ámbito; y seis incluyeron iniciativas de mitigación en sus contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional en el marco de la CMNUCC (Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México y Uruguay). Además, tres países disponen de iniciativas de “crecimiento verde” (Chile, Colombia y Perú) y dos en el ámbito del biocomercio/comercio verde (Colombia y Perú).

Algunas de las iniciativas más destacadas son el Programa de Agricultura Baja en Carbono (ABC), de Brasil; el Programa de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios en Chile; las acciones de mitigación apropiadas para el ámbito nacional (NAMA) del sector cafetalero y la Estrategia de Ganadería Baja en Carbono de Costa Rica, y la Ley de Conservación, Uso y Manejo Adecuado de los Suelos y de las Aguas en Uruguay. También es importante destacar las leyes y programas en el ámbito de la agricultura familiar, que tuvieron un impulso importante en el marco del Año Internacional de la Agricultura Familiar (2014).

Promoción y regulación de la biotecnología

Aunque en todos los países se encuentra, al menos, uno de los instrumentos identificados (tabla 3), la situación en este ámbito es más diversa. En los diez países existe ya sea una ley de obtenciones vegetales, de organismos genéticamente modificados (OGM) o de semillas; en siete de ellos (excepto Chile, Ecuador y Perú) existe una comisión de bioseguridad o una comisión de biotecnología, y también en siete países existe una ley de bioseguridad (excepto Argentina, Chile y Ecuador). Por otro lado, siete de los diez países han ratificado el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica; y en seis países hay leyes o programas para la promoción de la biotecnología (excepto Costa Rica, Cuba, México y Perú). El elemento distintivo en este caso es la presencia de legislación sobre moratoria (Perú) o de país libre de OGM (Ecuador).

Tabla 3. América Latina y el Caribe (10 países): marcos institucionales y de políticas en biotecnología

Elementos	AR	BR	CL	CO	CR	CU	EC	MX	PE	UY
Promoción	L	L	L	L					E	L
Ley obtenciones vegetales o similares/ semillas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ratificación del Protocolo de Cartagena				X	X	X	X	X	X	X
País libre/moratoria OGM							P		M	
Ley de bioseguridad, OGM o similar		L				L		L	L	L
Consejo bioseguridad o biotecnología	Bt	Bt		Bs	Bs	Bs		Bs		Bs

L: leyes; E: estrategias, políticas, programas, proyectos o planes; P: país libre de OGM; M: moratoria OGM; Bt: comisión nacional de biotecnología; Bs: comisión nacional de bioseguridad o similar; X: existe otro mecanismo.

Fuente: Rodríguez et al. (2017).

Biodiversidad y sector forestal

Estos son los ámbitos en los que existe una mayor densidad institucional y de políticas (tabla 4).

Tabla 4. América Latina y el Caribe (10 países): marcos institucionales en biodiversidad y forestal

Elementos	AR	BR	CL	CO	CR	CU	EC	MX	PE	UY
Ambiente	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Biodiversidad/vida silvestre	E	L, E	E	L, E	L, E	E	E	L, E	L, E	E
Ratificación Convenio Biodiversidad	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Sector forestal	L, If									
Comisiones asesoras	B	B	B, F							
Mecanismos de pago por servicios ambientales y similares				X	X	X	X			
Semillas	L, Is	L	L	L	L, Is	L, Is	L	L	L	L, Is

L: leyes; E: estrategias o planes nacionales; If: incentivos forestales; B: comisión asesora en biodiversidad o similar; F: comisión asesora forestal; Is: instituto de semillas o similar; X: existe otro mecanismo.

Fuente: Rodríguez et al. (2017).

En los diez países incluidos en el análisis existen leyes del ambiente. Todos los países han ratificado el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y disponen de estrategias o políticas nacionales de biodiversidad. Adicionalmente, cinco países cuentan con leyes específicas de biodiversidad o vida silvestre (Brasil, Colombia, Costa Rica, México y Perú). En todos los países también existen leyes e incentivos forestales y en nueve casos (excepto Colombia) hay una comisión nacional forestal. El elemento más distintivo es la existencia de mecanismos de pagos por servicios ambientales en cuatro países (Colombia, Costa Rica, Ecuador y México).

Bioenergía y uso de desechos

En todos los países existen ya sea leyes o iniciativas, para la promoción de los biocombustibles, de energías renovables o para el manejo de desechos. Por otra parte, en cinco países hay iniciativas específicas para la utilización de desechos agrícolas, generalmente en la producción de bioenergía (tabla 5).

Tabla 5. América Latina y el Caribe (10 países): marcos institucionales en bioenergía y manejo de desechos

Elementos	AR	BR	CL	CO	CR	CU	EC	MX	PE	UY
Biocombustibles	L	L	L	L	E	E	E	L	L	L
Energías renovables	L	L	L	L	E	E	E	L	L	L
Manejo/gestión de desechos	L	L	L	E	L	L	E	L	L	L
Uso de desechos agrícolas	E	E			E			E		E

L: leyes; E: estrategias, políticas, programas, proyectos o planes.

Fuente: Rodríguez et al. (2017).

En el ámbito de los biocombustibles, siete países disponen de algún tipo de legislación (excepto Costa Rica, Cuba y Ecuador). La legislación es diversa y puede referirse tanto a la promoción de su producción como al desarrollo del mercado, generalmente mediante normas de mezcla con combustibles fósiles. Un caso en el cual todas estas dimensiones son explícitas es el de Uruguay, mediante la Ley de Fomento y Regulación de la Producción, Comercialización y Utilización de Agrocombustibles (Ley 18.195). En Costa Rica y en Ecuador existen programas nacionales, mientras que en Cuba hay iniciativas principalmente en el ámbito de la investigación. Además, en algunos casos se destaca el rol del sector agropecuario, pues se hace referencia explícita a la producción de agroenergía (Ecuador, Programa de Biocombustibles y Agroenergía) y agrocombustibles (Uruguay).

En relación con el aprovechamiento de residuos, dos iniciativas destacables son el Proyecto para la Promoción de la Energía Derivada de Biomasa, en Argentina, ejecutado por el Ministerio de Agroindustria, y el Proyecto Bio Valor del Uruguay, una iniciativa que busca apoyar al sector agropecuario y agroindustrial en la transformación de sus residuos en energía o en otros productos de valor.

Incentivos

Todos los países disponen de algún tipo de incentivo financiero, ya sea en el ámbito de la ciencia la tecnología y la innovación o en ámbitos específicos, relevantes para apoyar el desarrollo de la bioeconomía (tabla 6).

Tabla 6. América Latina y el Caribe (10 países): incentivos relevantes para la promoción de la bioeconomía

País	Incentivo
Argentina	Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica Fondo Tecnológico Argentino Fondo Argentino Sectorial
Brasil	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico Fondo Brasileño para la Biodiversidad Fondo Amazonas
Chile	Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnología e Innovación Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias Fondo de Innovación para la Competitividad Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura
Colombia	Fondo Nacional de Financiamiento de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas
Costa Rica	Fondo de Incentivos al Desarrollo Científico y Tecnológico Programa Nacional de Innovación y Capital Humano para la Innovación Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
Cuba	Fondo Financiero para la Ciencia y la Innovación
Ecuador	Fideicomiso para el Emprendimiento y la Innovación Fondos Concursos de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) Fondo Capital de Riesgo

País	Incentivo
México	Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico y Tecnológico y la Innovación Fondo Sectorial del CONACYT-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética Fondo Sectorial de Investigación del CONACYT-INEGI Fondo Sectorial de Innovación
Perú	Fondo Nacional de Desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología Fondo de Investigación y Desarrollo de la Competitividad Fondo Marco para la Investigación en Ciencia y Tecnología Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Peruana
Uruguay	Fondos de la Agencia Nacional de Innovación (innovación, emprendimiento, investigación y formación)

Fuente: elaboración propia.

En todos los países se cuenta con un fondo, ya sea para la investigación, científica y tecnológica (Argentina), para el desarrollo científico y tecnológico (Brasil, Colombia y Costa Rica), para el desarrollo científico, tecnológico y la innovación (Chile y Perú), para la ciencia y la innovación (Cuba), para la ciencia y la tecnología (Colombia y México) y para la investigación (Perú y Uruguay) o investigación en áreas prioritarias (Chile).

También se encuentran fondos específicos para el fomento tecnológico (Argentina), la innovación (Costa Rica, México y Uruguay), el emprendimiento (Uruguay), el emprendimiento y la innovación (Ecuador), la competitividad (Chile y Perú) y la formación (Ecuador y Uruguay).

Adicionalmente, hay fondos sectoriales generales (Argentina) y específicos (Chile: pesca y acuicultura; Costa Rica: forestal y servicios ambientales; Brasil: biodiversidad; México: sostenibilidad energética), así como fondos regionales (Brasil y México), de capital de riesgo (Ecuador) y para pymes (Costa Rica).

El sector privado

En todas las estrategias dedicadas a la bioeconomía que se han desarrollado alrededor del mundo el sector privado tiene un rol central. La tabla 7 lista las entidades privadas relevantes en los ámbitos de biotecnología, bioenergía y otros, en los diez países analizados. En todos los casos existe al menos una entidad en cada uno de esos ámbitos y, entre ellas, se incluyen organizaciones gremiales y centros de investigación y de pensamiento privados o público-privados.

Tabla 7. América Latina y el Caribe (10 países): institucionalidad privada en ámbitos relevantes para el desarrollo de la bioeconomía

País	Biotecnología	Bioenergía	Otros
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> – Asociación de Semilleros Argentinos – Instituto de Agrobiotecnología Rosario – Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología – Cámara Argentina de Biotecnología 	<ul style="list-style-type: none"> – Cámara Argentina de Energías Renovables – Cámara de Empresas Pyme Regionales Elaboradoras de Biocombustibles – Cámara Argentina de Biocombustibles 	<ul style="list-style-type: none"> – Bolsa de Cereales de Buenos Aires – Consejo Argentino para el Desarrollo Sostenible – Fundación Argentina de Nanotecnología – Asociación Argentina de Agricultura de Precisión
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> – Consejo de Información sobre Biotecnología – Asociación Brasileña de Biotecnología Industrial 	<ul style="list-style-type: none"> – Unión de la Industria de la Caña de Azúcar – Alianza Brasileña para Biocombustibles de Aviación – Unión Brasileña de Biodiésel o Bioquerosenes – Instituto Brasileño de Petróleo, Gas y Biocombustibles – Asociación de Productores de Biodiésel de Brasil 	<ul style="list-style-type: none"> – Centro de Gestión de Estudios Estratégicos (CGEE) – Asociación Brasileña de Reciclaje Animal – Articulación Nacional de Agroecología
Chile	<ul style="list-style-type: none"> – Instituto de Dinámica Celular y Biotecnología – Asociación Nacional de Productores de Semillas – Asociación Gremial Chile Bio Crop Life – All Biotech 	<ul style="list-style-type: none"> – Asociación Chilena de Energías Renovables 	<ul style="list-style-type: none"> – Instituto de Fomento Pesquero

País	Biotecnología	Bioenergía	Otros
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> – Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> – Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite – Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia – Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia 	<ul style="list-style-type: none"> – Consejo Privado de Competitividad – Centro para la Investigación en Sistemas de Producción Agropecuaria – Corporación Biocomercio de Colombia
Costa Rica	<ul style="list-style-type: none"> – Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas – Consorcio de Empresas de Biotecnología de Costa Rica (CR-Biomed) 	<ul style="list-style-type: none"> – Asociación Costarricense de Productores de Energía – Asociación Biogás 	<ul style="list-style-type: none"> – Instituto Nacional de Biodiversidad – Centro Nacional de Alta Tecnología
Cuba	<ul style="list-style-type: none"> – BioCubaFarma 	<ul style="list-style-type: none"> – Cuba Solar 	<ul style="list-style-type: none"> – Asociación Cubana para la Ciencia y la Tecnología de los Alimentos
Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> – Cámara Ecuatoriana de la Industria de la Innovación y Tecnología Agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> – Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional – Corporación para la Investigación Energética – Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar 	<ul style="list-style-type: none"> – Alianza para el Emprendimiento y la Innovación

País	Biotecnología	Bioenergía	Otros
México	<ul style="list-style-type: none"> – Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A. C. – Sociedad Mexicana de Biología Celular – Sociedad Mexicana de Ciencias Genómicas – Agro Bio México – Clústeres de biotecnología en Guanajuato, Jalisco, Morelos, Nuevo León y Querétaro 	<ul style="list-style-type: none"> – Red Mexicana de Bioenergía – Asociación Nacional de Energía Solar – Asociación Mexicana de Energía Eólica 	<ul style="list-style-type: none"> – Sociedad Mexicana de Bioquímica (SMB), A. C. – Laboratorio Nacional de Nanotecnología – Instituto Nacional de Medicina Genómica (Inmegen) – Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica A. C.
Perú	<ul style="list-style-type: none"> – Asociación Peruana para el Desarrollo de la Biotecnología 	<ul style="list-style-type: none"> – Cámara Peruana de Energías Renovables 	<ul style="list-style-type: none"> – Cámara Peruana de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
Uruguay	<ul style="list-style-type: none"> – Asociación Uruguaya de Biotecnología – Cámara Uruguaya de Semillas 	<ul style="list-style-type: none"> – Cámara Solar del Uruguay 	<ul style="list-style-type: none"> – Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadadas

Fuente: elaboración propia.

En el ámbito de la biotecnología destacan las asociaciones de semilleros y similares (Argentina, Chile y Uruguay) y las cámaras, consejos y asociaciones de empresas (Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay). También es destacable la existencia de centros de investigación con participación público-privada en Argentina (Instituto de Agrobiotecnología de Rosario), Chile (Instituto de Dinámica Celular y Biotecnología) y Costa Rica (Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas). Existen entidades dedicadas a la divulgación de información y desarrollo de la biotecnología en Argentina (Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología), Brasil (Consejo de Información sobre Biotecnología) y Chile (ChileBio). Y consorcios empresariales en Costa Rica (Consortio de Empresas de Biotecnología de Costa Rica) y Cuba (BioCubaFarma).

En materia de bioenergía dominan las entidades relacionadas con la producción de biocombustibles (Argentina, Brasil y Colombia), con las energías renovables en general (Argentina, Chile, Costa Rica y Perú) o en ámbitos específicos como la energía solar (Cuba, México y Uruguay) y

eólica (México). En términos de las materias primas para la producción de bioenergía destacan las entidades relacionadas con la producción de caña de azúcar (Brasil, Colombia y Ecuador) y palma aceitera o biodiésel (Brasil, Colombia y Ecuador).

En otros ámbitos destacan:

- En Argentina, la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, que ha sido pionera dentro del sector privado en la promoción e investigación en bioeconomía, habiendo elaborado la primera cuantificación de su importancia en la economía del país (Wierny, Coremberg, Costa, Trigo y Regúnada, 2015).
- En Brasil, el Centro de Gestión de Estudios Estratégicos, cuya misión es apoyar procesos de toma de decisiones en temas relacionados con la ciencia, la tecnología y la innovación, a través de estudios en prospección y evaluación estratégica basados en la amplia articulación con especialistas e instituciones del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CNPq).
- En Colombia, el Consejo Privado de Competitividad de Colombia, que está contribuyendo activamente en la construcción de una estrategia de bioeconomía para el país, así como la Corporación Biocomercio.
- En Costa Rica, el Centro Nacional de Alta Tecnología, con laboratorios en tecnologías habilitantes para el desarrollo de la bioeconomía (biotecnología, nanotecnología y tecnologías de la información y la comunicación).
- En Ecuador, la Alianza para el Emprendimiento y la Innovación, una red de actores públicos, privados y académicos que busca fomentar el emprendimiento y la innovación.
- En Uruguay, el Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas, una fundación independiente y sin fines de lucro, dedicada a difundir, investigar y capacitar en el uso de tecnologías apropiadas.

Además, existen entidades empresariales privadas en el ámbito del desarrollo sostenible en Argentina (Consejo Argentino para el Desarrollo Sostenible) y Perú (Cámara Peruana de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible).

Oportunidades y desafíos

En América Latina hay potencial para el desarrollo de la bioeconomía, como una alternativa para la diversificación productiva en el medio rural, especialmente en los sectores agrícola y agroindustrial. La biodiversidad (incluida la agrobiodiversidad), especialmente en países megadiversos y con ecosistemas únicos, la capacidad para producir biomasa para usos múltiples (alimentos, fibras, forrajes, bioenergía y bioproductos), y la disponibilidad de desechos agrícolas y agroindustriales

son tres recursos biológicos que pueden servir de base para estrategias nacionales y subnacionales de bioeconomía en América Latina.

Para aprovechar el potencial que ofrece la bioeconomía se requiere conocer adecuadamente la base de recursos biológicos de que se dispone y las capacidades científicas y tecnológicas que existen para su aprovechamiento. En el ámbito de la biodiversidad, un requisito para conocer ese potencial es su protección. Por lo tanto, las estrategias de bioeconomía basadas en la biodiversidad requieren esquemas institucionales que vinculen las políticas orientadas a su protección con políticas de innovación y desarrollo productivo.

La producción de biomasa para usos que no sean la alimentación (usos energéticos) debe balancearse con los objetivos de seguridad alimentaria y conservación y el desarrollo de nuevos sistemas productivos más intensivos y sostenibles, en los que se hace un uso más eficiente de los recursos energéticos, se reduce el uso de combustibles fósiles, de plaguicidas y de otros insumos derivados de la petroquímica. Todo ello abre oportunidades para la bioeconomía; por ejemplo, mediante aplicaciones biotecnológicas, la introducción de bioinsumos y la agregación de valor a la producción primaria. El aprovechamiento del potencial que ofrece la biomasa de desecho supone la elaboración de inventarios detallados de los diferentes tipos de biomásas disponibles, para determinar los potenciales técnicos de aprovechamiento, tomando en cuenta los remanentes que se deben dejar en el campo para el mantenimiento de servicios ecosistémicos necesarios para la producción agrícola. Ese conocimiento se debe complementar con la identificación de capacidades y deficiencias en la base industrial, que podrían potenciar o limitar su aprovechamiento.

Argentina y Colombia han tomado el liderazgo regional en el desarrollo de estrategias dedicadas de bioeconomía. Muchos otros países tienen en marcha o han desarrollado marcos de política en ámbitos relacionados —por ejemplo, políticas de innovación; estrategias de bioenergía, no solo en el ámbito de los biocombustibles; políticas de biotecnología; políticas forestales y de biodiversidad; políticas e iniciativas vinculadas a la acción climática, entre otros—. También hay iniciativas privadas o de colaboración público-privada, por ejemplo, en la producción de bioenergía, de desarrollo de aplicaciones biotecnológicas para la agricultura y de desarrollo de bioproductos, con una importante participación de pymes.

La revisión presentada evidencia que en la región ya hay mucho camino recorrido en el desarrollo de políticas públicas e institucionalidad relevantes para potenciar el desarrollo de la bioeconomía. También muestra que existen mecanismos de incentivos que pueden utilizarse con ese propósito y que en el sector privado existen instancias con las cuales iniciar procesos de diálogo sobre políticas para la bioeconomía. La elaboración de estrategias de bioeconomía en los países de la región, por lo tanto, debería partir de la identificación y articulación de las iniciativas que ya

existen, junto a procesos de diálogo con el sector privado y otros actores relevantes, especialmente en la comunidad académica y de investigación.

En diversos foros se ha reconocido el potencial de la bioeconomía para los países de la región (por ejemplo, Cepal, 2015, 2018); pero se reconoce también que su aprovechamiento puede verse obstaculizado por factores como: a) falta de marcos regulatorios adecuados, b) marcos normativos inadecuados y desarticulados, c) insuficiente coordinación de las capacidades técnicas y tecnológicas existentes, d) restricción a la entrada en el mercado de las pequeñas empresas de bioeconomía y e) falta de financiación para la creación de empresas innovadoras de bioeconomía.

Por lo tanto, desarrollar el potencial de la bioeconomía requiere acciones en varios frentes, especialmente:

- Marcos reglamentarios adecuados en ámbitos como la bioseguridad y la regulación de los riesgos biológicos, la protección de la biodiversidad, el acceso a los recursos genéticos, la reglamentación de los OGM, la protección de los derechos de propiedad y los requisitos en materia de patentes.
- La articulación de iniciativas de política ya existentes, especialmente en investigación, desarrollo e innovación en esferas como la energía no fósil limpia, la biotecnología en la agricultura, la salud humana y animal, el desarrollo agrícola sin carbono, los pagos por servicios ecosistémicos y las mejoras en la eficiencia y sostenibilidad del sistema alimentario.
- Una mejor coordinación de las capacidades técnicas y tecnológicas que ya existen en los países.
- Las políticas para pymes bioeconómicas destinadas a crear capacidades, facilitar la entrada en mercados concentrados y proporcionar financiación adecuada para emprendimientos innovadores.

Otros factores habilitantes que destacan son la necesidad de:

- Promover una mejor comprensión del concepto de bioeconomía.
- Promover el diálogo sobre políticas, el intercambio y la comprensión entre los actores interesados en la bioeconomía, públicos y privados.
- Fortalecer la comprensión del potencial de la bioeconomía y el crecimiento bioeconómico para un desarrollo inclusivo, competitivo y sostenible.
- Sistematizar experiencias exitosas de bioeconomía, especialmente en el desarrollo de mercados y de negocios, la colaboración público-privada y la colaboración universidad-empresa.

- Promover el intercambio de experiencias exitosas de bioeconomía de la región en los ámbitos local, nacional y regional.
- Explorar vías para el desarrollo de la bioeconomía que podrían ser de interés nacional.
- Elevar la bioeconomía a un plano político más alto, reforzando sus contribuciones potenciales para pavimentar el camino hacia una economía descarbonizada, un mejor ambiente y sociedades más inclusivas.

Referencias

- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Nueva York: Morrow.
- Brosowski, A., Thrän, D., Mantau, U., Mahro, B., Erdmann, G., Adler, P., Stinner, W., Reinhold, G., Hering, T. y Blanke, C. (2016). A review of biomass potential and current utilisation: Status quo for 93 biogenic wastes and residues in Germany. *Biomass and Bioenergy*, 95, 257-272. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.10.017>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2015). Seminario Internacional Bioeconomía alc 2015. Santiago de Chile, 7 y 8 de octubre de 2015, organizado por la Unidad de Desarrollo Agrícola, dppm/Cepal y alcue-net.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2018). Seminario Regional Bioeconomía ALC 2015. Santiago de Chile, 24 y 25 de enero de 2018, organizado por la Unidad de Desarrollo Agrícola (DDPE) y la Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible, como parte del programa de trabajo Cepal-Francia, con la colaboración de la Cooperación Alemana y de FAO/RLC.
- El compromiso del gobierno con la bioeconomía. (2016). *Eje 21*. Recuperado de <http://www.eje21.com.co/2016/09/el-compromiso-del-gobierno-con-la-bioeconomia>
- El-Chichakli, B., Braun, J. von, Lang, C., Barben, D. y Philp, J. (2016). Five cornerstones of a global bioeconomy. *Nature*, 535(7611), 221-223. Recuperado de <https://www.nature.com/news/policy-five-cornerstones-of-a-global-bioeconomy-1.20228>
- Frosch, R. A. y Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144-152. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0989-144>.
- Hess, J. R., Lamers, P., Stichnothe, H., Beer mann, M. y Jungmeier, G. (2016). Bioeconomy strategies. En Lamers et al. (Eds.), *Developing the global bioeconomy*. Cambridge: Academic Press-Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805165-8.00001-X>.
- Jungmeier, G. (2014). *The biorefinery fact sheet*. París: IEA Bioenergy Task 42 Biorefining. International Energy Agency.

- Koltuniewicz, A. y Dabrowska, K. (2016). Biorefineries: Factories of the future. *Chemical and Process Engineering*, 37(1), 109-119.
- Lombardi, R. y Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis, crossing academic–practitioner boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28-37.
- Pauli, G. (2011). *La economía azul*. Bogotá: Tusquets.
- Rodríguez, A. G., Mondaini A. O. y Hitschfeld, M. A. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto regional y perspectivas*. Santiago de Chile: Cepal.
- Ronzon, T. y Piotrowski, S. (2017). Are primary agricultural residues promising feedstock for the European bioeconomy? *Industrial Biotechnology*, 13(3), 113-127. <https://doi.org/10.1089/ind.2017.29078.tro>
- Sauvée, L. y Viaggi, D. (2016). Biorefineries in the bio-based economy: Opportunities and challenges for economic research. *Bio-based and Applied Economics*, 5(1), 1-4.
- Seminario bio Economía inaugura los festejos del Día Mundial del Ambiente. (2017, 5 de junio). Ministerio de Ambiente de Ecuador. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/seminario-bio-economia-inaugura-los-festejos-por-el-dia-mundial-del-ambiente/>
- Venkata Mohan, S., Nikhil, G. N., Chiranjeevi, P., Nagendranatha Reddy, C., Rohit, M. V., Kumar, A. N., Sarkar, O. (2016). Waste biorefinery models towards sustainable circular bioeconomy: Critical review and future perspectives. *Bioresource Technology*, 215, 2-12. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.130>
- Wierny, M., Coremberg, A., Costa, R., Trigo, E. y Regúnaga, M. (2015). *Medición de la bioeconomía: Cuantificación del caso argentino*. Buenos Aires: Bolsa de Cereales de Buenos Aires.

Conclusión y perspectivas

Eduardo Trigo,* Guy Henry** y Elizabeth Hodson de Jaramillo***

La mayor fortaleza de América Latina y el Caribe para aprovechar el potencial de la bioeconomía está en su abundante, aunque poco explorada y escasamente valorizada, base de recursos biológicos. Para aprovechar estas ventajas es necesario pasar las acciones aisladas, poco coordinadas, a la definición de políticas y planes de Estado y a estimar los impactos sociales y económicos que generen (Aramendis, Rodríguez y Krieger, 2018). Como se puede evidenciar en los estudios de caso presentados en la obra, la región tiene mucho por ganar si adopta modelos de desarrollo fundamentados en los enfoques de bioeconomía, especialmente si se consideran los objetivos políticos, socioeconómicos y ambientales coincidentes en la mayoría de países de la región —Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) u otros—, y la oportunidad que significa su generosa dotación de recursos naturales.

La importancia de esta alternativa radica en su potencial para el desarrollo productivo de los países de la región y, particularmente, la revitalización del espacio rural, donde se encuentran, en muchos casos, las situaciones de pobreza más extrema. Más allá de esto, la bioeconomía permite replantear antiguas dicotomías entre agricultura e industria que, sin duda, han retrasado su adopción y desarrollo. Por otro lado, avanzar y alcanzar objetivos de sostenibilidad, hoy cada vez más importantes, tanto en la agenda regional, como a nivel global. La biodiversidad, incluida la agrobiodiversidad, en países megadiversos y con ecosistemas únicos, su capacidad para producir biomasa para diversos usos y la disponibilidad de residuos agrícolas y agroindustriales son ejemplos de recursos biológicos que pueden servir de base para la formulación e implementación de estrategias nacionales y regionales de bioeconomía y favorecer el desarrollo territorial (Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld, 2017).

Dada la gran heterogeneidad de las condiciones, las características, las capacidades y las múltiples políticas nacionales, el desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe

* Economista agrícola, Centro de Agronegocios y Alimentos, Universidad Austral, Rosario, Argentina. ejtrigo@gmail.com

** Bioeconomista. Líder en Sistemas Agroalimentarios Sostenibles del CIRAD-CIAT. Holanda. guy.henry@cirad.fr

*** Profesora emérita de la Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. ehodson8@outlook.com

difícilmente puede darse a través de una dinámica regional de bloque como ha ocurrido en la Unión Europea; inevitablemente, su evolución reflejará, como ya ha comenzado a hacerlo, la dinámica particular de cada situación. De hecho, eso es lo que reflejan las experiencias que hemos discutido, con marcadas diferencias en términos de escala, (de)centralización, institucionalidad, actores, ámbito y alcance. El caso de Argentina refleja, claramente, una lección muy interesante en cuanto a cómo sus capacidades en ciencia y tecnología, agricultura y agroindustria están sirviendo de plataformas iniciales y sobre cómo la diversidad de sus economías regionales se refleja en los senderos productivos que se han ido adoptando.

Por otro lado, en Brasil todavía existe el sesgo producido por la historia y el peso de la bioenergía (etanol de caña), aunque, de hecho, a nivel federal ya existe, dentro el Ministerio de Ciencia y Tecnología, un programa de bioeconomía y ya varios estados se encuentran avanzando con iniciativas propias (con fuerte impulso de sus asociaciones industriales). Colombia, por su parte, ha formulado recientemente un primer borrador de su estrategia de bioeconomía, dentro el ámbito de la llamada Misión Crecimiento Verde, la cual ya cuenta con un documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), máxima autoridad de Planeación, en el cual se formula la Política de Crecimiento Verde para el país.

En cuanto a los seis senderos para el desarrollo de la bioeconomía (*BE development pathways*) inicialmente identificados en el desarrollo del proyecto ALCUE-KBBE (Towards a Latin American and Caribbean Knowledge Based Bio-Economy in partnership with Europe) (Hodson, 2014), sumado al análisis de los estudios de caso en los distintos países (Argentina, Colombia, México, Brasil, Chile y Costa Rica), así como la información secundaria disponible sobre algunos otros, muestra que las actividades e industrias biobasadas inicialmente se incrementaron con fuerza principalmente en los senderos de bioenergía y biotecnología (OGM), complementados por una fuerte adopción de prácticas culturales ambientalmente amigables, como la labranza mínima o no labranza (*zero tillage*), más que todo en el Cono Sur. En la actualidad, la región muestra amplia evidencia de una evolución hacia bioprocesos y bioproductos cada vez más valorizados. Al mismo tiempo, sus productos en cascada muestran cada vez más amplitud en sus usos. Un ejemplo es el constante incremento en el uso de biomasa residual y flujos de desechos o subproductos por parte de las agroindustrias, e incluso el uso de residuos urbanos de distinto tipo para la producción de bioenergía y otros biobasados (véase Groba, 2018).

Tal como lo presenta Adrián G. Rodríguez en el capítulo 9 de la presente obra, la mayoría de los países cuenta con marcos institucionales (normas, regulaciones, agencias y fondos promocionales) directa o indirectamente vinculados con la bioeconomía. Sin embargo, no se puede decir que las políticas públicas hayan sido la principal fuerza inductora de los desarrollos

que se observan en la región; por el contrario, la falta de incentivos (créditos, fortalecimiento institucional, capacitación tecnológica), formación de recursos humanos y la presencia de normas demasiado restrictivas en cuanto al acceso a los recursos naturales (RRNN) son identificadas frecuentemente como barreras para promover la implementación de la bioeconomía y una mayor producción de productos, procesos y servicios nacionales biobasados.

En línea con lo anterior, el análisis de las distintas experiencias resalta la importancia de los nuevos conocimientos y las políticas de ciencia, tecnología e innovación durante las etapas iniciales del desarrollo de la bioeconomía; una observación paralela con lo que se ha observado en otras partes del mundo (Unión Europea y Estados Unidos), donde las innovaciones en procesos y productos han sido, indudablemente, ejes estratégicos. Esto también cuenta del lado de las limitaciones para avanzar con productos y procesos novedosos para una mayor penetración de mercados nacionales o internacionales. En general, avanzar en este tipo de senderos requiere contar con el establecimiento de nuevas empresas y la región, en términos generales, no tiene un historial de buen desempeño en este rubro. A pesar de la existencia de programas públicos de promoción de la innovación, la debilidad de los mercados de capitales dificulta el acceso a los fondos necesarios para financiar las inversiones requeridas para el generalmente costoso proceso de ingreso al mercado que enfrentan las pequeñas empresas y laboratorios.

Esto ha llevado a que, en esta primera fase del ciclo, el liderazgo del proceso haya estado en los productos más “comunes/tradicionales” con mercados más constituidos y, consecuentemente, menores riesgos tecnológicos y de mercado, que los productos nuevos de alta tecnología, para los cuales el ingreso a los mercados es mucho más complejo. En este sentido, los procesos y los productos asociados a la bioenergía y el aprovechamiento de residuos parecerían ser los que más han avanzado, *vis a vis* los más innovadores, y de mayor potencial a largo plazo, como podrían ser los derivados de un mayor aprovechamiento de los inmensos recursos de la biodiversidad disponibles en la región. Esta situación ha sido resaltada en casi todos los capítulos de este libro y pone de manifiesto el potencial para la región de la valorización de la biomasa residual como fuente de biomasa abundante y económica, la cual también genera un impacto sobre el medio ambiente muy significativa, y que es uno de los impulsores (*drivers*) más significativos para el futuro desarrollo de la bioeconomía en los países de región.

En este sentido, es particularmente relevante la visualización de las tres categorías/grupos de biomasa presentada en el capítulo anterior de políticas públicas: a) la materia prima de los cultivos, donde hay consideraciones importantes de posible competencia con seguridad alimenticia y de medio ambiente; b) la biodiversidad, de particular dimensión en la región, por ser una de las áreas de mayor diversidad en el mundo, y está condicionado a resolver desafíos importantes al respecto

de normas, mercados, políticas, institucionalidad, etc., y c) los flujos de residuos (*waste streams*), donde las controversias son mucho menores, dado que generan, además, efectos ambientales positivos importantes, pero aun así demandan nuevas normas y políticas.

Un aspecto directamente vinculado a esta situación es la existencia de un bajo grado de integración entre la academia, como generadores de nuevos conocimientos (ideas, información, procesos, tecnologías y productos), y la industria, como consumidor, procesador y vendedor de estos productos. Este tema, por cierto, no es nuevo ni exclusivo de la bioeconomía, sino que más bien afecta todo el espacio de la innovación; sin embargo, influye especialmente en este caso como consecuencia de que muchos de los procesos no solo son disruptivos en lo tecnológico, sino que, adicionalmente, acarrear la necesidad de otros tipos de transformaciones, tanto “aguas arriba” (nuevos insumos y cadenas logísticas) como “aguas abajo” (regulaciones y mercados), situaciones que se ven acrecentadas por la escasez de capital de riesgo y, en muchos casos, regulaciones no pensadas en función de las características y necesidades de los nuevos productos biobasados.

Todo lo anterior enfatiza el requerimiento urgente para la región de fortalecer capacidades científicas y tecnológicas mediante múltiples actividades de formación, que incluye desde títulos académicos superiores (maestrías y doctorados), entrenamientos específicos en áreas de interés prioritario, hasta el desarrollo de competencias en gestión y negociación; adicionalmente, como componente esencial para la competitividad, conocimiento y aplicación adecuada de todas las normas y estándares internacionales para la introducción de los avances productos, procesos y servicios obtenidos mediante las actividades en bioeconomía.

Todos estos aspectos resaltan el papel clave que desempeñan los temas vinculados a la gobernanza y las políticas de promoción de la bioeconomía. Consideraciones como inventarios detallados de las distintas fuentes de biomasa disponible por país, por región, por cultivo, etc.; la participación abierta y efectiva de todos los interesados (*stakeholders*); el contar con mecanismos de coordinación permanente, para la formulación y el manejo de la política/estrategia de bioeconomía; la articulación entre los enfoques nacional y regional, en el marco de una clara identificación de áreas y objetivos estratégicos; la formulación de políticas e instrumentos de apoyo a esas estrategias y objetivos, y el monitoreo permanente de su evolución, incluyendo consulta y retroalimentación con los interesados, son algunos de los temas específicos que hay que considerar.

Más allá de estos aspectos, el desarrollo futuro demanda una serie de acciones en diversas áreas, empezando por un mayor conocimiento y aceptación del potencial de la bioeconomía en todo el conjunto de la sociedad. Se ha avanzado mucho en la difusión de los conceptos que están por detrás de esta visión, pero aún hay poca información sobre su verdadero potencial, especialmente lo relacionado con cuál podría ser su contribución efectiva a la resolución de los problemas

de empleo y pobreza que enfrentan casi todos los países de la región. Toda la evidencia que se ha presentado a lo largo de este libro pone de manifiesto la necesidad e importancia de las nuevas instituciones y políticas públicas para que lo que parece ser una opción potencialmente relevante se transforme efectivamente en una nueva oportunidad para el desarrollo sostenido de la región; pero estas transformaciones difícilmente se concretan sin que haya una toma de conciencia en cuanto a los posibles beneficios.

Una vez que se avance en esta mayor conciencia, la agenda que debe emprenderse es larga, ya que se plantean nuevos desafíos y riesgos que deben ser incorporados de forma clara y precisa a la política y a los medios institucionales para que se materialicen esos beneficios. Muchos de estos problemas tienen que ver con las características particulares de las aplicaciones de la nueva biología a los sistemas productivos y la forma como se perciben y se diferencian de los sistemas tecnológicos convencionales; otros se originan en que los nuevos enfoques están asociados a sectores emergentes que, en algunos casos, implican importantes cambios en la forma en que se utiliza los recursos naturales, y como surgen y se integran a las nuevas cadenas de valor, que componen la bioeconomía.

En este sentido, de manera similar a lo ocurrido en ciclos económicos anteriores, la transición hacia la bioeconomía no implica solamente una base diferente de conocimiento. También exige cambios más amplios en la organización económica y social, al igual que en los comportamientos de los actores individuales —orientación de la inversión, decisiones productivas y elecciones del consumidor—. Muchas de estas están fuertemente influenciadas por políticas y regulaciones que ayudan a generar y a contener los nuevos procesos, al igual que manejar los costos de transacción involucrados en la movilización de situaciones “viejas” a “nuevas”. Las visiones de la nueva bioeconomía reflejan, mayormente, las consecuencias futuras de las actuales prácticas económicas; eventos futuros que ya se están dejando ver en situaciones concretas, pero que todavía no se están reflejando en las señales de mercado actuales. En términos generales, el común denominador del sistema emergente es la creciente complejidad del nuevo ambiente comparado con el de los sistemas ya existentes, y este es quizás el criterio básico con que hay que encarar las futuras decisiones.

Referencias

- Aramendis, R. H., Rodríguez, A. G. y Krieger, L. F. (2018). *Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)-Agencia Alemana de Cooperación Internacional.
- Groba, A. (2018, 6 de octubre). Crece generación de energía con biomasa de la agroindustria. *La Nación*. Recupera de <https://www.lanacion.com.ar/2178859-crece-generacion-energia-biomasa-agroindustria>
- Hodson de Jaramillo, E. (Ed.). (2014). *Towards a knowledge based bio-economy in Latin America and the Caribbean*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rodríguez, A., Mondaini, A. O. y Hitschfeld, M. A. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto regional y perspectivas*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.