

**POTENCIAL DA BIOECONOMIA  
PARA A TRANSFORMAÇÃO  
DOS SISTEMAS ALIMENTARES**

Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), 2021.



Potencial da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares do IICA está publicado sob licença Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>) Baseada numa obra em [www.iica.int](http://www.iica.int)

O IICA promove o uso adequado deste material. Solicita-se que seja citado apropriadamente, quando for o caso.

Esta publicação também está disponível em formato eletrônico (PDF) na página institucional: <http://www.iica.int>

Autores: Hugo Chavarría, Eduardo Trigo, Carl Pray, Stuart J. Smyth, Agustín Torroba, Justus Wesseler, David Zilberman, Juan F. Martínez  
Coordenação editorial: Hugo Chavarría, Juan Fernando Martínez y Eduardo Trigo  
Edição mecânica: Miroslava González y Olga Patricia Arce  
Tradução: Máximo Araya  
Diagramação: Nadia Casullo  
Leiaute da capa: Nadia Cassullo  
Impressão: Gráfica do IICA.

Potencial da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares / Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. – São José, C.R.: IICA, 2021.  
47 p.; 21x16 cm.

ISBN: 978-92-9248-949-6  
Publicado também em espanhol e inglês

1. Bioeconomía 2. Sistemas alimentares  
3. Desenvolvimento sustentável 4. Inovação  
5. Desenvolvimento rural 6. Segurança alimentar  
I. Chavarría, Hugo II. Trigo, Eduardo III. Pray, Carl  
IV. Smyth, Stuart J. V. Torroba, Agustín VI. Wesseler, Justus  
VII. Zilberman, David VIII. Martínez, Juan F. IX. IICA  
X. Título

AGRIS  
P06

DEWEY  
338.19

São José, Costa Rica  
2021

# Sumário

<b>1</b>	<b>Apresentação</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Bioeconomia: conceitos e contribuições para os ODS</b>	<b>6</b>
	Aspectos conceituais da bioeconomia	6
	Contribuições da bioeconomia para os ODS	8
<b>4</b>	<b>Contribuições da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares</b>	<b>11</b>
	Os sistemas alimentares sustentáveis	11
	Vias de ação para transformar os sistemas alimentares	12
	Potencialidades da bioeconomia para transformar os sistemas alimentares da ALC	13
	1. Ganhos em eficiência e sustentabilidade nos processos dos sistemas alimentares graças à convergência tecnológica	14
	2. Possibilidade de transformar os territórios rurais para gerar renda, emprego e desenvolvimento	17
	3. Potencial das novas tecnologias para melhor aproveitamento dos recursos dos sistemas alimentares por meio da agregação de valor em cascata	20
	4. Promoção da melhoria na nutrição e na saúde	23
	5. Contribuição para a sustentabilidade ambiental e a resiliência climática	25
<b>5</b>	<b>A agenda pendente de promoção do papel transformador da bioeconomia nos sistemas alimentares da ALC</b>	<b>30</b>
	Desafios e tarefas pendentes	30
<b>6</b>	<b>Referências bibliográficas</b>	<b>36</b>

# 1

## Apresentação

Este documento pretende ser um instrumento de reflexão e análise dirigido às audiências globais e regionais que podem influir no fortalecimento e na transformação dos sistemas alimentares da América Latina e do Caribe (ALC), como os governos nacionais e regionais, os organismos de cooperação internacional, as agências de desenvolvimento, os bancos multilaterais e os doadores.

Este material faz parte do processo de diálogo e construção de propostas de ação que o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) está liderando na região frente à Cúpula sobre os Sistemas Alimentares que se realizará neste ano.

O documento contou com contribuições valiosas de diversas pessoas e organizações nas diferentes etapas do seu desenvolvimento. Gostaríamos de agradecer aos colaboradores deste material pelo tempo e pelos conhecimentos incorporados no seu conteúdo.

A elaboração deste documento foi coordenada por Hugo Chavarría (IICA), e dela também participaram Eduardo Trigo (IICA), Carl Pray (Rutgers the State University of New Jersey), Stuart J. Smyth (University of Saskatchewan), Agustín Torroba (IICA), Justus Wesseler (Wageningen University & Research), David Zilberman (University of California at Berkeley) e Juan F. Martínez (Consultor do IICA).

Agradece-se a edição técnica de Marcelo Regunaga, Miroslava González e Rafael Aramendis (SURICATA SAS), bem como os comentários e a retroalimentação de Pedro Rocha, Marvin Blanco, Caio Rocha, Daniel Rodríguez, Joaquín Arias, Diego Montenegro, Santiago Vélez, Carlos Menéndez, Eugenia Salazar e Luis Morán (todos do IICA), e de Roberto Bisang (Argentina), Carlos Pomareda, Guy Henry (CIRAD), Guillermo Anlló (UNESCO) e Lucia Ptitaluga.

Agradecemos também as contribuições dos 78 especialistas que participaram do Diálogo Independente da Cúpula “A bioeconomia e a transformação dos sistemas alimentares da ALC”, organizada pelo IICA com o Consórcio Internacional de Pesquisa em Biotecnologia Aplicada (ICABR), a Bolsa de Cereais de Buenos Aires, o Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrícola para o Desenvolvimento (CIRAD), Allbiotech e Suricata. As contribuições geradas nesse encontro foram de grande utilidade para enriquecer este documento.

# 2

## Introdução

Este documento tem como objetivos identificar, analisar e visibilizar o papel que a bioeconomia pode desempenhar no fortalecimento e na transformação dos sistemas alimentares, em particular na ALC. Para alcançar isso, são desenvolvidos três grandes temas:

- 1.** Bioeconomia: conceitos e contribuições para os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS);
- 2.** Contribuições da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares;
- 3.** A agenda pendente para a promoção do papel transformador da bioeconomia nos sistemas alimentares da ALC.

Na primeira seção, analisam-se o conceito da bioeconomia, os seus propulsores e a sua relação com outros enfoques de desenvolvimento sustentável; também se abordam as contribuições da bioeconomia para os ODS da Agenda 2030.

A segunda seção – a de maior desenvolvimento de todo o documento – enfatiza as potencialidades da bioeconomia para aumentar a eficiência, a agregação de valor e a sustentabilidade nos processos do sistema alimentar, transformar os territórios rurais, potencializar o aproveitamento dos recursos, melhorar a nutrição e a saúde e aumentar a sustentabilidade ambiental e a resiliência frente a eventos climáticos e de outra natureza.

O documento é concluído com uma terceira seção que analisa os desafios e a agenda pendente em matéria bioeconômica que permitirá que a ALC aproveite ao máximo o potencial de transformação da bioeconomia nos sistemas alimentares da região.

## 3

## Bioeconomia: conceitos e contribuições para os ODS

Nesta seção, analisam-se o conceito de bioeconomia e a sua relação com outros enfoques econômicos (economia circular e economia verde) e com os ODS da Agenda 2030.

### Aspectos conceptuales de la bioeconomía

A definição mais amplamente reconhecida de bioeconomia foi proposta na Cúpula Mundial de Bioeconomia em 2018: bioeconomia é a produção, utilização e conservação dos recursos biológicos, incluindo os conhecimentos correlatos, a ciência, a tecnologia e a inovação, para proporcionar informações, produtos, processos e serviços a todos os setores econômicos com o objetivo de se avançar para uma economia sustentável (IACGB 2020).

Como enfoque de desenvolvimento sustentável, o conceito de bioeconomia surge no contexto da época atual, suscitado por diversos fatores, como os que aparecem na Figura 1.

### ■ FIGURA 1. PRIMEIROS PROPULSORES DA BIOECONOMIA



O conceito de bioeconomia também foi estimulado por outras variáveis científico-tecnológicas propostas por Kruger *et al.* (2020), Torres-Giner *et al.* (2020) e van Dijk *et al.* (2021). Estas variáveis são:

- os avanços na pesquisa e no desenvolvimento nas áreas das engenharias e das ciências biológicas;
- as tecnologias da quarta revolução industrial;
- a ciência e a tecnologia dos materiais (a nanotecnologia, por exemplo); e
- a digitalização (as tecnologias da informação e da comunicação (TIC) e a internet das coisas (IdC), por exemplo).

Todos esses elementos apontam para o aproveitamento da biomassa primária e residual (resíduos agrícolas e alimentares), não só para aumentar a reciclagem e abreviar as cadeias de suprimento, mas também como matéria-prima alternativa para a produção de combustíveis/energia, substâncias químicas, bioplásticos e produtos farmacêuticos, entre outros muitos (Usmani *et al.* 2021). A expectativa é que as futuras inovações na bioeconomia, como a biologia sintética, os novos cultivos fixadores de nitrogênio, os nanofertilizantes etc. (Herrero *et al.* 2020), gerem mais impactos positivos na sustentabilidade (Biber-Freudenberger *et al.* 2020).

A bioeconomia apresenta semelhanças e diferenças frente a outros conceitos que também são considerados enfoques de desenvolvimento sustentável, como a economia circular e a economia verde (D'Amato *et al.* 2017).

## ■ QUADRO 1. SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS ENTRE A BIOECONOMIA E OUTROS ENFOQUES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VARIÁVEL	BIOECONOMIA	ECONOMIA CIRCULAR	ECONOMIA VERDE
Redução de gases de efeito estufa (GEE)	●	●	●
Eficiência no uso de energia	●	●	●
Eficiência no uso de materiais	●	●	●
Preservação dos recursos naturais	●	●	●
Consumo responsável	●	●	●
Inclusão social	●	●	●
Enfoque científico e tecnológico	●		
Inovação e transformação (estruturas produtivas)	●		

Sobre as diferenças indicadas no Quadro 1, o enfoque científico e tecnológico da bioeconomia permite o conhecimento profundo dos recursos naturais, dos ecossistemas e dos serviços que eles prestam; além disso, a capacidade de inovar e transformar possibilita incidência nas estruturas produtivas, o que inclui o uso do conhecimento para o processamento e a criação de cadeias de agregação de valor em cascata (que levam ao máximo valor possível). Essas potencialidades para o desenvolvimento poderiam se expressar em:

- geração de melhores empregos, renda e novos encadeamentos produtivos;
- maior segurança alimentar;
- sustentabilidade ambiental e mitigação – adaptação à mudança do clima; e
- melhorias na competitividade do setor agrícola e dos territórios rurais.

Esse potencial produtivo, comercial e social da bioeconomia (em particular nas zonas rurais) já foi constatado e analisado em diversos estudos levados a cabo no mundo todo. Por exemplo, em 2017 a bioeconomia gerou na Argentina mais de 2,47 milhões de empregos diretos (Coremberg 2019), e na Colômbia se espera que gere 2,5 milhões de novos empregos nos setores da bioeconomia a partir da estratégia nacional recém-lançada (Governo da Colômbia 2020).

### **Contribuições da bioeconomia para os ODS**

Dadas as oportunidades oferecidas pela bioeconomia, as políticas e os instrumentos que a promoverem apoiarão a especialização inteligente dos territórios agrícolas e rurais, além de solucionar os desafios postos nos ODS da Agenda 2030. Dessa forma, se conseguirá reduzir as desigualdades locais e potencializar a geração de oportunidades com fixação territorial baseada no enfoque de sustentabilidade.

A utilização dos indicadores dos ODS no acompanhamento e na avaliação da bioeconomia demonstrou vínculos entre ela e a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (Calicioglu *et al.* 2021). Na análise das estratégias nacionais de bioeconomia, foram identificados diferentes ODS pertinentes em matéria de bioeconomia, como:

- A economia baseada em produtos biológicos pode desempenhar um papel fundamental na descarbonização do planeta (ODS 13: ação pelo clima), na produção de bioinsumos agrícolas e alimentos saudáveis e na intensificação sustentável da produção agrícola (ODS 2: fome zero; ODS 3: saúde e bem-estar; e ODS 15: vida de ecossistemas terrestres).
- Além disso, o fechamento dos ciclos de produção mediante o uso de biomassa residual melhora os indicadores de produção sustentável (ODS 12: produção e consumo responsáveis; e ODS 11: cidades e comunidades sustentáveis).



- outra contribuição desse novo paradigma é o desenho de biomateriais e a geração de diferentes tipos de bioenergia (ODS 9: indústria, inovação e infraestrutura; e ODS 7: energia acessível e não poluente), que ajudam a gerar novos postos de trabalho (ODS 8: trabalho decente e crescimento econômico) e promove o ODS 17 para potencializar parcerias e acordos de cooperação internacional em ciência e tecnologia (C&T).

O enfoque da bioeconomia como modelo de desenvolvimento que contribui para o cumprimento dos ODS relacionados com segurança alimentar e nutrição, saúde e bem-estar e água limpa e saneamento (Baumol *et al.* 1982) é analisado no Quadro 2.

## ■ QUADRO 2. CONTRIBUIÇÕES POTENCIAIS DA BIOECONOMIA PARA OS ODS

CONTRIBUIÇÃO POTENCIAL	ODS PARA OS QUAIS CONTRIBUI
<p>Modelos produtivos que aproveitam a ciência e a tecnologia para uso sustentável e eficiente dos recursos biológicos com vistas à produção local de substitutos de produtos petroquímicos (por exemplo, bioenergias, biofertilizantes ou bioplásticos) ou ao atendimento das demandas dos novos consumidores (como alimentos funcionais ou biocosméticos).</p>	<p><b>ODS 2:</b> fome zero  <b>ODS 3:</b> saúde e bem-estar  <b>ODS 7:</b> energia acessível e não poluente  <b>ODS 9:</b> indústria, inovação e infraestrutura  <b>ODS 13:</b> ação pelo clima</p>
<p>Uso de práticas produtivas que contribuem para a sustentabilidade e a resiliência ambiental, ao mesmo tempo em que agregam produtividade e eficiência.</p>	<p><b>ODS 13:</b> ação pelo clima  <b>ODS 15:</b> vida de ecossistemas terrestres</p>
<p>Sistemas de produção de economia circular por meio da utilização produtiva de biomassa de resíduos dos processos de produção e consumo.</p>	<p><b>ODS 11:</b> cidades e comunidades sustentáveis  <b>ODS 12:</b> produção e consumo responsáveis</p>
<p>Desenvolvimento de produtos, processos e sistemas, por meio da reprodução de processos e sistemas observados na natureza.</p>	<p><b>ODS 9:</b> indústria, inovação e infraestrutura  <b>ODS 14:</b> vida submarina  <b>ODS 15:</b> vida de ecossistemas terrestres</p>

<p>Biorremediação para enfrentar problemas de contaminação ambiental (por exemplo, a recuperação de solos degradados ou contaminados e o tratamento de águas para consumo humano e de resíduos).</p>	<p><b>ODS 6:</b> água limpa e saneamento <b>ODS 15:</b> vida de ecossistemas terrestres</p>
<p>Incremento na densidade econômica dos territórios rurais a partir de novos processos de industrialização e do uso local da biomassa para a geração de energias, bioprodutos e biosserviços.</p>	<p><b>ODS 7:</b> energia exequível e não poluente <b>ODS 8:</b> trabalho decente e crescimento econômico</p>

Fonte: Chavarría *et al.* 2020.

É importante esclarecer o seguinte: a) nem todos os benefícios dos ODS são exclusivamente atribuíveis à bioeconomia, pois muitas outras áreas econômicas, sociais e ambientais também são concorrentes para os fins dos ODS; e b) alguns condicionantes de ordem econômico/financeira, capacidade institucional e de recurso humano, regulamentações e normas permitirão que os benefícios da bioeconomia impactem positivamente os ODS.

# 4

## Contribuições da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares

Esta seção descreve as contribuições e as potencialidades da bioeconomia para aumentar a eficiência, a agregação de valor e a sustentabilidade nos processos do sistema alimentar, bem como para transformar os territórios rurais, potencializar o aproveitamento dos recursos, melhorar a nutrição e a saúde e aumentar a sustentabilidade ambiental e a resiliência diante de eventos climáticos e de outra natureza.

### Os sistemas alimentares sustentáveis

Sistema alimentar sustentável é o que garante a segurança alimentar e a nutrição de todas as pessoas sem pôr em risco as bases econômicas, sociais e ambientais das futuras gerações (FAO sem data).

■ FIGURA 2. O SISTEMA ALIMENTAR SUSTENTÁVEL



Fonte: Elaborado com base em FAO (sem data).

É cada vez mais forte a necessidade de se transitar para sistemas alimentares mais sustentáveis e equitativos; essa transformação implica disponibilizar alimentos saudáveis e nutritivos e, ao mesmo tempo, gerar oportunidades de subsistência e reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente ou os recursos naturais (von Braun et al. 2020).

### Vias de ação para transformar os sistemas alimentares

Em sincronia com a transformação para sistemas alimentares mais sustentáveis e equitativos, a Cúpula sobre Sistemas Alimentares da Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu cinco vias de ação (5VA) (Quadro 3), que pretendem direcionar a discussão global e servir de base para a construção participativa de propostas.

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

VIA DE AÇÃO	PROPÓSITO
	<p><b>Via de ação 1</b> Garantir o acesso a alimentos saudáveis e nutritivos para todos</p>
	<p><b>¿Via de ação 2</b> Adotar modalidades de consumo sustentáveis</p>
	<p><b>Via de ação 3</b> Incentivar a produção favorável à natureza</p>
	<p><b>Via de ação 4</b> Promover meios de vida equitativos</p>



**Via de ação 5**  
 Criar resiliência  
 diante das  
 vulnerabilidades,  
 comoções e  
 tensões

Assegurar a funcionalidade ininterrupta de sistemas alimentares sustentáveis em zonas propensas a conflitos ou desastres naturais, bem como promover ação mundial para proteger os suprimentos de alimentos dos efeitos das pandemias.

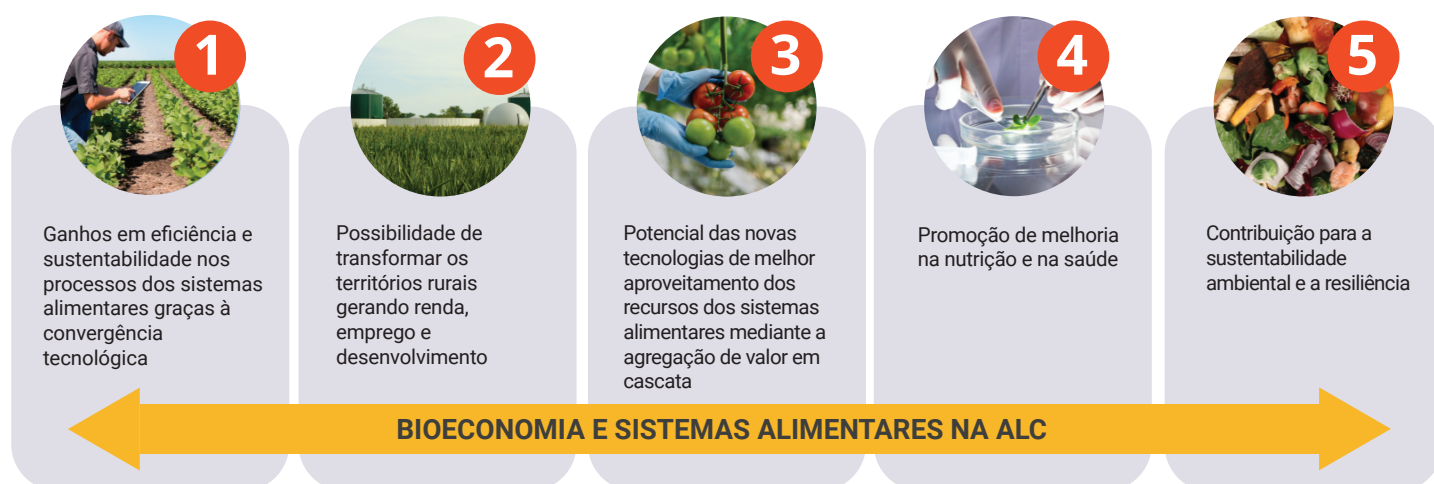
Fonte: Elaboração própria com base em ONU (sem data).

De acordo com o Quadro 3, a bioeconomia tem enorme potencial de contribuição em cada uma das vias de ação para transformar os sistemas alimentares. Essas possibilidades são abordadas na próxima seção.

### Potencialidades da bioeconomia para transformar os sistemas alimentares da ALC

No caso da ALC, o potencial da bioeconomia para apoiar a transformação dos sistemas alimentares é condicionado pela riqueza biológica da região, pela estrutura produtiva, industrial e comercial, pelas capacidades técnico-científicas e pelas condições socioeconômicas dos territórios rurais. A partir desses elementos, a Figura 3 mostra as principais potencialidades da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares da ALC.

#### FIGURA 3. POTENCIALIDADES DA BIOECONOMIA PARA TRANSFORMAR OS SISTEMAS ALIMENTARES DA ALC<sup>1</sup>



Fonte: Elaboração própria.

1. Deve-se ter presente o papel fundamental do conhecimento científico e tecnológico para se avançar na implementação da bioeconomia como modelo de desenvolvimento nos sistemas alimentares da região, para o que se pode optar pelas seguintes ações: a) desenvolver esquemas diferentes para trabalhar os recursos naturais e o conhecimento associado; b) elaborar e aplicar novas formas para aumentar, fortalecer, maximizar e promover o conhecimento científico e tecnológico em torno desses recursos; e c) achar consenso entre as duas visões anteriores, posto que não são excludentes.

Nos subtemas a seguir, aprofunda-se o alcance das potencialidades da bioeconomia para transformar os sistemas alimentares da ALC, bem como a sua vinculação com as vias de ação explicadas na seção anterior.

## 1. Ganhos em eficiência e sustentabilidade nos processos dos sistemas alimentares graças à convergência tecnológica<sup>2</sup>

Historicamente, a agricultura da ALC foi o motor de desenvolvimento interno e hoje é protagonista nos mercados internacionais; todavia, a estrutura produtiva e comercial da agricultura da região tem-se baseado em commodities agrícolas sem aproveitar grande parte da biomassa gerada. Em 2019, as exportações agroalimentares da ALC – segundo o seu valor – se comportaram da seguinte maneira (ITC 2021):

- 45% foram produtos primários agrícolas (capítulos 6, 7, 8, 9, 10 e 12 do HS);
- 21 % corresponderam a produtos primários de pecuária (capítulos 1, 2, 3, 4 e 5 do HS);
- somente 34% das exportações agroalimentares tinham algum nível de agregação de valor (capítulos 11 e de 15 a 24 do HS) (ITC 2021).

É indubitável que o uso de nova C&T para agregar valor aos recursos biológicos conduz a mercados mais rentáveis e sustentáveis. Cingiz *et al.* (2021) mostram os vínculos entre os diferentes setores da bioeconomia e estimam que eles contribuem com algo entre 30% e 50% para o valor agregado total da bioeconomia. É possível observar isso em indicadores como:

- Os produtos básicos da agricultura (grãos oleaginosos, farinhas, óleo vegetal, açúcar, cereais), que constituem a base das exportações agroalimentares da ALC, cresceram a taxas anuais inferiores a 4,45% na última década (Betancur *et al.* 2018);



### DADOS BÁSICOS DA AGRICULTURA DA ALC

- Em 2019, contribuiu com 4,7% do PIB e com 14% dos empregos da região (Banco Mundial 2021).
- Em 2019, participou com 14,3% do valor das exportações de produtos agroalimentares de todo o mundo (OMC 2021).
- Ocupou os primeiros lugares na exportação de frutas tropicais, café, raízes e tubérculos, oleaginosas, cereais e carnes, entre outros (OMC 2021).

2. Contribui para as vias de ação 1, 3 e 5.

- Os biocombustíveis, os bioplásticos e os biofertilizantes (setores de base biológica com maior agregação de valor) cresceram a uma taxa anual de 25%, 20% e 14%, respectivamente, nos últimos cinco anos (Betancur *et al.* 2018).

É prioritário reduzir-se a grande defasagem e desigualdade nos atuais rendimentos agrícolas, tanto entre os países da ALC como no interior deles próprios. Isso requer a conjugação do conhecimento científico e tecnológico proveniente de diversos campos, como biologia, tecnologias da quarta revolução industrial e engenharias, entre outras, para se reposicionar o papel dos recursos biológicos e melhorar a capacidade de compreensão e pleno aproveitamento das oportunidades que eles oferecem.

O avanço dos conhecimentos em C&T aumenta a eficiência e a produtividade, fazendo ressaltar o valor intrínseco potencial dos processos naturais e biológicos (IACGB 2020). Alguns dos impactos da C&T são (Lokko *et al.* 2018, Malyska *et al.* 2018, Akutse *et al.* 2020):

- Aumento da produtividade da biomassa (incluídos os resíduos) e desenvolvimento de novos bioprodutos de alto valor agregado, como nutracêuticos, bioenergia e outros materiais biológicos utilizados nos setores cosmético, farmacêutico e químico, entre outras.
- Geração de uma gama de novos serviços e atribuição de um valor maior à biodiversidade, como, por exemplo, a gestão integrada de pragas baseada em novos pesticidas e fertilizantes biológicos.

O impacto dessas tendências é maior porque, ao interagirem entre si, as diferentes disciplinas (biologia, biotecnologia, química, nanotecnologia, ciência dos dados, TIC, engenharia, reprodução, saúde e outras) estimulam o progresso de cada campo específico (MIT 2005, Park 2017). Graças a essa convergência tecnológica, a bioeconomia incide na melhoria da produtividade e sustentabilidade dos recursos biológicos, por exemplo, mediante:

- o desenvolvimento de variedades de plantas e animais resistentes a doenças e pragas;
- o aprofundamento no conhecimento dos solos e da sua microbiologia, que oferecem alternativas para o uso eficiente dos insumos a partir da agricultura de precisão.



## DADOS BÁSICOS DA AGRICULTURA NA ALC

### Desigualdade nos rendimentos agrícolas entre países (FAO 2020):

- Café: entre 0,2 e 1,9 t/ha
- Arroz: 0,9 e 8,6 t/ha
- Cana-de-açúcar: entre 20 e 129 t/ha
- Milho: entre 0,8 e 11,9 t/ha
- Trigo: entre 15 e 5 t/ha

Na agricultura familiar, os rendimentos podem representar menos de 50% dos rendimentos da agricultura comercial (CEPAL *et al.* 2014).

Em paralelo, a convergência tecnológica entre as TIC e a digitalização contribuiu para uma visão renovada e modernizada dos sistemas alimentares, das cadeias de valor agregado e do comércio internacional.

As TIC e a digitalização têm o potencial de aumentar a eficiência e a sustentabilidade das cadeias de suprimento agrícolas e alimentares, bem como das novas formas de industrialização da biomassa. É necessário mencionar que – em todos os casos – o uso dessas tecnologias (Figura 4) deve ser ético.

## ■ FIGURA 4. EXEMPLOS DE NOVAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA

	<p><b>Big data:</b> maneja grandes volumes de dados de diversas fontes para estabelecer análises preditivas que permitem a tomada de decisões mais acertadas em campo.</p>
	<p><b>Blockchain:</b> possibilita a operação de sistemas de rastreabilidade para produtos agropecuários e alimentícios ao longo das diferentes cadeias de valor agrícolas e permite acompanhamentos adequados do uso de resíduos.</p>
	<p><b>Inteligência artificial:</b> permite monitorar solos e cultivos e gerar algoritmos de processos de informação e modelos de aprendizado.</p>
	<p><b>Sensores remotos:</b> capturam via aérea, terrestre ou por satélite informações dos cultivos ao longo do tempo.</p>
	<p><b>Geolocalização:</b> mediante sensores remotos, determina camadas de informações variáveis de uma determinada área ou terreno (GPS, SIG).</p>
	<p><b>Robótica:</b> permite a automatização de tarefas e processos de campo; também desenvolve e aplica equipamentos autônomos a certas atividades agrícolas.</p>
	<p><b>Internet das coisas:</b> coleta informações climáticas, ambientais ou agrônômicas e as envia para sistemas de processamento e análises de dados a fim de apoiar tomadas de decisão no campo.</p>



Independentemente do tipo de tecnologia adotada e dos fins que motivaram a adoção, esse processo se dá por etapas e é condicionado por múltiplos fatores, nos quais as habilidades digitais e o nível educacional dos agricultores, além do tipo de agricultura e da forma de inserção nos mercados, desempenham um papel fundamental. Seguem alguns exemplos relevantes de aplicações comerciais dessas tecnologias na ALC (Aramendis e Rodríguez 2021):

- **EIWA** (Argentina): usa plataformas digitais para a escolha de fenótipos a campo aberto que cobrem o ciclo completo de breeding, desenvolvimento e marketing;
- **SPACE AG** (Peru): combina dados capturados por drones e imagens de satélites e cria mapas digitais das diferentes zonas de cultivo;
- **I CROP** (Brasil): mediante softwares associados a redes meteorológicas, sensores remotos e monitores de irrigação otimizam o uso da água e o custo da energia;
- **AIMIRIN** (Brasil): desenvolve inteligência artificial para a simulação, o controle e a automatização de processos de combustão do bagaço da cana-de-açúcar para energia elétrica;
- **AGREE MARKET** (Argentina): plataforma global de trading de produtos básicos agrícolas que permite aos usuários comprarem ou venderem no seu dispositivo móvel ou de escritório.

É evidente que a região caminha para uma agricultura de precisão, digital e inteligente que, juntamente com outras tecnologias, se propõe a aumentar o valor e a eficiência das cadeias agroalimentares.

---

## 2. Possibilidade de transformar os territórios rurais para gerar renda, emprego e desenvolvimento<sup>3</sup>

---

Uma das principais questões em torno do potencial da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares da ALC provém das implicações de se passar de cadeias de valor baseadas em recursos fósseis para cadeias de base biológica.

---

3. Contribui para as vias de ação 4 e 5.

## ■ QUADRO 4. CARACTERÍSTICAS DAS CADEIAS DE VALOR BASEADAS EM RECURSOS FÓSSEIS E DE BASE BIOLÓGICA

CADENAS DE VALOR BASADAS EN RECURSOS FÓSILES	CADENAS DE VALOR DE BASE BIOLÓGICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• As matérias-primas fósseis são relativamente homogêneas.</li> <li>• As matérias-primas se extraem em grandes volumes de algumas poucas jazidas muito produtivas localizadas em zonas limitadas.</li> <li>• A matéria-prima se transforma em materiais para os setores energético, químico e da construção por meio de infraestruturas industriais e logísticas de grande escala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O carbono biológico (a biomassa) provém de um contexto muito descentralizado e de ampla cobertura territorial, devido à natureza diversa da agricultura, da pecuária, da pesca e da produção florestal.</li> <li>• Devido aos seus grandes volumes, à sua limitada vida útil e à sua baixa densidade energética e de carbono, não é economicamente viável transportar a biomassa por longas distâncias antes de processá-la.</li> <li>• A inconveniência do transporte da biomassa exige que as biorrefinarias sejam organizadas de forma descentralizada em locais próximos às zonas produtoras das matérias-primas.</li> <li>• As biorrefinarias não requerem a grande escala exigida pelas refinarias dos recursos fósseis.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

Essas características das cadeias de valor de base biológica promovem o aumento da “densidade” econômica dos territórios rurais, o que por sua vez gera uma transformação significativa do entorno rural e maior integração na sua economia local.

Em primeiro lugar, as cadeias de valor de base biológica implicam novas atividades – biorrefinarias e outras infraestruturas industriais e logísticas – no contexto econômico rural, o que agrega valor local e diversifica as fontes de renda e as oportunidades de emprego disponíveis. A maior densidade econômica cria mais oportunidades para os territórios rurais da ALC, altamente impactados por situações de baixa renda, desemprego, informalidade (76% dos ocupados), pobreza (45%, duas ou três vezes mais do que as taxas urbanas) e exclusão.

O uso da biomassa nas novas indústrias aumenta as oportunidades econômicas para os setores agrícolas e para os setores não agrícolas da região (geram 58% da renda dos territórios rurais) (OIT 2020).

A maior densidade econômica facilita a integração dos pequenos produtores da região aos mercados locais e lhes oferece oportunidades de inclusão nos novos clusters bioeconômicos. Além disso, essa densidade poderia reter os jovens rurais no seu lugar de origem.

Um segundo componente estratégico da bioeconomia como elemento transformador dos sistemas alimentares da ALC é dado pelas implicações da maior disponibilidade local de energia a preços competitivos para a atração de outras atividades econômicas, além das da cadeia de valor de base biológica propriamente ditas. Neste sentido, há muitas experiências de como no passado a eletrificação rural desencadeou processos de desenvolvimento local (Riva 2020).

Existem antecedentes de produção local de bioenergias em diversos países da ALC que viabilizaram o desenvolvimento de outras atividades produtivas, bem como acesso às comunicações (internet) e a níveis melhores de vida oferecidos pela energia elétrica (Regúnaga *et al.* 2019). As bioenergias poderiam reduzir o custo mediante a descentralização das redes energéticas de alto custo (um obstáculo contínuo para muitas zonas rurais, em particular nos países mais pobres). Também poderia melhorar o desempenho ambiental mediante o uso mais integrado da biomassa residual (Tamburini *et al.* 2020).

O suprimento de energia acessível e estável — cuja ausência constitui uma restrição crítica para o aumento na eficiência e na sustentabilidade dos sistemas alimentares — é oferecido de maneira crescente pela bioeconomia por meio de opções que não são competitivas frente à produção de alimentos (Gabashwe-diwe *et al.* 2019). Além disso, em uma região cada vez mais interconectada, as redes de bioeconomia emergentes (valor agregado, diversificação energética e produtiva) são uma estratégia viável para se reverter as condições que alimentam a emigração rural e tornar as zonas rurais mais competitivas para o desenvolvimento social e econômico (Hartley *et al.* 2019).



## DADOS BÁSICOS DA AGRICULTURA DA ALC




- A ALC concentra 50% dos postos de trabalho gerados pelo setor dos biocombustíveis no mundo. O Brasil lidera o ranking, empregando mais de 832 mil pessoas (Torroba 2020b).
- Na ALC, o setor rural concentra mais de 30,9 milhões de jovens com idade entre 15 e 29 anos. Destes, 9,6 milhões trabalham no setor agrícola.

### 3. Potencial das novas tecnologias para melhor aproveitamento dos recursos dos sistemas alimentares por meio da agregação de valor em cascata<sup>4</sup>

Na primeira potencialidade, destacam-se as novas tecnologias da bioeconomia para aumentar a produtividade e a segurança alimentar ao fazer uso de forma eficiente e amigável dos recursos naturais. A elas se adicionam os componentes resultantes do uso integral de toda a produção de biomassa descrita a seguir.

O aproveitamento integral e eficiente de toda a produção de biomassa para a obtenção de biomateriais contribui para a redução da emissão de GEE, a agregação de valor em cascata, a geração de novos empregos (e renda) e para fazer com que os sistemas alimentares sejam mais inócuos e produtivos. Como se observa no Quadro 5, são diversos os coprodutos gerados pelo craqueamento da biomassa.

#### ■ QUADRO 5. COPRODUTOS GERADOS PELO CRAQUEAMENTO DA BIOMASSA

	<p><b>Biomateriais energéticos:</b></p> <p>Refere-se aos biocombustíveis líquidos, sólidos e gasosos que, com o nome de “bioenergias”, representam 10% do suprimento mundial de energia primária (AIE 2019).</p>
	<p><b>Alimentos para consumo humano e animal:</b></p> <p>Produtos destinados à alimentação animal e humana (farinhas proteicas, tortas de pressão, bagaço, grãos secos/úmidos de destilaria com substâncias solúveis, proteínas texturizadas etc.).</p>
	<p><b>Produtos com alto valor agregado:</b></p> <p>Existe uma ampla gama de produtos com alto valor agregado que são processados pelas indústrias farmacêutica, alcoolquímica e oleoquímica, entre outras.</p>

Fonte: Elaboração própria.

4. Contribui para as vias de ação 1, 3, 4 e 5.

O craqueamento eficiente e integral da biomassa dá lugar à indústria “multiproducto” (Baumol *et al.* 1982), na qual a produção de coprodutos permite diversificar, complementar e distribuir os custos e tornar o sistema mais eficiente. Em paralelo, gera-se um sistema alimentar mais seguro e de maior resiliência, pois os biocombustíveis constituem uma reserva de matérias-primas que podem ser utilizadas como alimento em casos de crise ou de perda de colheitas e os bioinsumos (fertilizantes biológicos) permitem reduzir a dependência do mercado de insumos de origem fóssil.

Além disso, devido à estabilidade da demanda de matérias-primas geradas pela indústria dos biocombustíveis (em especial em cultivos plurianuais), os produtores de cultivos da ALC aumentaram e poderiam aumentar ainda mais os seus canais de vendas, o que permitiria ampliar o suprimento de matérias-primas envolvidas no processo. Atualmente, a proporção da produção de certos cultivos destinados a biocombustíveis na ALC é superior aos percentuais mundiais.

## ■ QUADRO 6. PROPORÇÃO DA PRODUÇÃO DE ALGUNS CULTIVOS DESTINADOS A BIOCOMBUSTÍVEIS

CULTIVO	PERCENTUAL MUNDIAL	PERCENTUAL DA ALC
MILHO	16 %	2 %
CANA-DE-AÇÚCAR	20 %	43 %
ÓLEO DE SOJA	19 %	31 %
ÓLEO DE PALMA	16 %	13 %

Fonte: Elaborado com base em Torroba (2020a).

O desenvolvimento e o fortalecimento da indústria dos biocombustíveis podem ser benéficos para os agricultores da ALC. Por exemplo:

- Pode-se reorientar a matéria-prima dos cultivos (em particular dos plurianuais) para essa indústria quando os preços das commodities agrícolas estiverem pouco atrativos.
- Essa indústria gera uma demanda diversificada de matérias-primas, cujo possível impacto positivo nos preços pode promover melhorias nas condições de vida dos agricultores da ALC (dos quais 60 milhões dependem diretamente do setor).
- A diversificação nas exportações de commodities agropecuárias — mediante a exportação de biocombustíveis — reduz a vulnerabilidade de alguns países da ALC que concentram as suas exportações em poucos produtos primários (Argentina, por exemplo).

A produtividade do setor dos biocombustíveis – base do craqueamento integral da biomassa – melhorou com o tempo. Isso pode ter efeitos muito positivos nos demais processos do sistema alimentar. No Brasil, por exemplo, o custo da produção de etanol da cana-de-açúcar se reduziu em 70% entre 1975 e 2010. Com os avanços da biotecnologia, o custo dos biocombustíveis e o seu impacto ambiental diminuirão e o seu valor agregado aumentará (Debnath *et al.* 2019).

Cabe destacar que o uso dos resíduos no craqueamento integral da biomassa – aproveitados na produção de biocombustíveis alternativos como biogás, biocombustíveis avançados etc. – oferece maior eficiência nos sistemas alimentares, pois permite transformar as perdas de matérias-primas ou os resíduos em energia de origem biológica.

Aramendis *et al.* (2019) indicam que o uso da biomassa residual<sup>5</sup> nas biorrefinarias pode provir de diferentes fontes, como:

- o setor agrícola (cultivos, descartes, frutas);
- o setor agrícola (cultivos, descartes, frutas);
- a indústria de criação de gado e de animais (resíduos das indústrias de carne, leite, produção animal);
- produtos, subprodutos e resíduos florestais (resíduos das indústrias primária e secundária da madeira, resíduos e subprodutos da indústria de celulose e papel); e
- lodos provenientes do tratamento de águas servidas, domésticas e industriais.

De todas as fontes mencionadas, pode-se obter um amplo conjunto de produtos que vão de eletricidade e calor, produtos energéticos (biocombustíveis sólidos e líquidos e biogás), produtos não energéticos (alimentos, rações, fertilizantes, bioprodutos, bioplásticos, bioadesivos, biolubrificantes etc.) a produtos bioquímicos vendidos como *commodities* ou *building blocks* para transformação posterior em bioprodutos (Aramendis *et al.* 2019).



## DADOS BÁSICOS DA AGRICULTURA DA ALC

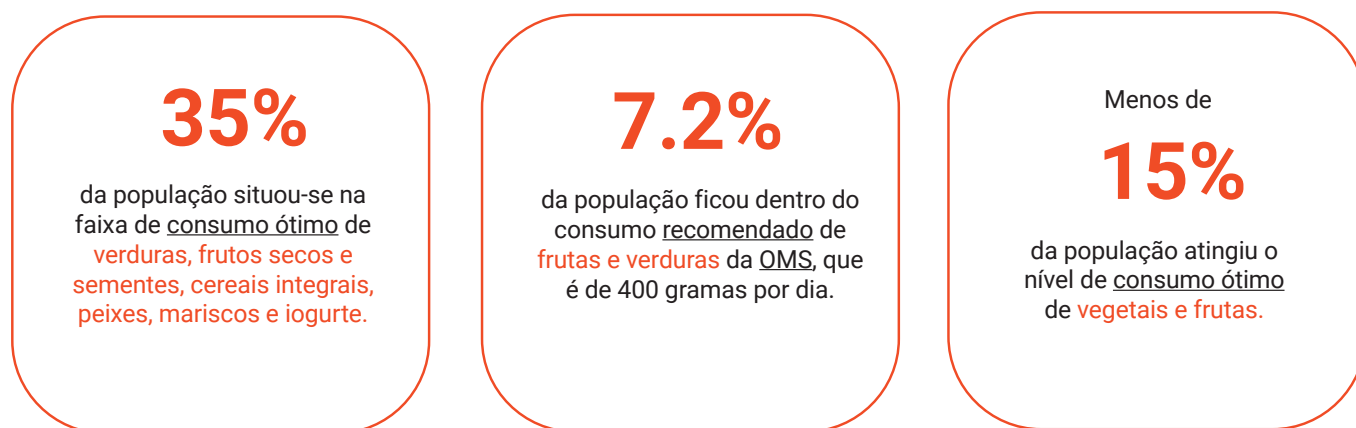
- Um caso relevante, digno de destaque, é o desenvolvimento e a implantação de minidestilarias em propriedades rurais agropecuárias para a transformação do milho em etanol para biocombustíveis e farelo preteinoso (burlanda) para alimentação animal. Isso permite uma redução na distância de transporte e o consequente aumento na rentabilidade e sustentabilidade dos negócios de base agrícola nas PMEs. Essa tecnologia foi desenvolvida e lançada recentemente na Argentina (Rosenstein 2017).

5. A modo de exemplo, o potencial dos resíduos mundiais procedentes da silvicultura, da agricultura e dos resíduos orgânicos é de 40 a 170 exajoules por ano (EJ/ano), com uma estimativa média de cerca de 100 EJ/ano para 2050 (IPCC 2012). Em 2006, os resíduos biomássicos gerados na Costa Rica continham a energia de 60.354 terajoules, com o que teria sido possível gerar quase 635 MW de eletricidade durante um ano (FAO 2013).

## 4. Promoção da melhoria na nutrição e na saúde<sup>6</sup>

Os resultados do Estudo Latino-Americano de Nutrição e Saúde (ELANS) sobre o consumo diário de dez grupos de alimentos em oito países da ALC mostram que a qualidade da dieta ingerida é deficiente em relação aos grupos de alimentos ricos em nutrientes, o que sugere um risco maior de doenças não transmissíveis (DNT) nas áreas urbanas da região nas próximas décadas. Isso indica que se devem tomar medidas urgentes de saúde pública com vistas a melhorar o consumo de alimentos críticos para se prevenir as DNT (Kovalskys *et al.* 2019).

### ■ FIGURA 5. RESULTADOS DO ESTUDO SOBRE CONSUMO DIÁRIO DE ALIMENTOS EM OITO PAÍSES DA ALC



Fonte: Elaborado com base em Kovalskys *et al.* (2019).

Embora a ALC não apresente níveis elevados de prevalência de subnutrição, na região ainda convivem alguns países, como Haiti, Venezuela, Nicarágua, Bolívia e Honduras, em que mais de 10% da população não pode adquirir alimentos suficientes para satisfazer as necessidades de energia alimentar mínimas diárias no período de pelo menos um ano (FAO 2018).

Especialmente na infância, a melhoria do teor nutricional do consumo diário de certos alimentos tem efeitos cotidianos e de longo prazo, como é o caso dos macronutrientes (proteínas, carboidratos, lipídeos e fibras) e micronutrientes (vitaminas, minerais e metabólitos funcionais), alimentos que contribuem para a redução do risco de cegueira por falta de vitaminas (Wessler *et al.* 2014, Dubock 2014). Além disso, o teor de nutrientes dos alimentos – em especial, a

6. Contribui para as vias de ação 1 e 2.

disponibilidade maior de minerais – fortalece o sistema imunológico e reduz o atraso no crescimento (Wessler *et al.* 2017). Dessa maneira, a bioeconomia pode oferecer contribuições substanciais para se melhorar a nutrição, a saúde e o estilo de vida na ALC. Pode-se alcançar isso por múltiplas vias, como as mencionadas no Quadro 7. As inovações nas tecnologias de fitomelhoria poderiam ter um alto impacto na transformação dos sistemas alimentares da ALC, uma vez que contribuiriam para melhorar a renda familiar, reduzir a pobreza e aumentar a segurança alimentar e nutricional (Klumper *et al.* 2014 e Subramanian *et al.* 2010).

## ■ QUADRO 7. CONTRIBUIÇÕES DA BIOECONOMIA PARA A MELHORIA DA NUTRIÇÃO

VIA DA CONTRIBUIÇÃO	DESCRIÇÃO
<b>Aplicação de tecnologias de fitomelhoria convencionais e/ou biotecnologia moderna</b>	Essas tecnologias visam a aumentar a quantidade e a qualidade nutricional dos alimentos. Alguns exemplos são: aumentar o teor das proteínas em canola, milho, batata, arroz e trigo; melhorar os teores de óleos e ácidos graxos em canola, milho, arroz e soja; melhorar os carboidratos em milho, batata, beterraba e soja; aumentar os níveis vitamínicos em batata, arroz, morango e tomate; e aumentar a disponibilidade de minerais em alface, arroz, soja, milho e trigo (Newell-McGloughlin 2014).
<b>Adoção de cultivos biofortificados</b>	A adoção desses cultivos aumenta a disponibilidade de micronutrientes (Hefferon 2014).
<b>Diversificação das dietas</b>	Refere-se à variação das dietas, como as baseadas em microalgas e insetos que possuem um alto valor nutricional por seus teores de proteínas, ácidos graxos poli-insaturados, carboidratos bioativos e antioxidantes, inclusive pigmentos como carotenos, clorofilas e ficobiliproteínas (Melgar-Lalanne <i>et al.</i> 2019, Ordoñez-Araque <i>et al.</i> 2021 e Fernández <i>et al.</i> 2021).
<b>Novas fontes de alimentos</b>	Desenvolvimento de novas fontes de alimentos a partir da sua valorização.

Fuente: Elaboración propia.

A adoção de cultivos geneticamente modificados ou obtidos por novas técnicas de fitomelhoria também melhora a qualidade de vida e a saúde de agricultores e consumidores; por exemplo, estão documentados o controle de erva daninhas em milho geneticamente modificado (Gouse *et al.* 2016), a redução acumulada em 100 milhões de intoxicações por pesticidas no cultivo de algodão geneticamente modificado na Índia (Smyth 2020) e os benefícios para a saúde providos



da redução de micotoxinas cancerígenas, como as que estão no milho GM (Pellegrino *et al.* 2018).

Além de oferecer novos produtos alimentícios que melhoram a nutrição e a saúde, a bioeconomia promove a descoberta e a valorização de traços funcionais da biodiversidade local (genética de espécies e ecossistemas). Assim, os sistemas agroflorestais com árvores frutíferas autóctones e alimentos florestais tradicionais podem proporcionar os macro e os micronutrientes necessários para melhorar a segurança alimentar e nutricional (Chamberlain *et al.* 2020).

Todos esses elementos são fundamentais para a transformação dos sistemas alimentares de uma região que possui oito dos 15 países mais megadiversos, 50% da biodiversidade conhecida, 16% dos recursos de água marinhos e 23% das florestas do mundo (CEPAL *et al.* 2019). Todos esses processos são acompanhados pelo crescente interesse dos consumidores por produtos naturais e por tendências de consumo que transformam os sistemas alimentares e promovem novas cadeias de valor associadas à biodiversidade tropical e a outros ambientes da ALC.

Em síntese, as inovações da biotecnologia nos setores da agricultura e da alimentação têm o potencial de transformar os sistemas alimentares da ALC para se obter um suprimento maior de alimentos e uma alimentação mais nutritiva e saudável. Além disso, uma oferta maior de alimentos inócuos e nutritivos beneficia a saúde ao longo da vida, contribuindo para a redução das despesas dos sistemas de saúde.

---

## 5. Contribuição para a sustentabilidade ambiental e a resiliência climática<sup>7</sup>

---

As tecnologias e os investimentos na bioeconomia têm o potencial de vir acompanhados de ganhos ambientais substanciais nos sistemas alimentares, que podem contribuir para as estratégias e os esforços dos países da ALC para mitigar a mudança do clima e aumentar a sua resiliência ambiental. Algumas delas são ilustradas na Figura 6.

---

7. Contribui para as vias de ação 3, 4 e 5.

## ■ FIGURA 6. CONTRIBUIÇÕES BIOECONÔMICAS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E A RESILIÊNCIA CLIMÁTICA



BIOENERGIAS



APROVEITAMENTO DA BIOMASSA RESIDUAL



AGRICULTURA DE CONSERVAÇÃO



CULTIVOS GENETICAMENTE MODIFICADOS



SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

Fonte: Elaboração própria.

### As bioenergias e outros bioprodutos

Estima-se que as bioenergias mundiais geradas a partir de biomassa poderiam economizar 1,3 Bt de emissões equivalentes de CO<sub>2</sub> por ano, capazes de gerar 3.000 terawatts-hora (TWh) de eletricidade até 2050 (Zihare *et al.* 2018). Em conformidade com o Grupo Intergovernamental de Peritos sobre a Mudança do Clima (IPCC 2012), o bom uso da bioenergia pode reduzir significativamente as emissões de GEE em comparação com os fósseis alternativos.

Dentro das bioenergias, a produção de biocombustíveis é uma das indústrias de maior potencial de contribuição do ponto de vista ambiental. A sua contribuição para a redução das emissões acompanha todo o ciclo de vida do produto (desde o rendimento agrícola dos cultivos utilizados até as tecnologias aplicadas no processo de produção primária e industrial).

Isso ficou demonstrado em países da ALC como Argentina, onde o biodiesel produzido no período 2008-2018 permitiu economizar emissões de CO<sub>2</sub> equivalentes às geradas por 5 milhões de argentinos em um ano ou que teriam fixado 186.000 ha de florestas (INTA 2018).

Além disso, os produtos de base biológica não energéticos liberam menos GEE em comparação com os produtos básicos de carbono fóssil (Antar *et al.* 2021). Por exemplo, como na sua produção os bioplásticos consomem menos energia que os plásticos derivados do petróleo, eles tendem a emitir menos dióxido de carbono no seu ciclo de vida (Yadav *et al.* 2020).

### ■ FIGURA 7. PLANTA DE BIOCOMBUSTÍVEIS



## Aproveitamento integral da biomassa residual

A redução e o aproveitamento dos resíduos e desperdícios alimentares é outro aspecto em que a bioeconomia oferece a possibilidade de melhorar o desempenho ambiental dos sistemas alimentares da região. Anualmente, na ALC são desperdiçados mais de 127 milhões de toneladas de alimentos, quantidade suficiente para atender às necessidades nutricionais de 300 milhões de pessoas (Macias *et al.* 2020).

Devido aos avanços da C&T, a região dispõe de múltiplas tecnologias que permitem processar os resíduos e utilizá-los na produção de novos bioprodutos (nas indústrias alimentar, energética, química, farmacêutica e da construção). Isso tem um enorme potencial para a transformação dos sistemas alimentares da ALC, quando se considera que a biomassa residual da região é representada por 20% do arroz, 12% do peso em pé dos bovinos, 70% do peso do leite, 70%-80% do grão de café, 66% da cana-de-açúcar, 50% dos cítricos, 40% do abacaxi, entre outros (IICA 2019).

Os resíduos alimentares podem ser considerados uma matéria-prima barata para a geração de produtos de alto valor agregado, como biofertilizantes, biocombustíveis, biometano, biogás e substâncias químicas de valor agregado (Hassan *et al.* 2018). Essas novas indústrias têm o potencial de contribuir para os objetivos de mitigação da mudança do clima e para a sustentabilidade ambiental das atividades comerciais por substituírem produtos de origem fóssil que têm alta pegada de carbono. Além disso, promovem o uso de insumos (resíduos) que implicam alta geração de emissões de dióxido de carbono e contribuem para a mudança da matriz energética.

## A agricultura de conservação

A agricultura de conservação baseia-se no conceito fundamental do manejo integrado de recursos naturais (água, solo), agroecossistemas, controle biológico, práticas pertinentes e adaptáveis etc. Um exemplo dessa prática é a lavoura zero.

Alguns dos “ganhos ambientais” da bioeconomia nos sistemas alimentares da ALC se relacionam com redução nas emissões de GEE e economias no uso de produtos químicos resultantes da aplicação do pacote tecnológico, que inclui a lavoura zero e a melhoria genética para a obtenção de materiais vegetais com maior capacidade de captura de carbono e resistência a pragas e doenças.

Na década de 1990, a incorporação de sementes de canola, milho e soja tolerantes aos herbicidas proporcionou a transição de dezenas de milhões de hectares para a lavoura zero, com o que se reduziu o consumo de energia fóssil em relação às lavouras tradicionais. Além disso, a incorporação adicional de milho, algodão e soja resistentes aos insetos reduziu as aplicações de agroquímicos.

Ambas as inovações, a redução nas lavouras e as aplicações menores de substâncias químicas, beneficiaram significativamente o meio ambiente com 2,4 bilhões de quilos a menos de emissões de dióxido de carbono e 775 milhões de quilos a menos de ingredientes químicos ativos aplicados no mundo (Brookes et al. 2020). Estimou-se ainda que a produção e a comercialização de cultivos resistentes aos insetos diminuiu o uso global de pesticidas em 37% (Klumper et al. 2014).

O cultivo contínuo dos campos sem lavoura e com cultivos de cobertura está aumentando o sequestro e o armazenamento de dióxido de carbono nos solos. Isso tem contribuído significativamente para a recuperação da microbiologia e da capacidade produtiva de solos deteriorados com as lavouras convencionais, as quais têm um potencial de aquecimento global entre 26% e 31% superior ao das terras com lavoura zero (Mangalassery et al. 2014).

### Cultivos geneticamente modificados

Por sua vez, a utilização de cultivos geneticamente melhorados está promovendo a produção de cultivos mais sustentáveis dentro dos sistemas alimentares da região. Atualmente, a ALC cultiva mais de 80 milhões de hectares com diversas variedades de soja, milho e algodão melhorados, o que, além de aumentar a produtividade e contribuir para a segurança alimentar regional e global, reduz o consumo de agroquímicos (Chavarría et al. 2019).

Além desses cultivos tradicionais, a ALC avançou na pesquisa e definição de outros materiais vegetais modificados, como o feijão com tolerância ao vírus-do-mosaico-dourado, a batata com resistência ao vírus PVE, as alfafas com tolerância a herbicidas e teor menor de lignina, a soja e o trigo com tolerância à seca e a cana-de-açúcar com resistência a herbicidas e maior rendimento energético, entre diversos outros (Chavarría et al. 2019).

### ■ FIGURA 8. VARIEDADES DE ARROZ



Na ALC, dispõe-se de diversos estudos que avaliaram e confirmaram os ganhos ambientais dessas tecnologias desenvolvidas com a visão da bioeconomia nos sistemas alimentares da região; na Colômbia, por exemplo, os cultivos transgênicos reduziram em 26% o uso de inseticidas e herbicidas no período de 15 anos. Além disso, a adoção de milho e algodão GM impediu a liberação de 8.761 bilhões de quilos de dióxido de carbono para a atmosfera (Brookes 2020).

Na linha desses mesmos avanços também está o uso de novas técnicas de melhoria dos cultivos, como a edição de genes destinada a melhorar a capacidade das plantas de sequestrar quantidades maiores de dióxido de carbono, permitindo que a agricultura da ALC contribua mais fortemente para reduzir os impactos da mudança do clima (Ort *et al.* 2015).

### **Soluções baseadas na natureza**

A sustentabilidade ambiental dos sistemas alimentares da ALC seria altamente beneficiada se as soluções baseadas na natureza fossem aproveitadas em medida maior, pois isso geraria respostas multidimensionais aos problemas que afetam o homem e o meio ambiente. Como afirmam Meza *et al.* (2019), essa abordagem permitiria a utilização da engenharia ecológica e da engenharia de sistemas de captação, da infraestrutura verde e azul, do enfoque ecossistêmico, da mitigação e adaptação baseadas em ecossistemas, dos serviços ecossistêmicos e do capital natural para solucionar alguns dos entraves aos principais objetivos ambientais dos sistemas alimentares da ALC.

Entre essas aplicações se pode mencionar a purificação de água e a sua reutilização segura no agro, a recarga de águas superficiais e subterrâneas, a prevenção de desastres ambientais, a adaptação à mudança do clima mediante a agrobiodiversidade, a geração de renda alternativa para os produtores agrícolas com os serviços ambientais, a gestão integrada de pragas e doenças, a recuperação e remediação dos solos contaminados, a restauração das terras e dos pastos degradadas e a captura e o armazenamento de carbono. Estes são grandes desafios para uma região como a ALC, onde mais de 300 milhões de hectares de terras estão degradadas (IICA 2019).

#### **BOX 1**

### **SINERGIAS RESULTANTES DA VISÃO SISTÊMICA DA BIOECONOMIA**

Na seção das potencialidades da bioeconomia, descreveram-se os diversos tipos de contribuições da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares. Observa-se um enfoque sistêmico integral, o que dá lugar a sinergias entre os diversos aspectos descritos acima e promove a geração de clusters nos territórios rurais para o desenvolvimento econômico e social.

Assim, a bioeconomia propõe uma nova visão da mudança e da convergência tecnológica, porque não só se insere nas suas dimensões produtivas para atender ao aumento da competitividade, à melhoria nas receitas rurais e ao fomento da segurança alimentar, mas também promove todas as outras dimensões dos sistemas alimentares – as ambientais, econômicas e sociais.

# 5

## A agenda pendente de promoção do papel transformador da bioeconomia nos sistemas alimentares da ALC

Nesta terceira seção, são passados em revista os desafios e a agenda pendente da região em matéria de bioeconomia para que a ALC possa aproveitar ao máximo o potencial de transformação da bioeconomia nos sistemas alimentares da região.

### Desafios e tarefas pendentes

Como dissemos em outras ocasiões, a bioeconomia não consegue a transformação econômica, social e ambiental dos sistemas alimentares per se. Embora tenha um potencial enorme para fazê-lo, precisa resolver primeiro os desafios e as tarefas pendentes (Quadro 8).

#### ■ QUADRO 8. DESAFIOS E TAREFAS PENDENTES EM MATÉRIA DE BIOECONOMIA

CONTEXTO	DESAFIOS E TAREFAS PENDENTES
<b>DESAFIOS E TAREFAS PENDENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de regulamentações e normas</li> <li>• Desenvolvimento de capacidades de pesquisa</li> <li>• Fortalecimento dos serviços de apoio</li> <li>• Melhoria das capacidades dos atores</li> <li>• Estabelecimento de novas redes de valor da bioeconomia</li> </ul>
<b>REGIONAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratégias regionais de conscientização e convencimento</li> <li>• Estratégia regional de formação de capacidades</li> <li>• Coordenação em PDI entre agências regionais</li> <li>• Gestão de esforços econômicos entre agências regionais</li> <li>• Redes regionais de PDI para a bioeconomia</li> <li>• Espaços regionais de compartilhamento de experiências</li> <li>• Fundo para cadeias regionais da bioeconomia</li> </ul>

**INTERNACIONAL**

- Investimento em PDI
- Normas comerciais internacionais
- Sistemas de cooperação e financiamento internacional

Se os desafios e as tarefas pendentes não forem abordados, a bioeconomia poderá implicar riscos e desequilíbrios no aproveitamento sustentável da biodiversidade, na sustentabilidade ambiental, na concorrência pelo uso de solos, na distribuição equitativa de benefícios, na democratização do conhecimento e na inclusão da pequena agricultura.

**Contexto nacional**

É indispensável que se avance na formulação e implementação correta de regulamentações e normas para viabilizar o pleno aproveitamento das inovações da bioeconomia no sistema alimentar e garantir a sua realização em um quadro de segurança e sustentabilidade gerado a partir de bases científicas sólidas.

As regulamentações não devem limitar a implementação de oportunidades em produção, processamento, transporte e consumo, nem restringir sem necessidade o crescimento sustentável, o emprego e a resiliência. Deve-se levar em conta que algumas regulamentações são necessárias para promover o desenvolvimento dos mercados de alguns bens e serviços bioeconômicos (por exemplo, as misturas obrigatórias de biocombustíveis para o consumo de combustíveis).

Requer-se, além disso, a potencialização das capacidades de pesquisa (financeiras, humanas e tecnológicas), tanto da comunidade acadêmica como dos centros de pesquisa, a fim de se aproveitar as oportunidades oferecidas pela bioeconomia em inovações tecnológicas e sociais a serviço dos sistemas alimentares da ALC. Também se devem fortalecer os serviços de apoio (sobretudo financiamento) e os instrumentos para a criação e o fomento de mercados de bioprodutos, a fim de se promover o desenvolvimento de bioindústrias e cadeias de suprimento — baseadas nessas inovações — geradoras de emprego, renda e crescimento econômico.

Ademais, é indispensável fortalecer as capacidades (tecnológicas, organizativas e empresariais) dos atores dos sistemas alimentares da ALC (fornecedores de insumos, produtores, transformadores, comercializadores, distribuidores, consumidores etc.), para que possam aproveitar e converter em novos negócios as oportunidades de transformação oferecidas pelas inovações da bioeconomia. Isso é fundamental para a participação dos jovens, das mulheres e da agricultura familiar.

## BOX 2

**INCLUSÃO SOCIAL, FINANCIAMENTO E INOVAÇÃO**

Para os benefícios da bioeconomia impactarem a população e se estenderem por meio de redes de valor para todos os atores e setores do sistema alimentar (do pequeno e médio agricultor aos integrantes da indústria consolidada), é preciso desenvolver mecanismos associativos justos e equitativos e esquemas de financiamento inovadores.

As cooperativas de pequenos e médios agricultores — associadas como fornecedores em projetos locais — estão se mostrando um mecanismo idôneo para fazer com que os benefícios da bioeconomia garantam inclusão social e desenvolvimento local.

Para Rodríguez e Aramendis (2019) e Rodríguez *et al.* (2019), as novas modalidades de financiamento podem abordar algum dos seguintes instrumentos econômicos, financeiros e fiscais:

- desenvolvimento de associações público-privadas (APP) para a geração de fundos de investimento;
- combinação de instrumentos financeiros e não financeiros;
- incentivos à colocação de capital de risco;
- desenvolvimento de fundos para apoio a startups, MPMEs, PMEs e jovens empreendedores;
- alocação de capital semente para fins de aumento da capacidade de trabalho e para o desenvolvimento de capacidades empresariais;
- plataformas de financiamento para a inovação; e
- geração de instrumentos fiscais e tributários (subsídios, isenções, incentivos etc.).

É imprescindível implementar instrumentos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, entre os quais Aramendis *et al.* (2018) indicam os seguintes como os mais relevantes:

- geração de clusters empresariais;
- apoio a tecnologias habilitantes; e
- geração de plantas piloto e demonstrativas que permitam à sociedade visibilizar e apoiar programas e projetos de bioeconomia com benefícios locais e nacionais.



Devem-se incentivar a construção e o fomento de redes de valor da bioeconomia nos territórios rurais. Atualmente, elas são quase inexistentes pelo fato de os atores não trabalharem com um enfoque de rede, mas com a perspectiva de cadeia. Para isso, é necessário envolver os diferentes atores a fim de promover o aproveitamento e a industrialização mais eficientes e sustentáveis da biomassa e da biodiversidade disponíveis. Por exemplo, deve-se envolver o beneficiador de café que tem uma grande quantidade de resíduos não utilizados com os produtores de biofármacos, biofertilizantes ou produtos energéticos, os quais poderiam utilizar esses resíduos como matéria-prima para os seus processos.

### Contexto regional

No contexto regional, os países das Américas poderiam unir esforços para aproveitar melhor as oportunidades da bioeconomia.

## ■ QUADRO 9. DESAFIOS E TAREFAS PENDENTES EM BIOECONOMIA NO ÂMBITO REGIONAL

DESAFIOS E TAREFAS PENDENTES	DESCRIÇÃO
<b>Estratégias regionais de conscientização e convencimento</b>	Esforços coordenados para a gestão do conhecimento sobre as oportunidades e o potencial oferecidos pela bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares (focados em atores do setor público, da academia, do setor privado e da sociedade civil).
<b>Estratégia regional de formação de capacidades</b>	Formação de capacidades organizativas, empresariais e tecnológicas nos atores do sistema alimentar (sobretudo os produtores agroindustriais) para que possam aproveitar as inovações da bioeconomia e aumentar a eficiência e a sustentabilidade da produção e industrialização da biomassa e da biodiversidade.
<b>Coordenação em PDI entre agências regionais</b>	Coordenação, focalização e estabelecimento de prioridades de pesquisa, desenvolvimento e inovação entre as diversas agências regionais envolvidas no desenvolvimento da bioeconomia para a América Latina (por exemplo, IICA, BID, UNESCO, CAF, CEPAL, FONTAGRO, entre outros).

<p><b>Gestão de esforços econômicos entre agências regionais</b></p>	<p>Gestão de esforços econômicos entre agências regionais para a alavancagem de projetos com impacto regional que permitam aos governos e à população visibilizar as vantagens e os benefícios da bioeconomia nos sistemas alimentares (projetos demonstrativos e projetos piloto).</p>
<p><b>Redes regionais de PDI para a bioeconomia</b></p>	<p>Promover as redes regionais de pesquisa em tecnologias e inovações para a bioeconomia (focadas em sistemas alimentares). Também inclui o fortalecimento do capital humano dos pesquisadores (acadêmicos e cientistas) em novas ciências e tecnologias que promovam a eficiência e a sustentabilidade na produção e valorização da biomassa e da biodiversidade.</p>
<p><b>Espaços regionais para compartilhamento de experiências</b></p>	<p>Fortalecimento de espaços regionais para o compartilhamento de boas práticas e lições aprendidas em matéria de políticas, estratégias e investimentos da bioeconomia nos sistemas alimentares (rede latino-americana como antecedente).</p>
<p><b>Fundo para cadeias regionais da bioeconomia</b></p>	<p>Fundo para construção e fomento de cadeias regionais da bioeconomia a partir de consórcios público-privados nos territórios (semelhantes aos projetos europeus), com ênfase especial nos processos de incubação e aceleração de propostas de negócios da bioeconomia na agricultura e nos territórios rurais.</p>

### Contexto internacional

Entre os muitos esforços requeridos, destaca-se a cooperação internacional e regional para promover o investimento em matéria de PDI, mas é necessário aumentar significativamente os recursos alocados a esse tema em todos os níveis – nacional, regional e global. Outras ações que requerem esforços supranacionais são as seguintes:

- normas comerciais internacionais que possibilitem e promovam a produção, a industrialização e a comercialização de produtos da bioeconomia (mais saudáveis, verdes e com menor pegada de carbono) para a transformação dos sistemas alimentares mundiais; e
- sistema de cooperação e financiamento internacional que promova a geração das condições habilitadoras para as cadeias da bioeconomia na região e que estimule bioindústrias nascentes.

## BOX 3

**A NECESSIDADE DE AMPLIAR E INTENSIFICAR AS INOVAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS**

As inovações em biotecnologia e bioeconomia requeridas para propiciar a transformação dos sistemas alimentares da ALC demandam importantes investimentos em pesquisa básica e aplicada, em capacitação de profissionais altamente qualificados e na manutenção de uma relação fluida entre a academia e a indústria (Zilberman *et al.* 2013).

O “complexo industrial educativo” foi essencial para o estabelecimento dos setores da biotecnologia e da tecnologia da informação em todo o mundo. Nesse complexo, a pesquisa básica financiada com fundos públicos nas universidades e em outras instituições de pesquisa conduz a inovações que se transferem para empresas emergentes e para outros atores privados que as multiplicam, o que lhes permite gerar e comercializar os bioprodutos.

O complexo industrial educativo já deu lugar à criação de cadeias de suprimento de novos bioprodutos que estão transformando os sistemas alimentares, como biocombustíveis e óleos, produtos químicos finos e farmacêuticos e alimentos. Pesquisadores da ALC estão liderando algumas dessas novas empresas, bem como o intercâmbio entre as universidades e os centros de pesquisa com o setor privado.

O êxito do complexo industrial educativo depende das prioridades atribuídas à P&D e da manutenção da excelência acadêmica e da pesquisa. Na ALC, por exemplo, a alta prioridade dada à pesquisa no setor agrícola do Brasil contribuiu para que o conhecimento inovador gerado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) fosse fundamental para o surgimento do Brasil como potência agrícola.

Os três principais obstáculos ao desenvolvimento das indústrias da bioeconomia são a incerteza normativa, os altos custos de transação e as limitações financeiras para projetos de P&D, que, de maneira geral, precisam de muitos anos para chegar à maturidade comercial.

A ampliação e a aplicação dos novos conhecimentos requerem um entorno regulatório de base científica, voltado para a redução das cargas normativas e a aceleração do desenvolvimento e da aplicação de tecnologias novas e seguras. O surgimento de novas empresas é mais provável quando existem investidores de risco e mercados de capital desenvolvidos para apoiar as indústrias emergentes, e quando os procedimentos normativos são agilizados para se reduzir o custo e o tempo necessários ao estabelecimento definitivo da empresa.

## 6. Referências bibliográficas

- **AIE** (Agência Internacional de Energia, França). 2019. World energy balances 2019 (on-line). Paris, França. Consultado em 21 de janeiro de 2020. Disponível em <https://webstore.iea.org/world-energy-balances-2019>.
- **Alvarado-Alvarado, G; Posada-Suárez, H; Cortina-Guerrero, H.** 2005. Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. Avances técnicos 337 Cenicafe (on-line). Disponível em <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0337.pdf>.
- **Akutse, KS; Subramanian, S; Maniania, NK; Dubois, T; Ekesi, S.** 2020. Biopesticide research and product development in Africa for sustainable agriculture and food security: experiences from the International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE) (on-line). *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4. Disponível em <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.563016>.
- **Antar, M; Lyu, D; Nazari, M; Shah, A; Zhou, X; Smith, DL.** 2021. Biomass for a sustainable bioeconomy: an overview of world biomass production and utilization (on-line). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 139. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110691>.
- **Aramendis, RH.** 2019. Casos de éxito del desarrollo de biorrefinerías en América Latina. Seminário. Bolívia. CIEMAT/AECID.
- **Aramendis, RH; Rodríguez, AG; Krieguer Luiz, F.** 2018. Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe, Bioeconomía. LC/TS. 51 p. CEPAL.
- **Aramendis, RH; Rodríguez, A.** 2021. Agricultura 4.0. Implementación de las recomendaciones de la misión internacional de sabios 2019 en materia de bioeconomía y con repercusiones para la recuperación post covid 19. CEPAL. A ser publicado em breve.
- **Banco Mundial.** 2018. Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration (on-line). Disponível em <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29461/GroundswellPN3.pdf?sequence=8&isAllowed=y>.
- **Banco Mundial.** 2021. Indicadores del desarrollo mundial (IDM) (on-line). Consultado em 3 de março de 2021. Disponível em <https://databank.bancomundial.org/source/world-development-indicators>.
- **Barrows, G; Sexton, S; Zilberman, D.** 2014. Agricultural Biotechnology: The Promise and Prospects of Genetically Modified Crops. *Journal of Economic Perspectives*, 28(1):99-120. DOI: 10.1257/jep.28.1.99.
- **Baslam, M; Mitsui, T; Hodges, M; Priesack, E; Herritt, MT; Aranjuelo, I; Sanz-Sáez, A.** 2020. Photosynthesis in a changing global climate: scaling up and scaling down in crops (on-line). *Frontiers in Plant Science* 11:882. Disponível em <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00882>.

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

Disponível em [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/451111/CEPAL-FAO2019-2020\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/451111/CEPAL-FAO2019-2020_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- **Chamberlain, JL; Darr, D; Meinhold, K.** 2020. Rediscovering the contributions of forests and trees to transition global food systems (on-line). *Forests* 11. Disponível em <https://doi.org/10.3390/f11101098>.
- **Chavarría, H; Trigo, E; Rodríguez, A.** 2019. La bioeconomía: potenciando el desarrollo sostenible de la agricultura y los territorios rurales en ALC. Capítulo especial del Informe Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020 (on-line). San José, Costa Rica, CEPAL-FAO-IIICA. Disponível em <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/12380/BVE20107947e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- **Chavarría, H; Trigo, E; Villarreal, F; Elverdin, P; Piñeiro, V.** 2020. Bioeconomy: a sustainable development strategy (on-line). Think 20 Engagement Group. Disponível em [https://www.g20-insights.org/policy\\_briefs/bioeconomy-a-sustainable-development-strategy/](https://www.g20-insights.org/policy_briefs/bioeconomy-a-sustainable-development-strategy/).
- **Cingiz, K; González-Hermoso, H; Heijman, W; Wesseler, J.** 2021. A Cross-Country Measurement of the EU Bioeconomy: An Input-Output Approach. *Sustainability*. A ser publicado.
- **Clomburg, J; Crumbley, A; González, R.** 2017. Industrial manufacturing: the future of chemical production. *Science*, 355(6320):aag0804. Disponível em [doi:10.1126/science.aag0804](https://doi.org/10.1126/science.aag0804).
- **CONICET** (Consejo Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas da Argentina). 2019. La papa resistente al PVY lista para salir al mercado (on-line). Consultado em 3 de março de 2021. Disponível em <https://www.conicet.gov.ar/la-papa-resistente-al-pvy-lista-para-salir-al-mercado/>.
- **Coremberg, A.** 2019. Medición de la cadena de valor de la bioeconomía en Argentina: hacia una cuenta satélite (on-line). Buenos Aires, Argentina, Grupo Bioeconomía. Disponível em [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioeconomia/\\_archivos/Medicion\\_de\\_la\\_Bioeconomia2018.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioeconomia/_archivos/Medicion_de_la_Bioeconomia2018.pdf).
- **D'Amato, D; Droste, N; Allen, B; Kettunen, M; Lähtinen, K; Korhonen, J; Leskinen, P; Matthies, BD; Toppinen, A.** 2017. Green, circular, bio economy: a comparative analysis of sustainability avenues (on-line). *Journal of Cleaner Production* 168:716-734. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>.
- **D'Amato, D; Korhonen, J; Toppinen, A.** 2019. Circular, green, and bioeconomy: how do companies in land-use intensive sectors align with sustainability concepts? (on-line). *Ecological Economics* 158:116-133. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.026>.
- **Davis, AP; Chadburn, H; Moat, J; O'Sullivan, R; Hargreaves, S; Nic Lughadha, E.** 2019. High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability. *Science Advances* 5(1):3473. Disponível em <https://advances.sciencemag.org/content/5/1/eaav3473>

- **Debnath, D; Khanna, M; Rajagopal, D; Zilberman, D.** 2019, The Future of Bio-fuels in an Electrifying Global Transportation Sector: Imperative, Prospects and Challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy* 41:563-582. Disponível em <https://doi.org/10.1093/aep/023>.
- **Draca, M; Martin, R; Sanchis-Guarner, R.** 2018. The evolving role of ICT in the economy: a report by LSE Consulting for Huawei (on-line). LSE. Disponível em <https://www.lse.ac.uk/business-and-consultancy/consulting/assets/documents/the-evolving-role-of-ict-in-the-economy.pdf>.
- **Dubock, A.** 2014. The politics of Golden Rice (on-line). *GM Crops Food* 5(3):210-222. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4161/21645698.2014.967570>.
- **EMBRAPA** (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2016. Banana BRS SCS Belluna (on-line). Consultado em 2 de março de 2021. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3716/banana-brs-scs-belluna>.
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Itália). *Sistemas alimentarios* (on-line). Consultado em 16 de junho de 2021. Disponível em <http://www.fao.org/food-systems/es/>.
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Itália). 2013. La bioenergía en América Latina y el Caribe. El estado de arte en países seleccionados (on-line). Consultado em 3 de março de 2021. Disponível em <http://www.fao.org/3/as112s/as112s.pdf>.
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Itália). 2014. Latinoamérica duplicó sus emisiones agrícolas de GEI en los últimos 50 años (on-line). Consultado em 3 de março de 2021. Disponível em <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/240450/>
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Itália). 2018. Indicador 2.1.1 - Prevalencia de la subalimentación (on-line). Consultado em 3 de março de 2021. Disponível em <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/211/es/>.
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura). 2018. Conferência Regional da FAO para a Europa. 31º Período de Sessões. Voronezh (Federação Russa).
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Itália). 2020. Banana fusarium wilt disease forecasting (on-line). Consultado em 1º de fevereiro de 2021. Disponível em <http://www.fao.org/food-chain-crisis/how-we-work/plant-protection/banana-fusarium-wilt/en/>.
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Itália). 2020. FAOSTAT. Consultado em 4 de março de 2021. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/es/>.
- **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Itália). *Sistemas alimentarios*. Consultado em 2 de maio de 2021. Disponível em <http://www.fao.org/food-systems/es/>.

- **Fernández, FGA; Reis, A; Wijffels, RH; Barbosa, M; Verdelho, V; Llamas, B.** 2021. The role of microalgae in the bioeconomy (on-line). *New Biotechnology* 61:99-107. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.11.011>.
- **Gabashwediwe, MS; Zikhona, LL; Sukoluhle, M; Tshwafo, M.** 2019. Economic and technical feasibility studies: technologies for second generation biofuels (on-line). *Journal of Engineering, Design and Technology* 17(4):670- 704. Disponível em <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2018-0111>.
- **Gasparatos, A; Lee, LY; Von Maltitz, GP; Mathai, MV; Puppim de Oliveira, JA; Willis, KJ.** 2012. Biofuels in Africa: impacts on ecosystem services, biodiversity and human well-being. Instituto de Estudos Avançados da Universidade das Nações Unidas. Disponível em [http://collections.unu.edu/eserv/UNU:2902/Biofuels\\_in\\_Africa1.pdf](http://collections.unu.edu/eserv/UNU:2902/Biofuels_in_Africa1.pdf).
- **Governo da Colômbia.** 2020. Bioeconomía para una Colombia potencia viva y diversa: hacia una sociedad impulsada por el conocimiento (on-line). Colômbia. Disponível em [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/bioeconomia\\_para\\_un\\_crecimiento\\_sostenible-qm\\_print.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/bioeconomia_para_un_crecimiento_sostenible-qm_print.pdf).
- **Governo da Itália.** 2019. BIT II: bioeconomy in Italy: a new bioeconomy strategy for a sustainable Italy (on-line). Consultado em 12 de fevereiro de 2020. Disponível em [http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1774/bit\\_en\\_2019\\_02.pdf](http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1774/bit_en_2019_02.pdf).
- **Gomez S, G. et al** 2019. Added sugar intake in a Costa Rican urban population: Latin American nutrition and health study ELANS-Costa Rica. ISSN 0001-6012/2019/61/3/111-118 *Acta Médica Costarricense*. Colégio de Médicos e Cirurgiões da Costa Rica.
- **Gouse, M; Sengupta, D; Zambrano, P; Falck-Zepeda, J.** 2016. Genetically modified maize: less drudgery for her, more maize for him? (on-line). *World Development* 83:27-38. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.008>.
- **Hartley, F; van Seventer, D; Tostão, E; Arndt, C.** 2019. Economic impacts of developing a biofuel industry in Mozambique (on-line). *Development Southern Africa*, 36(2):233-249. Disponível em <https://doi.org/10.1080/0376835X.2018.1548962>.
- **Hassan, SS; Williams, GA; Jaiswal, AK.** 2018. Emerging technologies for the pretreatment of lignocellulosic biomass (on-line). *Bioresource Technology* 262:310-318. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.099>.
- **Hazell, P; Pachauri, R.** 2006. Bioenergía y agricultura: promesas y retos. Instituto Internacional de Investigación sobre políticas alimentarias. International Food Policy Research Institute (on-line). Disponível em [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/bioenergía%20y%20agricultura.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/bioenergía%20y%20agricultura.pdf)
- **Hefferon, KL.** 2014. Nutritionally enhanced food crops: progress and perspectives (on-line). *International Journal of Molecular Sciences* 16(2):3895-3914. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4346933/>.



- **Hendriks, S; Soussana, JF; Cole, M; Kambugu, A; Ziberman, D.** 2020. Ensuring access to safe and nutritious food for all through transformation of food systems: a paper on action track 1 (on-line). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado em 10 de fevereiro de 2021. Disponível em [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/1-action\\_track\\_1\\_scientific\\_group\\_draft\\_paper\\_26-10-2020.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/1-action_track_1_scientific_group_draft_paper_26-10-2020.pdf).
- **Herrero, M; Hugas, M; Lele, U; Wira, A; Torero, M.** 2020. Shift to healthy and sustainable consumption patterns: a paper on action track 2 (on-line). Consultado em 31 de janeiro de 2021. Disponível em [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2-action\\_track\\_2\\_scientific\\_group\\_15-12-20.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2-action_track_2_scientific_group_15-12-20.pdf).
- **Herrero, M; Thornton, PK; Mason-D’Croz, D; Palmer, J; Benton, TG; Bodirsky, BL; Bogard, JR; Hall, A; Lee, B; Nyborg, K; Pradhan, P; Bonnett, GD; Bryan, BA; Campbell, BM; Christensen, S; Clark, M; Cook, MT; de Boer, IJM; Downs, C; Dizyee, K; Folberth, C; Godde, CM; Gerber, JS; Grundy, M; Havlik, P; Jarvis, A; King, R; Loboguerrero, AM; Lopes, MA; McIntyre, CL; Naylor, R; Navarro, J; Obersteiner, M; Parodi, A; Peoples, MB; Pikaar, I; Popp, A; Rockström, J; Robertson, MJ; Smith, P; Stehfest, E; Swain, SM; Valin, H; van Wijk, M; van Zanten, HHE; Vermeulen, S; Vervoort, J; West, PC.** 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system (on-line). *Nature Food* 1(5):266-272. Disponível em <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1>.
- **Hertel, TW; Elouafi, I; Ewert, F; Tanticharoen, M.** 2020. Building resilience to vulnerabilities, shocks and stresses: a paper on action track 5 (on-line). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado em 6 de fevereiro de 2021. Disponível em [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/5-action\\_track5\\_scientific\\_group\\_draft\\_paper\\_26-10-2020.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/5-action_track5_scientific_group_draft_paper_26-10-2020.pdf).
- **Hodson, E; Niggli, U; Kaoru, K; Lal, R; Sadoff, C.** 2020. Boost nature positive production at sufficient scale: a paper on action track 3 (on-line). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado em 18 de fevereiro de 2021. Disponível em [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/boost-nature-positive-production-sufficient-scale-paper-action-track-3\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/boost-nature-positive-production-sufficient-scale-paper-action-track-3_en).
- **IAC** (Consejo Asesor Internacional de la Cumbre Mundial de Bioeconomía 2018, Alemania). 2018. Innovación en la bioeconomía global para la transformación sostenible e inclusiva y el bienestar (on-line). Disponível em [https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/Communique%CC%81GBS2018\\_final\\_Spanish.pdf](https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/Communique%CC%81GBS2018_final_Spanish.pdf).
- **IACGB** (Conselho Assessor Internacional sobre Bioeconomia Global, Alemanha). 2020. Expanding the sustainable bioeconomy: vision and way forward (on-line). Disponível em [https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS2020\\_IACGB-Communique.pdf](https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS2020_IACGB-Communique.pdf).
- **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura, Costa Rica). 2019. Programa de bioeconomía y desarrollo productivo abordajes conceptuales y metodológicos para la cooperación técnica (on-line). San José, Costa Rica, IICA. Disponível em <http://biblioteca.iica.int/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=39610>.

- **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Costa Rica). 2020. Marco de referencia de juventudes (on-line). San José, Costa Rica, IICA. Disponível em <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8642/BVE20017774e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Costa Rica). 2021. Prevención y entrenamiento de agricultores, las mejores armas conocidas para combatir el hongo que afecta al banano (on-line). Consultada em 3 de março de 2021. Disponível em <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/prevencion-y-entrenamiento-de-agricultores-las-mejores-armas-conocidas-para>.
- **INTA** (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária). 2011. Siembra directa actualización técnica n.º 58 (on-line). Consultado em 4 de março de 2021. Disponível em [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-siembra\\_directa\\_2011.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-siembra_directa_2011.pdf)
- **INTA** (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária). 2018. El biodiésel argentino emite un 70 % menos de GEI (on-line). Consultado em 3 de março de 2021. Disponível em <https://intainforma.inta.gob.ar/el-biodiesel-argentino-emite-un-70-menos-de-gei/>.
- **IPCC** (Painel Intergovernamental sobre a Mudança do Clima, Suíça). 2012. Special report on renewable energy sources and climate change mitigation: summary for policymakers (on-line). Disponível em [https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN\\_FD\\_SPM\\_final.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf).
- **ITC** (International Trade Centre). 2021. (Base de dados). Consultado em 18 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://www.trademap.org/Index.aspx>.
- **Junta da Andalucía**. 2020. Bioeconomía en Andalucía. Consultado em 31 de janeiro de 2021. Disponível em <http://www.bioeconomiaandalucia.es/que-es-la-bioeconomia>
- **Klümper, W; Qaim, M**. 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops (on-line). PLOS ONE 9:1-7. Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>.
- **Kniss, AR**. 2018. Genetically engineered herbicide-resistant crops and herbicide-resistant weed evolution in the United States (on-line). Weed Science 66(2):260-273. Disponível em <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.70>.
- **Kouser, S; Qaim, M**. 2011. Impact of Bt cotton on pesticide poisoning in smallholder agriculture: a panel data analysis. Ecological Economic 70:2105-2113.
- **Kovalskys, I; Rigotti, A; Koletzko, B; Fisberg, M; Gómez, G; Herrera-Cuenca, M; Cortés Sanabria, LY; Yépez García, MC; Pareja R.; Zalcmán Zimberg, I; Del Arco, A; Zonis, L; Nogueira Previdelli, A**. 2019. Latin American consumption of major food groups: Results from the ELANS study. Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225101>.
- **Krüger, A; Schäfers, C; Busch, P; Antranikian, G**. 2020. Digitalization in microbiology: paving the path to sustainable circular bioeconomy (on-line). New Biotechnology 59:88-96. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.06.004>.

- **Lachman, J; Bisang, R; Obschatko, E; Trigo, E.** 2020. Bioeconomía: una estrategia de desarrollo para la argentina del siglo XXI. Impulsando a la bioeconomía como modelo de desarrollo sustentable: entre las políticas públicas y las estrategias privadas. Disponível em <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/12478/BVE20108164e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- **Lewandowski, I.** 2017. Bioeconomy: shaping the transition to a sustainable, biobased economy (on-line). Disponível em <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8>.
- **Linser, S; Lier, M.** 2020. The contribution of sustainable development goals and forest-related indicators to national bioeconomy progress monitoring (on-line). Sustainability 12. Consultado em 2 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://doi.org/10.3390/su12072898>.
- **Lokko, Y; Heijde, M; Schebesta, K; Scholtès, P; Van Montagu, M; Giacca, M.** 2018. Biotechnology and the bioeconomy: towards inclusive and sustainable industrial development (on-line). New Biotechnology 40:5-10. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.005>.
- **Macias M; Girón, C; Nieto M; Chavier, N; Páez, D; Ureña, M; Moreno, J; García, M; de la ViñHassan, SS; Williams, GA; Jaiswal, AK.** 2020. Tecnologías de bioeconomía para valorizar residuos y desperdicios oportunidades de negocio para la agricultura familiar. Costa Rica, IICA. Disponível em <https://repositorio.iica.int/handle/11324/12942>.
- **Malyska, A; Jacobi, J.** 2018. Plant breeding as the cornerstone of a sustainable bioeconomy (on-line). New Biotechnology 40(A):129-132. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.011>.
- **Mangalassery, S; Sjögersten, S; Sparkes, DL; Sturrock, CJ; Craigon, J; Mooney, SJ.** 2014. To what extent can zero tillage lead to a reduction in greenhouse gas emissions from temperate soils? (on-line). Scientific Reports 4(4586). Disponível em <https://doi.org/10.1038/srep04586>.
- **Martinelli, LA; Garrett, R; Ferraz, S; Naylor, R.** 2011. Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: Evidence from the state of São Paulo. Agricultural Systems 104(5):419-428. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.01.006>.
- **Melgar-Lalanne, G; Hernández-Álvarez, AJ; Salinas-Castro, A.** 2019. Edible insects processing: traditional and innovative technologies (on-line). Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 18(4):1166-1191. Disponível em <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>.
- **Meza, L; Quirós, D.** 2019. La naturaleza es nuestra mejor aliada para enfrentar el cambio climático e impulsar un renovado desarrollo rural en las Américas. IICA. Documento de trabalho.
- **MIT** (Instituto Tecnológico de Massachusetts, EUA). 2005. The third revolution: the convergence of the life sciences, physical sciences, and engineering (on-line). Disponível em [https://www.aplu.org/projects-and-initiatives/research-science-and-technology/hibar/resources/MIT whitepaper.pdf](https://www.aplu.org/projects-and-initiatives/research-science-and-technology/hibar/resources/MIT%20whitepaper.pdf).

- **Nelson, D.** 2019. 75 percent of Florida's oranges have been lost to disease. Can science save citrus? (on-line). EUA. Consultado em 19 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://www.ucdavis.edu/food/news/can-science-solve-citrus-greening-disease/>
- **Neufeld, L; Huang, J; Badiane, O; Caron, P; Sennerby-Forsse, L.** 2020. Advance equitable livelihoods: a paper on action track 4 (on-line). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado em 2 de fevereiro de 2021. Disponível em [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/advance-equitable-livelihoods-paper-action-track-4\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/advance-equitable-livelihoods-paper-action-track-4_en).
- **Newell-McGloughlin, M.** 2014. Health impacts. In Socio-economic considerations in biotechnology regulations. EUA, Springer.
- **OCDE** (Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento Econômico, França). 2018. The future of rural youth in developing countries: tapping the potential of local value chains (on-line). Paris. Disponível em <https://doi.org/10.1787/9789264298521-en>.
- **OCDE** (Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento Econômico, França); **FAO** (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação, Itália). 2019. Agricultural Outlook 2019-2028. Chapter 2. Latin American Agriculture: Prospects and Challenges. Making agricultural growth more inclusive (on-line). Disponível em [http://www.fao.org/3/CA4076EN/CA4076EN\\_Chapter2\\_Latin\\_American\\_Agriculture.pdf](http://www.fao.org/3/CA4076EN/CA4076EN_Chapter2_Latin_American_Agriculture.pdf).
- **OIT** (Organização Internacional do Trabalho, Suíça). 2020. Sector rural y desarrollo local en América Latina y el Caribe (on-line). Consultado em 11 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://www.ilo.org/americas/temas/sector-rural-y-desarrollo-local/lang-es/index.htm>.
- **OMC** (Organização Mundial do Comércio). 2021. Indicadores (on-line). Consultado em 18 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://data.wto.org/>.
- **ONU** (Organização das Nações Unidas). s.f. Vías de acción. Consultado em 17 de junho de 2021. Disponível em <https://www.un.org/es/food-systems-summit/action-tracks>.
- **ONU** (Organização das Nações Unidas). 2021. Food Systems Summit 2021. Consultado em 14 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://www.un.org/en/food-systems-summit/about>.
- **Ordoñez-Araque, R; Egas-Montenegro, E.** 2021. Edible insects: a food alternative for the sustainable development of the planet (on-line). International Journal of Gastronomy and Food Science 23. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100304>.
- **Ort, DR; Merchant, SS; Alric, J; Barkan, A; Blankenship, RE; Bock, R; Croce, R; Hanson, MR; Hibberd, JM; Long, SP; Moore, TA; Moroney, J; Niyogi, KK; Parry, MAJ; Peralta-Yahya, PP; Prince, RC; Redding, KE; Spalding, MH; van Wijk, KJ; Vermaas, WFJ; von Caemmerer, S; Weber, APM; Yeates, TO; Yuan, JS; Guang Zhu, X.** 2015. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand (on-line). PNAS 112(28):8529-8536. Disponível em <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>.

- **Park, HS.** 2017. Technology convergence, open innovation, and dynamic economy (on-line). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 3(24). Disponível em <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0074-z>.
- **Patermann, C; Aguilar, A.** 2018. The origins of the bioeconomy in the European Union (on-line). *New Biotechnology* 40:20-24. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.002>.
- **Pellegrino, E; Bedini, S; Nuti, M; Ercoli, L.** 2018. Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental and toxicological traits: a meta-analysis of 21 years of field data. *Science Reports* 8(3113):1-12.
- **Ploetz, RC.** 2007. Cacao diseases: important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology* 12:1634-1639.
- **Post, MJ; Levenberg, S; Kaplan, DL; Genovese, N; Fu, J; Bryant, CJ; Negowetti, N; Verzijden, K; Moutsatsou, P.** 2020. Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat (on-line). *Nature Food* 1(7):403-415. Disponível em <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0112-z>.
- **Refsgaard, K; Kull, M; Slätmo, E; Meijer, MW.** 2021. Bioeconomy: a driver for regional development in the Nordic countries (on-line). *New Biotechnology* 60:130-137. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.10.001>.
- **Regúnaga, M; Trigo, E.** 2019. Bioeconomía, Desarrollo Territorial y Agricultura Familiar. Projeto FAO-Bolsa de Cereais.
- **Riva, F.** 2020. When complexity turns into local prosperity: a system dynamics approach to meeting the challenges of the rural electricity-development nexus (on-line). *Energy for Sustainable Development* 59:226-242. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.10.009>.
- **Rodríguez, AG; Aramendis, RH.** 2019. El financiamiento de la bioeconomía en América Latina. Identificación de fuentes nacionales, regionales y de cooperación internacional. *Serie Recursos Naturales y Desarrollo* (193)2664-4525. CEPAL.
- **Rodríguez, AG; Aramendis, RH; Mondaini, AO.** 2018. El financiamiento de la bioeconomía en países seleccionados de Europa, Asia y África. *Experiencias para América Latina y el Caribe. Serie desarrollo productivo.* (222). CEPAL.
- **Ronzon, T; Piotrowski, S; Tamosiunas, S; Dammer, L; Carus, M; M'barek, R.** 2020. Developments of Economic Growth and Employment in Bioeconomy-Sectors across the EU. *Sustainability* 12,11:4507. Disponível em <https://doi.org/10.3390/su12114507>.
- **Rosenstein, L.** 2017. Crean destilerías a escala feedlot. *Revista electrónica valor carne: información para la nueva ganadería.* Disponível em <https://www.valorcarne.com.ar/crean-destilerias-a-escala-feedlot/>
- **Rotz, S; Duncan, E; Small, M; Botschner, J; Dara, R; Mosby, I; Reed, M; Fraser, ED.** 2019. The politics of digital agricultural technologies: a preliminary review. *Sociologia Ruralis*, 59(2):203-229. Disponível em <https://doi.org/10.1111/soru.12233>.

- **Rozenberg, R; Saslavsky, D; Svarzman, G.** 2009. La Industria de biocombustibles en Argentina en la industria de biocombustibles en el MERCOSUR (on-line) Serie Red Mercosur n° 15, Ed. Red Mercosur, Montevideo. Disponível em <https://www.redsudamericana.org/sites/default/files/doc/Libro%20Biocombustibles%20presentacion.pdf>.
- **Smyth, SJ.** 2020. The human health benefits from GM crops. *Plant Biotechnology Journal* 18(4):887-888.
- **Smyth, SJ; Gusta, M; Belcher, K; Phillips, PWB; Castle, D.** 2011. Environmental impacts from herbicide tolerant canola production in Western Canada. *Agricultural Systems* 104(5):403-410.
- **Subramanian, A; Qaim, M.** 2010. The impact of Bt cotton on poor households in rural India. *Journal of Development Studies* 46:295-311.
- **Tamburini, E; Gaglio, M; Castaldelli, G; Fano, EA.** 2020. Biogas from agrifood and agricultural waste can appreciate agro-ecosystem services: the case study of Emilia Romagna region (on-line). *Sustainability* (12). Disponível em <https://doi.org/10.3390/su12208392>.
- **The American Chestnut Foundation.** 2015. Science strategies (on-line). Consultado em 7 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://acf.org/science-strategies/tree-breeding/>.
- **Torres-Giner, S; Prieto, C; Lagaron, JM.** 2020. Nanomaterials to enhance food quality, safety, and health impact (on-line). *Nanomaterials* (10). Disponível em <https://doi.org/10.3390/nano10050941>.
- **Torroba, A.** 2020a. Atlas de los biocombustibles líquidos 2019-2020 (on-line). Costa Rica, IICA. Disponível em <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/13974/BVE20128304e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- **Torroba, A.** 2020b. Los biocombustibles líquidos en las Américas: situación actual y potencial de desarrollo (on-line). Costa Rica, IICA. Disponível em <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/9975/BVE20058034e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- **Truitt, G.** 2017. Sembrando el camino hacia un clima saludable. *The Nature Conservancy* (on-line). Consultado em 3 de março de 2021. Disponível em <https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestra-vision/perspectivas/sembrando-camino-hacia-clima-saludable/>
- **Usmani, Z; Sharma, M; Awasthi, AK; Sivakumar, N; Lukk, T; Pecoraro, L; Thakur, VK; Roberts, D; Newbold, J; Gupta, VK.** 2021. Bioprocessing of waste biomass for sustainable product development and minimizing environmental impact (on-line). *Bioresource Technology* 322(124548). Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124548>.
- **Van Dijk, ADJ; Kootstra, G; Kruijer, W; de Ridder, D.** 2021. Machine learning in plant science and plant breeding (on-line). *Science* 24(1). Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101890>.

- **Von, Braun, J; Afsana, K; Frescom L; Hassan, M; Torero, M.** 2020. Food systems: definition, concept and application for the UN Food Systems Summit (on-line). Scientific Group of the UN Food Systems Summit. Consultado em 8 de fevereiro de 2021. Disponível em [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/food\\_systems\\_concept\\_paper\\_scientific\\_group\\_draft\\_dec\\_20\\_2020.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/food_systems_concept_paper_scientific_group_draft_dec_20_2020.pdf).
- **WBCSD** (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, Suíça). 2020. The circular bioeconomy: a business opportunity contributing to a sustainable world (on-line). Genebra. Disponível em <https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor10/Resources/The-circular-bioeconomy-A-business-opportunity-contributing-to-a-sustainable-world>
- **Wesseler, J; Smart, RD; Thomson, J; Zilberman, D.** 2017. Foregone benefits of important food crop improvements in Sub-Saharan Africa (on-line). PLOS ONE 12(7). Disponível em <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181353>.
- **Wesseler, J; Zilberman, D.** 2014. The economic power of the Golden Rice opposition (on-line). Environment and Development Economics 19(6):724-742. Disponível em <https://doi.org/10.1017/S1355770X1300065X>.
- **Yadav, B; Pandey, A; Kumar, LR; Tyagi, RD.** 2020. Bioconversion of waste (water)/residues to bioplastics: a circular bioeconomy approach (on-line). Bioresource Technology 298. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122584>.
- **Zihare, L; Muizniece, I; Spalvins, K; Blumberga, D.** 2018. Analytical framework for commercialization of the innovation: case of thermal packaging material (on-line). Energy Procedia (147):374-381. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.106>.
- **Zilberman, D; Kim, E; Kirschner, S; Kaplan, S; Reeves, J.** 2013. Technology and the future bioeconomy. Agricultural Economics (44):95-102.



**IICA – Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura**  
Organismo do Sistema Interamericano especializado em desenvolvimento agropecuário e rural.