Seminario:
Bioeconomía y economía circular para el desarrollo productivo sostenible

Sala Prebisch, CEPAL

23 – 24 de septiembre, 2026

Con el apoyo de:

Políticas para el desarrollo productivo sostenible de la bioeconomía: experiencia internacional

Adrián G. Rodríguez-Vargas

NACIONES UNIDAS
CEPAL

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Contenido:

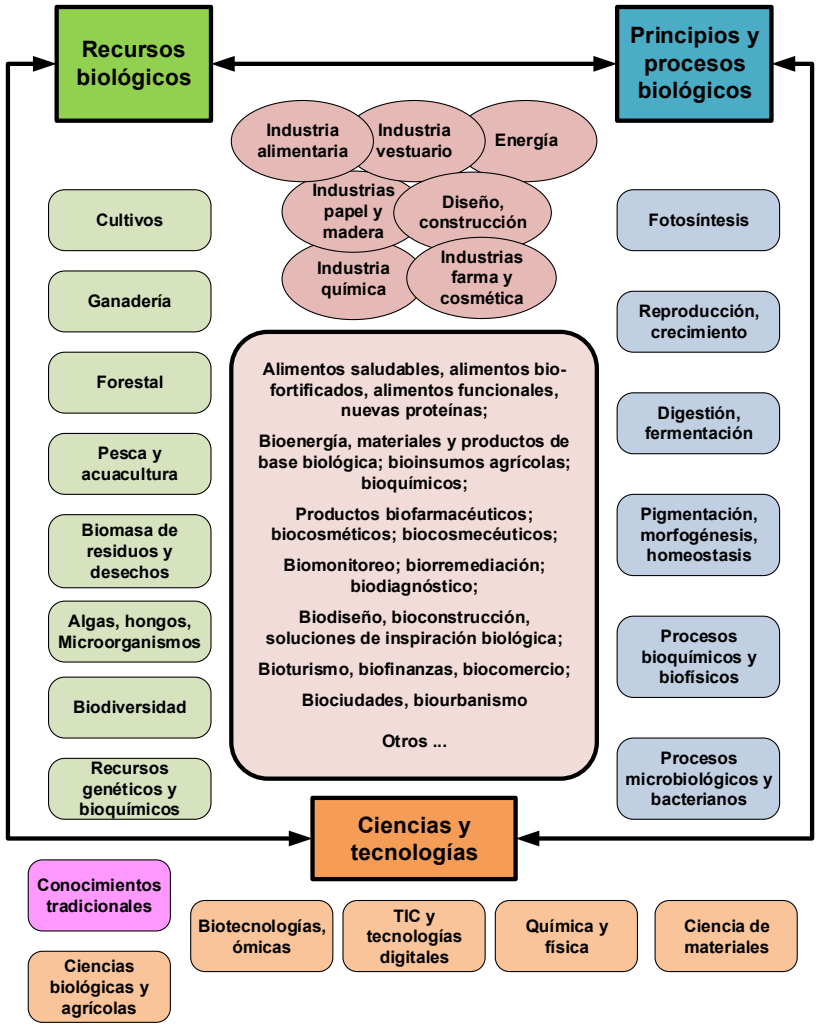
- **Desarrollo productivo y bioeconomía**
- **Políticas de desarrollo productivo para la bioeconomía - marco general**
- **Políticas de desarrollo productivo para la bioeconomía – la experiencia internacional**
- **Conclusiones**

Desarrollo productivo y bioeconomía

Definiciones

Bioeconomía

Bioeconomía

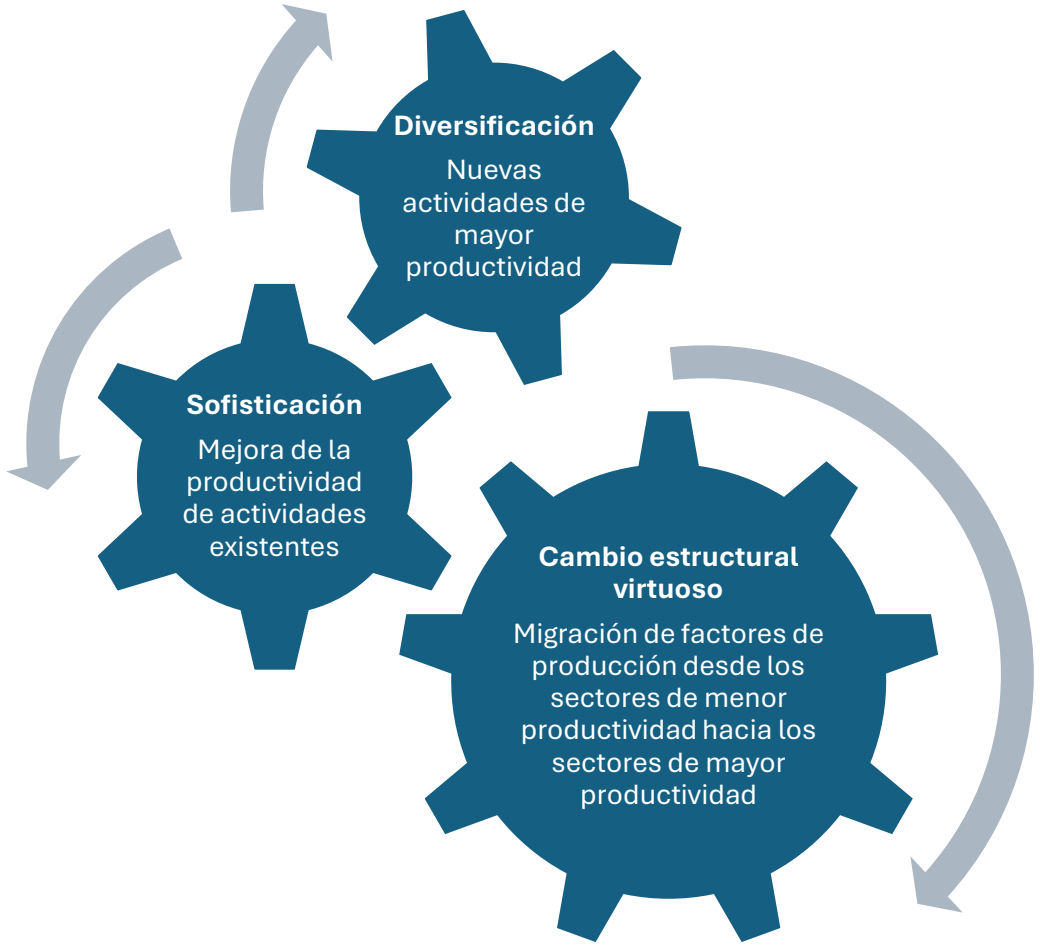


Políticas de bioeconomía

- Son marcos estratégicos e institucionales diseñados para guiar la transición de un sistema económico basado en recursos fósiles hacia uno fundamentado en el uso, conservación y transformación sostenible de los recursos biológicos.

Desarrollo productivo

Desarrollo productivo



Políticas de desarrollo productivo

Son esfuerzos horizontales y verticales que apuntan directamente a la sofisticación, la diversificación y el cambio estructural virtuoso de los aparatos productivos, como vehículo para aumentar la productividad y lograr así un desarrollo más productivo, inclusivo y sostenible (CEPAL, 2024 y 2025).

Las políticas de bioeconomía tienen objetivos múltiples

SAN

- **Seguridad alimentaria y nutricional**

CDB

- **Conservación de la biodiversidad**

MCC

- **Mitigación del cambio climático**
  - Sustitución de energía, químicos y materiales de origen fósil por alternativas basadas en biomasa

CEP

- **Crecimiento económico y productividad**
  - Empleos verdes y de alta calidad, nuevas cadenas de valor y mercados para bioproductos de alto valor agregado, mejorara de la competitividad rural

GCR

- **Gestión circular de los recursos**
  - Maximizar eficiencia en el uso de los recursos, utilización – valoración en cascada de la biomasa

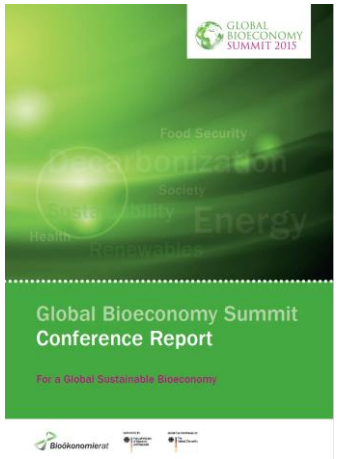
Las políticas de bioeconomía son políticas de desarrollo productivo



Contexto global: Las Cumbres Globales sobre Bioeconomía

Antecedentes:

Cologne Paper, primeras estrategias nacionales en Europa, USA y Sudáfrica



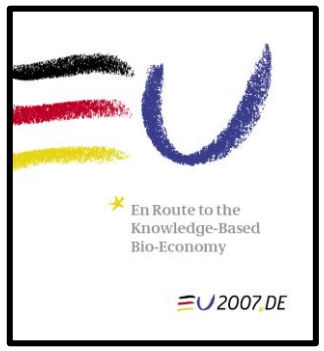
Global Bioeconomy Summit 2018
Berlín
Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Well-being



Global Bioeconomy Summit 2024:
Nairobi, Kenia
One planet – Sustainable Bioeconomy Solutions for Global Challenges



¿Qué se entiende por bioeconomía?



Global Bioeconomy Summit 2015:
Berlin

Innovation, growth and sustainable development



Global Bioeconomy Summit 2020:
Berlin – híbrido
Expanding the Sustainable Bioeconomy



Global Bioeconomy Summit 2026:
Dublin, Ireland
Bioeconomy for socio-econoomic transformation and climate action

Políticas de desarrollo productivo para la bioeconomía

Marco general

Políticas para el desarrollo productivo de la bioeconomía

1. Agendas de políticas y regulatorias
2. Ciencia, tecnología e innovación
3. Infraestructuras y otros bienes públicos específicos
4. Transformación digital
5. Internacionalización
6. Capital humano
7. Servicios de extensión tecnológica
8. Emprendimiento
9. Financiamiento
10. Inversión (incluyendo IED)

… políticas para el desarrollo productivo de la bioeconomía …

- **Agendas de política y regulatorias**
  - Articular las prioridades nacionales con incentivos concretos, reducir la incertidumbre jurídica, crear condiciones de entorno necesarias para atraer inversiones y fomentar la transición hacia modelos de producción sostenibles.
    - Normativa de bioseguridad, ABS, ABS-CT, certificación de contenido biológico, requisitos de registro de biomoléculas y bioproductos.
    - Harmonización regulatoria regional (bioinsumos, biocosméticos)
- **Ciencia, tecnología e innovación**
  - La CTI es el motor del valor agregado en la bioeconomía, transformando los recursos de la biodiversidad e insumos de biomasa en productos y procesos de alto valor agregado.
    - Colaboración entre entidades públicas, privadas y de ciencia y tecnología,
    - Complementación entre conocimientos modernos y tradicionales.
- **Infraestructuras y otros bienes públicos específicos**
  - El escalamiento industrial de la bioeconomía requiere plataformas logísticas y tecnológicas sólidas, que van desde la conectividad rural y la capacidad de almacenamiento de biomasa, hasta plantas piloto y laboratorios de uso compartido.

… políticas para el desarrollo productivo de la bioeconomía …

- **Transformación digital**
  - La integración de tecnologías de la información, analítica de datos e inteligencia artificial optimiza la gestión integral de las cadenas de valor biológicas.
  - Desde la agricultura de precisión y el monitoreo remoto de ecosistemas hasta la optimización de procesos de biorrefinería y la trazabilidad digital de insumos, la digitalización incrementa sustancialmente la eficiencia y la sostenibilidad
- **Internacionalización**
  - La inserción efectiva en el comercio global es clave para escalar las soluciones bioeconómicas y diversificar las economías locales hacia mercados de mayor valor agregado.
  - La proyección internacional promueve el posicionamiento en cadenas globales de valor, el intercambio de mejores prácticas y el acceso a estándares globales exigentes.
- **Capital humano**
  - Cerrar las brechas de habilidades, mediante programas de formación vocacional, técnica y universitaria adecuados,
  - Asegura la disponibilidad del talento multidisciplinario que requiere el desarrollo de la bioeconomía

… políticas para el desarrollo productivo de la bioeconomía

- **Servicios de extensión tecnológica**
  - Estos servicios son importantes para garantizar que la innovación no se quede en el laboratorio, conectando la oferta científico-tecnológica con las necesidades de los productores locales, facilitando la adopción de nuevas prácticas en el territorio, reduciendo la brecha tecnológica en áreas rurales, y promoviendo el escalamiento de soluciones biobasadas.
- **Emprendimiento**
  - En el caso de la bioeconomía el emprendimiento se relaciona con innovaciones basadas en el conocimiento en el ámbitos de las ciencias biológicas, que demandan mayores tiempos de investigación y laboratorio y equipos especializados para las fases de investigación y desarrollo, de validación de concepto, así como de infraestructura adecuadas y financiamiento para las fases de prototipado, pilotaje y demostración.
- **Financiamiento**
  - Los proyectos bioeconómicos tienen períodos de maduración prolongados y suelen requerir altos montos de capital inicial.
  - Capital paciente: reducción del riesgo tecnológico
- **Inversión (incluyendo IED)**
  - Relación bidireccional entre inversión y productividad para maximizar los encadenamientos productivos y la transferencia de tecnología y conocimiento
  - Inversión extranjera, los servicios de asistencia al inversionista.

Políticas de desarrollo productivo para la bioeconomía

La experiencia internacional

Estrategias analizadas

- **Estados Unidos: Orden Ejecutiva 14081(2022), Impulsar la innovación en biotecnología y biofabricación para una bioeconomía estadounidense sostenible y segura (2022)**
- **República Popular China: Plan Quinquenal de Bioeconomía 2021 – 2025 (2022)**
- **Japón: Estrategia de Bioeconomía – actualización (2024)**
- **Alemania: Estrategia Nacional de Bioeconomía (2020)**
- **Irlanda: Estrategia de bioeconomía 2026-2030 (en consulta)**
- **Brasil: Plan Nacional de Desarrollo de la Bioeconomía 2026 - 2035**

Principales objetivos

- **Estados Unidos Orden Ejecutiva 14081**
  - Reforzar y coordinar la inversión federal en áreas clave de I+D en biotecnología y biofabricación.
  - Fomentar un ecosistema de datos biológicos que impulse la innovación y, al mismo tiempo, preserve la seguridad y la privacidad.
  - Ampliar la capacidad y los procesos nacionales de producción de biofabricación.
  - Impulsar la producción sostenible de biomasa y crear incentivos climáticamente inteligentes para los productores agrícolas y los propietarios de tierras forestales.
  - Capacitar y apoyar a una fuerza laboral diversa y cualificada.
  - Clarificar y agilizar la normativa para respaldar el uso seguro de productos biotecnológicos.
  - Elevar los estándares de gestión de riesgos biológicos, bioseguridad y seguridad biológica.
  - *Proteger la bioeconomía de los Estados Unidos frente a adversarios extranjeros* y amenazas digitales.
- **República Popular China: Plan Quinquenal de Bioeconomía 2021 – 2025**
  - Objetivos a 2025: Aumentar de manera constante la proporción del valor agregado de la bioeconomía en el PIB nacional, logrando una integración profunda entre la ciencia, la tecnología y el tejido industrial.
  - *Visión a 2035: Posicionar a China en la vanguardia mundial en términos de fortaleza integral de su bioeconomía, estableciendo un sistema de desarrollo caracterizado por tecnología avanzada, un marco institucional robusto para la I+D, un fuerte soporte de recursos y riesgos biológicos estrictamente controlados*.
- **Japón: Estrategia de Bioeconomía – actualización**
  - *Abandonar los combustibles fósiles y lograr una economía autónoma en cuanto a recursos mediante la biofabricación, la cual produce diversos materiales a partir de microorganismos modificados o células vegetales o animales, entre otros;*
  - Garantizar un suministro estable de alimentos aumentando la productividad y reduciendo al mismo tiempo la carga ambiental —como la derivada de los fertilizantes químicos— mediante el desarrollo de nuevas variedades que aprovechan la información genómica;
  - Promover una vida saludable a través de biofármacos, que poseen moléculas de mayor tamaño y estructuras más complejas que los fármacos convencionales de bajo peso molecular; y
  - Fomentar la entrada de nuevos actores provenientes de otros sectores al ámbito de la salud y crear nuevos mercados mediante la digitalización y la interconexión de datos sanitarios, entre otras medidas.

Principales objetivos

- **Alemania: Estrategia Nacional de Bioeconomía (2020)**
  - Desarrollar soluciones de bioeconomía para la Agenda 2030: alinear la producción con los ODS, garantizar la seguridad alimentaria como prioridad fundamental, *contribuir al objetivo climático de 1,5 °C y preservar la biodiversidad*.
  - *Reconocer y aprovechar el potencial dentro de los límites ecológicos: comprender los sistemas agroecológicos de manera integral, analizar los objetivos en conflicto y operar un sistema exhaustivo de seguimiento de la sostenibilidad y de los flujos de biomasa*.
  - Ampliar y aplicar el conocimiento biológico: modelar sistemas biológicos, diseñar nuevas cepas de producción e implementar conceptos innovadores de bioprocesos.
  - Establecer una base de materias primas sostenibles para la industria: sustituir las materias primas de origen fósil, proteger las tierras agrícolas y la fertilidad del suelo, aprovechar subproductos y residuos, y cerrar los ciclos de materiales.
  - Promover a Alemania como centro líder de innovación: acelerar la entrada en el mercado de productos de base biológica, fomentar las empresas emergentes y las pymes, y establecer nuevas cadenas de suministro intersectoriales.
  - Involucrar a la sociedad y fortalecer la colaboración: fomentar un diálogo público transparente, abordar las dimensiones éticas, integrar las ciencias sociales y ampliar la cooperación europea e internacional.
- **Irlanda: Estrategia de bioeconomía 2026-2030 (en consulta)**
  - Ampliar la infraestructura, la tecnología y la inversión en la bioeconomía de Irlanda para pasar de la fase de investigación a la implementación comercial.
  - Reforzar la demanda del mercado de productos de base biológica mediante normas, contratación pública y campañas de sensibilización.
  - Aprovechar la innovación, el conocimiento y las competencias alineando los programas de educación y capacitación con las necesidades del mercado laboral de la bioeconomía.
  - Utilizar la bioeconomía como herramienta para la acción climática y la circularidad, incluyendo la valorización de biorresiduos y la eliminación de carbono.
  - *Mejorar la gobernanza, la cooperación y las alianzas a escala nacional, regional y mundial para apoyar sectores clave como la bioeconomía agrícola y la bioeconomía azul*.
- **Brasil: Plan Nacional de Desarrollo de la Bioeconomía 2026 - 2035**
  - Promover el desarrollo nacional, regional y local a partir del uso de los recursos biológicos de forma sostenible.
  - *Promover las economías forestales y de la sociobiodiversidad, aumentando la participación en los mercados y en los ingresos de los pueblos indígenas, comunidades tradicionales y agricultores familiares*.
  - Fortalecer la competitividad de la producción nacional de base biológica en la *transición hacia una economía de bajo carbono*.
  - Desarrollar los ecosistemas de innovación, el conocimiento científico y tecnológico, y el emprendimiento.
  - Proponer la creación y el direccionamiento de instrumentos financieros y económicos para estimular la bioeconomía.
  - Ampliar la inserción de los productos de la bioeconomía en los mercados nacionales y en las cadenas globales de valor.

Areas prioritarias

Áreas	EEUU	RPChina	Japón	Alemania	Irlanda	Brasil
Biomedicina, biofármacos.	X	X	X			X
Clima y energía	X					
Cadenas de suministro resilientes	X	X				
Bioseguridad	X	X				
Bioeconomía agrícola a alimentos	X	X	X	X	X	X
Biomanufactura	X	X	X	X	X	X
Bioconstrucción			X		X	
Producción sostenible y aprovechamiento integral de la biomasa				X	X	X
Desarrollo regional rural – bioeconomía regional				X		
Bioeconoomía azul					X	
Temas transversales: datos / fuerza de trabajo / agilizar regulaciones	X					
Sociobioeconomía						X

Prioridades en ciencia tecnología e innovación

Áreas	EEUU	RPChina	Japón	Alemania	Irlanda	Brasil
Ciencia biológicas básicas e ingenierías , biología de sistemas y "ómica“	X		X	X		
Datos e inteligencia artificial / Tecnologías Habilitadoras	X					X
Ampliación de capacidad y biomanufactura	X	X			X	X
Bioseguridad y bioseguridad aplicadas / bioseguridad	X	X				
Investigación biotecnológica en biomedicina y modalidades médicas avanzadas	X	X	X			
Innovación en agricultura y alimentación, bioagricultura, agricultura inteligente	X	X	X		X	X
Resiliencia de cadenas de suministro	X					
Convergencia digital- biológica, bioinformática, ttecnologías convergentes		X	X	X		
Innovación e infraestructura originales (laboratorios biomédicos nacionales		X				
Materiales avanzados y circularidad				X	X	X
Diseño de microorganismos y células			X	X		
Bioeconomía Azul					X	
Construcción de base biológica					X	
Sociobioeconomía						X

Capacidades y competencias de la fuerza laboral

Áreas	EEUU	RPChina	Japón	Alemania	Irlanda	Brasil
Ampliar las oportunidades de educación y formación técnica	X			X	X	X
Promover programas educativos multidisciplinarios y competencias trans e interdisciplinarias	X	X		X		
Fomentar una fuerza laboral diversa, con equidad racial y de género.	X					
Capacitar para conectar descubrimientos de laboratorio con implementación en el mercado.		X				
Desarrollar recursos humanos para apoyar la investigación básica en ciencias de la vida			X			
Fortalecer la educación en STEAM y el emprendimiento en la educación primaria y secundaria.			X			
Fomentar la participación de los jóvenes	X		X			
Formación en bioinformática, alfabetización digital			X	X		
Emprendimiento y habilidades empresariales				X		
Establecer "ruta de aprendizaje en bioeconomía" desde la escuela hasta el mundo laboral					X	
Oferta de oportunidades de capacitación					X	
Programa de formación en sociobioeconomía y agroecología						X

Mecanismos de financiamiento público

Áreas	EEUU	RPChina	Japón	Alemania	Irlanda	Brasil
Análisis del presupuesto federal para alinear el gasto de las agencias en biotecnología y biomanufactura; asignaciones presupuestarias departamentales para I+D	X			X		
Subvenciones y fondos de I+D interinstitucionales; incentivos financieros directos y transferencia de renta	X		X	X	X	X
Ampliar mecanismos de financiación regional; transferencias fiscales directas a través de gobiernos locales	X	X				
Ciberseguridad, bioseguridad y datos para la bioeconomía	X					
Fondos respaldados por el Estado y fondos nacionales para subvencionar biosectores estratégicos, PYMES y empresas emergentes		X	X	X	X	
Apoyo crediticio específico, préstamos estatales e incentivos fiscales preferenciales para empresas emergentes y en fase de expansión		X			X	
Mecanismos de financiamiento climático			X			X
Mecanismos de fijación de precios del carbono para recompensar las reducciones de emisiones logradas mediante la biomanufactura			X			
Acceso a diversos mecanismos de financiamiento europeos				X	X	
Cofinanciación público-privada e institucional, financiamiento mixto, estructuras de coinversión				X	X	

Prioridades de inversión

Áreas	EEUU	RPChina	Japón	Alemania	Irlanda	Brasil
Ampliar la infraestructura nacional de biomanufactura (centros nacionales de demostración, parques industriales, escalado)	X	X	X		X	
Desarrollar infraestructura compartida de prototipado y plantas piloto	X		X	X	X	
Compras públicas	X			X		X
Ciberseguridad e infraestructura de bioseguridad	X					
Fondos de contrapartida de capital privado y capital riesgo para acelerar aplicaciones traslacionales y las líneas de desarrollo clínico		X				
Dirigir inversiones hacia infraestructura de procesamiento de madera, maquinaria forestal inteligente y proyectos de construcción de edificios de madera de altura media			X			
Infraestructura rural descentralizada / Clústeres de bioeconomía y regiones modelo / proyectos regionales				X	X	
Atraer de forma proactiva capital riesgo y fondos filantrópicos / mecanismos financieros híbridos, fondos garantizadores de riesgo y títulos temáticos para catalizar el capital privado y mitigar riesgos					X	X
Valorización de los servicios ambientales y la bioeconomía de ecosistemas terrestres y acuáticos						X
Inversiones en infraestructura habilitadora, portuaria y acuviaria, con un enfoque exclusivo en la Amazonia Legal para este rubro.						X

Clústeres y temas regionales

- **Estados Unidos: Orden Ejecutiva 14081**
  - Motores de Innovación Regional: Instruye a la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) a ampliar su programa existente de Motores de Innovación Regional para impulsar tecnologías emergentes, incluida la biotecnología, la cual actúa como mecanismo principal para el desarrollo de clústeres.
- **China: 14.º Plan Quinquenal para el Desarrollo de la Bioeconomía (2021–2025)**
  - Polos Regionales de Innovación: Pone énfasis en la creación de clústeres de bioindustria de talla mundial y polos regionales de innovación, centrándose especialmente en centros de biomedicina y biofabricación.
  - Desarrollo de Plataformas: Dirige la inversión estatal hacia el establecimiento de plataformas de empresas de biofabricación distribuidas por sectores y regiones específicos con el fin de integrar la investigación, las empresas emergentes y las cadenas de suministro en una estrecha proximidad geográfica.
- **Japón: Actualización de la Estrategia de Bioeconomía 2024**
  - Biocomunidades: Promueve la certificación de "biocomunidades" que conectan centros regionales en redes unificadas,
  - Centros Certificados: Se apoya en dos biocomunidades globales certificadas (Gran Tokio y Kansai) y seis comunidades regionales para atraer talento e inversiones, fomentar la comunicación intersectorial y conectar las redes regionales con socios en el extranjero.
- **Alemania: Estrategia Nacional de Bioeconomía**
  - Redes de Creación de Valor: Creación de redes entre productores y usuarios mediante el financiamiento de proyectos colaborativos y el establecimiento de clústeres especializados y regiones modelo.
  - Cadenas de Suministro Regionales: Trasladar el procesamiento a lugares más cercanos a los sitios de producción de biomasa en zonas rurales, para suministro localizado y clústeres de bioeconomía que generen empleo regional y valor añadido.
- **Irlanda: Proyecto de Estrategia de Bioeconomía 2026-2030**
  - Implementación basada en el territorio: Se compromete a desarrollar agrupaciones (clústeres) en torno a recursos regionales de biomasa, infraestructura industrial y centros de investigación para apoyar proyectos piloto, biorrefinerías e innovación colaborativa.
  - Prototipos de clústeres azules: Identifica iniciativas específicas —como el grupo directivo de bioeconomía azul del noroeste, AIMBIO y los proyectos IMTA circulares— como prototipos de clústeres de bioeconomía azul que servirán de referencia de buenas prácticas para el desarrollo de futuras asociaciones
- **Brasil**
  - Núcleos de Desarrollo de la Sociobioeconomía: Dentro de la Misión 1, el plan propone implantar territorialmente estos núcleos con el objetivo de ofrecer servicios de apoyo al desarrollo de los negocios de la sociobioeconomía.
  - La Misión 8 establece la meta de consolidar 30 Territorios de Restauración como polos de bioeconomía para el año 2035, que serán reconocidos como laboratorios vivos de innovación e inversión territorial.
  - Polos Dinamizadores de Salud: Su propósito es viabilizar la verticalización industrial orientada a la producción de materias primas para el sector salud.
  - Red de Biorrefinación de la Amazonía: Para articular el ecosistema científico y productivo, mediamente una red de Institutos de Investigación.

Resumiendo

La experiencia internacional

A manera de resumen

- **Las políticas de bioeconomía como políticas de desarrollo productivo**

- **Temas relevantes**
  - La importancia de lo relativo a la bioeconomía agropecuaria
  - La importancia de la bioindustria, biomanufactura
  - La salud como tema de importancia creciente
  - Infraestructuras compartidas, plantas piloto
  - Temas emergentes, como la bioconstrucción, la bioeconomía azul y la sociobiodiversidad
  - Convergencia – integración biotecnologías y tecnologías de información
  - La relevancia de la formación técnica y de las habilidades trans e interdisciplinarias
  - Financiamiento verde
  - Compras públicas como mecanismo para crear demanda
  - Subvenciones para I+D / financiación de innovaciones disruptivas

- **La bioeconomía como alternativa para transitar a una economía baja en carbono**



¡Muchas gracias!

adrian.bioeconomia@gmail.com

Anexo

Políticas de desarrollo productivo para la bioeconomía

Areas prioritarias (1)

- **Orden Ejecutiva 14081 de EE. UU.**
  - Salud y biomedicina: Impulsar avances médicos, diagnósticos, terapias y vacunas para reducir la carga de las enfermedades.
  - Clima y energía: Desarrollar vías de descarbonización basadas en la bioeconomía, bioenergía y combustibles sostenibles, fomentando al mismo tiempo el secuestro de carbono.
  - Innovación agrícola y alimentaria: Mejorar el rendimiento agrícola, la conservación de suelos, la resistencia a plagas y enfermedades, el cultivo de proteínas alternativas y la nutrición.
  - Cadenas de suministro resilientes y biofabricación industrial: Ampliar la infraestructura nacional para la defensa, materiales industriales y productos químicos, reduciendo la dependencia de cadenas de suministro extranjeras vulnerables.
  - Factores habilitadores transversales: Modernizar el ecosistema de datos biológicos, la capacitación de la fuerza laboral, los protocolos de bioseguridad y bioprotección, y agilizar las regulaciones basadas en la ciencia.
- **República Popular China: Plan Quinquenal de Bioeconomía 2021–2025**
  - Biomedicina (Biosalud): Acelerar el desarrollo de fármacos innovadores, vacunas, dispositivos médicos avanzados, diagnósticos moleculares y sistemas de prevención de epidemias.
  - Bioagricultura: Modernizar el mejoramiento biológico, la revitalización de semillas, los biopesticidas, los biofertilizantes y las aplicaciones de biología sintética en la agricultura.
  - Biofabricación: Sustituir rutas químicas basadas en combustibles fósiles por alternativas biológicas, incluyendo productos químicos de origen biológico, biomateriales y bioprocesos industriales.
  - Bioseguridad y ecología verde: Fortalecer las defensas nacionales de bioseguridad, proteger la biodiversidad y utilizar la biotecnología para la remediación ambiental y la transformación ecológica.
- **Japón: Estrategia de Bioeconomía – Actualización (2024)**
  - Biofabricación y productos de origen biológico: Producir productos bioquímicos, bioplásticos, textiles de proteínas estructurales, cosméticos, enzimas novedosas y combustible de aviación sostenible (SAF) utilizando plataformas anfitrionas como bacterias oxidantes de hidrógeno.
  - Sistemas de producción primaria sostenibles: Implementar tecnologías agrícolas inteligentes, robótica, IA y cultivos editados genéticamente para aumentar la resiliencia agrícola ante el descenso demográfico.
  - Edificios a gran escala con madera y silvicultura inteligente: Ampliar la construcción con madera de mediana y gran altura, desarrollar sistemas estandarizados de madera contralaminada (CLT) e implementar la silvicultura digital.
  - Biofarmacéuticos, medicina regenerativa y terapias celulares/génicas: Desarrollar fármacos basados en anticuerpos, terapias de ácidos nucleicos, aplicaciones de células iPS y la fabricación nacional de vectores virales.
  - Atención sanitaria orientada a la mejora del estilo de vida y salud digital: implementación de registros personales de salud (PHR), aplicaciones de salud digital que no se clasifican como software como dispositivo médico (SaMD) y tecnologías de asistencia vestibles para prolongar la esperanza de vida saludable.

Areas prioritarias (2)

- **Alemania: Estrategia Nacional de Bioeconomía (2024)**
  - Producción primaria: Agricultura, silvicultura, pesca, acuicultura y producción microbiana sostenibles.
  - Reducción de la presión sobre el suelo mediante la eficiencia en el uso de recursos, el uso en cascada o combinado y el aprovechamiento de tierras marginales o degradadas.
  - Redes de valor y ciclos circulares de materiales: Procesamiento de residuos biogénicos, subproductos y flujos de residuos industriales.
  - Desarrollo regional rural: Procesamiento primario descentralizado y modelos de bioeconomía regional.
  - Sectores industriales de alto valor: Productos químicos de plataforma, biopolímeros, construcción ligera/materiales compuestos, textiles, materiales de construcción de origen biológico y biofarmacéuticos.
- **Irlanda: Estrategia de bioeconomía 2026-2030**
  - Bioeconomía agrícola y nutrientes circulares: Desarrollo de biorrefino ecológico de pasto/forraje, fraccionamiento de proteínas vegetales, digestión anaerobia y fertilizantes circulares para reducir la escorrentía de nutrientes.
  - Construcción de base biológica: Expansión del uso de madera estructural, madera de ingeniería y aislamientos de origen biológico (como paja, cáñamo y micelio) para almacenar carbono biogénico en el entorno construido.
  - Bioeconomía azul: Valorización de la biomasa marina (algas marinas, micro y macroalgas, subproductos de productos del mar) y fomento de la paludicultura en turberas.
  - Biofabricación y materiales de base biológica para la industria: Expansión de la biotecnología industrial, la fermentación de precisión y las instalaciones piloto para productos químicos y polímeros de alto rendimiento de base biológica.
  - Gestión circular de materia orgánica y valorización de residuos: Conversión de residuos alimentarios municipales, residuos industriales y purines agrícolas en biometano, biocarbón y productos de base biológica.
- **Brasil: Plan Nacional para el Desarrollo de la Bioecononomía 2026 - 2030**
  - Eje 1 - Sociobioeconomía y Ecosistemas: Incluye los negocios de la sociobioeconomía, la valorización de los servicios ambientales y socioculturales, y la bioeconomía de los ecosistemas terrestres y acuáticos.
  - Eje 2 - Bioindustrialización Competitiva: Abarca la salud y el bienestar, el aprovechamiento integral de la biomasa y la bioquímica de renovables.
  - Eje 3 - Producción Sostenible de Biomasa: Contempla la producción de biomasa sostenible y la diversificación de biomasa.

Prioridades en ciencia tecnología e innovación (1)

- **Estados Unidos (Orden Ejecutiva 14081)**
  - Ciencia e ingeniería fundamentales: avanzar en las tecnologías de ingeniería genética para programar la biología de manera predecible y escribir circuitos para las células de la misma manera que el software de computadora.
  - Datos e inteligencia artificial: desbloquear el poder de los datos biológicos a través de herramientas informáticas avanzadas, inteligencia artificial e información multiómica para impulsar avances en la bioeconomía.
  - Ampliación y fabricación: mejorar los procesos nacionales de biofabricación y ampliar los esfuerzos de pilotaje y creación de prototipos para acelerar la traducción de la investigación básica a aplicaciones comerciales.
  - Bioseguridad y bioseguridad aplicadas: elevar la gestión de riesgos biológicos mediante la inversión en investigación de bioseguridad aplicada e innovación en bioseguridad para reducir los riesgos a lo largo de los ciclos de vida de investigación y fabricación.
  - Soluciones de I+D intersectoriales: Dirigir la investigación biotecnológica hacia avances en salud, mitigación del cambio climático (por ejemplo, secuestro de carbono), innovación alimentaria y agrícola y resiliencia de la cadena de suministro.
- **China (14.º Plan Quinquenal para el Desarrollo de la Bioeconomía 2021-2025)**
  - Pilares industriales estratégicos: priorizar los avances en cuatro áreas principales: biomedicina (atención sanitaria y medicamentos innovadores), bioagricultura (mejoramiento biológico, fertilizantes y piensos), biofabricación y bioseguridad.
  - Integración Tecnológica: Promover la integración profunda e interdisciplinaria de la biotecnología con la tecnología de la información y la bioinformática.
  - Innovación e infraestructura originales: establecimiento de laboratorios nacionales centrados en los principales campos biomédicos para fortalecer las capacidades de innovación originales y la autosuficiencia científica.
  - Salvaguardias genéticas y de recursos: Utilizar y proteger racionalmente los recursos de germoplasma mientras se avanzan las capacidades en investigación genética profunda, monitoreo de especies invasoras y medicina regenerativa.
- **Japón (Estrategia de Bioeconomía 2024)**
  - Diseño de microorganismos y células: fomento de tecnologías de plataformas de diseño de células y microorganismos, con especial atención a huéspedes prometedores, como las bacterias oxidantes de hidrógeno, para permitir nuevas vías metabólicas para la biofabricación.
  - Agricultura inteligente y mejoramiento genético de precisión: acelerar el uso de la robótica, la inteligencia artificial y la IoT en la agricultura, junto con el mejoramiento genético de precisión utilizando información del genoma para desarrollar cultivos con capacidades como la inhibición biológica de la nitrificación (BNI).
  - Modalidades médicas avanzadas: promover la investigación de convergencia entre la medicina regenerativa, las terapias celulares y genéticas y las tecnologías de próxima generación como células iPS, organoides y exosomas.
  - Convergencia digital y biológica: mejorar las infraestructuras de datos, como biobancos integrales, bases de datos de variación genética y gemelos digitales médicos, para vincular de forma segura la biotecnología con las tecnologías digitales.
  - Ciencias biológicas básicas: promover una investigación básica exploratoria y agresiva dirigida a todo el curso de la vida, al tiempo que se utilizan conocimientos de campos de ciencias distintas de la vida, como la tecnología cuántica y la inteligencia artificial.

Prioridades en ciencia tecnología e innovación (2)

- **Alemania (Estrategia Nacional de Bioeconomía)**
  - Biología de sistemas y "ómica": profundizar la comprensión de los sistemas biológicos dinámicos en todos los niveles, desde procesos biomoleculares elementales hasta ecosistemas completos, utilizando la genómica, la epigenómica, la proteómica y la metabolómica.
  - Tecnologías convergentes: integración del conocimiento biológico con herramientas digitales, inteligencia artificial, nanotecnología, automatización y miniaturización para diseñar bioprocesos eficientes y personalizados.
  - Nuevos organismos y conceptos de producción: desarrollo de cepas de producción resilientes, sistemas de producción artificiales y sin células, y conceptos de bioprocesos modulares adaptables a entornos industriales y agrícolas.
  - Sistemas circulares y eficientes en el uso de recursos: desarrollo de procesos biotecnológicos innovadores para capturar y aprovechar gases residuales (como el CO_2), residuos de origen biogénico y flujos de residuos complejos como materias primas para la industria..
- **Irlanda (Estrategia Nacional de Bioeconomía 2026-2030)**
  - Agrobioeconomía y nutrientes circulares: desarrollo de biorrefinerías verdes, fraccionamiento de cultivos y digestión anaeróbica para producir proteínas vegetales, fertilizantes de base biológica y biometano a partir de biomasa agrícola.
  - Bioeconomía Azul: Valorización de los recursos marinos, las algas, los productos marinos y las microalgas a través de biorrefinerías marinas y acuicultura multitrófica integrada.
  - Biofabricación y materiales: ampliar la biotecnología industrial y la fermentación para convertir recursos biológicos y corrientes secundarias industriales en productos químicos, polímeros e ingredientes especializados de base biológica de alto valor.
  - Construcción de base biológica: innovar con biomasa forestal y agrícola para desarrollar madera diseñada, fibras naturales y aislamiento para reducir la demanda de energía y carbono incorporado del entorno construido.
  - Contabilidad y datos sistémicos: integrar marcos de contabilidad del capital natural y desarrollar una Cuenta Nacional de Flujo de Biomasa para monitorear la disponibilidad de biom
- **Brasil: Plan Nacional para el Desarrollo de la Bioecononomía 2026 - 2030**
  - Sociobioeconomía: Tecnologías de extracción limpia, estabilización de productos naturales, alimentos funcionales y la combinación de saberes tradicionales con la biotecnología.
  - Biomasa Sostenible y Circularidad: Desarrollo de bioinsumos, sistemas integrados de producción, reciclaje de residuos y mejoramiento genético asociado a la biotecnología.
  - Procesos Industriales Avanzados: Uso de microorganismos y enzimas para producir de biocombustibles, bioplásticos, biomateriales, conversión de residuos y proteínas alternativas.
  - Tecnologías Habilitadoras: Aplicación de ciencia de datos, aprendizaje automático, plataformas digitales (blockchain e IoT) y tecnologías financieras para rastrear cadenas productivas

Capacidades y competencias de la fuerza laboral (1)

- **Orden Ejecutiva 14081 de los EE. UU.**
  - Ampliar las oportunidades de educación y formación (tanto formal como informal) en biotecnología y biofabricación para todos los estadounidenses, abarcando escuelas técnicas, programas de certificación y educación profesional y técnica.
  - Promover programas educativos multidisciplinarios y ampliar las trayectorias profesionales dentro de los programas de titulación existentes.
  - Fomentar una fuerza laboral diversa y la próxima generación de líderes mediante el aumento del apoyo a las universidades históricamente afroamericanas (HBCU), las universidades tribales y las instituciones que sirven a minorías, con el fin de promover la equidad racial y de género.
- **República Popular China: Plan Quinquenal de Bioeconomía 2021–2025**
  - Implementar a fondo una "estrategia de potencia de talento" para estimular la vitalidad innovadora y formar profesionales de primer nivel.
  - Fomentar el talento multidisciplinario integrando la biotecnología con la tecnología de la información, la ciencia de materiales y la fabricación avanzada.
  - Hacer hincapié en la investigación traslacional y las aplicaciones clínicas, lo que requiere una fuerza laboral capacitada para conectar los descubrimientos de laboratorio con su implementación en el mercado.
- **Japón: Estrategia de Bioeconomía – actualización (2024)**
  - Desarrollar recursos humanos para apoyar la investigación básica en ciencias de la vida y retener o atraer activamente talento global en áreas de vanguardia como las ciencias de la vida, las matemáticas, la informática y la estadística.
  - Ampliar la base educativa fortaleciendo la educación en STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) y el emprendimiento en los niveles de educación primaria y secundaria.
  - Centrarse en la formación de personal en bioinformática capaz de gestionar grandes volúmenes de datos, además de ofrecer capacitación en inteligencia artificial, ingeniería y gestión empresarial necesarias para la biofabricación.
  - Fomentar el nombramiento de jóvenes investigadores para puestos clave y ampliar la participación de estudiantes de doctorado en diversos campos científicos.

Capacidades y competencias de la fuerza laboral (2)

- **Alemania: Estrategia Nacional de Bioeconomía (2024)**
  - Competencias interdisciplinarias y transdisciplinarias: Formación de especialistas capaces de trabajar en la intersección de las ciencias naturales, la tecnología digital, la sostenibilidad ambiental, la economía y el derecho.
  - Profesiones verdes y alfabetización digital: Mejora de las cualificaciones de la mano de obra agrícola y forestal en agricultura inteligente, robótica de precisión, análisis de datos de sensores y gestión de datos digitales.
  - Emprendimiento y habilidades empresariales: Impartición de conocimientos sobre gestión empresarial, comercialización y normativa a científicos e investigadores en las primeras etapas de su carrera.
  - Educación profesional y estructural: Integración de módulos de bioeconomía en escuelas de formación profesional, centros de enseñanza técnica, universidades y marcos de educación continua, en consonancia con el programa de Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) de la UNESCO y el Plan de Acción Nacional de Alemania sobre EDS.
- **Irlanda: Estrategia de bioeconomía 2026-2030**
  - Establecimiento de una "ruta de aprendizaje en bioeconomía" desde la escuela hasta el mundo laboral, incorporando la alfabetización en bioeconomía en los planes de estudio de educación primaria y secundaria, y ampliando el desarrollo profesional continuo (DPC) del profesorado.
  - Evaluación nacional de las necesidades de competencias en bioeconomía para alinear activamente la oferta educativa (educación superior y formación continua) con las demandas del mercado laboral.
  - Expansión de microcredenciales, programas de aprendizaje práctico,cursos de reconversión profesional para graduados y rutas de aprendizaje vinculadas a empresas para fomentar las competencias en bioeconomía.
  - Oferta de oportunidades de capacitación impulsadas por los empleadores para PYMES, productores primarios y la fuerza laboral en general, en áreas clave para la implementación —como bioprocesamiento, fermentación y gestión circular de recursos— a través de las Juntas de Educación y Formación (ETB) y Skillnet Ireland.
- **Brasil: Plan Nacional para el Desarrollo de la Bioecononomía 2026 - 2030**
  - Programa de Formación en Sociobioeconomía y Agroecología para calificar a los Agentes de Crédito Rural.
  - Capacitación técnica y el entrenamiento para profesionales de la salud en centros de referencia como las "Farmacias Vivas".

Mecanismos de financiamiento público (1)

- **Orden Ejecutiva 14081 de EE. UU.**
  - Instruir a la Oficina de Administración y Presupuesto (OMB) a realizar un análisis transversal del presupuesto federal para identificar y alinear el gasto de las agencias en biotecnología y biofabricación.
  - Movilizar subvenciones y fondos de I+D interinstitucionales a través del Departamento de Energía (DOE), el Departamento de Defensa (DOD) y la Fundación Nacional de Ciencias (NSF).
  - Amplíar mecanismos de financiación, como el programa “Regional Innovation Engines” (Motores de Innovación Regional) de la NSF, para acelerar la comercialización a nivel regional.
- **República Popular China: Plan Quinquenal de Bioeconomía 2021–2025**
  - Despliega fondos de orientación respaldados por el Estado y fondos nacionales de ciencia para subvencionar biosectores estratégicos, incluyendo la biología sintética, la biomedicina y la bioagricultura.
  - Ofrece apoyo crediticio específico, préstamos estatales e incentivos fiscales preferenciales para reducir los costos de financiación de empresas emergentes (“startups”) y empresas en fase de expansión (“scale-ups”) de bioeconomía de alta tecnología.
  - Canaliza transferencias fiscales directas a través de gobiernos municipales y provinciales para financiar iniciativas piloto regionales.
- **Japón: Estrategia de Bioeconomía – actualización (2024)**
  - Emisión de "Bonos de Transición a la Economía GX" para respaldar una financiación de capital inicial audaz destinada a la transformación verde y a la reconversión industrial baja en carbono.
  - Provisión de subvenciones nacionales competitivas de I+D, incluidos el programa “Green Technologies of Excellence” (GteX), ALCA-Next y la financiación de I+D “Moonshot”.
  - Financiamiento específico para empresas emergentes a través del Programa de Fortalecimiento del Ecosistema de “Startups” Farmacéuticas para financiar ensayos preclínicos y clínicos en fase inicial.
  - Mecanismos de fijación de precios del carbono que fomentan el crecimiento (comercio de emisiones y recargos) para recompensar financieramente las reducciones de emisiones logradas mediante la biofabricación.

Mecanismos de financiamiento público (2)

- **Alemania: Estrategia Nacional de Bioeconomía (2024)**
  - Asignaciones presupuestarias departamentales para I+D: Financiadas principalmente por el Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF) y el Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura (BMEL), reordenando las prioridades de las asignaciones presupuestarias federales existentes sin crear nuevas cargas administrativas.
  - Instrumentos para PYMES y empresas emergentes: Apoyo directo mediante programas como el Programa Central de Innovación para PYMES (ZIM), gestionado por el Ministerio Federal de Economía y Acción Climática (BMWK).
  - Financiación de innovaciones disruptivas: Aprovechamiento de la Agencia Federal de Innovación Disruptiva (*Agentur für Sprunginnovationen* - SPRIND) para tecnologías revolucionarias de alto riesgo.
  - Cofinanciación público-privada e institucional: Programas como la Asociación Alemana de Innovación (DIP), respaldada por el BMEL y el Banco de Pensiones Agrícolas (Landwirtschaftliche Rentenbank).
  - Instrumentos de investigación de la UE y multilaterales: Participación en Horizonte Europa, BBI JU / CBE JU y asociaciones de investigación bilaterales.
- **Irlanda: Estrategia de bioeconomía 2026-2030**
  - Empleo de modelos de financiación mixta, estructuras de coinversión e instrumentos de subvención vinculados al mercado para superar los "valles de la muerte" de la fase precomercial (TRL 5–8).
  - Maximización de captación nacional de fondos procedentes de instrumentos europeos, incluidos la CBE-JU, el fondo *Scale-up Europe* del EIC y el IPCEI de la UE sobre biotecnología.
  - Evaluación de posibles incentivos fiscales y créditos fiscales por investigación diseñados específicamente para empresas de bioeconomía que están escalando hacia operaciones comerciales.
  - Colaboracióon con bancos multilaterales de desarrollo (BMD) para canalizar financiación climática hacia clases de activos nacionales de base biológica.
- **Brasil: Plan Nacional para el Desarrollo de la Bioecononomía 2026 - 2030**
  - Instrumentos del Plan de Transformación Ecológica (PTE), que incluyen el mercado regulado de carbono, el Pago por Servicios Ambientales (PSA), la Taxonomía Sostenible Brasileña (TSB) y la Plataforma Brasil de Inversiones Climáticas (BIP).
  - Canales prioritarios existentes como el Fundo Amazônia, Fundo Clima, el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FNDCT), los Fondos Constitucionales y el Plan Safra.
  - El Programa Nacional de Fortalecimiento de la Agricultura Familiar (PRONAF), mediante líneas de crédito para proyectos productivos de la sociobioeconomía.
  - Mecanismos de compras públicas como el Programa de Adquisición de Alimentos (PAA) y el Programa Nacional de Alimentación Escolar (PNAE).
  - Incentivos financieros directos y transferencia de renta, como el Programa Bolsa Verde, destinado a familias que adoptan prácticas de protección y uso sustentable de recursos naturales.

Prioridades de inversión (1)

- **Orden Ejecutiva 14081 de EE. UU.**
  - Centra la asignación de capital en ampliar la infraestructura nacional de biofabricación, la ingeniería avanzada de bioprocesos y la programación celular de alto rendimiento.
  - Invierte en infraestructura compartida de prototipado y plantas piloto para trasladar los descubrimientos de laboratorio fundamentales a aplicaciones industriales.
  - Aprovecha las normas de contratación federal para exigir la compra pública de productos de base biológica, generando flujos de caja predecibles que atraigan inversión de capital privado.
  - Destina recursos a la ciberseguridad, la infraestructura de bioseguridad y la Iniciativa de Datos para la Bioeconomía.
- **República Popular China: Plan Quinquenal de Bioeconomía 2021–2025**
  - Dirige importantes inversiones públicas e institucionales hacia centros nacionales de demostración de bioeconomía, parques industriales y modernas bases de biofabricación.
  - Realiza grandes inversiones en activos industriales fijos, incluidas instalaciones de fermentación de alta capacidad, plantas de bioprocesamiento y plataformas de mejora genética biológica.
  - Fomenta fondos de contrapartida de capital privado y capital riesgo para acelerar las aplicaciones traslacionales y las líneas de desarrollo clínico.
- **Japón: Estrategia de Bioeconomía – actualización (2024)**
  - Establece un objetivo nacional para elevar la inversión conjunta (pública y privada) en biofabricación a aproximadamente 3 billones de yenes anuales para 2030.
  - Crea instalaciones físicas compartidas, como centros de biofundición de acceso abierto e instalaciones de prueba de fermentación a gran escala, para resolver el "problema del escalado".
  - Dirige inversiones hacia infraestructura de procesamiento de madera, maquinaria forestal inteligente y proyectos de construcción de edificios de madera de altura media para movilizar capital ESG (ambiental, social y de gobernanza).
  - Invierte en infraestructuras digitales y de investigación, incluidos biobancos nacionales, estudios de cohortes y plataformas de datos (p. ej., WAGRI, TogoVar).

Prioridades de inversión (2)

- **Alemania: Estrategia Nacional de Bioeconomía (2024)**
  - Escalado e instalaciones piloto: Inversión en plantas piloto, biorrefinerías polivalentes (p. ej., el Centro Fraunhofer de Procesos Químico-Biotecnológicos CBP en Leuna) y laboratorios de demostración o «laboratorios vivos» para facilitar la transición de la investigación de laboratorio a la comercialización.
  - Infraestructura digital y experimental: Financiación de campos experimentales digitales en explotaciones agrícolas, redes de sensores avanzados y arquitecturas estandarizadas de datos biológicos.
  - Infraestructura rural descentralizada: Creación de instalaciones regionales de procesamiento, centros logísticos y redes en zonas rurales con debilidad estructural para el pretratamiento y la valorización de la biomasa primaria cerca de su fuente de origen.
  - Clústeres de bioeconomía y regiones modelo: Asignación de capital a clústeres industriales regionales y alianzas de innovación colaborativa que conecten a proveedores de materias primas, fabricantes de productos químicos y usuarios finales.
  - Estímulo de la demanda: Aprovechamiento de la contratación pública (que representa más de 300.000 millones de euros anuales) para crear mercados pioneros para materiales de base biológica y circulares (p. ej., la Carta de la Madera 2.0 e iniciativas de construcción con madera).
- **Irlanda: Estrategia de bioeconomía 2026-2030**
  - Implementa un programa nacional de paso de fase piloto a demostración para financiar el escalado desde la validación piloto hasta centros de biorrefinería a escala comercial.
  - Invierte capital en infraestructuras de innovación compartidas, incluida la ampliación de la Planta Piloto Nacional de Bioeconomía en Lisheen y de las instalaciones piloto de fraccionamiento.
  - Destina capital a proyectos regionales de digestión anaerobia, recuperación circular de nutrientes (p. ej., REGENERATE), producción de biocarbón y activos de biorrefinería azul (p. ej., AIMBIO).
  - Atrae de forma proactiva capital riesgo y fondos filantrópicos, tanto nacionales como internacionales, para coinvertir en clústeres bioindustriales regionales.
- **Brasil: Plan Nacional para el Desarrollo de la Biecononomía 2026 - 2030**
  - Las inversiones deben enfocarse en proyectos de transición energética, bioeconomía, economía circular, adaptación climática e infraestructura verde,
  - Es prioritario estructurar mecanismos financieros híbridos (blended finance), fondos garantizadores de riesgo (first-loss capital) y títulos temáticos para catalizar el capital privado y mitigar riesgos.
  - El plan requiere orientar un mayor esfuerzo institucional en la asignación de capital hacia misiones que actualmente están menos financiadas, tales como la valorización de los servicios ambientales, la salud y el bienestar, y la bioeconomía de ecosistemas terrestres y acuáticos.
  - En el marco del Programa Eco Invest Brasil, se contemplan inversiones en infraestructura habilitadora, portuaria y acuviaria, con un enfoque exclusivo en la Amazonia Legal para este rubro.