

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS ÁMICAS

CARRERA DE RELACIONES INTERNACIONALES

**ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIOECONOMÍA (2020-2030)
DE LA REPÚBLICA DE COSTA RICA EN COMPARACIÓN CON LA
ESTRATEGÍA DE BIOECONOMÍA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE
AMÉRICA EN LOS EJES ESTRATÉGICOS NÚMERO A: EJE
ESTRATÉGICO 1: BIOECONOMÍA PARA EL DESARROLLO RURAL Y D:
EJE ESTRATÉGICO 4: BIOECONOMÍA AVANZADA EN EL PERÍODO
2019-2024**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA EN RELACIONES INTERNACIONALES**

SUSTENTANTE:

KENYI VANESSA SOLÍS MURILLO

TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN:

LICENCIADO BRYAN ACUÑA OBANDO

SEDE ARANJUEZ, SAN JOSÉ, ABRIL, 2026.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle a cada una de las personas que de una u otra manera han aportado apoyo, conocimiento y risas en tiempos de crisis. Agradezco a cada profesor que he tenido por su amabilidad, su dedicación y su compromiso por no sólo enseñarnos lo que dice el programa de estudio, les agradezco por sus consejos y ayudas en todo momento que los necesité, son parte de este logro.

A todas aquellas personas que no sólo se desarrollan dentro de mi ámbito académico, pero que he conocido a largo de mi carrera, llámense amigos, futuros colegas o conocidos, les agradezco por creer en mí, escuchar lo que significa para mí poder estudiar esta carrera, desearme siempre el bien y aplaudir mis logros como si fuesen suyos. Yo espero poder escuchar y aplaudir los éxitos de cada uno como si fuesen míos. Muchas gracias por ser parte de esta primera etapa de mi camino como profesional.

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios y a la vida por darme la convicción y las fuerzas para conseguir este logro, el cual es la primera parte de este sueño que tengo desde muy pequeña y del cual estoy segura de que apenas comienza.

A mi mamá, que es la mujer más fuerte que conozco, la que ha luchado por siempre darme lo mejor, la que más sacrificios ha hecho durante estos viejos años por verme cumplir mis sueños. Espero enorgullecerte todos los días, porque no hay mejor homenaje que demostrar todo lo que me has inculcado.

A mis abuelos, tita y tito, ustedes son pilares fundamentales en mi vida, sin su apoyo hacia mi mamá y hacia mí no estaríamos cosechando todos los logros que hoy podemos celebrar juntos. Les agradezco por cada palabra de aliento, por los regaños, por el apoyo y por los sacrificios que han hecho. Los amo, esto también es de ustedes.

Por último, gracias a mis amigos y amigas, los cuales siempre me han repetido que están seguros de que lograré cosas grandes, a mis mascotas Mini y Celeste, porque no habido compañía más fiel durante las madrugadas o temporadas de exámenes. A fio, Emma y Jimena, porque espero verlas crecer como mujeres fuertes, independientes y valientes.

TABLA DE CONTENIDO

<i>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</i>	7
1.1 Planteamiento del problema.	G
1.2. Objetivos de la investigación	12
1.2.1. Objetivo general	12
1.2.2. Objetivos específicos	12
1.3. Justificación	12
1.4. Antecedentes	15
1.4.1. Antecedentes nacionales	15
1.4.2. Antecedentes Internacionales	22
1.5. Proyecciones	27
<i>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</i>	29
2.1. Marco Histórico	2G
2.1.1. Desarrollo bioeconómico	31
2.1.2. Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica (2020-2030)	33
2.1.3. Impulso a la biotecnología y la innovación verde	34
2.2. Marco Conceptual	36
2.2.1. Bioeconomía	36
2.2.2. Biotecnología	38
2.2.3. Desarrollo Sostenible	38
2.2.4. Economía Circular	40
2.2.5. Bioproductos	41
2.3. Marco Referencial	42
2.3.1 Interdependencia compleja	42
2.3.2 Constructivismo	43
2.3.5. Neoliberalismo	45
<i>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</i>	46
3.1. Enfoque de investigación	46
3.2. Diseño de la investigación	47

3.3. Las Fuentes de Información	4G
3.3.1. Muestra.....	50
3.3.2 Fuentes Primarias.....	50
3.3.3 Fuentes Secundarias	51
3.3.4. Unidad de Análisis.....	51
3.5. Instrumentos de la investigación	53
3.5.1 Entrevista	53
3.5.2. Fichas técnicas	54
3.5.3. Revisión bibliográfica.....	54
3.6.3. Proceso para Recolección y Análisis de datos	55
<i>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>	56
4.1 Describir los ejes estratégicos vinculados con el desarrollo sostenible y el acceso a mercados internacionales de biotecnología y bioproductos en Costa Rica y Estados Unidos, durante el período 2019-2024.	57
4.1.1 Eje estratégico 1: Bioeconomía para el desarrollo rural en Costa Rica.....	57
4.1.2 Eje estratégico 4: Bioeconomía avanzada en Costa Rica	62
4.1.3 Eje estratégico 4: Bioeconomía avanzada en Estados Unidos.....	68
4.1.4 Eje estratégico 1: Bioeconomía para el desarrollo rural en Estados Unidos	74
<i>4.2 Comparar el desarrollo de las estrategias bioeconómicas de ambos países en relación con dichos ejes, en el período de la investigación</i>	77
4.2.1 Nivel de implementación institucional y programática	77
4.2.2 Capacidades productivas y tecnológicas	81
4.2.3 Inserción en mercados internacionales de biotecnología y bioproductos	G0
<i>4.3 Resultados de la implementación de las estrategias bioeconómicas (2019–2024)</i>	98
4.3.1 Impactos económicos y productivos.....	G8
4.3.2 Impactos tecnológicos y de innovación	102
4.3.3 Impactos ambientales y de sostenibilidad.....	108
<i>4.4 Oportunidades estratégicas de cooperación internacional en bioeconomía</i>	111
4.4.1 Complementariedades entre Costa Rica y Estados Unidos	112
4.4.2 Mecanismos de cooperación bilateral existentes y potenciales	114
4.4.3 Propuestas de cooperación multilateral en bioeconomía sostenible.....	116
<i>CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES</i>	120
5.1 Conclusiones.....	122

5.1.2 Limitaciones del estudio	125
5.1.3 Resultados obtenidos	127
5.1.4 Reflexión final	128
5.2 Recomendaciones	132
<i>ANEXOS</i>	<i>134</i>
Encuesta. 2	135
<i>Bibliografía</i>	<i>136</i>

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se han buscado soluciones para enfrentar la crisis climática entre esas soluciones, ha nacido la bioeconomía. La bioeconomía se ha consolidado como un enfoque estratégico sostenible en la transformación de los mercados internacionales, ya que este concepto integra la producción y el aprovechamiento sostenible de recursos biológicos, procesos tecnológicos y prácticas innovadoras, con el fin de generar bienes y servicios que contribuyan al bienestar social, el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente.

En diversos países han apostado por la bioeconomía como una vía para la reestructuración de los modelos productivos, reducir la dependencia de los combustibles fósiles, potenciar la innovación y acceder a nuevos mercados globales vinculados con biotecnología y los bioproductos. Entre los mercados más importantes derivados de la bioeconomía, se encuentran: la biofarmacia, agricultura, biotecnología blanca, alimentos y bioservicios.

Costa Rica ha desarrollado su estrategia nacional de bioeconomía, en busca de mejorar su modelo económico y traccionarlo hacia economías más verdes y limpias. El país centroamericano con el desarrollo de esta estrategia, se estaría convirtiendo en un referente importante a nivel regional e internacional, sobre las economías verdes y la bioeconomía, tal y como hace referencia Caballero (2024) quien considera que pensar el futuro del planeta desde la socio bioeconomía nos permitirá concebir e implementar un modelo económico que nos ayude a generar riquezas gracias a la protección y uso sostenible de los recursos naturales y no a costa de su destrucción.

En esta investigación, se estudiaron dos ejes estratégicos, los cuales son: eje estratégico 1: Bioeconomía para el desarrollo rural y D: eje estratégico 4: Bioeconomía avanzada en el período. Estos ejes fueron escogidos por su orientación hacia la mejora de la calidad de vida en zonas rurales y por fortalecer la productividad sostenible. Asimismo, estos ejes conducen a la innovación en la generación de bioproductos y la inserción en cadenas de valor internacionales.

Con el fin de contrastar enfoques y políticas, se analizó la experiencia de los Estados Unidos de América y como este ha venido consolidando políticas sobre bioeconomía con un

fuerte énfasis en la biotecnología y en la bioeconomía socioecológica, en donde ambas se vinculan con la innovación científica, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo de nuevos mercados. Estas políticas estadounidenses han favorecido la creación de marcos institucionales sólidos, inversiones en investigación y fortalecimiento de industrias que utilizan recursos biológicos que generan valor agregado.

La experiencia de una potencia mundial en el marco de la bioeconomía, no solo alimenta la manera en la que se desarrolla la bioeconomía en un Estado, sino también en cómo abre mercados internacionales para todos los demás, lo que genera innovación y colaboración. Representa una oportunidad de estudios de éxito que se podrían replicar, por lo que motiva a la inclusión de esta, dentro de los demás países que pueden simpatizar con Estados Unidos.

La confrontación de las estrategias de bioeconomía de Costa Rica y Estados Unidos revela coincidencias y divergencias en la formulación e implementación de sus políticas durante el período 2019-2024. En el caso costarricense, la orientación se dirige a consolidar la bioeconomía como un eje articulador de su modelo de desarrollo sostenible, fomentando la generación de conocimiento científico y la inserción en mercados emergentes. Por su parte, la estrategia estadounidense se distingue por privilegiar el desarrollo de biotecnologías avanzadas y el fortalecimiento de su liderazgo en la competitividad internacional.

Estados Unidos por su lado se enfoca en potenciar la biotecnología, la investigación avanzada y la generación de un marco económico competitivo a nivel global. Este contraste entre ambas propuestas abre un espacio para comprender cómo las naciones independientemente de sus niveles de desarrollo, capacidades tecnológicas y estructuras productivas enfrentan los retos y oportunidades de la bioeconomía en el siglo XXI.

La relevancia de estas estrategias en el impacto social radica en que los hallazgos permitirán comprender cómo se articula la bioeconomía con la sostenibilidad ambiental, la gestión de los recursos naturales y la organización económica en Costa Rica. Además, los resultados pueden ofrecer insumos valiosos para instituciones públicas, sector privado y comunidades rurales, al señalar oportunidades de innovación, acceso a mercados y desarrollo inclusivo.

Las inversiones que promuevan la innovación en campos como la biotecnología tienen mucho sentido en un país como Costa Rica, por su capacidad técnica, su posicionamiento internacional en biodiversidad y el potencial para contribuir a soluciones que aceleren el

cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019)

La cita destaca que las inversiones orientadas a la innovación en áreas como la biotecnología son especialmente relevantes para Costa Rica, debido a su alta capacidad técnica, su liderazgo en la biodiversidad y su potencial para impulsar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta afirmación evidencia que el país posee las condiciones necesarias para avanzar hacia una economía basada en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Por lo que, la presente investigación pretende generar aportes que fortalezca en el diseño y la implementación de políticas bioeconómicas, promoviendo un modelo nacional más resiliente, competitivo y ambientalmente sostenible.

De este modo, la investigación no solo aporta al análisis académico en torno a la bioeconomía, sino que también busca constituirse en un insumo de valor para la formulación de decisiones en los sectores público, privado y comunitario. Al mismo tiempo, impulsa la consolidación de un modelo de desarrollo inclusivo, innovador y ambientalmente sostenible, en línea con los compromisos de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, con especial referencia a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11: Ciudades y comunidades sostenibles, 12: Producción y consumo responsables, y 13: Acción por el clima, entre otros que pueden ser identificados a lo largo del estudio.

1.1 Planteamiento del problema.

La bioeconomía por sí sola puede representar una solución a muchos problemas derivados de la crisis climática, pero también puede ser una respuesta al desarrollo de los objetivos de desarrollo sostenible, pero hay un problema en su implementación y en la novedad estratégica que sigue representado. En Costa Rica, la estrategia de bioeconomía enfrenta limitaciones relacionadas con el financiamiento, la coordinación institucional y el acceso a mercados internacionales de bioproductos, mientras que Estados Unidos, en contraste cuenta con mayores capacidades técnicas, científicas y financieras que le permiten el desarrollo bioeconómico.

En el caso de Costa Rica, la Estrategia Nacional de bioeconomía 2020-2030 representa un esfuerzo integral por vincular la sostenibilidad con el desarrollo económico. En los ejes que se pretenden estudiar, se encuentran con varias limitaciones que inclusive en el plan mismo se reconocen, como las ya anteriormente mencionadas, en financiamiento para inversión e investigación y estructura suficiente para su desarrollo.

Por otra parte, Estados Unidos ha desarrollado políticas robustas en esta materia, en donde se respaldan con una fuerte inversión en investigación científica, el desarrollo de marcos regulatorios e instituciones estables y la capacidad de insertar bioproductos en mercados internacionales a gran escala. Este país ha logrado articular con mayor éxito la conexión entre innovación, sostenibilidad y competitividad, que esto último es algo que le hace falta a Costa Rica.

Si bien Costa Rica presentó su Estrategia Nacional de Bioeconomía en agosto de 2020 como un plan a diez años, es necesario considerar la viabilidad de su cumplimiento en los plazos previstos, especialmente tomando en cuenta el impacto de la pandemia en su implementación. En contraste, Estados Unidos cuenta con una trayectoria más extensa, ya que su propuesta de bioeconomía se sustenta en diversas iniciativas previas y en la Estrategia de Bioeconomía y Biotecnología lanzada en 2012, lo que implica que dispone de casi una década adicional de experiencia y desarrollo en comparación con Costa Rica.

La situación descrita genera un escenario complejo en donde se marca una asimetría en el desarrollo de la bioeconomía en ambos países. Costa Rica, a pesar de su reconocimiento internacional por políticas ambientales y de sostenibilidad, encuentra obstáculos importantes en la consolidación de la bioeconomía como motor económico. Las limitaciones que se hablaban anteriormente limitan la capacidad del país para aprovechar plenamente su biodiversidad y convertirla en oportunidad de crecimiento inclusivo.

Estados Unidos ha sabido capitalizar su capacidad científica y tecnológica para materializar avances relevantes en el campo de la biotecnología y los bioproductos. Su orientación hacia una bioeconomía con enfoque social ha facilitado tanto la consolidación de estructuras institucionales más robustas como el fortalecimiento de sectores industriales capaces de responder a la demanda nacional y de insertarse en los mercados globales.

La finalidad de realizar una comparación es identificar los aciertos y desaciertos de ambos países en materia de bioeconomía, así como reconocer los aprendizajes mutuos derivados de sus avances y retrocesos. Este análisis también permite señalar los aspectos que aún deben fortalecerse en cada caso, con el propósito de consolidar la bioeconomía como un motor económico sustentado en la sostenibilidad.

Uno de los principales problemas radica en que, si bien existen numerosos estudios que respaldan la bioeconomía, la cantidad de investigaciones comparativas que analicen estas experiencias es limitada. Esto reduce la posibilidad de identificar lecciones aprendidas, buenas prácticas y áreas de mejora aplicables al caso costarricense. Asimismo, la falta de evaluaciones críticas restringe la formulación de decisiones informadas, lo que dificulta orientar la política pública hacia resultados más efectivos y alcanzables.

Sin embargo, la carencia de estudios comparativos que profundicen en estas experiencias representa una brecha importante tanto en la producción académica como en el diseño de políticas públicas, lo que mantiene vigente la relevancia del tema pese a los años de investigación acumulada. Aunque existen análisis que tratan la bioeconomía desde enfoques globales o regionales, son escasos aquellos que se concentran en la aplicación de ejes específicos vinculados con el desarrollo rural y las economías altamente industrializadas. En particular, no se ha identificado ningún trabajo que establezca una comparación entre la trayectoria de Costa Rica y la de Estados Unidos.

En consecuencia de todas estas inquietudes, surge la necesidad de llevar a cabo una investigación que contraste ambas experiencias nacionales y que permitan responder a la siguiente pregunta ¿Cómo se han implementado los ejes de desarrollo sostenible y el acceso a mercados internacionales de biotecnología y bioproductos en Estados Unidos, en comparación con los Ejes Estratégicos 1 (Bioeconomía para el desarrollo rural) y 4 (Bioeconomía avanzada) de la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica durante el período 2019-2024

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Analizar la estrategia de bioeconomía de los Estados Unidos de América en comparación con la Estrategia Nacional de Bioeconomía de la República de Costa Rica en sus ejes específicos sobre el desarrollo sostenible (A. Eje estratégico 1: Bioeconomía para el desarrollo rural) de acceso a mercados internacionales de biotecnología y bioproductos (D. Eje estratégico 4: Bioeconomía avanzada), durante el período 2019–2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir los ejes estratégicos vinculados con el desarrollo sostenible y el acceso a mercados internacionales de biotecnología y bioproductos en Costa Rica y Estados Unidos, durante el período 2019-2024.
- Comparar el desarrollo de las estrategias bioeconómicas de ambos países en relación con dichos ejes, en el período de la investigación.
- Determinar los resultados obtenidos de la implementación de estas estrategias en Costa Rica y Estados Unidos, identificando similitudes y diferencias relevantes en el período 2019 - 2024.
- Identificar oportunidades de cooperación bilateral y multilateral entre Costa Rica y Estados Unidos en materia de bioeconomía sostenible y biotecnología.

1.3. Justificación

La importancia de la siguiente investigación sobre la bioeconomía es que contribuye a una de las estrategias más prometedoras de la sostenibilidad ambiental, y porque tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de las personas y la competitividad económica. Su impacto se manifiesta en múltiples niveles, tanto en la vida cotidiana como en la dinámica de los mercados internacionales.

En el plano social, la bioeconomía impulsa la creación de nuevas oportunidades laborales vinculadas con prácticas sostenibles, fortalece el desarrollo de las comunidades rurales y fomenta alternativas productivas fundamentadas en el aprovechamiento responsable de los recursos biológicos. Los empleos, comúnmente denominados “empleos verdes”, no solo generan, sino que también mejoran la calidad de vida al fomentar actividades

compatibles con la conservación de los ecosistemas, lo cual es un tema apremiante en todas las cumbres mundiales sobre las crisis climáticas.

La colaboración entre el sector público y privado constituye una oportunidad para atraer inversión nacional y extranjera hacia la bioeconomía costarricense; por ejemplo, la existencia de un clúster diversificado de ciencias de la vida (CR-Biomed), que integra empresas y centros de investigación en biotecnología agrícola, industrial, ambiental y de salud humana y animal. La bioeconomía es, sin duda, una oportunidad para aprovechar las capacidades de investigación en ciencias biológicas y ambientales del país. (Estrategia Nacional de Bioeconomía, p.27)

En un plano más amplio, y de acuerdo con las referencias y los ejes estratégicos que se analizan en esta investigación, la innovación se constituye como un elemento clave de la bioeconomía. El desarrollo de bioproductos y biotecnologías ofrece soluciones más sostenibles para la vida cotidiana, lo cual resulta igualmente relevante para el mercado, al impulsar la creación de nuevas profesiones y contribuir a la generación de empleo en las zonas costeras. Esto adquiere especial importancia en territorios donde históricamente las comunidades han sido marginadas de oportunidades y forzadas a migrar hacia áreas urbanas, como la capital.

Al desarrollar cadenas de valor basadas en la sostenibilidad, las naciones pueden acceder a consumidores que demandan productos que respetan el equilibrio con el medio ambiente y con un mayor valor agregado. Para Costa Rica, esto no solo fortalece la imagen país que ya mantiene ante estándares ambientales mundiales, sino que también refuerza la competitividad en mercados internacionales, de la misma forma también impulsa procesos de industrialización sostenible e innovación tecnológica.

Asimismo, la bioeconomía representa un pilar fundamental para el fortalecimiento de la resiliencia económica, al disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y fomentar modelos de producción sostenibles y responsables. En un contexto global caracterizado por crisis ambientales y la volatilidad de los mercados, aquellos países que implementan estrategias bioeconómicas, como Costa Rica y Estados Unidos y que disponen del respaldo institucional adecuado, demuestran una mayor capacidad de adaptación y respuesta frente a los desafíos globales contemporáneos.

El propósito de establecer una comparación entre una potencia mundial y un país relativamente pequeño como Costa Rica radica en evidenciar cómo, en el caso costarricense, la bioeconomía ha contribuido a un desarrollo integral que vincula la sostenibilidad ambiental con la dinamización de sectores productivos locales. Esto se refleja en la promoción de prácticas más eficientes en áreas clave como la agricultura, la ganadería y la energía, así como en la generación de valor agregado a partir del aprovechamiento sostenible de su rica biodiversidad.

Este proceso no solo fortalece la economía interna, sino que también mejora la capacidad del país para responder de forma innovadora a sus desafíos sociales y ambientales, reduciendo la dependencia de modelos tradicionales poco sostenibles. Además, al promover una economía basada en el conocimiento y el uso responsable de los recursos naturales, Costa Rica se posiciona como un referente en sostenibilidad, lo que facilita la atracción de inversiones verdes y la generación de nuevas oportunidades para el desarrollo inclusivo.

El desarrollo de la economía en Costa Rica no sólo depende de la inversión o la innovación extranjera, sino también de la apertura hacia nuevos modelos económicos y de cooperación. La disposición a fomentar alianzas público-privadas, atraer inversión extranjera directa y promover marcos legales que impulsen la innovación resulta esencial para avanzar hacia un proceso sostenible. Sin embargo, ciertos sectores aún muestran resistencia ante estos cambios. En este sentido, la siguiente cita refleja como el temor a la apertura económica puede convertirse en un obstáculo para desarrollo sostenible del país.

Se teme a la apertura económica, a la atracción de IED, a las alianzas público-privadas, a los marcos legales flexibles para la innovación. Este miedo disfrazado de moral es uno de los principales enemigos del progreso científico, ambiental y social del país. (Solano, 2025)

Ese estudio considera fundamental el análisis de las políticas públicas que promuevan la transición hacia prácticas sostenibles donde se integren a los distintos actores en procesos de innovación colaborativos. Estas políticas son esenciales para superar las barreras que limitan la apertura económica y la atracción de inversión, permitiendo así que la bioeconomía avance con una visión más inclusiva y dinámica. De esta manera, la bioeconomía no sólo

puede consolidarse como una estrategia ambiental, sino también como un motor de desarrollo económico y social que fortalece la competitividad y la identidad del país.

Los resultados de la investigación se podrían usar para rescatar elementos acerca de la sostenibilidad y economía en un mismo desarrollo, para con ello facilitar el desarrollo, mediante la aplicación de un modelo que, hoy en día, es vigente como referente a nivel mundial. En síntesis, este estudio revelará cuán grande es el impacto de estas políticas en la calidad de vida de las personas y cómo las ciudades y sus líderes pueden ponerlas en práctica en pro de sus habitantes.

1.4. Antecedentes

La bioeconomía se plantea como un modelo de desarrollo que aprovecha de manera sostenible los recursos biológicos para generar productos, procesos y servicios con valor agregado. Su aplicación impulsa la innovación en sectores como la biotecnología, la agricultura y la energía renovable, a la vez que promueve un crecimiento económico compatible con la protección ambiental, aspecto crucial en el contexto actual de cambio climático.

En Costa Rica, este enfoque cobra especial relevancia debido a la riqueza natural y a la trayectoria en conservación de la biodiversidad, lo que le permite proyectarse en mercados internacionales y diferenciarse como país. Además, la bioeconomía representa una oportunidad para diversificar la economía, generar empleos de calidad, integrar a las comunidades rurales y costeras en nuevas cadenas de valor, fortalecer la competitividad nacional y avanzar hacia metas de sostenibilidad como la carbono neutralidad y la transición a una economía verde.

1.4.1. Antecedentes nacionales.

Como primer antecedente nacional se encuentra la tesis *“Bioeconomía desde las Relaciones Internacionales: oportunidades y desafíos en las políticas comerciales bioeconómicas de Costa Rica como respuesta a la crisis climática”*, de Celestina Brenes P. (2024). Su objetivo consiste en identificar estrategias de política comercial en bioeconomía que puedan aplicarse en Costa Rica para potenciar el mercado nacional en respuesta a la crisis

climática, tomando como referencia casos de éxito internacionales documentados entre 2010 y 2020.

El objetivo de esta investigación representa una contribución clave para comprender cómo la bio economía puede convertirse en un motor de desarrollo sostenible en Costa Rica. Al plantear la búsqueda de estrategias políticas comerciales, el estudio no se limita a analizar los marcos normativos existentes, sino que abre el camino hacia la identificación de instrumentos concretos que fortalezcan al país frente a la crisis climática. Este enfoque permite entender la bio economía no sólo como un paradigma ambiental, sino también con una herramienta práctica de transformación económica capaz de generar nuevas oportunidades comerciales.

Uno de los principales aportes es la relación entre la política comercial y la sostenibilidad. Este análisis muestra que, para Costa Rica, la bioeconomía se convierte en un puente entre la competitividad internacional y el cumplimiento de compromisos ambientales. Esto significa que el país puede posicionarse como un referente en mercados que valoran los productos sostenibles, al mismo tiempo que impulsa sectores productivos internos. De esta forma, la investigación no solo responde a una necesidad académica, sino también a una urgencia práctica orientada a diversificar y sofisticar la economía nacional.

El estudio también evidencia la importancia de aprender de casos internacionales. Dentro del análisis estudia experiencias de países como: Argentina, Brasil, Colombia, Estados Unidos y la Unión Europea, se identifican buenas prácticas que pueden ser adoptadas al contexto costarricense. Este ejercicio comparativo ofrece un valor agregado, ya que evita que el país parta de cero y, en cambio, aproveche los aprendizajes de otras naciones en materia de financiamiento, institucionalidad y normativa. Así, esta tesis propone un camino realista y fundamentado para que Costa Rica avance con mayor propiedad en el desarrollo de la bioeconomía.

Otro aporte relevante es la incorporación de la crisis climática como un eje común y transversal en la discusión de política comercial. El objetivo general vincula de manera directa los desafíos ambientales con la seguridad internacional y el comercio, lo que sitúa a la bioeconomía en un nivel estratégico. Esto implica que la acción costarricense no debe entenderse únicamente desde la perspectiva ambiental, sino también como una medida de

protección frente a los riesgos económicos, sociales y políticos que surgen de la degradación del medio ambiente.

En el plano social, la investigación aporta al debate sobre la inclusión y el desarrollo territorial. Al plantear estrategias comerciales en la bioeconomía, se generan oportunidades para que las comunidades rurales y costeras participen en cadenas de valor innovadoras. Este enfoque descentraliza el crecimiento económico y promueve la creación de empleos especializados, reduciendo desigualdades y fomentando un modelo más equitativo. Al mismo tiempo, refuerza el papel de la educación y la investigación, ya que requiere de personal capacitado capaz de sostener la transición hacia una economía basada en el conocimiento.

En un contexto de los mercados globales, estos demandan cada vez más productos con certificaciones verdes y trazabilidad ambiental. Costa Rica tiene la oportunidad de reforzar su imagen como un país que aprovecha los recursos y los cuida, imagen que tiene múltiples beneficios en su política exterior. Este aporte no sólo genera beneficios económicos, sino que también legitima política en foros internacionales, consolidándolo como un actor relevante en la discusión global sobre la sostenibilidad.

La investigación de Brenes (2024) aporta una base teórica y práctica que puede servir como guía para futuros estudios sobre la bioeconomía en Costa Rica. Su análisis contribuye a ampliar la comprensión de cómo las políticas comerciales pueden alinearse con los objetivos ambientales y sociales del país, impulsando un desarrollo más equilibrado. Además, resalta la importancia de crear marcos institucionales sólidos que faciliten la implementación de estrategias sostenibles a nivel nacional.

De igual forma, el estudio refuerza la necesidad de fomentar la cooperación entre los sectores público, privado y académico para consolidar una economía verde inclusiva. La promoción de alianzas estratégicas, la inversión en investigación y la educación ambiental surgen como pilares esenciales para sostener este modelo. Así, la tesis no solo plantea una visión académica, sino que también propone una ruta práctica hacia un futuro más sostenible y competitivo para Costa Rica.

Para demostrar la utilidad del modelo bioeconómico desarrollado en los países líderes para la mitigación de los efectos de la crisis climática y el aumento de la competitividad comercial en el país, se analizan los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. Para esto, se revisan los proyectos implementados en los Estados líderes en la materia y la posibilidad de adaptación de acuerdo con las oportunidades y desafíos del mercado nacional de bioeconomía. (Porrás. 2024. p.29)

Finalmente, los aportes de esta investigación se centran en la generación de conocimiento aplicado, la integración de experiencias internacionales, la vinculación entre comercio y sostenibilidad, la inclusión social y territorial, así como en la consolidación del liderazgo internacional de Costa Rica. Todo esto posiciona a la bioeconomía como un eje estratégico para enfrentar la crisis climática, transformar los sistemas productivos y abrir nuevos espacios de oportunidad en los mercados internacionales.

Como segundo antecedente nacional, se encuentra el estudio Bioeconómico del efecto de la fertilización química versus orgánica sobre la producción del pasto Camerún (*pennisetum purpureum*) en la finca Montezuma, Guanacaste, Costa Rica, Santos Montoya (2006). El objetivo de este estudio fue la viabilidad técnica y económica de usar el estiércol frente a la fertilización química, para determinar la mejor combinación en términos de rendimiento, calidad nutricional del forraje y rentabilidad.

Esta investigación aporta un valor fundamental al demostrar que la bioeconomía no es un concepto abstracto, sino una práctica que puede aplicarse de manera concreta en la producción agrícola y pecuaria. El uso del estiércol bovino como fertilizante orgánico, combinado con urea, ejemplifica cómo es posible reducir los costos de producción y, al mismo tiempo, disminuir la dependencia de insumos químicos importados. Este hallazgo se vincula directamente con el fortalecimiento de la soberanía productiva en Costa Rica, ya que promueve un aprovechamiento más eficiente de los recursos locales y contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de pastoreo.

Un aporte significativo del estudio radica en la determinación de la edad óptima del pasto Camerún, al demostrarse que a los 70 días se logra el mayor rendimiento de materia seca, aunque no se establezca con exactitud el punto de mayor digestibilidad. Esta precisión

técnica no solo resulta útil para los productores ganaderos, sino que también aporta información clave para la formulación de políticas orientadas a la bioeconomía. De esta manera, se resalta la necesidad y la importancia de conectar la investigación científica con la toma de decisiones estratégicas, integrando ciencia, productividad y sostenibilidad dentro de un mismo modelo de desarrollo.

El tratamiento identificado como el más eficiente (T3007570) combina fertilización orgánica y química, demostrando que es posible alcanzar una alta productividad junto con un balance económico favorable. Este resultado confirma que la bioeconomía no debe entenderse únicamente como un enfoque ambiental, sino también como una vía hacia la rentabilidad empresarial. En el ámbito internacional, esta evidencia posiciona a Costa Rica como un país innovador, capaz de implementar prácticas sostenibles y competitivas en los mercados globales.

Desde la perspectiva ambiental, este estudio revela que el uso de un sistema de **círculos de pastoreo** no modificó la composición botánica de las pasturas ni incrementó la proliferación de malezas, lo que lo hace viable a largo plazo. Este hallazgo resulta particularmente útil, ya que respalda la idea de que la bioeconomía puede integrar beneficios productivos con la conservación de los ecosistemas. En este sentido, Costa Rica tiene la posibilidad de fortalecer su imagen de “país verde” mediante prácticas de bajo impacto ambiental que, además, cuentan con respaldo científico.

Asimismo, el estudio de Santos Montoya (2006) contribuye a la comprensión de cómo las prácticas agrícolas sostenibles pueden generar beneficios integrales en los ámbitos económico, social y ambiental. La utilización de fertilizantes orgánicos provenientes de desechos ganaderos fomenta una economía circular dentro del sector agropecuario, donde los residuos se transforman en insumos valiosos para la producción. Este modelo no solo mejora la eficiencia del uso de recursos, sino que también promueve la reducción de desechos y emisiones contaminantes, alineándose con los compromisos nacionales de mitigación del cambio climático.

Además, los resultados del estudio evidencian que la transición hacia una bioeconomía no requiere reemplazar completamente los métodos convencionales, sino más

bien combinarlos de forma inteligente para lograr un equilibrio entre productividad y sostenibilidad. Este tipo de investigaciones fortalecen la base científica necesaria para diseñar políticas públicas orientadas a la innovación rural y al desarrollo sostenible. En consecuencia, el trabajo de Santos Montoya se convierte en un referente para futuras iniciativas que busquen impulsar la competitividad del sector agropecuario costarricense sin comprometer los recursos naturales del país.

Este estudio ofrece un ejemplo claro de cómo la investigación aplicada puede generar cambios en las comunidades rurales. Al mejorar la productividad del forraje con recursos propios, se incrementa la competitividad de los ganaderos y fortalece la seguridad alimentaria. Esto aporta al argumento de que la economía es una estrategia de desarrollo inclusivo, que puede generar empleo, dinamizar las economías locales y posesionar al país en un mercado internacional cada vez más exigente en la sostenibilidad.

Como tercer antecedente nacional se encuentra “Análisis de la importancia de la bioeconomía avanzada como modelo desarrollo industrial y sostenible sobre los sistemas productivos de la República de Costa Rica durante el periodo 2017-2023” Miranda. (2025) desarrolla el papel de la economía como un modelo capaz de integrar la sostenibilidad ambiental, la competitividad económica y el bienestar social.

El principal enfoque de esta tesis se centra en cómo puede fortalecerse los sectores productivos del país, especialmente en agricultura y ganadería, promoviendo la innovación y la comparación entre los sectores públicos y privados. Además, la autora analiza la importancia de las políticas nacionales internacionales que impulsan este modelo, destacando su potencial para posicionar a Costa Rica como referente en sostenibilidad y economía verde.

De esta manera Costa Rica apuesta por avanzar hacia una ruta de desarrollo sostenible basada en la bioeconomía convirtiéndose en una alternativa muy prometedora para potenciar al país con una producción sostenible de alto valor agregado en todos sus ejes, centrado en el desarrollo y aprovechamiento justo y equitativo de su biodiversidad, uso circular de su masa y en el proceso de innovación biotecnológica. (Miranda. 2025.p.13)

La presente investigación examina el contexto nacional en el que surge la bioeconomía, mostrando cómo Costa Rica ha implementado estrategias que aprovechan los

recursos naturales sin comprometer su regeneración. Se expone que la bio economía no sólo se limita al ámbito ambiental, sino que actúa como una herramienta para diversifica la economía y general empleo. De este modo, la tesis busca demostrar que el aprovechamiento racional de los recursos biológicos puede convertirse en un motor de desarrollo sostenible y competitivo.

Uno de los principales aportes del trabajo es el énfasis que la autora le da a la relación que existe entre la ciencia, la innovación y la productividad. El estudio destaca la importancia de fortalecer la educación científica y la investigación aplicada para impulsar el crecimiento de sectores estratégicos. A través de la cooperación entre universidades, instituciones estatales y empresas privadas, se busca construir una base sólida que permite la transición hacia una economía baja en carbono y más resiliente ante el cambio climático.

La tesis también analiza los desafíos que enfrenta un país como Costa Rica para consolidar su bioeconomía. Entre las principales barreras se mencionan la limitada inversión en investigación y desarrollo, la falta de coordinación institucional y la escasa discusión de conocimiento sobre el tema entre los productores rurales. Sin embargo, se reconoce que el país cuenta con condiciones favorables, como una matriz energética limpia, un marco político estable y una imagen internacional sólida en materia ambiental.

Asimismo, se resalta el papel de las comunidades rurales en la transición hacia modelos productivos sostenibles. Se plantea que la bio economía puede ser una vía efectiva para reducir desigualdades al integrar a los pequeños productores en cadenas de valor más rentables. Este enfoque no sólo genera oportunidad económica, sino que fortalece la inclusión social de comunidades que han sido afectadas por la poca voluntad política de llevar este tipo de modelos económicos hacia sectores que no están alrededor de la capital.

Este análisis demuestra que el futuro de la vida economía en Costa Rica depende de la creación de alianzas estratégicas entre el Estado y el sector privado, sin olvidarse de lo importante que también es la academia. Este triángulo de colaboraciones es esencial para atraer inversiones, impulsar la transferencia tecnológica y fomentar la innovación de bioproductos y energías renovables. De esta forma, la tesis propone un modelo basado en la cooperación y la sostenibilidad como ejes para lograr un crecimiento equilibrado.

La investigación ofrece una visión integral de cómo la bio economía puede convertirse en una estrategia nacional para enfrentar los retos económicos y ambientales del siglo XXI. Al combinar conocimientos científicos, políticas públicas efectivas y responsabilidad social, Costa Rica tiene la oportunidad de consolidarse como un país líder en desarrollo sostenible. La tesis deja claro que la bioeconomía no es sólo un concepto teórico, sino que es una herramienta práctica para transformar los sistemas productivos, promover la equidad y garantizar un futuro más sostenible y competitivo.

1.4.2. Antecedentes Internacionales.

Como primer antecedente internacional se encuentra el artículo “Bioeconomía: El Futuro Sostenible” (2018), de Jaramillo, publicado por la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana. En este texto, la autora explica que la bioeconomía busca aprovechar de manera sostenible los recursos biológicos, promover la generación de empleo, estimular la innovación y ofrecer soluciones a los desafíos que plantea el cambio climático.

Este artículo ofrece una visión clara de cómo este modelo puede convertirse en una respuesta integral a los desafíos ambientales y económicos que enfrenta actualmente el mundo. Señala que la bioeconomía no solo aprovecha los recursos naturales de forma sostenible, sino que también impulsa la creación de empleos de calidad y el desarrollo de nuevos sectores productivos. Con ello, se reafirma que la bioeconomía puede ser un motor de desarrollo capaz de diversificar la economía.

El uso de nuevas tecnologías en la producción de alimentos, energías renovables y bioproductos abre la puerta a mercados emergentes con alta demanda global. Esto representa una oportunidad para que los países aprovechen su capital humano y sus avances en ciencia y tecnología, logrando posicionarse en nichos de exportación especializados y fortaleciendo así su papel en los mercados internacionales. Como Jaramillo (2018) lo indica, se puede considerar que la bioeconomía es uno de los sectores económicos más antiguos de la humanidad, aunque las ciencias de la vida y la biotecnología lo están transformando en uno de los más innovadores.

Este artículo también resalta la importancia de la sostenibilidad como eje transversal. La bioeconomía se plantea como una forma de producir respetando los límites de los

ecosistemas y reduciendo la huella ambiental. Además, respalda la visión de cómo un país puede ser líder en la transición hacia las economías más verdes. Según Jaramillo (2018) el desarrollo de la bioeconomía requiere de excelencia científica y de capacidades de transformación que permitan ampliar las fronteras para la utilización sostenible de toda la gama de recursos biológicos disponibles.

La capacidad de transformación, también conlleva al resaltar el papel de la educación en la formación profesional como motor fundamental, para el crecimiento de la bioeconomía. La generación de conocimiento de la capacitación técnica en áreas como biotecnología, manejo ambiental o gestión de recursos naturales, son necesarios para fortalecer la capacidad de las naciones. De esta manera, se fomenta la creación de una fuerza laboral preparada para responder a las demandas de los nuevos sectores productivos que surge con la transición hacia economías más limpias y sostenibles.

El artículo enfatiza la relación entre bioeconomía y desarrollo social. Destaca la creación de empleos sostenibles, especialmente en comunidades rurales, lo que permite reducir desigualdades y generar nuevas oportunidades en territorios históricamente marginados. En este contexto, se confirma que la bioeconomía no solo fortalece el comercio exterior, sino que también constituye un medio para promover la inclusión social y el desarrollo territorial, generando beneficios que trascienden el mercado y contribuyen a mejorar la calidad de vida.

De igual forma, la cooperación internacional, la integración regional y la opción de estándares ambientales son factores decisivos para acceder a mercados exigentes y fortalecer la competitividad. En este sentido, la bioeconomía se consolida con una estrategia que no sólo impulsa el crecimiento económico, sino que posiciona las naciones como actores comprometidos con la sostenibilidad y la innovación a nivel mundial.

Finalmente, la autora plantea la bioeconomía como un modelo de futuro que busca equilibrar la economía, el ambiente y la sociedad. Este planteamiento refuerza la idea de que la bioeconomía debe asumirse como una estrategia nacional y no como esfuerzos aislados de los sectores productivos. Al vincular innovación, sostenibilidad e inclusión, los países no solo pueden enfrentar la crisis climática, sino también proyectarse como referentes regionales en políticas bioeconómicas y en el acceso a mercados internacionales con valor agregado.

Como segundo antecedente internacional se encuentra el estudio *“Políticas y Negocios para la Bioeconomía en ALC: Un proceso en marcha”* (C3, 2021), elaborado por Chavarría Miranda, H., Trigo, E. y Martínez, J. F. Este artículo muestra que, aunque la región adoptó de manera temporal algunos modelos de bionegocios, como el bioetanol y la biotecnología agrícola, las políticas públicas y la institucionalidad se implementaron con cierto retraso. No obstante, en la actualidad se han desarrollado estrategias nacionales en países como Costa Rica, Colombia, Argentina y Uruguay, las cuales buscan aprovechar el potencial ecológico y productivo de la región.

Uno de los aspectos más relevantes que destaca este estudio es la vinculación entre los avances empresariales y la toma de decisiones políticas. La demostración de que la bioeconomía puede generar simultáneamente empleo, sostenibilidad y competitividad ha sido clave para convencer a los gobiernos de invertir en marcos regulatorios y en estrategias nacionales. Este enfoque se relaciona con la necesidad de superar las limitaciones en investigación y desarrollo, ya que la región aún invierte menos que los países de altos ingresos en ciencia y tecnología aplicadas al sector agrobiológico.

Los autores destacan como un punto positivo el papel de la cooperación internacional. La Unión Europea, el IICA y la CEPAL han facilitado espacios de diálogo, transferencia de tecnología y construcción de políticas regionales. Gracias a estos esfuerzos, la bioeconomía ha dejado de ser una noción aislada para consolidarse como una estrategia reconocida dentro de la agenda de desarrollo sostenible, según Miranda (2021) la región también fue precursora y hoy es protagonista en negocios de la bioeconomía relacionados con agricultura y ganadería baja en carbono, tales como las acciones nacionalmente apropiadas de mitigación (NAMA) en ganadería y café en Costa Rica.

Un aporte fundamental de este estudio es la identificación de los retos pendientes. Aunque Latinoamérica es una de las regiones más diversas del mundo, con un gran potencial de biomasa y agua dulce, aún es necesario consolidar instrumentos financieros, especialmente en materia fiscal, así como sistemas de medición de impacto que permitan un uso responsable de los recursos naturales, Miranda (2021) indica que los tomadores de decisiones han reconocido el potencial de la bioeconomía, y los países han puesto en marcha instituciones y políticas dirigidas a su promoción.

Este estudio evidencia que la bioeconomía en Latinoamérica se encuentra en un proceso de consolidación, en el cual los negocios han avanzado más rápido que las políticas públicas. Sin embargo, actualmente existe un esfuerzo por institucionalizarla como una estrategia de desarrollo sostenible. En este sentido, se destaca cómo las experiencias prácticas han funcionado como catalizadores para impulsar agendas nacionales y regionales, y cómo la cooperación internacional ha sido determinante en su avance.

Asimismo, el estudio destaca que la economía representó una oportunidad para reducir brechas sociales y territoriales dentro de la región. Ya que al promover modelos productivos sostenibles que integran a pequeños y medianos productores fortalece la inclusión rural y se genera un impacto positivo en la calidad de vida de las personas. Este enfoque no sólo contribuye a la equidad social, sino que proveen la distribución justa de los beneficios derivados del uso responsable de los recursos naturales.

La coordinación regional, el fortalecimiento institucional y la creación de Marcos regulatorios modernos serán determinantes para aprovechar las oportunidades que ofrece este modelo en la región latinoamericana. En conjunto los hallazgos del estudio subrayan que la bioeconomía no sólo debe verse como una alternativa productiva, sino como una estrategia integral capaz de responder a los desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI, en donde se puede ver una región más actualizada, respondiendo a las necesidades sociales, sostenibles y en la protección de los recursos naturales tan amplios.

Como tercer antecedente internacional se encuentra la tesis *“Bioeconomía y los Modelos de Negocio”* (2024), de Cuartas Prada, N. y Muñoz Velásquez, F. S. Esta investigación destaca que la bioeconomía se define como la integración de lo biológico y lo económico. Su relevancia radica en la creación y el procesamiento de biomasa, donde los actores agrícolas y forestales adquieren un papel fundamental. Este enfoque busca reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental del cambio climático.

La tesis aborda la innovación y la colaboración como pilares clave. Se menciona que la economía requiere de la implementación de políticas que incentiven la interrelación entre instituciones científico-tecnológicas, la industria, el sector empresarial y los emprendedores. Esto incluye el desarrollo de las biorrefinerías y bioproductos que permiten que los países latinoamericanos se transformen en polos mundiales de producción.

El estudio profundiza en las barreras y oportunidades que enfrenta la bioeconomía a nivel global. Entre los principales obstáculos identificados se encuentran las limitaciones tecnológicas, financieras, de mercado y de tipo político, las cuales dificultan la expansión y consolidación de este modelo. Asimismo, se señala que la falta de conocimiento técnico y de conciencia ambiental por parte de los agricultores representa un reto significativo para la implementación de prácticas sostenibles. El artículo también destaca las oportunidades que ofrece la bioeconomía para generar innovación, impulsar la investigación científica y promover la transición hacia sistemas productivos más sostenibles y resilientes.

Esta tesis también refuerza la idea de que la bioeconomía puede generar empleos y diversificar las fuentes de ingreso en las comunidades. Se proponen modelos de negocio como las sociedades cooperativas y los consorcios, los cuales permiten integrar a los productores primarios y fomentar la participación equitativa en la cadena de valor. Asimismo, se destaca la necesidad de un trabajo conjunto entre los distintos sectores, ya que las grandes empresas han ampliado su propuesta de valor al incorporar alternativas sostenibles, demostrando que este cambio es estratégico para responder a las nuevas demandas del mercado.

La tesis representa una visión futurista que va más allá de la simple producción, ya que alinea la sostenibilidad ambiental y la economía. Es un sector propuesto para que la dependencia de los combustibles decrezca, contrarrestando su impacto medioambiental. Esto hace que los modelos de negocio estén más alineados con los objetivos de desarrollo propuestos para el 2030.

Además, demuestra que la bio economía no se limita a aprovechar recursos de forma circular, sino que también presenta un valor medioambiental al usar materias primas de base biológica para un mejor aprovechamiento al largo plazo y dejando una huella ecológica. La viabilidad de estos proyectos se debe evaluar desde una perspectiva técnica, tecnológica, económica, ambiental y social.

La presente investigación también destaca la importancia de la capacidad de integración entre empresas, tanto dentro del mismo sector como con otros distintos, para generar dinamismo económico y fomentar la creación de empleo local. Esto se logra mediante la circularidad en la cadena de valor de las empresas participantes. De igual manera,

los gobiernos deben incentivar la colaboración entre el sector público y el privado, dando prioridad a áreas estratégicas como la agricultura, la medicina y la tecnología.

Asimismo, la tesis resalta la necesidad de fortalecer Marcos legales y normativos que responden al desarrollo de la economía, especialmente en los países en vías de desarrollo. La creación de políticas públicas claras y coherentes permitiría atraer inversión extranjera fomentar la cooperación internacional impulsando sus proyectos de innovación sostenible. Además, la inclusión de incentivos fiscales y programas de financiamiento podría acelerar la adopción de tecnologías limpias y promueve la transición más equitativa hacia economías bajas en carbono.

Enfatiza en la relevancia de promover la educación ambiental y la formación técnica en todos los niveles, como parte esencial para consolidar una cultura bioeconómica. El fortalecimiento de las capacidades locales permite no sólo mejorar la competitividad, sino también garantizar que las comunidades rurales participen activamente en la cadena de valor. Esto contribuye al desarrollo territorial sostenible y a la creación de nuevas oportunidades vinculadas con la innovación y el uso responsable de recursos naturales.

Se destaca que emprender en esta rama económica requiere innovación y diversificar productos para asegurar la sostenibilidad económica a largo plazo, explorando mercados tanto nacionales como internacionales. Finalmente contribuye al entendimiento de la bioeconomía como un modelo económico social para un futuro sostenible, con políticas adecuadas e inversión y una mentalidad colaborativa que involucra a todos los sectores, desde los productores primarios hasta las grandes corporaciones.

1.5. Proyecciones

Actualmente, Costa Rica es un referente en América Latina en el ámbito de la bioeconomía, debido a la implementación de políticas y estrategias nacionales orientadas hacia su modelo desarrollo sostenible. La Estrategia Nacional de Bioeconomía constituye un esfuerzo articulado que corresponde a las necesidades del país en materia innovación productiva y aprovechamiento responsable de los recursos.

Este trabajo busca analizar los avances alcanzados por Costa Rica en este campo, haciendo una comparación de los avances que ha hecho Estados Unidos en su propia

bioeconomía, poniendo énfasis en el de los ejes A: Eje Estratégico 1: bioeconomía para el desarrollo rural y D: Eje Estratégico 4: Bioeconomía avanzada. Además del papel que desempeñan las instituciones públicas y las alianzas público-privadas, así como la importancia de la normativa jurídico- comercial vigente para consolidar este modelo.

A partir de esto, se realizaron las siguientes proyecciones:

- Se pretende profundizar en el rol de las instituciones público-privadas, considerando cómo la colaboración entre ambos sectores contribuye a impulsar proyectos de innovación, emprendimiento y sostenibilidad, y cómo estos esfuerzos pueden servir como modelo replicable en otros países.
- La investigación busca aportar un análisis comparativo que muestre cómo Costa Rica ha desarrollado su estratégica bioeconomía y la misma puede reforzar la imagen país en materia de bioeconomía, identificando fortalezas, desafíos y áreas de mejora, tanto a nivel nacional como en la región.
- Al incluir en este estudio la perspectiva de distintos actores vinculados con la Estrategia Nacional de Bioeconomía, se pretende ofrecer una visión realista y aplicada sobre los beneficios que este modelo genera en términos de innovación, empleo y sostenibilidad para la sociedad costarricense.
- Finalmente, este trabajo se proyecta como un insumo académico que pueda ser utilizado en futuros proyectos relacionados con el estudio de las **Relaciones Internacionales**, la cooperación regional y el fortalecimiento de políticas públicas orientadas a un desarrollo sostenible basado en la bioeconomía.

Esta investigación refuerza la importancia de la bioeconomía como un eje estratégico para el desarrollo sostenible de Costa Rica. Al promover la cooperación entre los sectores público y privado, se impulsa la innovación, el emprendimiento y la sostenibilidad en el ámbito nacional. Además, el análisis comparativo permite identificar fortalezas y desafíos que pueden guiar futuras políticas públicas. De esta forma, el estudio contribuye a consolidar la imagen de Costa Rica como un país líder en prácticas sostenibles y en la promoción de un modelo económico inclusivo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo desarrolla el marco metodológico en la investigación, el cual constituye una guía fundamental para alcanzar los objetivos planteados en esta tesis sobre bioeconomía. A través de este apartado se definen los enfoques métodos y técnicas empleadas para la recolección y análisis de la información, garantizando la confiabilidad de los resultados. La metodología seleccionada responde a la naturaleza del problema de estudio y busca ofrecer una comprensión profunda al desarrollo y aplicación de la bioeconomía, facilitando así la obtención de conclusiones que contribuyen tanto al ámbito académico como al impulso de estrategias sostenibles en el contexto nacional e internacional.

2.1. Marco Histórico

Nicolás Georgescu-Roegen era un matemático y economista que introdujo la bioeconomía en 1970, al plantear la relación entre la entropía, la biología y el proceso económico, criticando la economía tradicional por ignorar las limitaciones de los recursos naturales. Este economista sembró la raíces teóricas con los trabajos que realizaba en esta década. La evolución de esta teoría económica se ha consolidado en el siglo XXI como una estrategia clave de la sostenibilidad para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el cambio climático.

Parte de los principios que definen hoy la bioeconomía tienen su antecedente en la universidad de Dartmouth en New Hampshire donde se definió la bioeconomía, como una “ciencia de la supervivencia”. Llama a así a la bioeconomía porque sin supervivencia no habría vida y sin vida no habría riqueza o energía, por lo que se dedican a estudiar fuentes que representen a la supervivencia por ejemplo la radiación solar como energía renovable para sobrevivir o que las poblaciones deben ajustar su número a la disponibilidad de energía o recursos, esto para asegurarse un plazo mayor de supervivencia.

El tema de la bioeconomía abrió muchas más teorías de cómo debería ser esta estructura económica y cómo debería funcionar en los países. En Latinoamérica surgieron los senderos productivos de la bioeconomía enriquecidos por aportes de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), además de la participación de la Universidad nacional autónoma de Nicaragua (UNAN-LEON) , con investigadores del Centro de

Investigación Agrícola Tropical (CIAT), junto con la Institución Interamericana de Cooperación para la Agricultura (IICA).

En su tiempo, este enfoque fue muy útil para comparar el avance de los países en Bioeconomía y diferenciar su performance a través de los senderos, empero se fue linealizando (tendencia contraria a la visión de los pioneros de la Bioeconomía) entendiendo que los procesos desplegados por los países eran diferentes, acorde a sus recursos naturales, financieros, tecnológicos y de otra índole, motivo por el que surgieron tendencias para cambiar el enfoque . (Canaviri. 2023)

La CEPAL hizo un análisis de las estrategias bioeconómicas en el mundo en donde una de las que más resalta es la de Estados Unidos. En el 2012 la Casa Blanca publicó el documento “National Bioeconomy Blueprint”, con el objetivo de fortalecer la investigación en biociencias como un motor importante de la innovación y el crecimiento económico de los Estados Unidos.

Alguno de los elementos que se justificaron en esta estrategia fueron la sustitución de productos petroquímicos a productos de base biológica para mitigar el cambio climático, por la demanda creciente en la actualidad de los productos que sean amigables con el ambiente, además Estados Unidos como exportador alimentario busca encontrar técnicas de cultivo y biotecnología que aumenten el valor nutritivo de los alimentos. Basado en varias de las propuestas que se pueden observar en esta estrategia, la prioridad estadounidense se fundamenta en agricultura y en agroindustria, además de la manufactura y la bioenergía.

Latinoamérica sobresale por sus recursos naturales abundantes, sin embargo, en la actualidad la bioeconomía sigue siendo una herramienta poco usada y poco explorada en la región. En la región la mayoría de estrategias de bioeconomía que se presentan tienen una base de una cadena de desarrollo alimentaria basada en la biotecnología. Uno de los primeros pasos que dio Latinoamérica en este ámbito, fue la firma del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) en 1992.

En ese acuerdo se ratifican estrategias o políticas nacionales sobre la biodiversidad. Siete de los 10 países que han ratificado este convenio han sido Argentina, Perú, Uruguay, entre otros. Mientras que en otros cinco países existen leyes específicas que protegen la vida

silvestre como los son Costa Rica y Brasil. En todos los países que firmaron este convenio se han incentivado las leyes forestales, de hecho nueve de los 10 países que son partícipes de este convenio (exceptuando Colombia) tienen una comisión forestal y de los elementos más distintivos que tiene este convenio es la existencia de mecanismos de pago por servicio ambiental, que sólo cuatro países tienen y entre esos, Costa Rica.

La Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica 2020-2050 es coherente con políticas y competencias nacionales en ámbitos relacionados y con marcos de política multilaterales. Por su relevancia, se destacan los vínculos con la Agenda 2030, con el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2019-2022, Plan Nacional de Descarbonización y con la Política Nacional de Sociedad y Economía Basadas en el Conocimiento. (Gobierno de Costa Rica, 2020)

La estrategia bioeconómica se originó a partir de las recomendaciones de la OCDE en materia de ciencia, tecnología e innovación, presentadas en el año 2017, donde la bioeconomía fue identificada como una respuesta estratégica para el desarrollo sostenible del país. Este proceso tomó mayor impulso durante la administración de Carlos Alvarado, con el apoyo de organismos internacionales como lo fue la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) o el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Esta estrategia fue coordinada por el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT).

Entre el 2018 y el 2019 se desarrolló un proceso participativo que incluyó la identificación de iniciativas públicas y de investigación, consultas con expertos y talleres con diversos sectores (públicos, privados, académicos y sector productivo), lo que permitió definir ejes estratégicos y líneas de acción. Este esfuerzo interinstitucional se consolidó con la creación del Comité Interministerial de Bioeconomía (CIB) y culminó con una fase de divulgación regional, orientada a fortalecer la implementación territorial de la estrategia y su articulación con el desarrollo nacional.

2.1.1. Desarrollo bioeconómico

La bioeconomía se ha consolidado como un enfoque estratégico para responder a los desafíos del desarrollo sostenible, la competitividad y la transición hacia economías bajas en carbono. En este contexto, países como Costa Rica han incorporado la bioeconomía adentro

de su agenda política pública mediante una estrategia nacional que orienta la transformación productiva a partir del uso sostenible en los recursos biológicos y el fortalecimiento del conocimiento científico y tecnológico. Bajo este marco estratégico permite articular esfuerzos institucionales productivos y territoriales para integrar la sostenibilidad y el crecimiento económico junto con la innovación.

El enfoque de la bioeconomía es consistente con el desarrollo de estrategias de innovación intensivas en conocimiento para el sector agropecuario y agroindustrial, potenciando capacidades y fomentando la colaboración en biotecnología y otras tecnologías habilitantes, potenciando desarrollos en bioenergía (bioenergía, biomasa bioenergía solar), diversificando la base económica de las economías regionales. (Rodríguez, 2017. P.46)

América Latina en general cuenta con un gran potencial para el desarrollo de la bioeconomía, ya que por sus recursos es una alternativa hacia la productividad, potenciando las capacidades y fomentando la colaboración en los elementos relacionados con la sostenibilidad. El desarrollo de esta también incrementa el valor agregado, nuevas rutas industriales y como se ha mencionado anteriormente, la producción de la biomasa, esto es una cadena de valor que puede explotarse de manera conveniente en la región.

La bioeconomía, en tanto alternativa para transitar a una economía después de los recursos fósiles, es un marco adecuado para orientar las acciones de mitigación, reducción de emisiones y adaptación al cambio climático a lo largo de las cadenas de valor vinculadas a los sectores agrícola, pecuario, silvícola y de pesca y acuicultura. Más aún, el enfoque de la bioeconomía es una alternativa para promover el desarrollo territorial rural, dado que la base de recursos biológicos condiciona el desarrollo de la bioeconomía en entornos territoriales concretos. (Rodríguez 2017, P. 64)

La bioeconomía es una oportunidad que se refleja también en el crecimiento de la participación de las pymes en las economías nacionales y regionales. Además de que su desarrollo permite el beneficio económico y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, específicamente en sectores en donde la agricultura y la pesca son la mayor fuente económica, esta también representa un crecimiento en las fuentes de empleo para mujeres y personas jóvenes.

En síntesis, la bioeconomía se presenta como un enfoque contemporáneo que permite articular sostenibilidad ambiental con innovación, trayendo así el desarrollo económico. Su incorporación en las agendas políticas como lo fue en el caso de Costa Rica o de Estados Unidos, evidencia su potencial por impulsar la transformación productiva, fortalecer el desarrollo territorial y promover modelos económicos más resilientes frente al cambio climático. Este modelo económico contribuye a la competitividad y a la diversificación económica, siendo así una herramienta estratégica para mejorar la calidad de vida y avanzar hacia un desarrollo sostenible a largo plazo.

2.1.2. Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica (2020-2030)

La Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica define la bioeconomía como el uso sostenible a los recursos biológicos, integrando conocimientos científicos, tecnológicos y de innovación para generar productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el fin de avanzar hacia una economía sostenible. Su visión es consolidar una Costa Rica con producción de alto valor agregado en todas sus regiones basada en el aprovechamiento justo de la biodiversidad, el uso circular de la biomasa y el fortalecimiento del desarrollo biotecnológico.

Esta estrategia se articula con marcos globales como lo es la Agenda 2030, el Acuerdo de París y los convenios internacionales en materia biodiversidad y cambio climático. Asimismo, se fundamenta en principios de inclusión social y territorial, agregación de valor junto con la diversificación productiva, generando empleos verdes de calidad y promoción del desarrollo sostenible. Estos principios van alineados a la imagen que el país mantiene a nivel mundial, por lo que esta estrategia se ha convertido en referente internacional de la bioeconomía.

La bioeconomía ha ganado importancia durante la última década como marco de referencia para el diseño e implementación de políticas de desarrollo productivo e innovación, sobre todo, ante la necesidad de transitar a formas de producción en las que se minimice o elimine la generación de desechos y el uso de combustibles fósiles. (CEPAL, 2017. p.07)

A partir de su visión y principios orientadores, la estrategia bioeconómica de Costa Rica establece un referente al desarrollo sostenible mediante el uso responsable de sus

recursos biológicos, impulsando la bioeconomía como eje de la transformación productiva con énfasis de innovación, valor agregado y de descarbonización, además de promover la articulación entre la biodiversidad del país y sus capacidades científicas para su valorización económica.

Para alcanzar estos objetivos, la estrategia bioeconómica se estructura en cinco ejes : el desarrollo rural, la biodiversidad y desarrollo, biorrefinería de biomasa residual, bioeconomía avanzada y bioeconomía urbana, complementados por ejes transversales como educación, investigación, financiamiento y acceso a mercados. Su implementación se plantea en un horizonte de diez años (2020-2030), mediante fases de impulso, escalamiento y consolidación, orientadas a fortalecer el aprovechamiento sostenible del capital biológico y científico nacional.

Para concluir, esta estructura estratégica permite articular de manera coherente las políticas públicas, la innovación y la participación de los distintos sectores productivos, consolidando a la bioeconomía como un eje transversal del desarrollo nacional. La visión de largo plazo de la estrategia bioeconómica facilita la integración territorial y sectorial, promoviendo encadenamientos productivos sostenibles además de la generación de valor agregado. Asimismo, refuerza el rol del conocimiento científico y tecnológico como un motor de competitividad para el país, además impulsa la inclusión social al igual que la protección de la biodiversidad.

2.1.3. Impulso a la biotecnología y la innovación verde

El impulso a la biotecnología de innovación constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de la bioeconomía, al permitir una generación de soluciones productivas sostenibles basadas en el conocimiento científico y tecnológico. A través de la tecnologías es posible optimizar el uso de recursos biológicos y mejorar la eficiencia de los productos agropecuarios e industriales. Asimismo, promueve la adopción de tecnologías limpias y energías renovables, contribuyendo a la reducción de emisiones y el uso responsable de la biodiversidad.

Apoyada en tecnologías habilitantes como la biotecnología, la nanotecnología, las tecnologías digitales, y las convergencias que se dan entre ellas, la bioeconomía es

una vía para explotar nuevas oportunidades para incrementar la agregación de valor a la producción primaria y la diversificación, especialmente en sectores de manufacturas y energía. (Rodríguez. 2017, p.39)

La bioeconomía se sustenta en el uso de tecnologías que permite transformar los recursos biológicos en bienes y servicios con mayor valor agregado, superando el enfoque tradicional de la producción primaria. La integración de la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías digitales facilita el proceso productivo más eficiente y sostenible, así como la creación de nuevas aplicaciones en sectores estratégicos como una manufactura en la energía.

Esas convergencias tecnológicas permiten la competitividad y fomentan el desarrollo de las cadenas de valor más complejas, alineadas con los objetivos de crecimiento económico sostenible en la transición hacia modelos productivos de menor impacto ambiental, como son una opción de enfoques como la economía circular, la producción limpia y el desarrollo de cadenas de valor sostenible. Estos modelos priorizan el uso eficiente de los recursos biológicos y la reducción de residuos y emisiones.

Estos modelos incorporan el uso de energía renovables y bioenergía, la aplicación de prácticas de agricultura y producción sostenible, además de la implementación de innovaciones tecnológicas limpias, permiten aumentar la productividad sin comprometer el equilibrio ambiental. De esta manera la bioeconomía, promueve sistemas productivos más inclusivos alineados con los objetivos de desarrollo sostenible y la transición las economías bajas en carbono.

La estrategia de Costa Rica sirve como ejemplo, ya que uno de sus ejes busca articular la investigación, innovación y la transferencia tecnológica con los sectores productivos, fomentando la generación de valor agregado, la diversificación económica y la inserción de soluciones biotecnológicas en ámbitos como la agricultura, la salud y los biomateriales, en concordancia con los compromisos nacionales e internacionales en de materia sostenibilidad.

Otro ejemplo del avance hacia la innovación verde es el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés), y específicamente su Oficina de Tecnologías Bioenergéticas (BETO), en cual desempeña un papel fundamental en el impulso de la

bioeconomía y en la promoción de innovaciones orientadas a la energía sostenible. Entre sus principales aportes destaca la articulación entre la investigación científica y su aplicación al mercado, permitiendo avances tecnológicos que se traducen en soluciones comerciales. Los proyectos que han sido apoyados por BETO han contribuido al desarrollo bioproductos y fuentes de energía alternativas capaces de sustituir combustibles fósiles.

La biotecnología y la innovación verde son pilares esenciales de la bioeconomía, al permitir la generación de valor agregado y la transición hacia modelos productivos más sostenibles. La integración de tecnologías verdes, impulsa la competitividad, la diversificación económica y la reducción del impacto ambiental. Experiencias como las de Costa Rica y las iniciativas internacionales, como las de Estados Unidos demuestran la importancia de articular investigación, innovación y sector productivo para avanzar hacia la economía en carbono.

2.2. Marco Conceptual

El marco conceptual tiene como objetivo definir y limitar los conceptos principales y teóricos que sustentan en análisis de la investigación, permitiendo una comprensión clara y estructurada del tema estudio. La articulación de los siguientes conceptos facilitan el entendimiento de las dinámicas económicas, ambientales y tecnológicas que se abordan durante el desarrollo de la bioeconomía.

2.2.1. Bioeconomía

La bioeconomía se podría definir como el marco de referencia a economías más resilientes al cambio climático. Este modelo impulsa el diseño y la implementación de políticas de desarrollo productivo e innovación, siempre dirigidas a minimizar la generación de desechos y el uso de combustibles fósiles. Además de que promueve el uso de los recursos de una manera equitativa, promoviendo la calidad de vida.

En esencia, la bioeconomía utiliza recursos biológicos renovables, como plantas, animales y microorganismos, para producir alimentos, energía y bienes industriales. Este enfoque reduce la dependencia de combustibles fósiles, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y promueve la sostenibilidad. (Ólives, 2024. p.2)

La bioeconomía encuentra su origen en la biodiversidad y en cómo se puede generar valor económico en distintos sectores junto con la sostenibilidad. Al priorizar insumos

renovables y procesos más eficientes, contribuye a la transición hacia sistemas productivos menos dependientes de fuentes energéticas no renovables y con menor impacto ambiental, favoreciendo la reducción de externalidades negativas asociadas a la actividad industrial y energética.

Este modelo también beneficia la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Mediante herramientas como la biotecnología, la agricultura de precisión y la valoración de la biomasa, es posible mejorar la productividad, reducir el impacto ambiental y generar alimentos con mayor valor agregado. Asimismo este enfoque promueve la reutilización de sus productos agrícolas y el fortalecimiento de cadenas de valor sostenible, contribuyendo al desarrollo rural y a la transición hacia el sistemas alimentarios más recientes y alineados con principios del desarrollo sostenible.

Un aspecto relevante de la bioeconomía es su contribución al fortalecimiento de sectores agrícolas y costeros, donde se concentra numerosas pequeñas y medianas empresas además de poblaciones históricamente más vulnerables. A través del aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos y de la innovación en cadenas productivas, la bioeconomía genera nuevas oportunidades económicas para las pymes, favoreciendo la diversificación de ingresos y el valor agregado local.

El aspecto del aprovechamiento los recursos biológicos en zonas que son normalmente más vulnerables, también promueve una mayor inclusión social e impulsa la participación de mujeres en actividades productivas, emprendimientos y procesos de innovación, contribuyendo al desarrollo territorial y a la calidad de vida en comunidades rurales y costeras.

La bioeconomía, es un enfoque que lo tiene todo, ya que articula sostenibilidad ambiental, innovación tecnológica y desarrollo económico, al proveer el uso eficiente de los recursos naturales. Su aplicación no sólo contribuye a la mitigación del cambio climático y la transición hacia modelos menos dependientes de recursos fósiles, sino que también impulsa el desarrollo rural la seguridad alimentaria y la inclusión social. Este enfoque se encuentra estrechamente alineado con los objetivos de la agenda 2030, al responder desafíos globales del desarrollo sostenible.

2.2.2. Biotecnología

La biotecnología es una disciplina científica que utiliza organismos vivos, células o componentes biológicos para desarrollar o mejorar productos y procesos que contribuyen al bienestar humano. A través del conocimiento de la biología, la genética y la bioquímica, la biotecnología permite aplicar procesos naturales de forma controlada para resolver problemas cruciales como la salud, la agricultura y el medio ambiente.

Su importancia radica en su capacidad para generar soluciones innovadoras y sostenibles, como la producción de medicamentos, el mejoramiento de cultivos, la elaboración de biocombustibles y el tratamiento de residuos. En el marco de la bioeconomía, la biotecnología se posiciona como un eje estratégico para agregar valor a los recursos biológicos, promoviendo el desarrollo económico y fortaleciendo la competitividad de los países.

De acuerdo con la ORT (s.f.) la integración multidisciplinaria de la biotecnología es una de sus grandes fortalezas, posibilitando su aplicación en numerosas áreas productivas para mejorar de la calidad de vida de las personas. Una de las principales fortalezas de la biotecnología radica en su carácter multidisciplinario, ya que integra conocimientos de diversas áreas científicas y técnicas. Esta articulación permite su aplicación en distintos sectores productivos, facilitando el desarrollo de soluciones innovadoras que contribuyen a mejorar las condiciones de vida a la población y a responder de manera más eficiente a desafíos económicos, sociales y ambientales.

2.2.3. Desarrollo Sostenible

El desarrollo sostenible surge como un enfoque integral orientado a equilibrar el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y el bienestar social, con el fin de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer a las capacidades de las generaciones futuras. Este concepto promueve los modelos de desarrollo responsables que integran la gestión eficiente de los recursos naturales y la sostenibilidad económica. En el contexto actual, el desarrollo sostenible se consolida como un principio fundamental para orientar políticas públicas y procesos de toma de decisiones a nivel local, nacional e internacional.

La génesis del concepto de desarrollo sostenible proviene de la Comisión Brundtland, constituida por la Asamblea General en 1983. Su informe, “Nuestro Futuro Común”

(1987) presentaba el término “desarrollo sostenible” como el desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro (CEPAL, s.f.)

A partir de este enfoque, el desarrollo sostenible incorpora una visión de largo plazo en la planificación del crecimiento económico y social, considerando los límites ambientales y la disponibilidad de los recursos naturales. Esto implica replantear los modelos tradicionales de producción y consumo, promoviendo prácticas más eficientes y responsables que reduzcan los impactos negativos sobre el entorno.

Bajo este marco, el desarrollo sostenible ha servido como base para la formulación de estrategias y políticas orientadas a la innovación, la gestión sostenible de los recursos y la transición hacia modelos productivos más resilientes. Estas estrategias buscan compatibilizar el progreso económico con la protección ambiental el bienestar social, especialmente en sectores estratégicos vinculados al uso de recursos naturales.

La bioeconomía se presenta como un enfoque operativo del desarrollo sostenible, al promover el uso eficiente y responsable de los recursos biológicos para generar crecimiento económico e innovación. Al integrar criterios ambientales en los procesos productivos y fomentar el aprovechamiento sostenible en la biodiversidad, bioeconomía contribuye a la mitigación del cambio climático, al fortalecimiento de economías locales y en la transición hacia modelos productivos o alineados con los principios del desarrollo sostenible.

Asimismo, la bioeconomía ofrece un espacio práctico para materializar los objetivos del desarrollo sostenible mediante la articulación entre el conocimiento científico y las políticas públicas. Este enfoque permite orientar las decisiones productivas hacia modelos más inclusivos y que a la vez sean eficientes, especialmente en territorios dependientes de los recursos naturales facilitando la generación de empleo, el valor agregado local y una gestión más equilibrada entre el crecimiento económico y conservación ambiental.

El desarrollo sostenible establece el concepto que orienta la opción de modelos productivos y responsables, capaces de integrar el crecimiento económico y a la vez el bienestar y protección ambiental. Su vinculación con enfoques como la bioeconomía permite avanzar hacia estrategias de desarrollo más innovadores y amigables con el planeta, alineadas

con los desafíos ambientales actuales y con la necesidad de garantizar un uso equilibrado de los recursos naturales a largo plazo.

2.2.4. Economía Circular

La economía circular surge como un modelo alternativo al enfoque económico tradicional de “producir, usar y desechar”, proponiendo un sistema en el que los recursos se mantengan en uso el mayor tiempo posible. Este enfoque promueve la reducción de residuos, la reutilización, el reciclaje y la valorización de materiales a lo largo de los procesos productivos, con el objetivo de disminuir la presión sobre los recursos naturales y reducir los impactos sociales.

Este modelo impulsa la innovación y la transformación de los modelos empresariales, al iniciar prácticas como la reutilización, el reciclaje y la valorización de residuos como nuevos insumos productivos. Según el Ministerio de Ambiente y Energía (s.f) la economía circular es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el crecimiento, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad. Esto implica separar la actividad económica del consumo excesivo de recursos naturales (finitos) y eliminar la generación de residuos y contaminantes del sistema productivo, desde la etapa de diseño de bienes y servicios.

Esta definición resalta que la economía circular propone un cambio profundo en el modelo tradicional de producción y consumo, al replantear el concepto de crecimiento económico más allá del uso intensivo de recursos naturales. Al priorizar el diseño sostenible de bienes y servicios desde su origen, este enfoque busca reducir la presión sobre los recursos finitos además de minimizar la generación de residuos y contaminantes, promoviendo sistemas productivos más eficientes y responsables. De esta manera, la economía circular no sólo contribuye a la protección ambiental, sino que fomenta beneficios sociales y económicos a largo plazo.

Por otro lado, la bioeconomía y la economía circular están estrechamente vinculadas, ya que ambas buscan un uso más eficiente y sostenible los recursos naturales promoviendo modelos productivos que reduzcan el impacto ambiental al igual que generen valor agregado. Mientras que la economía circular se enfoca en encerrar los ciclos materiales y minimizar los residuos, la bioeconomía aprovecha los recursos biológicos renovables y conocimientos científicos para transformarlos en bienes y servicios sociales.

En conjunto, la bioeconomía y la economía circular se contribuyen entre sí en la transición hacia economías más innovadoras y resilientes, creando modelos de desarrollo, de sostenibilidad, que son competitivos en mercados globales. Específicamente en países con alta biodiversidad y potencial biotecnológico, es en donde es un modelos tienen más oportunidad de desarrollo, ya que les agrega un plus a sus productos y contribuye a la protección de sus propios recursos, lo que los hace más competitivos además de más valiosos en un mercado de países que siguen modelos en base a productos fósiles.

Se puede decir que la economía circular y la bioeconomía representan enfoques complementarios que permiten replantear los modelos tradicionales de producción y consumo, orientándose hacia la sostenibilidad e innovación. Estas integran el cierre de ciclos con materiales fósiles y contribuyen al aprovechamiento de los recursos biológicos renovables, además de la reducción en los impactos ambientales y el fortalecimiento de la competitividad económica, que da como resultado beneficios sociales a largo plazo.

2.2.5. Bioproductos

Los bioproductos son bienes obtenidos total o parcialmente a partir de recursos biológicos renovables, como los son las plantas, animales, microorganismos o residuos orgánicos, mediante procesos sostenibles que incorporan conocimientos científico, e innovación y tecnología. Estos productos abarcan una amplia gama de sectores, incluyendo los alimentos, bioenergía, biomateriales, bioplásticos o productos farmacéuticos, estos productos se caracterizan por tener un menor impacto ambiental en comparación con productos de origen fósil o convencionales.

Dentro de la bioeconomía, los bioproductos constituyen un eje central, ya que representa la transformación sostenible de recursos biológicos renovables en bienes y servicios con valor agregado. A través del uso del conocimiento científico, como lo es la biotecnología y la innovación, la bioeconomía impulsa el desarrollo de bioproductos que permiten diversificar la matriz productiva, reducir la dependencia de recursos fósiles y promover un aprovechamiento más eficiente de la biodiversidad. De esta manera, los bioproductos no sólo contribuyen al crecimiento económico, sino que a la misma vez fortalecen la sostenibilidad ambiental.

El desarrollo de los bioproductos es de gran importancia debido a su capacidad para impulsar modelos productivos sostenibles y alineados a las demandas actuales que se viven tanto políticamente como comercialmente. Estos productos fomentan la diversificación económica, contribuyendo con encadenamientos productivos y creando a la vez oportunidades nuevas de empleo. Además, el fortalecimiento de los bioproductos permite aumentar la competitividad de los países ya que les agrega valor a las materias primarias y facilita la inserción en mercados internacionales que valoran cada vez más los criterios ambientales, sociales y sobre todo sostenibilidad de los procesos de producción.

Los bioproductos desempeñan un papel fundamental dentro de la bioeconomía al constituirse como una vía concreta para transformar los recursos biológicos en valor económico, social y ambiental. Su desarrollo permite avanzar hacia modelos productivos más sostenibles que impulsan la innovación y la competitividad. Asimismo, contribuyen a la diversificación económica de la generación de oportunidades de desarrollo a largo plazo, posicionándose como elementos clave para una transición hacia economía más amigables con el planeta y alineadas con demandas en los mercados actuales.

2.3. Marco Referencial

El Marco referencial constituye un componente fundamental de la investigación, ya que proporciona el contexto teórico y conceptual que sustenta el desarrollo del estudio. En este apartado se presenta los principales enfoques, conceptos y definiciones relevantes que permiten comprender el problema de investigación y orientar el análisis de una base académica sólida.

2.3.1 Interdependencia compleja

La interdependencia compleja es un enfoque teórico de las relaciones internacionales, desarrollado principalmente por Keohane y Joseph (1998) explican la creciente conexión y dependencia, entre los estados y otros actores internacionales. Este enfoque sostiene que las relaciones internacionales no se limitan al poder militar, sino que abarca diversos ámbitos como el político, social y ambientales. Así como lo mencionan Keohane y Nye (1998) a nivel económico la política de la interdependencia, además de las posibles asimetrías, debe considerar que existirá competencia, incluso en aquellos casos en los cuales la cooperación prometa grandes beneficios netos.

En este sentido, la interdependencia compleja también pone manifiesto que las relaciones entre actores internacionales están marcadas por distintos grados de vulnerabilidad y sensibilidad, lo que genera dinámicas de poder más allá ámbito militar. Las decisiones económicas, ambientales o tecnológicas adoptadas por un país pueden tener efectos directos sobre otros, lo que obliga a establecer mecanismos de coordinación, norma e instituciones internacionales para gestionar dichas interacciones.

En esta tesis, la teoría de la interdependencia compleja se utiliza para analizar el papel de la cooperación internacional en el desarrollo de la bioeconomía. Desde este enfoque, la bioeconomía se concibe como un ámbito caracterizado por múltiples actores y relaciones transnacionales, vinculadas a los recursos biológicos y el conocimiento científico de los mercados. La teoría permite examinar cómo la cooperación contribuye a reducir incertidumbres, gestionar intereses en general beneficios mutuos en un contexto de interconexión global.

El desarrollo de bioproductos, la biotecnología y la gestión sostenible de la biodiversidad requieren de cooperación entre estados, organismos internacionales, sectores privados y el sector académico, así como los marcos normativos compartidos. La bioeconomía se inserta en una red de interdependencia económicas, ambientales y tecnológicas que refuerzan la necesidad de estrategias colaborativas para alcanzar un desarrollo sostenible y competitivo a nivel global.

2.3.2 Constructivismo

El constructivismo es un enfoque teórico de las Relaciones Internacionales que sostiene que la realidad internacional no está únicamente por factores materiales, como el poder militar o la economía, sino que se construye socialmente a través de ideas, normas, valores y creencias compartidas desde la perspectiva y los intereses de los estados, además de qué sostiene que no son fijos ni naturales, sino que se forman y se transforman mediante la interacción entre los sectores internacionales. El constructivismo destaca el papel de lenguaje y la cultura en la configuración del sistema internacional, así como los procesos sociales de cooperación o conflicto.

Aplicando el estudio de la bioeconomía, el constructivismo permite analizar, cómo la creciente importancia de la sostenibilidad y la protección ambiental ha dado lugar a nuevos

marcos normativos y narrativos que influyen en las decisiones económicas y comerciales. La adopción de políticas orientadas a la bioeconomía responde, en parte a la internalización de valores ambientales promovidos a nivel internacional, los cuales inciden en la forma en que los estados diseñen sus estrategias productivas y buscan posicionarse en mercados globales.

En este contexto, el constructivismo también permite explicar cómo una legitimidad internacional se convierte en un factor clave para el éxito de las estrategias de la bioeconomía. Los Estados que alinean sus políticas productivas con normas y discursos globales como la sostenibilidad fortalecen su reputación y credibilidad en los mercados internacionales, lo que facilita la aceptación de sus bioproductos y acceso a nuevos espacios comerciales. De esta forma este modelo económico no sólo se ha influido por consideraciones técnicas o económicas, sino también por procesos de reconocimiento y construcción de imagen país.

2.3.4. Gobernanza Global

La gobernanza global surge como un enfoque analítico que busca explicar cómo se gestionan los problemas y desafíos de alcance transnacional en un sistema internacional caracterizado por la interdependencia y la participación de múltiples actores. A diferenciar los enfoques centrados exclusivamente en el Estado, la gobernanza global reconoce la interacción entre gobiernos, sociedad y sector privado en la formulación de normas, reglas y mecanismos de coordinación.

Sin lugar a duda, las principales economías emergentes tienen crecientes responsabilidades en el orden global. Por consiguiente, la interacción entre gobiernos “y las capacidades respectivas” al mencionado principio de Río, introducida por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adquirió mayor relevancia. (Ocampo, 2015.P.45)

Reconocer el aumento de la interdependencia internacional y la implicación que ésta tiene en las economías emergentes conlleva también a conocer los desafíos internacionales que enfrentan los Estados desde condiciones que no siempre son homogéneas, sino que también implica compromisos y acciones que sean considerables con su capacidad económica, institucional o tecnológica. En este sentido, la distribución diferenciada de responsabilidades se convierte en un elemento central para comprender los procesos de cooperación internacional.

Siguiendo esta línea, la gobernanza global se emplea en la presente tesis como un marco analítico para examinar el desarrollo de la bioeconomía en el contexto internacional, considerando la articulación de responsabilidades, capacidades y mecanismos de cooperación entre los distintos actores. Este enfoque permiten realizar la coordinación entre Estados, sociedad y actores internacionales, como en la formulación de normas o acuerdos que influyen en el uso sostenible en los recursos biológicos, generación de conocimiento y la inserción en los mercados internacionales.

2.3.5. Neoliberalismo

El neoliberalismo es una corriente de pensamiento económico y político que surge con fuerza a finales del siglo XX y que promueve la reducción del papel del Estado en la economía, priorizando el libre mercado como principal mecanismo de asignación de recursos. Esta perspectiva defiende la liberalización del comercio, la privatización de empresas públicas, las desregulación y la apertura a la inversión extranjera, bajo el supuesto de que la competencia y la iniciativa privada generan mayor eficiencia, crecimiento económico y bienestar social.

Uno de sus principales exponentes fue Friedrich Hayek, quien sostuvo que la intervención estatal distorsiona al funcionamiento natural del mercado y limita la libertad individual, argumentando que los mecanismos de precios permiten una asignación más eficiente de los recursos (Hayek, 1944). Desde esa perspectiva, el neoliberalismo promueve políticas como la liberalización del comercio, la privatización y la desregulación, con el objetivo de fomentar el crecimiento económico y la eficiencia.

Desde la misión de Friedrich Hayek, el neoliberalismo no sólo constituye un modelo económico, sino que a la vez es una defensa normativa la libertad individual frente a la planificación central. Hayek argumentaba que el conocimiento económico está disperso una sociedad y que ningún Estado puede concentrarlo de manera eficiente por los mercados, atrás de un sistema de precios que resultan más efectivos para coordinar decisiones económicas complejas (Hayek, 1944). En este sentido, el neoliberalismo cuestiona las políticas intervencionistas y promueve marcos institucionales que garanticen la competencia y el libre intercambio como condiciones esenciales para el desarrollo económico.

Esta perspectiva resulta relevante para analizar la bioeconomía y su inserción en los mercados internacionales, ya que muchos de sus estrategias se desarrollan en un contexto global marcado por principios neoliberales, como la apertura comercial, la atracción de inversión extranjera y la integración en cadenas globales de valor. Sin embargo, este modelo también plantea desafíos en torno al equilibrio entre eficiencia económica y sostenibilidad, así como sobre el papel que debe asumir el Estado para asegurar que la implementación de la bioeconomía contribuya a un desarrollo sostenible e inclusivo.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

El marco teórico constituye el fundamento conceptual que orienta y sustenta el desarrollo de la investigación. Su propósito es reunir, analizar y organizar los principales aportes teóricos, estudios previos y enfoques relacionados con la bioeconomía, de manera que permitan comprender su origen, evolución y aplicación en distintos contextos. A través de este apartado se establecen las bases conceptuales necesarias para interpretar las estrategias nacionales de Costa Rica y Estados Unidos. De esta forma, el marco teórico proporciona el soporte analítico que guía la interpretación de los resultados y la construcción del conocimiento en torno al objeto de estudio.

3.1. Enfoque de investigación

Al determinar el enfoque de la investigación, se busca definir la esencia y la dirección del estudio, establecimiento una guía coherente que oriente desde la elección del tema y la formulación del problema hasta el desarrollo teórico y metodológico. De esta manera, el enfoque actúa como un marco de referencia que permite seleccionar las estrategias, técnicas y procedimientos más adecuados para alcanzar los objetivos propuestos. De acuerdo con Hernández et al. (2014), la investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema.

Una vez comprendida la naturaleza de la investigación como un proceso sistemático, crítico y empírico, resulta necesario precisar los enfoques desde los cuales pueden desarrollarse. En este sentido, los enfoques cuantitativo, cualitativos y mixto constituyen posibles alternativas para abordar los problemas de investigación y son igualmente valiosos. Estos representan, hasta ahora, las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar y generar conocimiento. (Sampieri, 2014)

Para la presente investigación se optará por el método cualitativo, el cual se llevará de una manera comparativa, para poder analizar de manera más profunda la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica. Este enfoque no solo posibilita la descripción de los lineamientos, los ejes y objetivos de dicha estrategia, sino que también permitirá interpretar sus implicaciones, alcances y limitaciones en el contexto nacional.

El enfoque cualitativo brinda las herramientas necesarias para comprender la bioeconomía como un proceso dinámico y contextual, en el que interactúan diversos sectores y realidades, permitiendo así generar conclusiones fundamentales que contribuyan al fortalecimiento de la estrategia, el estudio de la bioeconomía y a la construcción de nuevas oportunidades en contextos sociales, económicos y de sostenibilidad.

Este enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. (Sampieri,2014)

Esta investigación no pretende comprobar hipótesis específicas, ya que existen estudios previos que han abordado el tema de la bioeconomía desde enfoques cuantitativos y mediante mediciones precisas. En cambio, se busca generar conocimiento a partir del análisis e interpretación comparativa, entre las estrategias bioeconómicas de los Estados Unidos de América y la estrategia de la República de Costa Rica.

El enfoque cualitativo adoptado en esta investigación permite comprender la bioeconomía desde una perspectiva integral y contextualizada, más allá de los datos numéricos o mediciones exactas. Asimismo, posibilita la construcción mediante la interpretación crítica de diversas fuentes y realidades nacionales, ofreciendo una visión más profunda sobre del cómo la bioeconomía puede consolidarse como un eje de transformación económica y social.

3.2. Diseño de la investigación

Para Sampieri (2014), en la elección del diseño de investigación es donde se integran las etapas conceptuales del trabajo de estudio, como el planteamiento del problema y el

desarrollo de la perspectiva teórica. De manera más puntual, es donde “el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de contestar las preguntas de investigación, además de cumplir con los objetivos fijados.

Esta investigación adoptó un método de estudio cualitativo comparativo, el cual se orienta a analizar y contrastar las características, similitudes y diferencias entre las estrategias bioeconómicas de Costa Rica y Estados Unidos. El diseño comparativo resulta pertinente, ya que posibilita evaluar ambas estrategias, identificando oportunidades y debilidades, con un propósito de mejorar y aportar elementos que contribuyan al fortalecimiento de las políticas nacionales en materia de desarrollo sostenible.

El método comparativo es el procedimiento de comparación sistemática de objetos de estudio que, por lo general, es aplicado para llegar a generalizaciones empíricas y a la comprobación de hipótesis. En la metodología de las ciencias sociales, este método cuenta con una larga tradición. Aunque también se emplea en otras disciplinas, se puede decir que es especialmente propio de la ciencia política. (Nohlen, s.f. P.1)

Para comprender el tema de la bioeconomía de manera dinámica y no solo política o estratégica, es importante la interacción entre factores económicos, sociales, ambientales y tecnológicos. Al igual que en otras áreas del desarrollo sostenible, la bioeconomía requiere ser analizada desde múltiples perspectivas para entender como cada país la implementa de acuerdo con sus recursos, prioridades y contextos específicos.

Una de las ventajas del método comparativo reside en que éste le brinda mucha libertad al investigador para el desarrollo de un diseño propio de investigación en adecuación a la situación específica, quien debe aprender a dominar el juego entre concordancia y diferencia. (Nohlen, s.f. P.15)

Se logra identificar como el método comparativo ofrece al investigador flexibilidad dentro de su investigador para adaptar el diseño del estudio. Gracias a esta libertad metodológica, el investigador puede contribuir un análisis ajustado a la realidad metodológica, tal y como lo señala Nohlen. (s.f), este método permite un equilibrio entre la concordancia y la diferencia , posibilitando la identificación de patrones comunes y particularidades.

3.3. Las Fuentes de Información

Para Soberón (2008), las fuentes de información, son todos aquellos medios de los cuales procede la información, que satisfacen las necesidades de conocimiento de una situación o problema presentado y, que posteriormente será utilizado para lograr los objetivos esperados. Para un trabajo de investigación existen fuentes primarias, secundarias y terciarias.

Las fuentes de información comprenden todos los recursos y medios empleados para obtener los datos necesarios que permitan desarrollar un estudio sólido y aportar un conocimiento amplio y fundamentado sobre el tema investigado. En el caso de esta investigación, se han seleccionado cuidadosamente las fuentes más pertinentes y relevantes, con el propósito respaldar cada uno de los aspectos abordados y garantizar la consistencia y validez del análisis realizado.

El método comparativo se convierte en una herramienta fundamental para examinar las estrategias bioeconómicas de ambos países, ya que permite analizar cómo cada uno ha desarrollado sus políticas en función de sus condiciones estructurales, recursos naturales, capacidades institucionales y prioridades nacionales. Este enfoque metodológico posibilita identificar patrones convergentes, pero también diferencias sustantivas que explican los distintos ritmos y enfoques de implementación de la bioeconomía.

En este caso, el método comparativo puede resultar esencial para Costa Rica, en donde la bioeconomía se encuentra en una etapa de consolidación y requiere de referentes internacionales que orienten su fortalecimiento. En este sentido, la comparación con Estados Unidos no solo permite contrastar modelos, sino también visualizar oportunidades de adaptación de prácticas exitosas, respetando las particularidades del contexto costarricense.

El método contribuye a una comprensión más integral de fenómeno estudiado, al integrar tanto elementos estructurales como dinámicos, y al permitir que el análisis trascienda lo meramente empírico hacia la generación de conocimiento aplicable. En consecuencia, el uso del método comparativo en esta investigación no solo cumple una función analítica, sino también propositiva, al ofrecer bases sólidas para la mejora continua de las estrategias nacionales de bioeconomía en el marco del desarrollo sostenible.

3.3.1. Población:

Según Arias (2012) se define como una población como el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. La población se define como el conjunto total de elementos, personas u objetos que forman parte del fenómeno de estudio. Representa un universo el cual se enfoca la investigación, ya que posee características comunes relevantes.

La muestra incluye fuentes documentales compuestas por estrategias nacionales, planes de acción y estudios especializados, vinculados con la Estrategia Nacional de bioeconomía de Costa Rica, así como algunas vinculadas a la estrategia de Estados Unidos. Estos documentos constituyen la base para identificar los objetivos, lineamientos, avances y desafíos que cada país se enfrenta en la consolidación de su modelo.

El proceso incorpora la participación de actores claves relacionados con la formulación, ejecución o análisis de la bioeconomía en Costa Rica, entre ellos funcionarios públicos y especialistas del sector productivo. Las entrevistas realizadas a sus participantes proporcionan información directa y de primera mano permitiendo conocer sus percepciones y expectativas sobre la efectividad del impacto de la estrategia nacional. De esta manera, la combinación de las muestras (documental y humana) fortalecen el carácter cualitativo y comparativo del estudio.

3.3.2 Fuentes Primarias

Se le llama fuente primaria, a información directa que aún no ha sido evaluada o interpretada por otra persona. Rivera (2015), dicta que “las principales fuentes de información primaria son los libros, monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros”.

Esta investigación considera las entrevistas como una de las principales fuentes primarias, ya que las respuestas obtenidas proporcionan información directa y de primera mano sobre el tema de estudio. Del mismo modo, entre las fuentes primarias empleadas para el desarrollo de esta investigación se incluyen aquellas que permiten recoger percepciones, experiencias y datos originales relevantes para el análisis y la comprensión del fenómeno

investigado. Algunas de las fuentes primarias consultadas son: Libros, informes de investigación del sector público y privado, periódicos digitales, revistas científicas y documentos oficiales del gobierno.

3.3.3 Fuentes Secundarias

Por otra parte, se conoce como fuentes secundarias a las que ya han pasado por un proceso de análisis e investigación de las primeras. Rivera (2015), concluye que, para que una fuente sea de carácter secundario el proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria.

La revisión de las fuentes secundarias relacionadas con bioeconomía y en las estrategias nacionales implementadas en distintos países resulta fundamental, ya que proporciona un marco comparativo sólido que enriquece el análisis. Estas fuentes ofrecen una visión amplia sobre los avances, desafíos y buenas prácticas en la materia. Gracias a estas fuentes, es posible contextualizar la situación de Costa Rica dentro del panorama internacional y comprender los factores que inciden en el desarrollo su Estrategia Nacional de Bioeconomía.

De esta forma, las fuentes secundarias aportan un alto valor informativo y analítico, permitiendo construir una investigación con bases teóricas firmes y una perspectiva con crítica fundamentada, en donde se utilizan: Artículos en sitios web, trabajos de investigación, tesis, resúmenes, revisiones bibliográficas y documentales. Este tipo de información facilita la comprensión de los diferentes enfoques que se han desarrollado en torno a la bioeconomía y su aplicación en distintos contextos, lo que contribuye a fortalecer la coherencia y profundidad del marco teórico de la investigación.

3.3.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis constituye el elemento central sobre el cual se enfoca el proceso investigativo, ya que delimita con precisión el objeto que será estudiado y analizado a lo largo del trabajo. En el caso de esta investigación, la unidad de análisis está conformada por las estrategias nacionales de bioeconomía de Costa Rica y de los Estados Unidos de América, las cuales representan los marcos políticos, institucionales y estratégicos de cada país, los cuales orientan el desarrollo y consolidación de su modelo en bioeconomía.

El comparar la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica con la de Estados Unidos, tomando en cuenta como referencia a los dos ejes estratégicos específicos: A: eje estratégico 1: bioeconomía para el desarrollo rural y D: eje estratégico 4: bioeconomía avanzada, permite analizar ambas estrategias para comprender como cada nación estructura sus objetivos, prioriza áreas de acción, define mecanismos de coordinación interinstitucionales y promueve la participación de diversos actores públicos y privados en implementación de la bioeconomía. En este caso, permite poder percibir las debilidades y fortalezas de cada uno a la hora de implementar la bioeconomía como modelo económico.

El eje A: eje estratégico 1: bioeconomía para el desarrollo rural busca aprovechar sosteniblemente los recursos biológicos del país para dinamizar las economías rurales, promover la inclusión social y generar empleo. Este impulsa la diversificación productiva mediante la biotecnología, el uso eficiente de la biomasa y el fortalecimiento del encadenamiento agropecuario, forestal y pesquero. Además, promueve la transferencia tecnológica, la capacitación de actores locales y la creación de emprendimientos sostenibles que mejoren la calidad de vida y fomenten un desarrollo territorial de equilibrado.

El D: eje estratégico 4: bioeconomía avanzada, este eje se enfoca en fortalecer la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica para crear bioproductos y servicios de alto valor agregado. Este eje promueve el aprovechamiento del conocimiento científico la biotecnología moderna para impulsar sectores como la salud, la energía y la agricultura de precisión. Además, busca fomentar la colaboración entre universidades, centros de investigación y empresas, con el fin de consolidar una economía basada en el conocimiento de la sostenibilidad, posicionando a Costa Rica como referente regional en innovación bioeconómica.

La investigación cualitativa de tipo comparativo considera las estrategias nacionales de economía como unidad de análisis, con el propósito de contrastar los modelos de gestión y desarrollo implementados en dos contextos distintos: uno correspondiente a un país desarrollado con alta capacidad tecnológica institucional, como lo es Estados Unidos, y otro en proceso de consolidar su modelo bioeconómico, como lo es el caso de Costa Rica. Esta comparación permite identificar los elementos comunes y diferencias, relacionadas con la integración de la ciencia, de innovación y la sostenibilidad.

El estudio de las estrategias nacionales de bioeconomía de Costa Rica y Estados Unidos como unidades de análisis proporciona una base sólida, para evaluar la efectividad de sus enfoques, la coherencia entre sus objetivos y acciones, y las oportunidades de aprendizaje mutuo que pueden contribuir al fortalecimiento de las políticas de desarrollo sostenible en el ámbito nacional e internacional. El análisis permite de igual manera proyectar recomendaciones que orienten a la formulación de futuras políticas públicas en materia bioeconómica.

3.5. Instrumentos de la investigación

Los instrumentos de investigación son herramientas diseñadas para recolectar y organizar información de manera sistemática, con el fin de facilitar el análisis del fenómeno estudiado. Su correcta selección permite obtener datos relevantes, válidos y confiables que orienten la interpretación de los resultados. Para esta investigación, los instrumentos fueron elegidos de acuerdo con su pertenencia para captar información cualitativa sobre las estrategias de bioeconomía en Costa Rica y Estados Unidos. Por ello Romero (2023), define un instrumento de investigación como una herramienta específica utilizada para recopilar y analizar información en el proceso de investigación.

En los estudios cualitativos, los instrumentos no buscan medir o cuantificar, si no comprender las percepciones, expectativas y contextos que rodean el objeto de estudio. Por ello, su diseño responde a la necesidad de explorar significados y relaciones más variables numéricas. De esta forma, los instrumentos aplicados en esta investigación favorece la comprensión integral del desarrollo y aplicación de la bioeconomía en ambos países.

3.5.1 Entrevista

Basándose en el concepto de Romero (2023), se puede definir a la entrevista como una interacción directa entre el entrevistador y entrevistado, como una herramienta para obtener información y opiniones acerca de un tema en específico. El mismo autor subdivide la entrevista en entrevista a profundidad, entrevista estructurada y entrevista no estructurada. Siendo que estos 3 tipos poseen diferentes características que pueden ser utilizadas, dependiendo del tema o la profundidad de la investigación.

Para el análisis comparativo de las estrategias nacionales de bioeconomía de Costa Rica y Estados Unidos, la técnica de entrevista a aplicar será de tipo semiestructurada, ya que

permite combinar preguntas previamente establecidas con la posibilidad de profundizar en aspectos relevantes que surjan durante la conversación. Este formato facilita obtener información detallada y flexible sobre la percepción de expertos y actores vinculados a la bioeconomía, favoreciendo la comprensión integral de los perfiles estratégicos analizados y el cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación.

3.5.2. Fichas técnicas

Las fichas técnicas son instrumentos de recopilación y organización de información que permite sintetizar los datos más relevantes de una fuente de documento. En ellas se registran aspectos como el autor, año, título y tipo de material. Su función es facilitar el análisis documental y ofrecer una visión ordenada de los materiales consultados durante la investigación. De esta manera, las fichas técnicas se convierten en una herramienta metodológica esencial para el manejo sistemático de la información teórica y empírica.

Para la presente investigación, las fichas técnicas adquieren gran relevancia, ya que permiten estructurar y clasificar las fuentes relacionadas con la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica y la de Estados Unidos. A través de su uso, se logra identificar los enfoques de cada documento, comparar y establecer relaciones entre los distintos elementos que componen las estrategias. Además, contribuyen a mantener la coherencia y la rigurosidad del estudio, asegurando que la información empleada sea confiable, pertinente y adecuada.

3.5.3. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica representa un elemento esencial dentro de todo proceso investigativo, ya que permite comprender el estado actual del conocimiento y las principales discusiones teóricas sobre el tema del estudio. Según Hernández y Mendoza (2018), esta etapa posibilita identificar los aportes más relevantes de la literatura, reconocer las limitaciones existentes y establecer las bases conceptuales que guiarán el desarrollo del estudio. En una investigación cualitativa, este proceso resulta especialmente importante, ya que ofrece una visión integral que orienta la interpretación de los fenómenos y favorece la coherencia entre los objetivos, el marco teórico y la metodología aplicada.

Para la presente tesis, la revisión bibliográfica se emplea para analizar las políticas, estrategias y modelos vinculados con la bioeconomía, tanto en el ámbito nacional como en

el internacional. Este procedimiento permite contextualizar las estrategias de Costa Rica y Estados Unidos en el ámbito bioeconómico. Asimismo, contribuye a sustentar los objetivos específicos del estudio, garantizando que el análisis cualitativo se base en información verificada, pertinente y metodológicamente sólida, fortaleciendo así la validez y la profundidad del trabajo de investigación.

3.6.3. Proceso para Recolección y Análisis de datos

Para Sampieri (2017), dentro de una investigación cualitativa “la recolección de datos ocurre en los ambientes naturales y cotidianos de los participantes o unidades de análisis. En el caso de los seres humanos, en su vida diaria: cómo hablan, en qué creen, qué sienten, cómo piensan, cómo interactúan, etcétera”.

Este enfoque busca comprender la realidad tal y como la viven los participantes, permitiendo captar los significados que ellos otorgan a sus acciones, pensamientos y emociones en su entorno cotidiano. En este caso, el análisis se orienta en comprender como las personas viven y perciben la bioeconomía dentro de su contexto social y productivo. Al situarse en el ambiente natural o diario de los participantes, se pueden observar de manera más auténtica las dinámicas sociales y culturales que influyen en la adopción y el desarrollo de este modelo económico sostenible.

De esta manera, se podría decir que la investigación cualitativa no se limita únicamente a recolectar información, sino que procura interpretar las experiencias humanas desde una perspectiva profunda y contextualizada, en donde las experiencias hacen que se pueda conectar directamente con la información. El contacto directo con los participantes facilita una comprensión más integral de sus realidades, posibilitando el análisis de los valores, percepciones y relaciones que configuren su vida cotidiana.

El procesamiento de datos en una investigación cualitativa se desarrolla por medio de diversas fases que garantizan la validez y coherencia del estudio. En primer lugar, se realiza la selección del tema, donde se identifica una problemática relevante y se delimita los objetivos y el enfoque metodológico. Posteriormente, se ejecuta el proceso investigativo, etapa de la que se aplican las estrategias y técnicas planificadas. Es en ese momento cuando el investigador se vincula con el entorno de los participantes, comprendiendo sus contextos y las dinámicas que influyen en el fenómeno de estudio.

Seguidamente, recolectamos los datos bibliográficos, los cuales permiten fundamentar teóricamente la investigación. Una de las etapas más relevantes dentro del proceso fue la entrevista a profundidad, mediante la cual se obtuvo testimonios y percepciones directas de los participantes sobre el objeto de estudio. La fase de desarrollo de información implica identificar patrones, categorías y significados comunes que den sentido a la investigación. La interpretación cuidadosa de la información permitió construir una comprensión profunda y contextualizar del fenómeno.

La etapa de las conclusiones y recomendaciones es donde se presentan los resultados del análisis junto con las reflexiones del investigador. Estas conclusiones no sólo permitieron sintetizar los hallazgos obtenidos, sino que también aportaron propuestas y sugerencias que pueden orientar futuras investigaciones o acciones prácticas. De esta forma, el proceso de recolección y procesamiento de datos culmina en un producto científico coherente, fundamentado con valor académico y social.

La investigación se apoya en un enfoque cualitativo que combina el análisis teórico con la obtención de información práctica mediante entrevistas, fichas técnicas y revisión bibliográfica. Este método permite examinar la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica (2019-2024) desde una perspectiva integral, valorando su impacto en el desarrollo sostenible y en la modernización de los sistemas productivos del país. Además, posibilita analizar el efecto social que esta estrategia puede generar en los diferentes sectores involucrados.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se incluye el análisis de los resultados obtenidos a lo largo del proceso de investigación, a partir de la revisión documental y el análisis comparativo a la información recopilada mediante entrevistas a especialistas en el área, asimismo se exponen los principales hallazgos relacionados con el desarrollo de las estrategias bioeconómicas y sus implicaciones en los sistemas productivos, permitiendo contrastar los enfoques implementados por los países analizados. Los resultados presentados contribuyen a dar respuesta a los objetivos planteados en investigación y a fortalecer la comprensión del papel de la bioeconomía como un modelo de desarrollo sostenible en el mercado internacional.

4.1 Describir los ejes estratégicos vinculados con el desarrollo sostenible y el acceso a mercados internacionales de biotecnología y bioproductos en Costa Rica y Estados Unidos, durante el período 2019-2024.

El desarrollo de la economía en el contexto internacional se ha vinculado estrechamente con las estrategias orientadas a la sostenibilidad y el fortalecimiento del acceso a mercados globales sostenibles. Durante el periodo 2019-2024, tanto Costa Rica como Estados Unidos, han impulsado distintos ejes estratégicos dirigidos a la promoción de la innovación científica, aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el aumento del valor agregado en sus sistemas productivos. Bajo estas acciones buscan facilitar su inserción en cadenas globales de valor y responden a las crecientes demandas del mercado sostenible.

4.1.1 Eje estratégico 1: Bioeconomía para el desarrollo rural en Costa Rica

Durante el periodo 2019-2024, la biotecnología y los bioproductos adquirieron un papel estratégico en las agendas nacionales de diversos países, en el marco de la transición hacia modelos de desarrollo más sostenibles y competitivos. En este contexto, tanto Costa Rica como Estados Unidos impulsaron los lineamientos para fortalecer la innovación y el aprovechamiento sostenible de los recursos. Analizar los ejes estratégicos permite comprender cómo ambos países articulan la sostenibilidad y el desarrollo tecnológico en la inserción de mercados internacionales.

El desarrollo sostenible representa la transición de la sociedad actual a una sociedad más respetuosa con el medio ambiente. Es un modo de desarrollo cuyo objetivo es garantizar el equilibrio entre el crecimiento económico, la preservación del medio ambiente y el bienestar social. (Caballero, 2023)

El desarrollo sostenible se ha convertido en un eje central dentro de las estrategias bioeconómicas contemporáneas, ya que permite vincular el crecimiento económico con la protección ambiental y la generación de bienestar social. Este enfoque adquiere una dimensión estratégica, debido a que los países buscan transformar sus sistemas productivos mediante el aprovechamiento responsable de los recursos biológicos.

La incorporación de la bioeconomía en economías tradicionalmente dependientes de combustibles fósiles no es casualidad, sino el resultado de una transformación estructural

impulsada por la necesidad de enfrentar el cambio climático, diversificar las materias productivas y responder a nuevas demandas del comercio internacional. Este cambio responde tanto a compromisos ambientales globales como a la búsqueda de mayor competitividad, innovación y resiliencia económica.

El desarrollo bioeconómico no sólo implica una transición hacia estados más comprometidos con la protección ambiental, sino que también constituye una estrategia moderna de competitividad en los mercados internacionales. En la actualidad, los países que logran generar ingresos a partir de modelos productivos sostenibles fortalecen su posicionamiento global y construyen una imagen social de sostenibilidad ambiental. Este enfoque refleja apertura comercial, además de los incentivos orientados a prácticas sostenibles que promueven que sectores como el de la biotecnología y la producción de bioproductos se instalen y produzcan en el país.

La introducción de los bioproductos adquiere especial relevancia como un motor de transformación económico. Estos productos no sólo permiten sustituir insumos derivados de fuentes fósiles, sino que también impulsan la diversificación productiva y la generación de valor agregado a un sector tradicional. Además de que su desarrollo favorece la innovación tecnológica, estimula la investigación científica y la oportunidad de crear nichos de mercado que demandan bienes sostenibles y ambientalmente responsables.

Esta biomasa puede ser utilizada para obtener energía y una amplia gama de bioproductos con distintos grados de sofisticación y valor agregado. En Costa Rica, por ejemplo, durante el proceso de agroindustrialización de la piña para su exportación, se generan cientos de toneladas de cáscaras y coronas de piña. (Gobierno de Costa Rica, 2020. P. 56)

Los bioproductos, representan uno de los pilares centrales de la bioeconomía, al permitir la transformación de recursos biológicos renovables en bienes con valor agregado dentro de distintos sectores productivos. Estos productos abarcan desde biocombustibles y biofertilizantes hasta biomateriales industriales y aplicaciones farmacéuticas, lo que evidencia el amplio potencial de la biotecnología para sustituir insumos derivados de combustibles fósiles.

En el eje del comercio internacional, los productos de origen sostenible adquieren cada vez más valor debido a la conciencia climática que ha invadido al ser humano la cual ha ocupado un tema de conversación en medios informativos y en las redes sociales. La creciente demanda de estos productos orgánicos o sustentables, demandan también soluciones productivas sostenibles y estimulan la necesidad de reducir las emisiones asociadas a los modelos industriales tradicionales.

Entre los bioproductos con mayor desarrollo destacan los bioplásticos elaborados a partir de materias primas vegetales como el almidón de maíz y aceites naturales, los cuales presentan una menor huella de carbono en comparación con los plásticos convencionales. Asimismo, los biofertilizantes emplean microorganismos para mejorar fertilidad del suelo de manera sostenible. Por su parte, los biocombustibles, como el bioetanol y el biodiesel, se producen a partir de biomasa y pueden sustituir combustibles fósiles en el sector, reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia del petróleo.

Para Costa Rica, el desarrollo de los productos representa una oportunidad estratégica, para fortalecer su modelo de crecimiento sostenible y consolidar su posicionamiento internacional como país ecológico. Dada su riqueza en biodiversidad y a su trayectoria en políticas ambientales, ha podido aprovechar de manera responsable los recursos biológicos, generar mayor valor agregado y verificar la oferta exportable. Los productos no sólo responden a una agenda ambiental, sino que representan un instrumento clave para la inserción de Costa Rica en mercados internacionales que producen estándares de sostenibilidad y calidad.

El aprovechamiento de la biomasa y la transformación de residuos agroindustriales en los insumos productivos evidencian como los bioproductos pueden integrarse dentro de una estrategia de desarrollo más amplia. En el contexto costarricense donde las actividades como la exportación generan grandes volúmenes de sus productos, la innovación en esos procesos permite convertir desechos en oportunidades económicas. Eso no sólo reduce impactos ambientales, sino que también impulsa encadenamientos productivos que fomentan la investigación en sectores con mayor contenido tecnológico.

Un ejemplo de esto es lo que se referenciaba en la cita anterior del Gobierno de Costa Rica, (2020) es la industrialización de la piña constituye uno de los principales productos del

sector exportador costarricense, concentrándose mayoritariamente en la variedad de MD2 (Gold), reconocida por su alto contenido de azúcar, color naranja intenso y características idóneas para el mercado fresco internacional. El país se ha consolidado comunidad mundial en la exportación de piña fresca representando cerca del 50% del comercio global, con más de 65,000 piñas cultivadas.

Este ejemplo evidencia como las actividades agroindustriales tradicionales pueden convertirse en un punto de partida para el desarrollo de la bioeconomía. La valorización de residuos agrícolas permite transformar subproductos que anteriormente eran considerados desechos en insumos con potencial económico y tecnológico. En este sentido, la bioeconomía introduce una lógica productiva diferente, en la cual la biomasa se integra a procesos industriales más complejos, generando nuevos encadenamientos productivos y oportunidades de innovación.

El proceso de inducción incorpora tecnología avanzada para el lavado, clasificación por tamaño y calidad, encerado y refrigeración, permitiendo procesar en algunas plantas alrededor de 140,000 anuales. Además del mercado fresco, existe un importante incremento agroindustrial orientado a la producción de jugos y piña enlatada, mediante procesos mecanizados de pelado, rebanado y esterilización de autoclaves, lo que incrementa el valor agregado de producción.

Desde el punto de vista socioeconómico, la industria piñera genera cerca de 32,000 empleos directos y más de 100,000 indirectos, dinamizando las economías rurales y consolidándose como motor del desarrollo local. No obstante, el sector enfrenta desafíos ambientales asociados al manejo de residuos orgánicos, calificación de plagas y el uso intensivo de agroquímicos, lo que ha impulsado investigaciones orientadas a la valorización del rastrojo de la piña para la producción de biología y el desarrollo de biorrefinerías.

La relevancia de la agroindustrialización de la piña se vincula directamente con el enfoque de desarrollo bioeconómico, al tratarse de una actividad basada en el aprovechamiento intensivo de recursos biológicos para la generación de valor agregado y exportaciones. Bajo el marco de la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica, el sector piñero representa una oportunidad estratégica, para transitar de un modelo primario explorador hacia uno más innovador y sostenible.

La transformación industrial desde la comercialización de fruta fresca hasta la producción de jugos ejemplifica como la biomasa puede integrarse en cadenas de valor más complejas y tecnificadas. Este proceso es coherente con los principios de la bioeconomía circular, ya que promueve el aprovechamiento integral de los recursos biológicos e impulsa la innovación bajo criterios de sostenibilidad ambiental

En consecuencia, el desarrollo de los bioproductos adquiere una dimensión estratégica para Costa Rica, al permitirle transitar de un modelo primario-exportador hacia uno basado en mayor valor agregado y diferenciación sostenible. La incorporación de estos bienes en la oferta nacional contribuye a mejorar la competitividad internacional, atraer inversiones hacia sectores verdes y responder a mercados que priorizan estándares ambientales. Más allá de componente ecológico, se trata de una apuesta por modernizar la estructura productiva del país y consolidar su imagen como economía innovadora y comprometida con la sostenibilidad.

El país tiene la oportunidad de convertirse en una potencia de investigación, desarrollo e innovación en bioeconomía, y no es un sueño, es totalmente tangible. Es posible llevar la ciencia del laboratorio al mercado, convertir propiedad intelectual en negocios y construir un ecosistema de innovación potente. (Peralta, 2025)

La biotecnología se define como un conjunto de técnicas y procesos que utilizan organismos vivos, células o sus componentes para desarrollar productos y servicios con aplicaciones en sectores como la agricultura, industria, salud y ambiente. A partir de la integración de la ciencia, se crea la biotecnología la cual permite mejorar procesos productivos, incrementar la eficiencia en el uso de recursos naturales y generar bienes con mayor valor agregado. Su desarrollo constituye una estrategia para impulsar modelos económicos sostenibles que promuevan soluciones basadas en el conocimiento científico y el aprovechamiento responsable de los recursos.

Esta rama de la sostenibilidad experimentó un crecimiento progresivo durante las últimas décadas en Costa Rica, impulsado por la combinación de políticas públicas orientadas a la innovación, inversión en ciencia y tecnología y el aprovechamiento estratégico la biodiversidad nacional. Desde mediados del siglo XX, el país comenzó a crear los

laboratorios de inversión en biología celular y ciencias médicas, sentando bases para la consideración de un sistema científico enfocado en aplicaciones agrícolas y biomédicas.

4.1.2 Eje estratégico 4: Bioeconomía avanzada en Costa Rica

La biotecnología surge como una herramienta estratégica para Costa Rica, ya que permite transformar residuos agrícolas y biológicos, como son los desechos agroindustriales, en productos de alto valor agregado mediante procesos científicos y tecnológicos, con la implementación de empresas de base tecnológica en zonas rurales, tal y como lo describe el periódico *la República* (2023) en donde los desechos agroindustriales están generados en zonas rurales, entonces uno podría estar visualizando a futuro la instalación de empresas de base tecnológica en estas zonas donde el impacto sería mayor, porque los índices de desarrollo son menores.

Un ejemplo relevante es la creación de la Estrategia Nacional de Bioeconomía, es la educación y comunicación en biotecnología impulsadas con el apoyo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), las cuales buscaron integrar la biotecnología en los sistemas educativos y fortalecer la comprensión pública sobre sus aplicaciones y beneficios. Esta iniciativa refleja el interés estatal por consolidar capacidades científicas y prepara capital humano especializado para el desarrollo tecnológico del país.

El IICA, respalda Costa Rica en el desarrollo biotecnológico, junto con otros órganos internacionales que reconocen el potencial científico y tecnológico del país, así lo reafirmaron en un artículo el IICA (2015), Costa Rica tiene todo lo necesario para desarrollar un marco de bioseguridad ejemplar, ya que realiza buena investigación, cuenta con un sector académico y un marco institucional fuertes, un contexto legal adecuado y una gran voluntad de innovar. Estos elementos han permitido posicionar al país como un referente regional de integración de ciencia, innovación y sostenibilidad dentro de una estrategia de desarrollo productivo.

El país ha fortalecido las instituciones científicas y centros de investigación, siendo de los más importantes las universidades nacionales, pero especialmente El Centro de Investigación de Biotecnología del Tecnológico de Costa Rica (TEC), cuya creación implicó inversiones públicas destinadas a laboratorios avanzados en biotecnología vegetal, ambiental y biomédica, consolidando la infraestructura científica nacional.

El compromiso del país con la conservación de los ecosistemas naturales se apoya en un sólido marco jurídico y en numerosas zonas protegidas. Esto significa que los agricultores tienen que encontrar formas ecológicas de mantener la productividad y mejorar el rendimiento. Ello ha dado pie a que empresas de biotecnología, como BioTech, desarrollen soluciones agrícolas cuyo impacto negativo en la abundante biodiversidad del país sea mínimo. (BioTech, 2023. P.2)

La inversión biotecnológica se ha desarrollado tanto desde el sector público como mediante la presión de inversión extranjera directa. Costa Rica logró posicionarse como un destino atractivo para empresas de ciencia, gracias a su estabilidad institucional, talento humano calificado y marcos regulatorios alineados con estándares internacionales, por lo que en el país se han instalado empresas como: Speratum (terapias oncológicas), Biotech (insumos agrícolas) y VitroFlora Labs (micropropagación), entre otras.

El ecosistema de tecnológico nacional integra a las universidades, centros de investigación y empresas privadas que desarrollan investigación aplican en áreas como la biotecnología molecular, bioinformática y medicina regenerativa, además de entidades como el Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENbiot), han contribuido al impulso de proyectos industriales y farmacéuticos orientados al mercado global.

Los resultados económicos que ha experimentado Costa Rica, en cuanto a biotecnología, se han notado desde el 2018, ya que el sector contaba con 87 empresas y 42 centros de investigación, generando más de 6800 empleos directos y aproximadamente 629 millones de dólares en ingresos, equivalentes a acerca del 1% del PIB nacional. Esta cifra refleja una transición hacia una economía basada en el conocimiento y alto valor agregado.

En años recientes, especialistas y actores institucionales han señalado que la biotecnología representa una oportunidad clave para diversificar la economía costarricense, especialmente en un contexto global marcado por la digitalización, la inteligencia artificial y la transición hacia modelos productivos sostenibles. Eventos científicos y académico nacionales destacan que el sector se encuentra en expansión y posee un alto potencial para impulsar nuevas oportunidades económicas y tecnológicos.

La Biotecnología debe ser un derrotero y debe ser uno de los caminos que, junto a otras actividades económicas, lleven al país lo más pronto posible a ser un país de alto ingreso. Tenemos todo, además de los recursos, tenemos una vocación también de formación en esta materia y la Escuela de Ingeniería en Biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica, lo confirma. (Solano, 2024)

La biotecnología se posiciona como un sector estratégico para el crecimiento económico de Costa Rica, apoyándose en la formación académica especializada con el fin de aprovechar los recursos naturales, elementos que evidencian el potencial del país para avanzar en las actividades productivas de mayor valor agregado, tal y como se describe en la cita anterior. Además, su desarrollo se vincula completamente con la estrategia bioeconómica del país, al impulsar y fortalecer el desarrollo en zona rurales.

En el desarrollo de la estrategia bioeconómica de Costa Rica, el impulso de los bioproductos permite fortalecer su inserción en mercados internacionales que valoran cada vez más la sostenibilidad como criterio en competitividad. La demanda global de bienes con menor huella ambiental genera nuevas oportunidades para países capaces de ofrecer productos diferenciados bajo estándares ecológicos, bajo este contexto no solamente se amplía la oferta exportable, sino que facilita el acceso a nichos especializados y acuerdos comerciales.

Asimismo, la integración de estos bienes en la dinámica exportadora contribuye a diversificar los destinos comerciales y reducir la dependencia de productos tradicionales con un menor valor agregado. Al incorporar innovación y sostenibilidad en su estructura productiva, Costa Rica puede posicionarse en cadenas globales de valor vinculadas a la bioeconomía, mejorando sus competitividad y resiliencia frente a cambios en la demanda internacional.

De acuerdo con datos del Banco Central de Costa Rica, el país recauda aproximadamente un 2,3% del PIB en puestos relacionados con el ambiente durante el periodo 2006 -2023, cifra superior al promedio de la OCD, que se sitúan en el 1.6%. La mayor parte de ingresos proveniente de esta categoría de energía, que representa un 66%, seguida por transporte con un 33%, mientras que los recursos naturales y la contaminación

aportan un 1%. Estos datos reflejan una estructura fiscal que incorpora instrumentos económicos orientados a la sostenibilidad y financiamiento de políticas ambientales.

Estas cifras muestran también que Costa Rica incorporar herramientas económicas concretas para respaldar su compromiso ambiental. La concentración de ingresos en energía y transporte refleja una estrategia orientada a internalizar los costos ambientales de actividades intensivas en carbono, alineando la política tributaria con los objetivos de descarbonización. Más allá de su función recaudatoria, estos impuestos contribuyen a orientar el comportamiento del mercado y a crear un entorno más favorable en sectores sostenibles.

Costa Rica se ha enfocado en la construcción de una sociedad y una economía basadas en el conocimiento (MICITT, 2017), al igual que lo han hecho las naciones con más altos niveles de desarrollo, con miras a comunidades más resilientes, inclusivas y en armonía con el medio ambiente. (Gobierno de Costa Rica, 2020. P.67)

Bajo esta visión, el fortalecimiento de sectores estratégicos como la biotecnología y el desarrollo de bioproductos se convierte en un componente fundamental para consolidar una economía basada en el conocimiento. La inversión en investigación científica, transferencia tecnológica y articulación entre academia, sector privado y Estado, lo que permite generar innovación con valor agregado, alineada con principios de sostenibilidad.

Según datos del Banco Central de Costa Rica, las actividades vinculadas a la bioeconomía, es decir todas aquellas que incorporan recursos de origen biológico con sus procesos productivos y de consumo, representaron un 13% del valor agregado nacional y generaron un 17% de empleo en el 2021. Estas cifras evidencian la relevancia económica social del sector dentro de la estructura productiva del país, demostrando que la vida economía no sólo constituye una puesta ambiental, sino también un monto significativo de generación de riqueza y oportunidad laboral.

La Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), para el año de referencia la economía costarricense se amplía aproximadamente 2,3 millones de personas, de las cuales 375,735 (16,1%) se desempeñaron en actividades características de la bioeconomía y 18,312 (0,8%) en actividades características extendidas, mientras que el 83,

1% restante correspondió actividad no vinculadas directamente con el sector (CEPAL,2022). Estos datos apoyan al informe del Banco Central de Costa Rica, que evidencia que la bioeconomía representa una proporción significativa del empleo nacional.

Aunque la mayoría de las categorías ocupacionales de empleo se concentran en actividades no relacionadas con la bioeconomía, esta tendencia se revirtió en el caso de trabajos familiares no remunerados, en donde el 70,4% se ubican actividades con estas características y sólo el 29, 6% en otro tipo de actividades. Esta distribución responde principalmente al peso del sector agropecuario dentro de la bioeconomía, ya que gran parte del trabajo familiar no remunerado se desarrollan en actividades agrícolas. Los datos reflejan no sólo la relevancia económica al sector, sino también la importancia social, especialmente en la zona rurales del país.

En conjunto, la información proporcionada por el Banco Central de Costa Rica confirma que la bioeconomía no constituye un sector marginal dentro de la estructura productiva nacional, porque un componente significativo del trabajo agrícola muestra que una parte relevante de la dinámica económica del país depende directa o indirectamente del aprovechamiento de recursos biológicos. Esto refuerza la importancia de consolidar políticas públicas que fortalezcan la innovación, el desarrollo de bioproductos e inserción competitiva.

Sin embargo, ambos informes coinciden en que los productos derivados del combustible fósil se mantuvieron como la principal fuente de emisiones de dióxido de carbono asociados al uso de energía en el 2021, representando el 80% del total, principalmente por su utilización en el transporte. Esos datos evidencian la fuerte dependencia del país de los combustibles fósiles, especialmente el sector transporte, lo que supone un desafío importante para la transición hacia un modelo energético más sostenible.

Por otra parte, la cuenta de flujo de materiales refleja un aumento en el consumo nacional, pasando de 47 millones de toneladas en el 2020 a 49 millones en el 2023, equivalente a 9,2 per cápita. Costa Rica continúa dependiendo en gran medida de la extracción de minerales no metálicos y mantiene un patrón de importación de recursos fósiles y la exportación de biomasa, lo que demuestra que hay una estrecha relación en su estructura productiva. Asimismo, los ingresos fiscales ambientales que provienen de los impuestos

antes mencionados buscan internalizar los impactos negativos de estas actividades sobre el ambiente.

Además, Costa Rica se convirtió en uno de los principales exportadores latinoamericanos de productos biotecnológicos y biofarmacéuticos. En el 2024, las exportaciones relacionadas con dispositivos médicos y biotecnología superaron los 6.8 mil millones de dólares representando así cerca de un tercio de las exportaciones nacionales. Inclusive los dispositivos médicos, pasaron de representar apenas el 5% de las exportaciones en el año 2000 a cerca de un 42% del total exportado en el 2023, convirtiéndose en el principal producto exportado un país en cuestión biotecnológica.

Costa Rica logró posicionarse regionalmente en producción y exportación de bioproductos gracias su capacidad científica y políticas públicas orientadas a innovación sostenible. Instituciones que han sido importantes en este desarrollo, es la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), la cual ha señalado que el país ha evolucionado hacia la exportación de bienes intensivos en conocimientos especialmente dentro del sector de las ciencias de la vida.

El crecimiento de los bioproductos ha contribuido a modificar la estructura comercial costarricense. Tradicionalmente dependiente de exportaciones agrícolas primarias, actualmente y como se venía desarrollando, el sector de ciencias de la vida constituye el principal motor exportador nacional. De acuerdo con los datos promovidos por la Coalición Costarricense de Iniciativa de Desarrollo (CINDE), el país se ha consolidado como un país estratégico regional para empresas de dispositivos médicos y biotecnología, atrayendo campañas multinacionales que integran cadenas globales de valor.

Un elemento clave del éxito comercial ha sido el desarrollo de conglomerados (*clusters*) tecnológicos, especialmente dentro del régimen de zona franca. Estas zonas permiten la concentración geográfica de empresas, universidades, proveedores y centros de investigación, facilitando la innovación y la competitividad nacional. Un ejemplo representativo en la zona franca del Coyol de Alajuela, considerado uno de los principales ecosistemas de manufactura médica avanzada en Latinoamérica. Este parque industrial concentra empresas globales dedicadas a la tecnología de dispositivos médicos, cuyas expectativas superan los 2000 millones de dólares anuales.

Las zonas francas son espacios creados para atraer empresas extranjeras mediante beneficios especiales que facilitan su instalación y operación en el país. Estas ofrecen ventajas como la reducción o exoneración de impuestos sobre la renta, eliminación de impuestos de importación de maquinaria y materias primas, así como procesos administrativos más rápidos y sencillos. Su objetivo principal es impulsar las exportaciones, atraer inversión extranjera y generar empleos con mayor remuneración.

La estrategia bioeconómica de Costa Rica ha permitido aumentar el valor agregado productivo costarricense. A diferencia de los materiales fósiles extraídos tradicionales, los bioproductos incorporan una investigación científica, innovación tecnológica y procesos más avanzados de manufactura. La industria de la ciencia de vida representa una proporción significativa del producto interno bruto y constituye uno de los sectores más dinámicos del comercio internacional costarricense.

Para Costa Rica, la bioeconomía es un instrumento clave para traducir el conocimiento en oportunidades comerciales, facilitando la inserción del país en mercados que demandan bioproductos. Así, la estrategia nacional no se limita a la protección ambiental, sino que también articula desarrollo científico, dinamismo productivo y proyección internacional como pilares de un modelo de desarrollo más resiliente y competitivo.

En los últimos años, las tecnologías emergentes de bioenergía han adquirido un rol protagónico en la transformación hacia un futuro más sostenible en los Estados Unidos. Estas innovaciones no solo están cambiando la forma en que producimos energía, sino también cómo fabricamos productos cotidianos, desde ropa hasta plásticos, reemplazando a los tradicionales procesos basados en combustibles fósiles. A través de la biotecnología y la biomanufactura, es posible convertir la biomasa en materiales sostenibles, proporcionando una alternativa viable a la producción basada en el petróleo. (FEDEMADERAS, 2024. P.1)

4.1.3 Eje estratégico 4: Bioeconomía avanzada en Estados Unidos

La propuesta de bioeconomía de los Estados Unidos se orienta a fortalecer el liderazgo tecnológico y la competitividad económica mediante el desarrollo de la biotecnología y biomanufactura sostenible. A través de sus políticas públicas, el país busca impulsar la investigación científica, reducir la dependencia de suministros externos y

promover procesos productivos más sostenibles. Asimismo, la estrategia fomenta cooperación entre gobierno, academia y sector privado para acelerar la innovación y la comercialización de bioproductos.

El impulso de los bioproductos se ha vinculado estrechamente con el desarrollo de tecnologías emergentes bioenergía y biomanufactura, orientadas a transformar tanto la matriz energética como los procesos industriales tradicionales. A diferencia de Costa Rica, Estados Unidos ha centrado su estrategia en la innovación tecnológica a gran escala y en sustitución de procesos productivos basados en combustibles fósiles por productos alternativos derivados de la biomasa, esto mediante el fortalecimiento la biotecnología industrial, el país no busca sólo reducir su dependencia del petróleo, sino consolidar un liderazgo.

La bioeconomía estadounidense integra sectores como la biotecnología, biocombustibles, los productos farmacéuticos, agricultura avanzada en los materiales biobasados, permitiendo una de edificación exploradora de alto valor agregado. En particular la industria biofarmacéutica constituye uno de los pilares de esta proyección internacional con inversiones en investigación y desarrollo que superan los 96,000 millones de dólares en el 2023, consolidando el país como líder global en innovación biotecnológica y exportación de productos derivados de organismos vivos.

El crecimiento del comercio internacional enfocado en sector farmacéutico, cuyas exportaciones aumentan significativamente durante la última década, duplicaron su valor entre el 2018 y 2024. Este incremento responde la creciente demanda global de medicamentos biológicos, vacunas, terapias genéticas y productos biomédicos avanzados, los cuales poseen mayor contenido tecnológico y científico que los productos farmacéuticos tradicionales. La biotecnología aplica a la salud se ha convertido así en un instrumento estratégico y competitivo internacional.

Otro componente clave de la proyección internacional estadounidense se corresponde a los biocombustibles y productos agrícolas biobasados. Según las perspectivas agrícolas de la OCDE y la FAO, en Estados Unidos se mantienen tres principales exploradores mundiales de biodiesel y otros combustibles renovables, reflejando la transición hacia modelos energéticos más sostenibles. Estas exportaciones no sólo responden a políticas internas de descarbonización, sino también a la creciente demanda internacional de energía limpias y

materias primas sostenibles, lo cual fortalece el papel del país dentro de la bioeconomía global y la seguridad energética internacional.

La expansión internacional de los bioproductos estadounidenses está estrechamente vinculada con la innovación agrícola y la bioindustria alimentaria. El auge de los biocombustibles ha impulsado la producción y exportación de maíz, soya y aceites vegetales destinados a procesos industriales y energéticos, consolidando nuevas cadenas globales de valor basadas en biomasa. Proyecciones recientes indican un crecimiento récord a sus aportaciones agrícolas vinculados a biología y bioprocesos.

La proyección internacional de bioproductos también refleja la capacidad de Estados Unidos, para influir en estándares científicos, regulatorios y comerciales globales. El país promovió un sistema de comercio basado en ciencia e innovación tecnológica, favoreciendo la circulación internacional de productos biotecnológicos bajo marcos regulatorios compatibles con sus capacidades científicas. Esto posiciona a la bioeconomía estadounidense no sólo como un sector económico sino como una herramienta estratégica de liderazgo internacional, competitiva y tecnológica que fortalece la diplomacia económica en el sistema global contemporáneo.

Estados Unidos busca consolidarse en estos mercados mediante el fortalecimiento de la innovación científica y la extensión de la producción industrial basada en biomasa. A través de la Iniciativa Nacional de Biotecnología y Biomanufactura (*National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative*), el país busca reducir la dependencia de insumos fósiles, fortalece la seguridad económica y energética además de posicionarse en cadenas globales de valor avanzados. Parte de los resultados que se esperan se encuentran vinculados al aumento de combustibles bajos en carbono, desarrollo de biomateriales y bioquímicos industriales, así como la conciliación de ventajas competitivas de alto contenido tecnológico.

El enfoque ha sido respaldado por iniciativas federales orientadas a fortalecer la biotecnología y biomasa, como sectores estratégicos para la seguridad económica y energética del país. A través de marcos regulatorios, incentivos a la investigación y el financiamiento para la innovación industrial, el país norteamericano ha buscado acelerar la transición hacia una economía basada en los recursos biológicos y en integración entre la

sostenibilidad y competitividad, es así como presentó un elemento central en su estrategia nacional, vinculado principalmente el desarrollo tecnológico.

Estados Unidos cuenta con una producción amplia diversificada de bioproductos, que como se refería antes está especialmente enfocada en el sector energético. Destaca como uno de los mayores productores mundiales de bioetanol, elaborado principalmente a partir del maíz, así como el derivado de la soya y otras materias primas. Estos biocombustibles forman parte de su estrategia para diversificar la matriz energética y reducir parcialmente la dependencia de combustibles fósiles.

Además, el país desarrolla bioplásticos, biomateriales y bioquímicos industriales obtenidos de biomasa, utilizados en empaques, textiles, manufactura y procesos industriales. En este sector agrícola, también produce biofertilizantes y biopesticidas, que buscan disminuir el uso de agroquímicos sintéticos. A eso se le suma el liderazgo en productos farmacéuticos y biotecnológicos, consolidando una industria de productos respaldado por la alta innovación tecnológica y producción a gran escala.

La diferencia con Costa Rica, cuyo impulso bioeconómico se apoya en el posicionamiento ambiental y edificación exportadora, la propuesta estadounidense responde también a objetivos de liderazgo tecnológico y fortalecimiento en cadenas de suministro interno. Los bioproductos en este contexto, no sólo representan una alternativa ambiental, sino que a su vez inserta una visión de alcance estructural, en donde la sostenibilidad y la innovación estratégica convergen como ejes de política pública.

Se estima que Estados Unidos podría triplicar de forma sostenible su producción de biomasa a más de mil millones de toneladas anuales, lo que generaría hasta 60 mil millones de galones (230 mil millones de litros) de combustibles líquidos de bajo carbono. Este incremento sustancial en la producción de biomasa sería esencial para descarbonizar sectores como el transporte y la industria, que tradicionalmente dependen de los combustibles fósiles (Billion-Ton Report, 2023)

Este potencial productivo del país norteamericano no sólo refleja la capacidad tecnológica industrial que poseen, sino también la magnitud de su apuesta en la bioeconomía. La expansión sostenible de la biomasa permitiría fortalecer la seguridad energética, reducir

emisiones y dinamizar nuevas cadenas de valor vinculadas a la biomanufactura de bioproductos avanzados, a la vez de un crecimiento proyectado a posicionar al país como un actor clave en la transición hacia energías limpias, aumentando la competitividad en mercados internacionales, dejando ver que la producción se integra no sólo como una solución ambiental, sino como un pilar del desarrollo económico.

En el 2022, el gobierno de los Estados Unidos impulsó una propuesta nacional para fortalecer la bioeconomía mediante la creación de iniciativa nacional de biotecnología y biomanufactura, orientada a promover la investigación y el desarrollo de la aplicación industrial de la biotecnología. Posteriormente, el informe presentado en 2023 estableció metas concretas para acelerar avances científicos con impacto social y económico. Bajo este marco, programas como BETO, han destacado por su capacidad de transformar los descubrimientos científicos en las aplicaciones comerciales, fomentando alternativas competitivas frente al petróleo.

El Departamento de Energía (*Department of Energy*) (DOE) es la entidad gubernamental encargada de formular y ejecutar la política energética de Estados Unidos, así como de promover la investigación científica y tecnológica vinculado al desarrollo energético y la seguridad nacional. Dentro del marco de bioeconomía, DOE desempeña un papel fundamental al financiar proyectos de innovación orientados al aprovechamiento de recursos biológicos para la producción de energía limpia y nuevos procesos industriales. Su acción busca acelerar la transición de sistemas energéticos más sostenibles y reducir las emisiones de carbono, mediante el impulso de industrias basadas en biotecnología y biomanufactura avanzada.

Por otro lado, la *Oficina de Bioenergía y Tecnologías (Bioenergy Technologies Office)* (BETO) es una oficina especializada que opera dentro del departamento de energía y se enfoca especialmente en el desarrollo de tecnologías de bioenergía. Su objetivo principal es promover la producción sostenible de biocombustibles y bioproductos a partir de biomasa, residuos agrícolas y residuos orgánicos. A través del financiamiento investigación, proyectos piloto y alianzas público – privadas, BETO impulsa la innovación biofinerías, combustibles avanzados y procesos industriales biológicos, contribuyendo a la reducción de dependencia de combustibles fósiles.

El DOE y BETO han establecido alianzas estratégicas con múltiples actores, tanto a nivel nacional como internacional, para acelerar la transición hacia la energía limpia. Una de las más destacadas es la colaboración con la Oficina de Gestión de Carbono y Energía Fósil del DOE, que ha destinado U\$S 80 millones para la investigación y desarrollo de biocombustibles a partir de algas y residuos. (FEDEMADERAS, 2024)

Estas alianzas son evidencia de una estrategia coordinada entre inversión pública, innovación científica y colaboración institucional para impulsar la transición energética. El financiamiento destinado al desarrollo de los biocombustibles a partir de algas y residuos poniendo en práctica el aprovechamiento sostenible recursos y promoviendo una lógica de economía circular. Además, facilita la transferencia tecnológica hacia el sector privado, permitiendo escalar proyectos y posicionar a Estados Unidos como un actor competitivo en los mercados energéticos.

La estrategia económica de Estados Unidos se caracteriza por una fuerte articulación público-privada que integra el gobierno federal, Universidad y centros de investigación. A través de las agencias gubernamentales como el departamento de energía y programas especializados como la Oficina de Tecnología y Bioenergía (*Bioenergy Technologies Office*) el Estado financia investigación científica, de infraestructura y proyectos piloto, que posteriormente son desarrollados escalados por el sector privado. Esta cooperación permite reducir riesgos de inversión y fortalecer cadenas de valor basadas en biomasa y productos.

Además de estas agencias gubernamentales antes mencionadas, articulación público-privada estadounidenses se apoyan en la coordinación interinstitucional entre agencias federales encargadas de regulación, investigación y desarrollo productivo, lo que facilita la innovación al ofrecer marcos regulatorios claros y previsibles. Este modelo ha permitido consolidar un ecosistema nacional de innovación donde la cooperación entre gobierno, academia industria, impulsa el crecimiento económico y el liderazgo global de Estados Unidos en bioeconomía y biotecnología.

Al ser una prioridad estratégica federal el liderazgo de la biotecnología fortalece la seguridad económica del problema de crecimiento sostenible, el gobierno federal ha

priorizado el desarrollo de manufactura avanzada, la producción de biocombustible sostenibles, la producción de la dependencia en cadenas de suministros externas y el fortalecimiento al talento humano en áreas STEM. Esas prioridades se materializan mediante la inversión pública en investigación cooperación entre agencias universidades y sector privado.

4.1.4 Eje estratégico 1: Bioeconomía para el desarrollo rural en Estados Unidos

Dentro de la propuesta bioeconómica de Estados Unidos, el desarrollo rural constituye un eje prioritario orientado por un crecimiento económico inclusivo y territorialmente equilibrado. La bioeconomía es percibida como una herramienta capaz de revitalizar regiones agrícolas y forestales mediante el aprovechamiento sostenible recursos biológicos locales, permitiendo transformar materias primas y residuos orgánicos en productos de alto valor agregado.

Uno de los principales factores institucionales es el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*), que impulsa programas orientados al desarrollo de bioenergía, bioproductos y nuevos mercados agrícolas. A través de iniciativas federales, se promueve el uso de biomasa proviene de residuos agrícolas, forestales y ganaderos para la producción de biocombustibles, bioplásticos, fertilizantes biológicos y materiales industriales sostenibles.

En los instrumentos más relevantes destacan los programas de financiamiento para biorrefinerías rurales, incentivos para cadenas de suministro de biomasa y proyectos de investigación aplicada desarrollados en colaboración con universidades empresas privadas. Estas iniciativas fomentan la creación de ecosistemas de innovación regional donde productores agrícolas, centros científicos y sectores industriales trabajan conjuntamente para desarrollar soluciones tecnológicas a partir de las condiciones locales. Como resultado, se generan nuevas oportunidades económicas para identificar las fuentes de ingresos rural.

Asimismo, la bioeconomía rural estadounidense contribuye a fortalecer la seguridad energética nacional al impulsar la producción descentralizada de energía renovable y biocombustibles avanzados. La instalación de biorrefinerías y plantas de procesamiento en

zonas rurales no sólo dinamiza la economía local, también genera empleo especializado, atrae inversión privada y estimula la transferencia tecnológica hacia comunidades históricamente menos industrializadas.

En términos estratégicos, el modelo estadounidense demuestra que la bioeconomía puede funcionar como un mecanismo de transformación rural estructural, al conectar innovación científica, política pública e inversión privada. Esto permite convertir los territorios rurales en espacios productivos de alta tecnología, donde los recursos biológicos se transforman en motores de crecimiento económico, sostenibilidad ambiental y competitividad internacional.

El enfoque bioeconómico impulsa la generación de valor agregado, diversificación productiva y la transición hacia economías bajas en carbono. En el caso de Costa Rica, la bioeconomía representó una oportunidad estratégica para fortalecer su posicionamiento internacional, aprovechando su biodiversidad, su experiencia en conservación ambiental y sus políticas públicas enfocados en el desarrollo sostenible y la economía verde.

Por otra parte, Estados Unidos destaca como un actor clave dentro de la bioeconomía global debido a su liderazgo en investigación científica, innovación biotecnológica y capacidad de inversión en sectores estratégicos. La relación entre ambos países evidencia como la cooperación internacional puede facilitar la transferencia tecnológica, el acceso a mercados especializados sin impulso de cadena de valor sostenible. De esta manera, la bioeconomía se representa como una fuente para fortalecer el comercio internacional y promover el desarrollo económico sostenible.

El análisis de los ejes estratégicos en Costa Rica y Estados Unidos permite observar que la bioeconomía no se desarrolla bajo un modelo único, sino que responde a las condiciones estructurales, tecnológicas y productivas de cada país. Mientras Costa Rica ha orientado su estrategia hacia el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, el desarrollo rural y la generación de valor agregado en sectores vinculados a la biotecnología agrícola y los bioproductos, Estados Unidos ha construido su modelo bioeconómico sobre una base de

innovación tecnológica avanzada, biomanufactura industrial y liderazgo científico global. Estas diferencias evidencian que las estrategias responden a prioridades distintas.

En el caso costarricense, la bioeconomía se articula como una herramienta de transformación productiva que busca integrar sostenibilidad ambiental, innovación científica y desarrollo territorial. La estrategia plantea el aprovechamiento responsable de los recursos biológicos como una oportunidad de aprovechamiento responsable de los recursos biológicos como una oportunidad para diversificar la economía, fortalecer las exportaciones y generar oportunidades de empleo en zonas rurales. Por lo que, la bioeconomía se convierte en un instrumento que permite vincular la conservación ambiental con el crecimiento económico, posicionando al país como un referente en sostenibilidad dentro del comercio internacional.

Por su parte, el enfoque estadounidense se orienta principalmente a consolidar su liderazgo tecnológico y su competitividad económica global. La bioeconomía es concebida desde la industrialización hacia la transición de sistemas productivos más sostenibles. La fuerte inversión en investigación científica, el desarrollo de infraestructura tecnológica avanzada y la articulación entre universidades, agencias federales y empresas privadas permiten que Estados Unidos lidere la generación de conocimiento biotecnológico y su transformación en productos con alto valor agregado.

Desde una perspectiva comparativa, estas diferencias reflejan, posiciones distintas dentro de las cadenas globales de valor bioeconómicas. Mientras Estados Unidos concreta gran parte de las actividades relacionadas con investigación, desarrollo tecnológico y propiedad intelectual, Costa Rica participa principalmente mediante la producción especializada, la manufactura avanzada y el aprovechamiento sostenible de recursos biológicos. Esta estructura evidencia una división funcional dentro de la economía y la bioeconomía internacional, donde distintos países aportan capacidades complementarias dentro de un mismo sistema productivo global.

4.2 Comparar el desarrollo de las estrategias bioeconómicas de ambos países en relación con dichos ejes, en el período de la investigación.

El análisis comparativo de las estrategias bioeconómicas de Costa Rica y Estados Unidos, permite comprender como distintos contextos económicos, productivos y tecnológicos influyen en la forma en que cada país desarrolla su modelo bioeconómico. A partir de los ejes establecidos en la investigación, se examina la evolución de las políticas, iniciativas y resultados alcanzados durante el periodo analizado, con el objetivo de identificar similitudes, diferencias y enfoques estratégicos adoptados por ambos países.

4.2.1 Nivel de implementación institucional y programática

El análisis comparativo en las estrategias bioeconómicas permite evaluar como distintos contextos institucionales influyen en la implementación de políticas sostenibles. La comparación entre Costa Rica y Estados Unidos se desarrolla a partir de los ejes de diseño de las políticas públicas, la coordinación interinstitucional influye en la continuidad de la estrategia durante el periodo de investigación. Este enfoque facilita identificar similitudes y diferencias en sus modelos de gobierno en cuanto a capacidades institucionales y prioridades nacionales, evidenciando el papel de bioeconomía como herramienta para impulsar innovación, sostenibilidad y competitividad internacional.

El nivel de implementación institucional y programática constituye un elemento central para comprender el avance de la bioeconomía, ya que refleja la capacidad estatal para transformar estrategias nacionales en acciones concretas mediante políticas públicas, coordinación institucional y continuidad estratégica. Tanto Costa Rica como Estados Unidos han desarrollado enfoques diferenciados, influenciados por estructuras económicas, capacidad tecnológica y prioridad nacional.

En Costa Rica, el diseño de políticas públicas relacionadas con la economía se formaliza principalmente mediante la Estrategia Nacional de Bioeconomía, la cual busca transformar el modelo productivo nacional a través del uso sostenible de la biodiversidad, la innovación científica y el fortalecimiento de cadenas de valor. Este enfoque integra objetivos ambientales, económicos y sociales, alineándose con compromisos internacionales sobre el cambio climático y el desarrollo sostenible. La política costarricense se caracteriza por

utilizar sectores como la agricultura sostenible, biotecnología, bioinsumos y economía circular.

Con la Estrategia Nacional de Bioeconomía 2020-2030, buscamos dirigir esfuerzos hacia esa transformación nacional productiva y progresiva hacia la sostenibilidad, que privilegia la incorporación de las tecnologías de la industria 4.0. a los procesos de producción existentes. Buscamos aprovechar los avances actuales del país en bioeconomía y generar nuevos procesos y productos, con una implementación orientada a las cadenas de valor y a los modelos de negocio, que deberán ser trastocados y renovados para brindar flexibilidad, resiliencia y adaptabilidad a las empresas e institucionalidad costarricenses. (Gobierno de Costa Rica, 2020. P.34)

En ese sentido, la transformación productiva planteada en la estrategia nacional implica no sólo la incorporación de tecnologías y movilización de los procesos económicos, sino también la necesidad de fortalecer mecanismos de articulación institucional que permite su implementación efectiva. La transición hacia modelos productivos más sostenibles y basados e innovación requiere la participación coordinada de múltiples actores. La coordinación interinstitucional no se convierte en un elemento clave para garantizar la coherencia en las políticas, se ocupa además la eficiencia en la ejecución de programas y la continuación de las acciones estratégicas orientadas al desarrollo económico del país.

De manera similar, Estados Unidos ha consolidado su economía por medio de la articulación estratégica entre innovación tecnológica y desarrollos interinstitucionales industriales a nivel federal. Las políticas bioeconómicas estadounidenses promueven la integración de la biotecnología y biomanufactura avanzada dentro de los sistemas productivos, este modelo facilita la transferencia de conocimiento hacia aplicaciones comerciales, evidenciando que la coordinación interinstitucional y la continuidad estratégica son factores determinantes para escalar la innovación y sostener los liderazgos del país en la economía global.

Estados Unidos adoptó un enfoque orientado a la competitividad tecnológica y liderazgo global. La bioeconomía se impulsó mediante estrategias federales, como lo fue

“*National bioeconomy Blueprint*”, en el 2012, la cual fue una estrategia de la administración Obama para impulsar el crecimiento económico en los Estados Unidos a través de la innovación biociencia. Las políticas públicas estadounidenses, además de la de Obama, priorizan la inversión en investigación, innovación industrial y transferencia tecnológica, fortaleciendo la conexión entre universidades, sector privado y agencia gubernamental.

La coordinación interinstitucional es uno de los pilares del avance bioeconómico. En Costa Rica, la implementación depende de la articulación entre instituciones como el ministerio de ciencia, innovación, tecnología y telecomunicaciones (MICCIT), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y centros académicos nacionales. Este modelo promueve la gobernanza colaborativa, aunque enfrenta limitantes relacionados con recursos financieros limitados y capacidades interinstitucionales diferentes.

En contraste, Estados Unidos posee un sistema altamente estructurado de coordinación federal, donde participan agencias como el Departamento de Energía, el Departamento de Agricultura y la Fundación Nacional de Ciencia. La cooperación público-privada constituye un elemento distintivo del modelo estadounidense, facilitando el escalamiento industrial de innovaciones biotecnológicas y acelerando la comercialización de bioproductos en mercados globales.

Desde una perspectiva comparativa, las diferencias entre Costa Rica y Estados Unidos en materia coordinación inter institucional responden principalmente a sus capacidades estructurales y la prioridad que cada Estado asigna a la bioeconomía entre sus estrategias . En Costa Rica, la bioeconomía se concibe como un instrumento de transformación sostenible que busca integrar el crecimiento económico con conservación ambiental, lo que impulsa una coordinación institucional orientada a la gobernanza colaborativo multisectorial.

Este modelo que maneja Costa Rica privilegió la construcción gradual de capacidades, la generación de consenso y la articulación entre políticas ambientales, agrícolas y científicas, reflejando un enfoque de desarrollo basado en la cooperación institucional. Por

el contrario, Estados Unidos tiene una coordinación institucional que se estructura bajo una lógica de competitividad estratégica y liderazgo tecnológico global.

El modelo bioeconómico estadounidense es tratado como un sector prioritario vinculado a la innovación industrial, seguridad económica y resiliencia productiva, lo que favorece los mecanismos de coordinación más especializados, con alta capacidad de financiamiento y fuerte participación del sector privado. Este enfoque permite acelerar la transferencia tecnológica y el escalamiento industrial de innovaciones biotecnológicas, consolidando ecosistemas e innovación donde el Estado actúa como facilitador, inversionista y regulador simultáneamente.

Estas diferencias serían en que la coordinación interinstitucional no sólo cumple una función administrativa, sino que refleja el modelo de desarrollo adoptado por cada país. Mientras Costa Rica fortalece su institucionalidad para posicionarse como referente en sostenibilidad, Estados Unidos cuenta con una estrategia orientada a maximizar la innovación y la competitividad internacional. En consecuencia, se puede decir que ambos modelos demuestran que el éxito en la economía depende de la existencia de una estructura institucional ideal coherente con las políticas públicas y objetivos estratégicos nacionales a largo plazo.

La continuidad estratégica permite evaluar la sostenibilidad en políticas y económicas a largo plazo, Costa Rica ha demostrado estabilidad de su orientación hacia el desarrollo sostenible. Sin embargo, la continuidad depende en gran medida del financiamiento internacional, la cooperación externa y el fortalecimiento institucional permanente. Este enfoque responde a la necesidad de construir capacidades institucionales para verlas generar coherencia entre actores públicos y privados, condición señalada como fundamental para países en desarrollo que pretenden consolidar modelos económicos sostenibles (CEPAL, 2022).

En Estados Unidos, la continuidad estratégica se mantiene mediante políticas federales que trascienden las administraciones gubernamentales, sustentadas en inversión constante, en inversión científica y en seguridad económica. La bioeconomía se posiciona

como un sector estratégico nacional vinculando innovación tecnológica, resiliencia industrial y liderazgo internacional, garantizando su estabilidad económica.

La articulación entre agencias federales, centros de investigación y empresas privadas permite acelerar la transferencia de tecnología y la comercialización de bioproductos consolidando ecosistemas de innovación al tema integrados. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2018), los países con sistemas sólidos de cooperación institucional logran mayor continuidad estratégica y escalamiento industrial dentro de la bioeconomía, destacando la importancia de estructuras gubernamentales estatales y financiamiento sostenido.

Estas diferencias demuestran que la coordinación interinstitucional trasciende las dimensiones administrativas y se convierte en un reflejo del modelo desarrollo adoptado por cada Estado. Mientras Costa Rica prioriza la sostenibilidad de la articulación multisectorial, Estados Unidos consolida una gobernanza orientada a maximizar la innovación y el liderazgo tecnológico, no obstante en ambos casos la cooperación entre instituciones se posiciona como un elemento dispensable para garantizar la continuidad estratégica y efectiva.

4.2.2 Capacidades productivas y tecnológicas

El desarrollo de la bioeconomía depende directamente del fortalecimiento de las capacidades productivas y tecnológicas, las cuales permiten transformar el conocimiento científico en innovación aplicada, nuevos productos y competitividad internacional. En este contexto, en la comparación entre Costa Rica y Estados Unidos se evidencian diferencias estructurales relacionadas con el nivel de inversión en ciencia y tecnología, el grado de madurez industrial, y la capacidad de transferencia de conocimientos hacia el sector productivo.

En Costa Rica, nuestra estructura científica se ha desarrollado principalmente a través del fortalecimiento de universidades públicas, centros de investigación y programas estatales en el estado de la innovación sostenible. Las instituciones académicas y centros especializados han permitidos un desarrollo tecnológico agrícola, bioinsumos y el aprovechamiento sostenible a la biodiversidad alineados con la pretensión de la estrategia

nacional. No obstante, tal como lo refleja la CEPAL (2022), el país se enfrenta a limitaciones asociadas al financiamiento investigación y desarrollo, lo cual condiciona la búsqueda de la escalabilidad industrial de los desarrollos científicos.

El desarrollo de la bioeconomía puede verse limitado por una amplia variedad de factores; por ejemplo, barreras regulatorias, limitaciones de financiamiento, barreras de acceso a mercado, falta de recursos humanos y servicios de apoyo, ausencia de una cultura de protección del conocimiento mediante mecanismo de propiedad intelectual, pobre cultura de colaboración para potenciar recursos escasos (entre instituciones del sector público, en la comunidad académica y de ciencia y tecnología, en el sector empresarial, y entre ellos), y el desconocimiento por parte de la población sobre los beneficios de los productos de base biológica. (Gobierno de Costa Rica, 2020. P.60)

En este contexto, los desafíos señalados sugieren que el desarrollo de la economía no depende únicamente de la disponibilidad de recursos naturales o científicos, depende del fortalecimiento integrable del entorno institucional. En Costa Rica superar estas limitaciones implica impulsar reformas regulatorias más ágiles, ampliar mecanismos de financiamiento para innovación y promover una cultura de colaboración entre el sector público, académico y empresarial.

Asimismo, resulta fundamental fortalecer la formación de capital humano especializado y fomentar la protección del conocimiento mediante instrumentos de propiedad intelectual, con el fin de facilitar la transferencia tecnológica de la generación de valor agregado. De esta manera, la reducción de estas barreras se convierte en una condición necesaria para consolidar un ecosistema bioeconómico competitivo y sostenible a largo plazo.

En contraste con los Estados Unidos, este posee uno de los ecosistemas científicos más avanzados del mundo, sustentando en fuertes inversiones federales, infraestructura tecnológica de alto nivel y un estrecho nivel de vinculación entre universidades, industria y agencias gubernamentales. Este entorno facilita el liderazgo global en biotecnología y

biomanufactura, permitiendo la rápida transición desde la investigación básica de aplicaciones comerciales e industriales.

La infraestructura nacional de biomanufactura tiene como objetivo expandir la capacidad nacional para fabricar todos los productos de biotecnología que importamos desde Estados Unidos y respaldar una cadena de suministro resistente. Además, aborda la necesidad de desarrollar combustibles de transporte y estacionarios más neutros en carbono mediante la expansión de la disponibilidad de materias primas renovables y la producción de combustibles de aviación más sostenibles y otros combustibles estratégicos. (The White House, 2024)

A partir de ese enfoque, Estados Unidos fortalece su capacidad productiva económica mediante la integración de investigación científica avanzada y políticas públicas orientadas a la innovación tecnológica. La expansión de la biomanufactura nacional permite reducir la dependencia de cadenas de suministro externas y consolidadas, la producción doméstica, bioproductos estratégicos, incluyendo los biocombustibles y los productos farmacéuticos.

Este modelo evidencia como la inversión sostenida en infraestructura tecnológica en manufactura avanzada se convierte en un elemento central para transformar descubrimientos científicos en producción a gran escala, fortaleciendo simultáneamente la competitividad económica la seguridad industrial del país, las cuales son prioridades que se tienen con la implementación de la bioeconomía en los Estados Unidos.

Asimismo, el impulso a combustible sostenibles y materias primas renovables refleja la transición hacia un sistema productivo en la bioeconomía industrial, donde la innovación energética y la sostenibilidad ambiental se integran como objetivos complementarios. La capacidad de escalar tecnologías emergentes mediante alianzas entre agencias federales y sector público, hace que los Estados Unidos se posiciona como un líder en la manufactura global, capaz de comercializar y distribuir innovación biotecnológica a mercados internacionales.

El Objetivo 9 pretende construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción por el clima dependen en gran medida de las inversiones en infraestructuras, el desarrollo industrial sostenible y el progreso tecnológico. (Agenda, 2030)

El fortalecimiento de las capacidades productivas y tecnológicas dentro de la bioeconomía se relaciona directamente con los principios del Objetivo de Desarrollo Sostenible 9, el cual promueve la construcción de infraestructura recipientes, la industrialización sostenible y el impulso de innovación como motores de desarrollo económico. En Costa Rica este objetivo se materializa mediante el desarrollo gradual de infraestructura científica y el apoyo en los emprendimientos bioeconómicos.

Por su parte, Estados Unidos refleja una implementación del ODS 9 basada en altos niveles de inversión de investigación, biomanufactura avanzada e infraestructura tecnológica capaz de escalar innovaciones hacia mercados globales. La consolidación de cadenas de suministro amable con el cambio climático y la integración conjunta en audiencia en un modelo de la innovación industrial actúa como el eje central de la competitividad internacional. En ese sentido, la comparación entre ambos países, aunque las trayectorias de desarrollo difieren, la bioeconomía funciona como un mecanismo clave para cumplir sus objetivos de desarrollo sostenible.

El desarrollo empresarial bioeconómico en Costa Rica se caracteriza por la presencia de pequeñas y medianas empresas (PYMES) enfocadas en la agricultura sostenible, bioproductos, economía circular y soluciones basadas en la biodiversidad. La estrategia fortalece el emprendimiento verde como mecanismo para diversificar la economía y generar empleo sostenible. Ante esto y como lo articula el MICITT (2020), persisten desafíos relacionados con el acceso a financiamiento, escalamiento productivo y conexión con mercados internacionales.

Por su parte Estados Unidos cuenta con un sector empresarial altamente dinámico, donde grandes corporaciones biotecnológicas y capital de riesgo impulsan el crecimiento del

sector bioeconómico. El ecosistema estadounidense se beneficia de políticas públicas orientadas a la innovación, incentivos fiscales y programas federales que fomentan la comercialización, tecnológica consolidando un modelo bioeconómico altamente competitivo.

En contraste las capacidades proactivas y económicas de Costa Rica y Estados Unidos, evidencian dos modelos distintos de inversión en la bioeconomía global. Mientras Costa Rica desarrolla su capacidad productiva a partir del aprovechamiento sostenible en la biodiversidad y las especializaciones, nichos de valor agregado, Estados Unidos cuenta con una estructura bajo un enfoque industrial y tecnológico orientada a mantener su liderazgo global y a la seguridad económica.

El rol del sector empresarial representa divergencias importantes. En Costa Rica, el crecimiento del sector bioeconómico depende en gran medida del acompañamiento estatal, cooperación internacional y alianza académica, que permite reducir brechas tecnológicas y financieras. Por el contrario, en Estados Unidos el sector privado actúa como principal motor de expansión bioeconómico, impulsado por capital de riesgo, mercados tecnológicos consolidados y políticas públicas que favorecen la comercialización rápida y la innovación.

Dinámica: permite que las empresas estadounidenses, escalen tecnologías emergentes con mayor velocidad, en comparación a Costa Rica, lo que hace que se estimule la investigación científica impulsada por las competitivas globales. Desde una perspectiva estructural, ambos países muestran complementariedades dentro del sistema bioeconómico internacional. Costa Rica aporta comparativas asociadas a los recursos biológicos y desarrollo verde, mientras que Estados Unidos aporta capacidad tecnológica y plataformas industriales capaces de ampliar la producción y distribución de bioproductos.

El análisis de las capacidades productivas bioeconómicas muestra que las diferencias entre Costa Rica y Estados Unidos, también se reflejan en la velocidad con la que la innovación científica logra traducirse en resultados económicos concretos. En Costa Rica, el desarrollo biotecnológico avanza mediante procesos progresivos de adaptación tecnológica y fortalecimiento institucional, donde la innovación se orienta principalmente en mejorar la

eficiencia productiva y de calificar actividades rurales a partir de recursos biológicos existentes.

En contraste, Estados Unidos dispone de una estructura productiva capaz de absorber rápidamente nuevos desarrollos biotecnológicos que se integran a los sistemas industriales de gran escala, permitiéndose acelerar ciclos de innovación, aumentar la productividad y expandir mercados internacionales. Así, la diferencia central no radica únicamente en el nivel tecnológico, sino en la capacidad sistemática de transformar conocimientos científicos en producción industrial sostenida dentro de la bioeconomía.

A nivel de sectores de exportación, se registró un crecimiento de +14% (\$1.091 millones) en equipo de precisión y médico (dispositivos médicos), consolidándose como el principal sector exportador de Costa Rica con una participación de 44%. El sector agrícola, segundo en importancia con una participación de 18%, incrementó sus envíos en +7% (\$227 millones), mientras que la industria alimentaria creció un +8% (\$182 millones). (COMEX, 2025)

En términos de desarrollo comercial, Costa Rica y Estados Unidos evidencian dos formas distintas de inserción en el mercado global basados en el conocimiento biotecnológico. Para el 2025, en Costa Rica las exportaciones de bienes superaron los 22.800 55 millones de dólares, un crecimiento sostenido e impulsado principalmente en dispositivos médicos, productos agrícolas industria alimentaria. En Ministerio de Comercio Exterior de Costa Rica (COMEX) destaca especialmente el sector de dispositivos médicos, que representa el 44% de las exportaciones nacionales.

El sector exportador es uno de los mayores motores de nuestra economía y generadores de bienestar para nuestra población. El excepcional desempeño que tuvo este sector, a pesar de los retos que enfrentamos en el 2024, nos llevó a posicionarnos como un líder en el crecimiento de las exportaciones en la región, por encima de países como Brasil, Chile, Colombia y México; además, nos ubicó en el TOP 3 países OCDE con el mayor crecimiento en exportaciones, al I semestre del año. (COMEX, 2025)

El dinamismo del sector exportador costarricense y su papel estratégico como pilar del crecimiento económico más la generación de empleo consolidándose como un elemento clave para la estabilidad competitiva del país en el escenario internacional. A pesar de los desafíos económicos globales enfrentados durante el 2024, Costa Rica logró fortalecer su desempeño mediante la diversificación de mercados, aumentó el valor agregado y productos integrados en las exportaciones globales. Este crecimiento sostenido permitió que el país se posicionara en la comunidad regional en expansión exportadora.

A diferencia, la inserción comercial bioeconómica de Estados Unidos responde a una lógica de liderazgo industrial global. El sector biocientífico estadounidense generó más de 3.2 billones de dólares en producción económica en 2023, consolidándose como uno de los pilares del comercio tecnológico internacional. Sólo la industria biofarmacéutica exportó más de 25,000 millones de dólares, respaldado por un elevado nivel de inversión en investigación y desarrollo que alcanza aproximadamente 96,000 millones de dólares en el 2023.

El sector de las biociencias en Estados Unidos es vital para abordar los desafíos más urgentes del mundo, desde las pandemias y la seguridad nacional hasta la salud preventiva y la sostenibilidad ambiental. Los líderes e investigadores de la industria superan enormes obstáculos a diario para impulsar soluciones innovadoras y ayudar a las personas a llevar una vida más saludable, y este informe demuestra cómo el sector continúa enriqueciendo a las comunidades, creando empleos y haciendo crecer las economías de nuestro gran país. (Crowley, 2024)

En el sector de la biociencia Estados Unidos se ha consolidado donde los pilares estratégicos de su economía basada en la innovación desempeñan un papel fundamental en la respuesta al desafío global, de acuerdo con el informe presentado por John F. Crowley, presidente y director ejecutivo de BIO, esta industria no sólo impulsa avances científicos, sino que también fortalece la resistencia económica nacional mediante la generación constante soluciones tecnológicas aplicadas a la salud, agricultura industria y la protección ambiental.

En términos económicos, el impacto del sector es absolutamente significativo. Datos recientes indican que la industria de biociencia generó más de tres puntos millones de dólares en la actividad económica en el 2023, representando aproximadamente el 6.8 % al PIB del sector privado estadounidense, lo que evidencia su peso dentro del sistema productivo nacional. De igual forma, el sector emplea directamente a casi 2.3 millones de personas en cerca de 150,000 establecimientos distribuidos en todos los estados del país, además de sostener indirectamente alrededor de 8 millones de empleados adicionales.

Además, el crecimiento del empleo en biociencia fue superior al promedio del sector privado estadounidense, registrando un aumento cercano al 15% del 2019, incluso en contextos de incertidumbre económica global. Este dinamismo refleja cómo la biotecnología y las ciencias de la vida se han convertido en sectores estratégicos para la competencia internacional, impulsando la innovación médica y el desarrollo farmacéutico. En ese sentido, el sector no sólo contribuye al bienestar social mediante mejoras en la salud pública, sino que también fortalece las economías locales al atraer inversión y promover empleo altamente calificado.

Desde una perspectiva comparativa, ambos países participan activamente en el comercio bioeconómico internacional, pero bajo estrategias diferenciadas. Costa Rica integra cadenas globales de valor con una plataforma exportadora especializada, aprovechando una inversión extranjera directa y ventajas en sostenibilidad y talento técnico, mientras Estados Unidos actúa como centro general de innovación y demanda global, definiendo estándares tecnológicos y concentrando el mayor valor agregado dentro de cadenas productivas.

Conjuntamente el desempeño exportador costarricense y el peso estructural del sector biocientífico estadounidense, se evidencia que la bioeconomía no sólo se desarrolló bajo un único modelo de éxito, sino mediante trayectorias diferentes de inserción internacional. Costa Rica muestra cómo las economías pequeñas pueden ganar competitividad mediante especializaciones estratégicas y aprovechamiento de nichos productivos exactamente integrados a cadenas globales. En este sentido, el crecimiento exportador no sólo refleja dominio tecnológico, sino que también demuestra capacidad de adaptación eficiente dentro de un sistema económico internacional.

En contraste, Estados Unidos representa un desarrollo sostenido donde la bioeconomía funciona como un motor estructural de poder económico y tecnológico. Su fortaleza no radica únicamente en exportar, sino que define estándares científicos y comerciales que se organizan en el mercado global. Esto implica que gran parte del valor económico se concentre en las etapas de investigación, diseño e innovación mientras otros países participan principalmente en fases productivas o sombrije avanzado.

Desde la comparación, ambos países ilustran posiciones distintas dentro de una misma arquitectura económica internacional: Costa Rica opera como un modo eficiente producción especializada que capitaliza oportunidades de integración global, mientras que Estados Unidos actúa como centro generador de innovación que estructura cadenas. Más que una diferencia de desempeño, lo que emerge es una división funcional del desarrollo bioeconómico, en donde la competencia puede construirse tanto desde la especialización como en el liderazgo.

El análisis comparativo entre Costa Rica y Estados Unidos permite comprender que la bioeconomía se desarrolla bajo dinámicas influenciadas por las capacidades estructurales de cada país. Factores como el nivel de inversión en investigación y desarrollo, la disponibilidad de infraestructura científica, el acceso a capital de riesgo y el grado de madurez industrial determinan la forma en que la economía participa en las cadenas globales de valor vinculadas a los recursos biológicos. En este sentido, mientras Estados Unidos se posiciona como un centro generador de innovación y tecnología, Costa Rica ha construido un modelo de inserción internacional basado en la especialización e integración.

Esta diferencia también se refleja en la forma en que ambos países transforman el conocimiento científico en resultados económicos. En Estados Unidos, la fuerte articulación entre universidades, centros de investigación, agencias federares y empresas privadas facilita la transferencia tecnológica y el escalamiento industrial de las innovaciones biotecnológicas. Este ecosistema permite que los descubrimientos científicos se traduzcan rápidamente en productos comercializables, fortaleciendo la competitividad del país en sectores como la biofarmacéutica, la bioenergía y la biomanufactura avanzada.

En contraste, el modelo costarricense se ha desarrollado de manera más gradual, apoyándose en la articulación entre los sectores públicos y de inversión extranjera directa. Si bien el país ha logrado avances significativos en sectores como dispositivos médicos, biotecnológicos y biológicos derivados de la biodiversidad, la limitada inversión en investigación, desarrollo y la menor disponibilidad de infraestructura científica restringen la capacidad de escalar innovaciones hacia mercados globales de manera autónoma. La inserción internacional del país se ha consolidado principalmente mediante su integración en cadenas de valor lideradas por empresas multinacionales.

No obstante, estas diferencias no necesariamente representan una desventaja absoluta para el escenario costarricense, esto también refleja una estrategia distinta de inserción en la economía bioeconómica global. Mientras algunas economías se especializan en la generación de conocimiento y propiedad intelectual, otras participan mediante la producción especializada o el desarrollo de aplicaciones específicas. La combinación de capital humano calificado, estabilidad institucional y reputación en sostenibilidad ha permitido construir una plataforma productiva competitiva dentro de sectores intensivos o en ámbitos específicos como el de las ciencias de vida.

4.2.3 Inserción en mercados internacionales de biotecnología y bioproductos

Las inserciones en los mercados internacionales constituyen un elemento clave para comprender el grado de consolidación de las estrategias bioeconómicas nacionales, ya que permite evaluar cómo los países transforman sus capacidades científicas y tecnológicas inventadas competitivas dentro del comercio global. En este caso, tanto Costa Rica como de Estados Unidos participan activamente en los mercados internacionales de biotecnología y bioproductos. El análisis comparativo de las exportaciones bioeconómicas o el posicionamiento competitivo permite identificar los particulares estructurales de ambos modelos.

Estados Unidos se posiciona como un nivel mundial en las exportaciones relacionadas con la biotecnología, impulsado por una fuerte inversión en investigación y desarrollo (I+D), la presencia de grandes empresas farmacéuticas y biotecnológicas, así como un ecosistema robusto de innovación. Según la Organización Biotecnológica de la Innovación (BIO), el

sector biotecnológico estadounidense genera más de 2 billones de dólares en impacto económico anual, destacándose especialmente en biofarmacéutica, bioenergía y biotecnología industrial. Las exportaciones incluyen vacunas, medicamentos biológicos, semillas genéticamente mejoradas, enzimas industriales y biomateriales avanzados.

El país norteamericano concentra una de las mayores participaciones mundiales en exportaciones a nivel mundial, las exportaciones van principalmente a Europa, Asia y América Latina. Empresas como Pfizer o Amgen representan ejes centrales del comercio internacional, como lo es el biofarmacéutico, transformando investigación científica en productos globalmente comercializables. Sus compañías operan bajo un modelo basado en propiedad intelectual lo cual permite capturar mayores diferentes tecnológicas dentro del comercio mundial.

Comparativamente, Estados Unidos exporta innovación y tecnología propietaria, mientras, Costa Rica participa principalmente mediante exportaciones de manufactura médica especializada de los servicios asociados a la cadena productiva internacional. Una característica distintiva de la inserción estadounidense, que no tiene el país centroamericano, es su dominio en segmentos de valor mayor dentro de las cadenas globales.

Esta diferencia refleja una división funcional dentro de las cadenas de valor bioeconómicas, en las cuales el mayor valor económico suele concentrarse en las etapas relacionadas con investigación, desarrollo tecnológico y propiedad intelectual. Los países que dominan estas fases iniciales de innovación capturan una mayor proporción de los beneficios económicos derivado de la bioeconomía. En comparación con las economías que participan principalmente en fases productivas, la especialización tecnológica y la integración en redes industriales globales.

Instituciones como la Institución Nacional de Salud y la Fundación Nacional de Ciencia estadounidenses, financian la investigación científica que posteriormente, transfieren al sector empresarial mediante patentes biotecnológicas. Este modelo permite que Estados Unidos mida las fases iniciales de innovación, en donde se concentra la mayor generación de valor económico y así poder desarrollarla.

En Costa Rica se insertan las fases intermedias de las cadenas globales de valor, principalmente en las estructuras avanzadas y servicios científicos vinculados a empresas multinacionales que evidencian una inserción dependiente pero estratégicamente integral del sistema global. En contraste tenemos también al Departamento de Agricultura los Estados Unidos que promueve, innovación agrícola mediante el aumento de la productividad y sostenibilidad competitiva exportadora.

Corteva, Inc es una empresa estadounidense dedicada a la biotecnología agrícola y las semillas con sede en Indianápolis, Indiana, fundada en 2019, se centran en proporcionar a los agricultores semillas innovadoras, protección de cultivos y soluciones agrícolas digitales que mejoran la productividad y la sostenibilidad ambiental. Este es un ejemplo de liderazgo que permite integrar la agricultura, industria química y biotecnología dentro de una misma estrategia bioeconómica exportadora.

Estados Unidos impulsa selectivamente la “explotación” hacia mercados internacionales de biomanufactura mediante iniciativas federales como la iniciativa nacional de biotecnología y biomanufactura, cuyo objetivo fortalece la producción industrial basada en procesos biológicos. Esta estrategia busca sustituir materiales petroquímicos por biomateriales, bioplásticos y combustibles sostenibles, posicionando el país como lidera la transición y una economía baja en carbono.

El apoyo del Departamento de Energía también refuerza el desarrollo de bioenergía y productos industriales sostenibles con impacto directo en el comercio internacional. De una manera comparativa, Costa Rica apenas se inicia en el proceso de integración hacia este tipo de bioindustrias, enfocándose principalmente innovación ambiental y economía circular, más que en producción industrial masiva.

La inserción estadounidense trasciende el comercio y se extiende al ámbito geopolítico. A través de su influencia en organismos internacionales como la Organización Mundial del Comercio (OMC) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Estados Unidos contribuye a definir más regularidades, estándares de propiedad intelectual y marcos comerciales que se estructuran en el mercado global de biotecnología.

Esto genera una ventaja estratégica, ya que el país no sólo participa en mercados internacionales, sino que contribuye a señalar las reglas, bajo las cuales dichos mercados operan, fortaleciendo la inserción en los servicios, adoptando sus estándares internos, lo cual mejora su credibilidad comercial, competitividad y facilita el acceso a nichos de alto valor agregado.

La inserción internacional de Costa Rica en los mercados de biotecnología y productos responde a una estrategia distinta a la estadounidense, basada no en la escala productiva o un liderazgo tecnológico global, sino en la especialización, sostenibilidad ambiental y articulación con cadenas globales de valor. Mientras Estados Unidos opera como potencia científica que estructura el mercado bioeconómico internacional, Costa Rica ha construido un modelo de integración internacional apoyado en capital humano, apertura comercial y confianza institucional.

Costa Rica tiene inserción internacional exitosa ante exportaciones vinculadas al sector de ciencias de vida, biotecnológica aplicada y dispositivos médicos. Según la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica, el sector de dispositivos médicos y ciencias debería representar un 35% de las exportaciones totales del país, posicionándose como el principal motor exportador tecnológico nacional. A diferencia de Estados Unidos que se basa en propiedad intelectual, Costa Rica participa principalmente en exportaciones de manufactura médica avanzada, biotecnología agrícola aplicada y bioproductos derivados de la biodiversidad.

Empresas multinacionales instaladas en zonas francas convierten en el país en un nuevo explorador dentro de redes globales de liderazgo. Así, mientras que Estados Unidos exporta innovación propia, Costa Rica exporta producción especializada integrada al sistema internacional. La inserción costarricense en mercados internacionales explica principalmente por su integración en Mercados Globales de Valor (CGV). La política de atracción de inversión extranjera directa permitió que empresas tecnológicas y biomédicas establecieran operaciones en el país aprovechando la estabilidad política y el régimen de zona franca.

Instituciones como la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo, han impulsado la llegada de compañías vinculadas a la investigación clínica, ingeniería biomédica y manufactura avanzada. Estados Unidos participa en las etapas iniciales de investigación, diseño y propiedad intelectual, pero Costa Rica participa en fases productivas, de ensamblaje avanzado, pruebas clínicas y servicios científicos. Dinámica que refleja un esquema de interdependencia productiva de Costa Rica, el cual actúa como socio estratégico confiable dentro del ecosistema bioeconómico internacional.

Una ventaja diferenciadora de Costa Rica frente a Estados Unidos radica en su posicionamiento internacional como economía verde. El Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) impulsa la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica y orientan el aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos en el desarrollado de oportunidades en biocosméticos, bioturismo científico, bioeconomía rural y bioinsumos agrícolas.

A pesar de los avances, Costa Rica presenta desafíos estructurales en comparación con Estados Unidos. La inversión nacional en investigación y desarrollo se mantiene alrededor del 0.3-0,4% del PIB, considerablemente inferior al nivel estadounidense que es superior al 3%. Esto genera ciertas limitaciones, como los son una menor generación de patentes propias, dependencia tecnológica externa, concentración en etapas productivas e intermedias.

Estados Unidos domina el desarrollo científico y captura mayor valor agregado, mientras que Costa Rica depende particularmente del conocimiento productivo en bioeconomía tecnológicamente avanzada. Sin embargo, esta relación también permite transferencia tecnológica, capacitación laboral y movilización industrial, capacidades que se han ido desarrollando durante la implementación de la estrategia bioeconómica en el país.

Las limitaciones señaladas por el Gobierno de Costa Rica en la estructuración de la Estrategia Nacional de Bioeconomía (2020), en relación con el acceso a mercados internacionales refleja desafíos estructurales que van más allá de la simple capacidad productiva. En el contexto de la bioeconomía, el comercio internacional se encuentra

profundamente condicionado por marcos regulatorios, estándares técnicos, certificaciones y capacidades institucionales que permiten garantizar la seguridad, calidad, la trazabilidad de los productos biológicos y biotecnológicos.

Estas limitaciones han sido señaladas durante la elaboración de la propuesta ya que están ausentes en los marcos normativos actualizados, la falta de capacidad técnica para cumplir con los requisitos de los mercados de destino, la inexistencia de laboratorios certificados, la insuficiente homologación de protocolos sanitarios y los altos costos asociados a las certificaciones. Lo cual evidencia la dificultad que implica insertar productos bioeconómicos en cadenas globales cada vez más reguladas y tecnológicamente más exigentes.

El costo económico asociado al cumplimiento de los estándares internacionales representa una barrera significativa para muchos actores del sector. Obtener certificaciones ambientales, homologaciones regulatorias o acreditaciones, implica inversiones considerables en infraestructura, capacitación de personal y procesos de documentación. Estos costos suelen ser particularmente difíciles de asumir para pequeñas y medianas empresas (PYMES), ya que estas empresas se enfrentan a una paradoja en donde poseen productos innovadores o sostenibles, pero no cuentan con los recursos financieros necesarios para cumplir con todos los requisitos exigidos para competir internacionalmente.

A partir de la incorporación en el modelo estadounidense es posible identificar una serie limitaciones estructurales que afectan la inserción de Costa Rica en los mercados internacionales, como los son los antes señalados por el mismo gobierno. Mientras en Estados Unidos existe un marco regulatorio altamente desarrollado y actualizado que facilita la rápida incorporación de nuevas tecnologías, Costa Rica aún se evidencian vacíos normativos en áreas emergentes correspondientes a la biotecnología.

Asimismo, el país se enfrenta a desafíos en el cumplimiento de los requisitos regulatorios exigidos por los mercados de destino. Esta situación se relaciona tanto con la limitada capacidad institucional y técnica para responder a dichas exigencias, como el poco conocimiento que algunos productores exportadores poseen sobre las normativas

internacionales. Otro aspecto es la falta de uniformidad de los criterios de clasificación de nuevos productos tecnológicos, la cual genera atrasos en procesos de regulación, comercialización y exportación.

Como se ha venido desarrollando, la infraestructura científica y tecnológica se ha venido dando a partir de beneficios como la zona franca, la atracción de empresas extranjeras y el trabajo en conjunto con universidades, sin embargo, sigue habiendo una brecha significativa para la situación nacional y es la poca infraestructura científica y tecnológica que se tiene en el territorio nacional. La falta de capacidad técnica e infraestructura adecuada para realizar análisis de laboratorio, dificulta la validación de calidad, seguridad y cumplimiento normativo.

El país norteamericano cuenta con una amplia red de laboratorios acreditados que respaldan los procesos de certificación y control sanitario, que muchos de ellos se instalan en Costa Rica. Adicionalmente se observa una insuficiente homologación entre los productos sanitarios y fitosanitarios del país de origen además de los establecidos por los mercados de destino. Esta falta armonización regulatoria, puede generar retrasos en los procesos de exportación y aumentar la complejidad administrativa para los productores nacionales.

El costo asociado a certificaciones, sellos de calidad y procesos de homologación, representa una barrera importante para muchos productores costarricenses. Esos costos pueden resultar particularmente elevados para pequeñas y medianas empresas, lo que reduce su capacidad de competir en igualdad de condiciones al frente de productores de países con mayores recursos tecnológicos e institucionales tanto dentro como fuera del país, en eso no hay equidad, a diferencia de las empresas de estadounidenses, que compiten dentro y fuera de su propio país.

La inserción de Costa Rica en los mercados internacionales de biotecnología y bioproductos refleja una estrategia basada en la especialización productiva y la integración en redes globales de innovación. Aunque el país no posee la escala tecnológica ni el volumen de inversión científica de potencias como la Estados Unidos, ha logrado posicionarse como un actor confiable dentro de sectores estratégicos de la bioeconomía. La consolidación de

esta posición dependerá en gran medida de la capacidad del país para fortalecer sus sistemas de innovación, promover el desarrollo de bioproductos con mayor contenido tecnológico y aprovecharlos de manera sostenible dentro del mercado internacional.

Aunque se habla de desventajas que son reconocidas por el gobierno de Costa Rica a la hora de implementar la estrategia bioeconómica para la inserción de mercados, no hay que olvidar que Costa Rica tiene un posicionamiento competitivo que se basa en factores institucionales más que en el poder económico, que es la estabilidad democrática, la apertura comercial, tratados de libre comercio, educación técnica y universitaria y la reputación internacional en sostenibilidad. Organismos internacionales como el Banco Mundial o la Organización para la Economía y el Desarrollo de la Cooperación, (OCDE), destacan al país como una economía pequeña altamente integrada.

Costa Rica logra hacer una inserción internacional basada en la especialización productiva y la integración estratégica en dichas cadenas. El país participa principalmente mediante manufactura avanzada, servicios científicos y el aprovechamiento sostenible en los recursos. Además del desarrollo del capital humano y reconocimiento internacional en sostenibilidad. De esta forma se configura en una relación de interdependencia en la innovación biotecnológica con el estadounidense, el cual se complementa con la capacidad de productividad y la especialización de las economías más pequeñas como la costarricense.

En este contexto de la inserción de mercados, la comparación entre ambos países permite comprender las condiciones que influyen en la participación internacional de estos países dentro del sector bioeconómico. Las diferencias en capacidad tecnológica, infraestructura científica y recursos institucionales directamente en la forma en que cada economía se posiciona en estos mercados. No obstante, la integración en redes productivas internacionales abre espacios para que las economías de menor escala fortalezcan progresivamente sus capacidades y amplíen su presencia en el comercio de biotecnología y bioproductos.

4.3 Resultados de la implementación de las estrategias bioeconómicas (2019–2024)

Durante el periodo 2019-2024, tanto Costa Rica como Estados Unidos han desarrollado diversas estrategias a fin de fortalecer sus modelos de bioeconomía, impulsando el aprovechamiento de recursos biológicos mediante innovación, ciencia y tecnología. Éstas iniciativas han ampliado el desarrollo de bioproductos, el avance de biotecnología y la promoción de prácticas productivas más sostenibles, con el objetivo incrementar el valor agregado de sus sistemas productivos y mejorar competitividad de los mercados internacionales.

4.3.1 Impactos económicos y productivos

Durante el periodo 2019-2024, tanto Costa Rica como Estados Unidos han experimentado un crecimiento significativo en sectores vinculados a la bioeconomía, aunque con escalas y capacidades productivas distintas. En el caso de Costa Rica, el sector exportador asociado a las actividades económicas ha mantenido una tendencia de expansión dentro del comercio exterior, según los datos de la promotora de Comercio exterior de Costa Rica, las exportaciones costarricenses superaron los 19,000 millones de dólares en el 2023, destacando productos agrícolas y biotecnológicos como dispositivos médicos, piña, banano y productos agroindustriales.

Más allá del volumen exportador, el desarrollo bioeconómico en Costa Rica también se refleja en la transformación de los procesos productivos asociados al uso de recursos biológicos. En sectores como la industria y la producción agrícola, la opción de biotecnologías ha permitido mejorar la productividad, optimizar el uso de los insumos y reducir impactos ambientales mediante el desarrollo de bioinsumos, controles biológicos de plagas y prácticas de agricultura sostenible. Estas innovaciones han contribuido a posicionar a Costa Rica como un país que combina producción agrícola intensiva con estándares ambientales.

Asimismo, el crecimiento sectorial vincula la investigación científica, sector productivo y políticas públicas. Instituciones como el MICITT, que han impulsado iniciativas orientadas a promover la innovación biotecnológica y el desarrollo de los bioproductos derivados de la biodiversidad. Este enfoque busca fortalecer el aprovechamiento sostenible

de los recursos biológicos del país y promover actividades económicas basadas en el conocimiento, lo cual permite ampliar las oportunidades de crecimiento sectorial dentro de la economía nacional.

Otro elemento relevante en el crecimiento bioeconómico costarricense ha sido la participación de empresas de base tecnológica y centros de investigación que trabajan en el desarrollo de soluciones biotecnológicas aplicadas a distintos sectores productivos, universidades públicas, centros de investigación y empresas privadas que han impulsado proyectos relacionados con biotecnología agrícola, microbiología, biotecnología industrial y aprovechamiento de residuos orgánicos para generación de nuevos productos. Este ecosistema enfocado en la innovación ha favorecido la transferencia de conocimientos al sector productivo.

Uno de los actores principales en el desarrollo de biotecnología agrícola es el centro de investigación de biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Este centro ha desarrollado proyectos relacionados con cultivos de tejido vegetal, mejorando genéticamente y micropropagación de especies agrícolas, especialmente en cultivos de interés económico como piña y plantas ornamentales. Esas investigaciones buscan mejorar la resistencia de los cultivos a enfermedades, aumentar la productividad agrícola y garantizar la calidad fitosanitaria del material vegetal.

Otro caso de un proyecto importante corresponde a investigaciones del Centro de Investigación Agronómica de la Universidad de Costa Rica, en donde se han desarrollado proyectos orientados al uso de microorganismos beneficiosos para la agricultura, como lo son las bacterias promotoras del crecimiento vegetal y biofertilizantes. Estas iniciativas buscan reducir el uso de fertilizantes químicos y promover prácticas agrícolas más sostenibles, alineadas con los principios de la bioeconomía de la agricultura regenerativa.

En el ámbito de la microbiología, el Centro Nacional de Innovación Biotecnológica, ha impulsado proyectos orientados al desarrollo de insumos agrícolas, biocontroladores y procesos de biotecnología industrial. Esas investigaciones se enfocan en el uso de microorganismos para el control biológico de plagas, degradación de residuos orgánicos y la

producción de compuestos. El Ministerio Agricultura y Ganadería de Costa Rica, promovió proyectos piloto relacionados con el uso de biofertilizantes y microorganismos beneficiosos para el sistema productivo agrícola.

Estos proyectos reflejan como la investigación científica y el desarrollo tecnológico en Costa Rica está contribuyendo al fortalecimiento de la bioeconomía, al promover el uso de recursos biológicos y microorganismos para generar soluciones productivas más sostenibles. Además, se evidencia la articulación entre universidades, los centros de investigación y el sector productivo, son la unión relevante para el desarrollo de la bioeconomía en sectores como la innovación agrícola, el desarrollo de bioproductos y mayor competitividad en los mercados internacionales.

La bioeconomía también se vincula con el posicionamiento internacional del país, ya que se le atribuye la fama de compromiso con la sostenibilidad e innovación ambiental. La integración de criterios ambientales en los procesos productivos, junto con la promoción de modelos de economía circular y el uso eficiente de los recursos biológicos, ha permitido fortalecer la imagen del país en mercados internacionales que valoran cada vez más la producción sostenible. Lo que genera oportunidades para la inserción de productos costarricenses en diferentes nichos de mercados donde la trazabilidad y ambiental se convierte en un factor relevante.

Estados Unidos a diferencia de Costa Rica posee una bioeconomía mucho más consolidada y diversificada, de acuerdo con estimaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la bioeconomía estadounidense genera más de 1 billón de dólares en actividades económicas en sectores como la biotecnología industrial, biocombustible y agricultura avanzada. Esas actividades han sido reforzadas por políticas federales orientadas al desarrollo de la biotecnología emergente y la innovación en industria.

El fortalecimiento de la bioeconomía estadounidense ha sido respaldado también por políticas públicas orientadas a promover la innovación biotecnológica y la biomanufactura. Recordando lo importante que son las políticas públicas y la participación activa del gobierno en programas que desarrollan este tipo de estrategias dirigidas a fortalecer la producción de

bioproductos, reducir la dependencia de insumos industriales tradicionales y consolidar el liderazgo del país en tecnologías emergentes. Estas políticas buscan ampliar la capacidad de producción basada en recursos biológicos y fortalecer las cadenas de valor.

Un ejemplo reciente de este enfoque es la iniciativa federal para fortalecer la biotecnología y la biomanufactura impulsado por la Casa Blanca en el 2022, la cual busca expandir la producción nacional de bioproductos estratégicos y promover el desarrollo de nuevas aplicaciones industriales basadas en biotecnología. Este tipo política refleja el reconocimiento de la bioeconomía como un sector clave para la competitividad, seguridad tecnológica y sostenibilidad productiva en el largo plazo

Esta iniciativa antes mencionada también plantea el fortalecimiento de biomanufactura, es decir, la producción industrial de bienes a partir de organismos biológicos o procesos biotecnológicos. Esto incluye el desarrollo de bioproductos como bioquímicos, productos farmacéuticos y nuevos materiales industriales derivados de recursos biológicos. Es el objetivo de reemplazar progresivamente algunos insumos de origen fósil o petroquímico por alternativas basadas en biomasa y procesos biotecnológicos, contribuyendo tanto la competitiva económica como la sostenibilidad ambiental.

Esta estrategia busca fortalecer las cadenas de suministro nacionales relacionadas con la biotecnología, promoviendo así la inversión en investigación y desarrollo, el financiamiento de empresas innovadoras y la creación de nuevas capacidades productivas dentro del país. En ese sentido, el impulso a la biotecnología no sólo responde a objetivos económicos sino también a consideraciones estratégicas relacionadas con la seguridad tecnológica y a la competitividad global frente a otras economías que también están invirtiendo en desarrollo bioeconómico.

El crecimiento económico estadounidense también se refleja en su impacto entre su mercado laboral propio. Según estimaciones del departamento de agricultura las actividades vinculadas a la economía sustentan más de 17 millones de empleos, incluyendo sectores de agricultura y biomanufactura basada en biomasa. Este nivel de empleo evidencia la capacidad del sector para generar oportunidades laborales en distintas áreas de la economía, desde

actividades rurales hasta las industrias altamente especializadas vinculadas a la investigación científica del desarrollo tecnológico.

Otro indicador que es relevante es el crecimiento en la inversión investigación y desarrollo en áreas relacionadas con ciencias de vida. Instituciones federales como el Instituto Nacional para la Salud de Estados Unidos, el cual destina cada año miles de millones de dólares al financiamiento en investigación biomédica y biotecnológica. En el 2023, el presupuesto superó los 47,000 millones de dólares, lo que ha permitido impulsar avances en biotecnología médica, ingeniería genética, terapias biotecnológicas y el desarrollo de nuevos medicamentos. Esta inversión pública es fundamental para consolidar el liderazgo científico del país.

De igual forma, el crecimiento biotecnológico ha favorecido la expansión de empresas innovadoras dedicadas al desarrollo de bioproductos, biomateriales y soluciones tecnológicas basadas en organismos biológicos. Estados Unidos concentra una parte significativa de las empresas biotecnológicas del mundo, especialmente en polos de innovación como California, Massachusetts y Carolina del norte. La presencia de estos ecosistemas tecnológicos facilita la colaboración entre universidades y centros de investigación, lo que contribuye a acelerar la transferencia tecnológica y el desarrollo de aplicaciones industriales.

En conjunto, estos factores reflejan como la bioeconomía estadounidense se ha consolidado como un componente estratégico dentro de su estructura productiva. La combinación de inversión en investigación, desarrollo tecnológico, políticas públicas orientadas a la innovación y una sólida base industrial ha permitido posicionar al país como uno de los principales líderes globales en biotecnología, biomanufactura y la producción de bioproductos.

4.3.2 Impactos tecnológicos y de innovación

En Costa Rica, la Estrategia Nacional de Bioeconomía plantea explícitamente la producción el desarrollo de biomoléculas y bioproductos avanzados de alto valor, así como la meta de colocar en mercados internacionales nuevos bioproductos, plataformas y

aplicaciones biotecnológicas. Esto muestra que el desarrollo de los bioproductos no se coincide solo como innovación, sino como una vía de inserción productiva y comercial. Además, la estrategia vincula ese desarrollo con biorrefinería, biomateriales, biofertilizantes y valorización de la biomasa residual, lo que refuerza el enfoque innovación.

A nivel de resultados, Costa Rica evidencia una base productiva con capacidad de sofisticación tecnológica. PROCOMER reportó en el 2024 que el país cuenta con más de 90 empresas de dispositivos médicos, las cuales generan más de 55,000 empleos y durante el primer semestre del 2024, las exportaciones del sector superaron los USD 4.100 millones. Aunque esta cifra no equivale únicamente los bioproductos, en sentido, funciona como indicador de fuente al desarrollo de productos intensivos en conocimientos dentro del ecosistema biomédico y biotecnológico costarricense.

Un ejemplo de esto es la empresa DDS Lab, la cual es una empresa líder en la industria dental que inauguró una planta de producción en la zona franca de Grecia, beneficiando con fuentes de empleo a sectores aledaños como Naranjo y San Ramón. Entre lo que ofrecen en su oferta de productos hay coronas dentales y prótesis e implantes, fortaleciendo la imagen de Costa Rica como el principal exportador de dispositivos médicos en Latinoamérica, y como lo refiere Manuel Tovar el ministro de Comercio Exterior, enorgullece ver cómo Costa Rica continúa ganando terreno en el sector de las ciencias de la vida, que tanto prestigio y oportunidades aporta a nuestro país.

Los indicadores del MICITT muestran que, entre las empresas manufactureras de innovación y desarrollo (I+D) en el 2023, 6,5% se reportó gastos intramuros en biotecnología y nanotecnología, dentro de ese grupo, 49,55% del gasto se destinó específicamente a biotecnología. El dato sigue siendo modesto en cobertura empresarial, pero confirma que ya existe una franja de empresas que desarrollan innovación tecnológica vinculada a este campo.

En Estados Unidos, el desarrollo de bioproductos aparece en una escala mucho mayor y más diversificada. El Departamento de Agricultura (USDA) señala que los avances en biotecnología y el uso ampliado de productos biobasados están transformando la manufactura estadounidense en sectores como agricultura, salud, alimentos, combustible y producción

química e industrial. A la vez USDA estima que la industria de productos biobasados aportó USD 489 millones en valor agregado a la economía y aportó en cifras de empleo 3,94 millones en el 2021.

El dinamismo se complementa con el rol del DOE, cuya Oficina de Bioenergías y Tecnología (BETO) impulsan el desarrollo de tecnologías para transformar biomasa y carbono residual en bioenergía y bioproductos, además de apoyar la competitividad global. En el 2024 y 2025, uno de los frentes más visibles fue el escalonamiento de tecnologías para el combustible sostenible, para la aviación, el cual se produce con aceites usados, biomasa o algas.

El desarrollo de nuevos productos en Costa Rica y Estados Unidos evidencia enfoques diferenciados en la forma en que cada país incorpora la bioeconomía dentro de su estructura productiva y su estrategia de inserción internacional. En el caso costarricense, el avance se orienta hacia una especialización selectiva basada en agregación de valor, aprovechando su biodiversidad y capacidades científicas emergentes. Bajo este modelo, el país busca consolidarse en nichos específicos de biotecnología, dispositivos médicos, biomateriales y soluciones biológicas aplicadas a la agricultura en donde la innovación se vincula con la diferenciación productiva y el acceso a mercados internacionales.

Por su parte, Estados Unidos desarrolla la bioeconomía desde una lógica de escala, diversificación y liderazgo tecnológico, apoyado en una infraestructura basada en la inversión de investigación y desarrollo. Este enfoque permite la creación de plataformas industriales de gran alcance capaces de generar múltiples aplicaciones biotecnológicas, desde bioenergía y bioproductos industriales hasta biomedicina avanzada. Bajo este contexto, la innovación no sólo responde a la generación de nuevos productos, sino también al fortalecimiento de cadenas globales de valor, en donde el país mantiene un rol dominante.

Desde la perspectiva de las Relaciones Internacionales, estas diferencias reflejan la forma en que los procesos utilizan la vía económica como instrumento de posicionamiento estratégico dentro de la economía global. Mientras Costa Rica busca consolidar su participación a través de especialización en nichos sostenibles, Estados Unidos cuenta con

proyección de liderazgo, esto mediante la expansión de capacidades que influyen en los estándares de innovación y productividad. La bioeconomía se configura como un modelo de desarrollo productivo, pero a la vez también de competencia y cooperación tecnológica que definen la inserción de los países en los mercados internacionales.

El desempeño patentario, es un tema importante en el desarrollo de los bioproductos y la inserción de mercados en biotecnología. Costa Rica tiene un desempeño patentario limitado, si se compara con economías líderes. Los indicadores del MICITT muestran que las patentes internas por millón de habitantes pasaron del 0,8 en el 2023 a 1,5 en 2024. La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), señala que hay solicitantes relevantes de patentes, como la Caja del Seguro del Social (CCSS), Establishment Labs S.A o la Universidad de Costa Rica (UCR), lo que sugiere una participación combinada en la generación de conocimiento protegido.

No obstante, el reto costarricense no aparece estar solo en “patentar más”, si no en convertir conocimientos en resultados productivos y comerciales. El propio perfil del Índice Global de Innovación (GIL) en el 2024, mostraba que Costa Rica ocupó el puesto 70 global, con una mejor posición de innovación en el número 61; además OMPI indicó en un artículo en el 2024 que el país produce menos resultados de innovación en relación con su nivel de inversión en innovación. Ese desfase es clave para su análisis, porque sugiere que el sistema genera capacidades, pero todavía tiene dificultades para traducirlos plenamente en patentes y comercialización.

En Estados Unidos, la relación entre patentes, licencias y comercialización está mucho más institucionalizada. OMPI señala que, dentro de las principales áreas técnicas del país, corresponden a la tecnología médica un 9,4%, farmacia un 7,2% y biotecnología con un 5,4%. Paralelamente la agencia de investigación científica del Instituto de salud de los Estados Unidos evalúa 54 nuevas invenciones, de las cuales se presentaron 98 solicitudes de patentes, se obtuvieron 83 patentes en 47 países y se ejecutaron 52 nuevos acuerdos de licencia. Lo que demuestra la institucionalización y estructura que existe para la promoción de la protección intelectual.

El análisis del comportamiento de las patentes y los mecanismos de transferencia de conocimiento permite observar diferencias importantes en la forma en que estos dos países estructuran sus sistemas de innovación. En el caso costarricense, la generación de patentes se mantiene a una escala más limitada y todavía se encuentra en proceso de consolidación dentro del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. Aunque se han registrado avances en el aumento de solicitudes de una participación de instituciones y academia, el principal desafío y como se comentaba anteriormente, es el transformar el conocimiento científico en resultados tecnológicos.

En el caso de Estados Unidos, el sistema de patente supera dentro de una estructura institucional mucho más articulada, en donde la protección de la propiedad intelectual se encuentra estrechamente vinculada con los procesos de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica. La existencia de agencias federales, laboratorios y el desarrollo en conjunto, permite que las invenciones se integren con mayor rapidez a procesos productivos. Bajo este contexto, las patentes no suelen representar un indicador de producción científica, pero si es un instrumento estratégico para fortalecer la competitividad y el liderazgo del país en sectores biotecnológicos y biomédicos.

De esta manera, mientras Costa Rica trabaja en la construcción de capacidades institucionales y científicas que permitan ampliar la generación y el aprovechamiento de patentes, Estados Unidos evidencia un sistema de innovación más maduro en el que la propiedad intelectual se integra de forma estructural con la industria y la proyección internacional del conocimiento. Estas diferencias reflejan no sólo el nivel de desarrollo tecnológico de cada país, sino también las distintas estrategias mediante las cuales la innovación y la propiedad intelectual se convierten en herramientas para la inserción en la economía del conocimiento.

El fortalecimiento del ecosistema de innovación va ligado de forma muy clara a la inserción de mercados, por lo que analizar como las estrategias fortalecen el conocimiento de la economía y el emprendimiento, resulta importante a la hora de hablar del desarrollo comparativo de ambos países. La Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica vincula la bioeconomía avanzada con el fortalecimiento de capacidades para la innovación

empresarial, y la sinergia del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y el desarrollo de laboratorios regionales de innovación y emprendimiento.

A estos esfuerzos de Costa Rica se le suma el informe del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI), el cual es un instrumento de la política pública que orienta las estrategias del país para fortalecer la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación. El informe reportó que en el año 2023 hubo dos iniciativas promovidas para implementar líneas de acción de la estrategia nacional bioeconómica, además se impartieron 3 talleres regionales y 17 talleres adicionales con la participación de 152 personas, junto con la segunda edición del programa de capacitación e información de bioeconomía e innovación biotecnológica costarricense, Bioinnova Trainin.

De hecho, un esfuerzo que ha hecho Costa Rica por implementar la bioeconomía es el programa Bioinnova Trainin. Este programa se desarrolla en el marco de la Estrategia Nacional de Bioeconomía, con el objetivo de capacitar a investigadores, emprendedores, empresas, instituciones públicas y actores del sector productivo en temas relacionados con biotecnología, en el desarrollo de bioproductos o comercialización de soluciones basadas en recursos biológicos. A través de talleres, cursos y espacios de formación especializada, con el objetivo de explorar el potencial de inserciones en mercados nacionales e internacionales.

En términos más estructurales, el MICCIT reporta que la inversión en I+D respecto al PIB fue de 0,34% en el 2023, mientras que la inversión empresarial en este mismo sector se ubicó en 0,10% del PIB. Son cifras modestas, especialmente frente al promedio de la OCDE, pero importantes para mostrar que si existe una base institucional desde la cual se intenta sostener el ecosistema innovador. El problema es que esa base todavía no alcanza la densidad suficiente para generar resultados proporcionales en innovación avanzada.

A nivel programático, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el Departamento de Energía, muestra como en ecosistemas de innovación se producen políticas concretas. Cada uno impulsa programas para la investigación de nuevas materias primas biológicas, desarrollo de infraestructura, la expansión de mercados de productos biobasados, al igual que bioenergía. En conjunto, estas iniciativas reflejan un sistema coordinado que

conecta la investigación, el financiamiento y el desarrollo tecnológico como parte de su aplicación en los mercados.

Costa Rica muestra un enfoque orientado principalmente al fortalecimiento institucional del desarrollo de capacidades de ecosistemas de innovación. El MICITT junto con la Estrategia Nacional de Bioeconomía, busca promover la articulación entre la academia, investigación y sector productivo, mediante programas de capacitación y espacios de innovación. Estas acciones reflejan un proceso de consolidación del sistema científico y tecnológico, enfocado en crear las condiciones necesarias para instalar el desarrollo de bioproductos y soluciones basadas en recursos biológicos.

Estas diferencias que se observan en el desarrollo de la bioeconomía y la innovación tecnológica exponen estructuras institucionales y capacidades productivas distintas en cada país. Mientras que Costa Rica continúa fortaleciendo sus capacidades y su articulación, Estados Unidos opera dentro de un sistema más consolidado que se integra de forma directa con el desarrollo industrial y la competitividad de mercados. En ese sentido, la innovación dentro de la bioeconomía no sólo refleja el nivel de desarrollo tecnológico, sino también la manera en que estos sistemas nacionales se posicionan dentro de las dinámicas globales de producción y conocimiento.

4.3.3 Impactos ambientales y de sostenibilidad

En Costa Rica, el uso suficiente de los recursos biológicos constituye uno de los pilares de su estrategia bioeconómica, la cual promueve el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad mediante la incorporación de ciencia, tecnología e innovación en los procesos productivos. El objetivo es generar mayor valor agregado a partir de biomasa agrícola, forestal y marina, reduciendo desperdicios y fomentando la economía circular. Se busca transformar residuos agrícolas, sus productos industriales y recursos biológicos en bioproductos, bioinsumos o biomateriales, lo que permite optimizar el uso de los recursos naturales y la disminución de presión en los ecosistemas.

Desde una perspectiva internacionalista, esta estrategia también contribuye al posicionamiento del país dentro de los mercados internacionales que demandan productos

sostenibles y tecnologías ambientales responsables. Al mismo tiempo, fortalece la imagen internacional de Costa Rica como un referente en sostenibilidad y desarrollo verde. En este sentido, la economía representa una estrategia productiva y a la vez también un instrumento con proyección internacional que permite al país integrarse a nuevas dinámicas económicas basadas en la innovación y la sostenibilidad.

A nivel global, el desarrollo de la bioeconomía genera impactos ambientales positivos al promover el uso de los recursos biológicos renovables y la sustitución de insumos derivados de combustibles fósiles. Este modelo productivo contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, al aprovechamiento de residuos biológicos y el impulso de tecnologías más sostenibles en sectores como la agricultura y la industria. En este sentido, la bioeconomía se ha convertido en una herramienta relevante para avanzar de economías basadas en carbono y cumplir compromisos internacionales.

En el caso de Costa Rica, el impacto ambiental se relaciona principalmente con el aprovechamiento sostenible de su biodiversidad y la implementación de políticas orientadas a la conservación de los ecosistemas. La bioeconomía permite al país integrar una noción biotecnológica con la protección ambiental, promoviendo los suficientes recursos biológicos y la valorización de residuos agrícolas y forestales. De esta manera, el país no sólo impulsa un modelo productivo sostenible, sino que también fortalece su posicionamiento internacional como referente en sostenibilidad y gestión responsable de los recursos naturales.

En Estados Unidos, el aprovechamiento de los recursos biológicos se desarrolla principalmente a través de la bioeconomía industrial, donde al uso de biomasa se integran sectores como bioenergía, bioproductos químicos y materiales biobasados. Programas impulsados por el Departamento Agricultura o el Departamento de Energía de los Estados Unidos fomentan el desarrollo de biorrefinerías y tecnologías que permiten transformar residuos agrícolas y orgánicos en combustibles, energía y nuevos productos industriales. Esta fase busca mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales y reducir la dependencia de insumos de origen fósil.

La economía estadounidense también tiene implicaciones en la gobernanza ambiental global y en la configuración de nuevos mercados sostenibles. El desarrollo de tecnologías

avanzadas en biotecnología, bioenergía y bioproductos permite que el país pueda influir en estándares internacionales, cadenas de valor y procesos de innovación vinculados en la transición energética. De esta manera, la bioeconomía no sólo representó una estrategia ambiental interna, sino también un instrumento de competitividad tecnológica y proyección internacional dentro de las dinámicas globales de sostenibilidad.

Entre las maneras que estos dos países disminuyen su impacto ambiental, es que en Costa Rica se desarrolla el uso debido a insumos agrícolas y tecnologías biotecnológicas que optimizan procesos productivos y buscan la disminución de la generación de residuos. Asimismo, en el país se promovió modelos de producción sostenibles en sectores como la agricultura y la biotecnología, lo que disminuye la huella ambiental asociada a las esferas productivas.

Estados Unidos utiliza la bioeconomía como una herramienta para reconfigurar parte de su estructura productiva y de modelos más eficientes en el uso de recursos naturales. A través del impulso de la investigación en biotecnología, el país promovió la utilización de biomasa agrícola, residuos orgánicos y recursos forestales como insumos para regeneración de energía y los productos. Este enfoque busca disminuir la presión ambiental social, la explotación de recursos fósiles y mejora la sostenibilidad de sectores estratégicos como la industria química.

Al mismo tiempo, el desarrollo de estas tecnologías ha tenido implicaciones dentro del escenario internacional, ya que Estados Unidos participa activamente de la creación de innovaciones que influyen en los mercados globales de bioproductos y tecnologías limpias. Desde una perspectiva internacionalista, la bioeconomía estadounidense no sólo responde objetivos ambientales internos, sino que también forma e impacta la transición hacia modelos productivos más sostenibles a escala global.

La contribución a metas climáticas se ve por medio de las metas establecidas en las estrategias de cada uno. Costa Rica se alinea con el Acuerdo de París y con los objetivos nacionales de descarbonización, promoviendo prácticas productivas sostenibles, el uso de energía renovable en la conservación de la biodiversidad. La integración de la bioeconomía en sectores como la agricultura o la industria busca reducir misiones y fortalecer un modelo bajo en carbono.

Los impactos ambientales y sostenibilidad asociados al desarrollo de la bioeconomía reflejan como las políticas productivas y tecnológicas de los países se vinculan cada vez más con compromisos globales en materia ambiental. En este sentido, ambos incorporan la bioeconomía como una herramienta para avanzar hacia modelos productos más sostenibles, aunque con enfoques distintos, ya que Costa Rica prioriza el aprovechamiento responsable de la biodiversidad, mientras que Estados Unidos impulsa el desarrollo de tecnologías y procesos industriales dentro de mercados globales.

Ambas estrategias no solo contribuyen con objetivos ambientales o productivos, sino que también se insertan dentro de dinámicas internacionales vinculadas con la gobernanza climática, la cooperación científica y la competitividad tecnológica. De esta manera, las estrategias adoptadas por ambos países evidencian como la innovación sostenible puede convertirse en un instrumento de proyección internacional, al mismo tiempo que contribuye al cumplimiento de compromisos internacionales en materia de sostenibilidad y de cambio climático.

4.4 Oportunidades estratégicas de cooperación internacional en bioeconomía

En desarrollo de la bioeconomía en el contexto internacional abre un conjunto de oportunidades estratégicas para fortalecer la cooperación entre países que poseen capacidades complementarias en materias de recursos biológicos, innovación y desarrollo tecnológico. En ese escenario, la relación entre Costa Rica y Estados Unidos adquiere particular relevancia debido a la interacción entre la biodiversidad, el conocimiento científico y las capacidades productivas del país centroamericano, con la infraestructura tecnológica, el capital de inversión y el posicionamiento en mercados internacionales que caracteriza la economía estadounidense.

A partir del análisis de las entrevistas realizadas y de la literatura sobre la cooperación internacional en bioeconomía, es posible identificar distintos espacios de articulación que podrían favorecer tanto el desarrollo sostenible como una mayor inserción de Costa Rica en las cadenas globales de valor bioeconómicas. En este sentido, el presente apartado examina las principales complementariedades entre ambos países, los mecanismos de cooperación existentes y las posibles iniciativas multilaterales que podrían fortalecer el posicionamiento internacional de la bioeconomía sostenible.

4.4.1 Complementariedades entre Costa Rica y Estados Unidos

En el ámbito científico, la relación entre Estados Unidos y Costa Rica presenta una complementariedad significativa basada en la interacción entre recursos biológicos, capacidades académicas y desarrollo tecnológico. Costa Rica cuenta con una importante riqueza biológica y con redes académicas e institucionales de investigación que han desarrollado experiencia en áreas como biotecnología agrícola, manejo sostenible de los recursos naturales y estudios sobre biodiversidad. Estas capacidades permiten generar conocimiento aplicado a partir de la diversidad biológica del país, así como desarrollar investigaciones en bioproductos con potencial comercial.

Por su parte, Estados Unidos posee una infraestructura científica altamente desarrollada, así como acceso a capital de riesgo, tecnología avanzada y plataforma de investigación de gran escala. En este sentido, la complementariedad científica entre ambos países se manifiesta en la posibilidad de que la investigación basada en biodiversidad y biomasa desarrollada en Costa Rica pueda vincularse con las capacidades tecnológicas y de escalamiento presentes en el sistema de innovación estadounidense, tal y como señala Blanco (2026), Costa Rica aporta el capital natural y una red académica bastante sólida, mientras que Estados Unidos aporta el capital de riesgo y tecnología de punta.

Las complementariedades también se observan en el plano productivo. Costa Rica posee ventajas relacionadas con la disponibilidad de biomasa, la experiencia agroindustrial y el posicionamiento internacional en producción sostenible. Sectores como la agricultura, la agroindustria y la producción de insumos biológicos generan una base productiva que puede ser utilizada para el desarrollo de bioproductos, biomateriales y bioenergía.

Estados Unidos, por su parte, cuenta con una mayor capacidad para transformar estas materias primas biológicas en productos de alto valor agregado mediante procesos industriales avanzados, plataformas tecnológicas y sistemas de manufactura biotecnológica. En este contexto, la relación productiva entre ambos países puede entenderse como parte de una división funcional dentro de las cadenas globales de valor bioeconómicas, donde Costa Rica contribuye con insumos biológicos, conocimiento asociado a la biodiversidad y procesos productivos especializados, mientras Estados Unidos se concentra en etapas de refinamiento tecnológico y escalamiento industrial al comercio internacional.

Esta dinámica refleja la forma en que la bioeconomía global articula distintos territorios productivos, integrando economías con diferentes niveles de desarrollo tecnológico dentro de un mismo sistema de innovación y comercio internacional. En este contexto, los países con mayores capacidades científicas, infraestructura tecnológica y acceso a capital suelen concentrar las etapas de investigación avanzada, desarrollo de patentes y comercialización global. En contraste, otras economías participan principalmente mediante de recursos biológicos vinculados a la base natural.

No obstante, esta articulación también genera oportunidades para que países como Costa Rica fortalezcan su posicionamiento dentro de estas cadenas mediante la valorización de su biodiversidad, el desarrollo de capacidades científicas locales y la incorporación de mayor agregado en los bioproductos destinados a los mercados internacionales. De esta forma, la bioeconomía no solo se configura como un modelo productivo basado en recursos biológicos, sino también como un espacio de interacción económica, que redefine las formas de inserción de los países en el comercio internacional.

A pesar de las diferencias estructurales entre ambos países, existen nichos de mercado en los que la cooperación y la articulación productiva pueden generar oportunidades compartidas. Entre esto se destacan los mercados asociados a biomateriales, bioenergía o soluciones tecnológicas orientadas a la descarbonización de procesos. En estos ámbitos, Costa Rica puede aportar su base biológica, su experiencia en producción sostenible y capacidad para desarrollar procesos vinculados al aprovechamiento de la biomasa, mientras que Estados Unidos contribuye con infraestructura tecnológica, capital de inversión y acceso a mercados globales.

El creciente interés internacional por productos con menor impacto ambiental, así como por tecnologías vinculadas a la economía circular y la transición energética, abre espacios para que Costa Rica y Estados Unidos participen conjuntamente en estos mercados. En particular, Costa Rica podría posicionarse con un proveedor de biomasa sostenible e insumos biológicos, mientras Estados Unidos implementa estos insumos en los productos con los que compete en el mercado internacional sostenible.

Bajo una mirada más de negocios y no de buena voluntad, los nichos reales no son de "cooperación científica pura", sino de servicios biotecnológicos y validación de

mercado. Desde este enfoque el país pone la base biológica y la mano de obra técnica, aunque más barata (Nearshoring) incluso Costa Rica ofrece seguridad jurídica y trazabilidad genética (a través de CONAGEBIO) y EE. UU. pone el diseño molecular y la propiedad intelectual. Es una evolución de la "maquila" tradicional hacia la "biomaquila" de alto valor. (Ramírez,2025)

La relación productiva también puede interpretarse desde una lógica económica vinculada a la especialización funcional dentro de las cadenas globales de valor bioeconómicas. Bajo esta perspectiva, Costa Rica participa principalmente aportando recursos biológicos, condiciones favorables para la investigación aplicada y capital humano técnico, mientras que Estados Unidos concentra las etapas asociadas al diseño tecnológico, la protección de la propiedad intelectual y la comercialización internacional.

Esta estructura productiva evidencia una forma de articulación donde la innovación científica y el desarrollo tecnológico se combinan con territorios que ofrecen ventajas naturales, institucionales y operativas para la validación y el desarrollo de bioproductos. De esta manera, la cooperación bioeconómica entre ambos países también refleja la transformación de la economía global, donde el valor ya no se concentra únicamente en la producción material, sino en el control del conocimiento, las patentes y las plataformas tecnológicas que permiten escalar nichos productivos hacia los mercados internacionales.

Bajo este escenario, los nichos bioeconómicos emergentes representan espacios donde se define la forma de inserción de los países en la economía y el conocimiento. La creciente demanda internacional por biomateriales o soluciones biotecnológicas abre oportunidades para que Costa Rica participe en etapas como la investigación aplicada y la validación de bioproductos. Esas actividades permiten aprovechar la biodiversidad de las condiciones productivas del país, al mismo tiempo que se articulan redes internacionales de innovación, como el trabajo en conjunto en Estados Unidos.

4.4.2 Mecanismos de cooperación bilateral existentes y potenciales

En el ámbito de la cooperación científica, la relación entre Costa Rica y Estados Unidos ha estado marcada por la existencia de múltiples acuerdos de investigación y colaboración académica entre universidades, centros de investigación y organismos internacionales. Esos mecanismos han permitido el desarrollo de proyectos conjuntos en

áreas como la biotecnología, agricultura sostenible, manejo de recursos naturales y estudios sobre la biodiversidad.

Históricamente, la relación entre Costa Rica y Estados Unidos en biotecnología ha sido robusta en lo académico, pero fragmentada en lo industrial. Por eso hay que distinguir entre la "efectividad diplomática" (firmar acuerdos) y la "efectividad comercial" (generar flujos de valor). La efectividad de un mecanismo de cooperación no se mide por la cantidad de talleres o foros realizados (a pesar de que abren camino al diálogo) sino por su capacidad de mover capital, generar patentes y abrir mercados. (Ramírez, 2026)

Las alianzas académicas han facilitado el intercambio de conocimiento, la formación de recursos humanos especializados y el desarrollo de investigaciones aplicadas en temas relevantes para la bioeconomía. Sin embargo, diversos análisis señalan que gran parte de esta cooperación se ha concentrado en una dimensión científica y académica, mientras que la articulación con la innovación industrial y los escalamientos comerciales aún presentan limitaciones.

Existen diversos mecanismos institucionales que han contribuido a fortalecer la inserción internacional de iniciativas bioeconómicas costarricenses. Entre ellos destacan las misiones comerciales organizadas por PROCOMER en Estados Unidos, las cuales han permitido que empresas nacionales vinculadas al sector biotecnológico participen en ferias, encuentros empresariales y espacios de Networking especializados. Estas actividades facilitan el contacto con inversionistas, centros tecnológicos y potenciales socios comerciales, ampliando las oportunidades del país en acceso a mercados internacionales.

Por otro lado, organismos internacionales desempeñan un papel relevante en el impulso de proyectos bioeconómicos. Como lo ha sido el IICA, el cual promovió iniciativas orientadas al desarrollo de la bioenergía y a la creación de estrategias que fortalezcan la identidad y la trazabilidad de los productos costarricenses mediante sellos de origen. De manera complementaria, el Banco Interamericano desarrollo (BID), a través de programas como el BID LAB, han impulsado proyectos relacionados con biomaterial y soluciones innovadoras, facilitando el acceso al financiamiento y atrayendo inversión extranjera para iniciativas con potencial de crecimiento comercial.

Mecanismos de financiamiento como el programa de BID LAB del Banco Interamericano de desarrollo, canalizan los recursos de proyectos vinculados con biomateriales y soluciones tecnológicas sostenibles. Esos mecanismos han permitido apoyar emprendimientos, fortalecer capacidades y promueve la investigación aplicada, al igual que han contribuido a facilitar la conexión entre empresas y actores internacionales interesados en el desarrollo de soluciones bioeconómicas.

En este ideal, estos mecanismos también han contribuido a fortalecer las condiciones institucionales y comerciales necesarias para que el sector bioeconómico costarricense pueda proyectarse a modelos internacionales más exigentes. La articulación entre instituciones públicas y actores productivos ha permitido generar capacidades técnicas y facilitar procesos de certificación vinculados a productos de origen biológico. Estas condiciones resultan fundamentales para que los desarrollos bioeconómicos del país puedan competir en mercados donde los requisitos regulatorios, sanitarios y tecnológicos representan factores determinantes para la inserción comercial.

4.4.3 Propuestas de cooperación multilateral en bioeconomía sostenible

Más allá de la cooperación bilateral, el desarrollo de la bioeconomía sostenible en la región también podría fortalecerse mediante plataformas regionales de cooperación. La articulación entre países de Centroamérica permitiría aprovechar de manera más eficiente los recursos biológicos que cada uno posee, las capacidades científicas que han desarrollado y las experiencias productivas existentes en la región.

Los organismos regionales y multilaterales pueden desempeñar un papel importante en la creación de redes de investigación, programas de innovación y mecanismos de financiamiento orientados al desarrollo bioeconómico. Estas plataformas podrían facilitar la coordinación de políticas públicas, en intercambio de conocimiento y la implementación de proyectos regionales que integran biodiversidad, innovación y sostenibilidad ambiental.

Reitero que la cooperación no puede limitarse a un contrato de suministro de materias primas, sino que debe incluir transferencia tecnológica de doble vía, propiedad intelectual compartida y desarrollo de capacidades locales, consolidando a Centroamérica como el escudo de bioseguridad y motor de materiales sostenibles de las Américas, con cooperativas rurales integradas en los primeros niveles de

transformación biológica y química lo que garantiza justicia económica y el desarrollo territorial. (Ramírez, 2026)

En esta línea, la cooperación internacional en bioeconomía debe orientarse hacia esquemas que permitan una participación más equilibrada en las cadenas globales de valor, evitando que la región se limite únicamente al suministro de recursos biológicos. La incorporación de mecanismos de transferencia tecnología, desarrollo científico conjunto y esquemas de propiedad intelectual compartida permitiría fortalecer las capacidades locales de innovación. De esta forma, la cooperación no solo impulsaría el desarrollo de nuevos bioproductos, sino que también contribuiría a consolidar una base tecnológica regional capaz de generar mayor valor agregado.

Asimismo, una estrategia regional que integre a Centroamérica en la producción de biomateriales y soluciones sostenibles podría posicionar a la región como un actor relevante dentro de las nuevas economías verdes. Este enfoque favorecería no solo la sostenibilidad ambiental, sino también la diversificación productiva, el desarrollo local y una distribución más amplia de los beneficios derivados de la bioeconomía.

Otra dimensión clave para el desarrollo de la bioeconomía sostenible es la creación de alianzas tecnológicas que permitan combinar capacidades científicas, recursos financieros y plataformas de innovación. La cooperación con Estados Unidos y otros actores internacionales podría facilitar el acceso tecnologías avanzadas, procesos de investigación de alto nivel y redes globales de conocimiento.

Estas alianzas pueden contribuir al desarrollo de nuevo bioproductos, al fortalecimiento de capacidades locales de investigación y el establecimiento de centros o hups (*centro de operaciones*) de innovación biotecnológica. Asimismo, podrían favorecer la transferencia de conocimiento y la formación de profesionales especializados en áreas clave para la bioeconomía.

Costa Rica debe plantearse un modelo de autonomía estratégica en el cual aproveche las iniciativas provenientes de empresas estadounidenses, pero sin limitarse a ser únicamente un proveedor de materias primas o una manufactura con mano de obra accesible. Por el contrario, debe trabajarse en la formación de la fuerza laboral

relacionada con biotecnologías, a la vez que debe de avanzarse mucho en que el conocimiento costarricense sea protegido por patentes y fomentar el establecimiento de un hub destacado en el país que aglutine la atracción de inversión extranjera en este segmento de mercado con el fin de buscar ampliar los horizontes comerciales y buscar la consolidación en nuevos mercados. (Blanco, 2026)

En este contexto, el fortalecimiento de la bioeconomía costarricense requiere avanzar hacia una estrategia que permite aprovechar la cooperación y la inversión internacional sin quedar limitada a funciones productivas de bajo valor agregado. Para ello, es fundamental impulsar el desarrollo de capacidades nacionales, investigación científica y la formación especializada en biotecnología y mayor capital humano capacitado. La consolidación de estas capacidades permitiría que el país participe en etapas más avanzadas de la bioeconomía y el desarrollo tecnológico.

El impulso de las políticas orientadas a la protección de la propiedad intelectual y el desarrollo de ecosistemas de innovación podría favorecer la creación de un entorno atractivo para la inversión extranjera en sectores biotecnológicos. La promoción de hubs de investigación, incubación de empresas y transferencia tecnológica contribuía a posicionar a Costa Rica como un espacio estratégico para el desarrollo de bioproductos y soluciones tecnológicas sostenibles. El país podría ampliar sus oportunidades comerciales y consolidar una presencia más competitiva en mercados sostenibles.

La cooperación internacional también puede facilitar la integración de Costa Rica en los mercados verdes globales, los cuales han experimentado un crecimiento significativo los últimos años. La creciente demanda de productos sostenibles, bioenergía y soluciones tecnológicas con bajo impacto ambiental abre nuevas oportunidades para el comercio internacional de bienes y servicios bioeconómicos.

La participación de sus mercados requiere el cumplimiento de estándares ambientales, certificaciones internacionales y capacidades tecnológicas que permitan desarrollar productos competitivos. En este contexto, la cooperación con socios internacionales y organismos multilaterales puede contribuir a fortalecer las capacidades del país para cumplir con estos requisitos y aprovechar las oportunidades comerciales asociadas a la transición hacia economías más sostenibles.

A partir del escenario del cumplimiento de estándares, se abren oportunidades para que el país fortalezca su inserción internacional mediante alianzas con otros socios estratégicos que complementen sus capacidades productivas. En particular, el establecimiento de vínculos con economías que mantienen altos estándares ambientales y tecnológicos que puedan facilitar el acceso a nuevos mercados y emplear posibilidad de cooperación científica y comercial. Ese tipo de alianzas permitiría diversificar las relaciones internacionales del sector bioeconómico costarricense.

Una opción real podría involucrar la alianza con la Unión Europea. Hay que tomar en cuenta que Costa Rica ya es un socio comercial de relevancia para los Estados Unidos, por lo que ya se cuenta con una curva de aprendizaje y experiencia en la producción de bioproductos que son exportables, por lo que un acercamiento al bloque comercial europeo acompañado de un proceso de acreditación y aceptación podría depender más que todo de la capacidad de alcanzar los estándares requeridos para incursionar en dicho continente. De tal forma se tendría acceso a un mercado considerablemente grande, y sin depender de las validaciones de la FDA únicamente. (Blanco, 2026)

Tal y como lo refiere la cita de Blanco (2026), la cooperación Sur-Sur y los vínculos con bloques como la Unión Europea podrían representar alternativas relevantes para escalar en valor agregado dentro del comercio bioeconómico. La colaboración entre actores permite acceder a nuevas plataformas de investigación, esquemas de certificación ambiental y red de innovación orientadas a la sostenibilidad. De esta manera, la diversificación de alianzas internacionales podría contribuir a fortalecer la capacidad del país para promover la distribución más equitativa de los beneficios derivados del aprovechamiento de los recursos biológicos.

El fortalecimiento de alianzas con otros países en desarrollo se enfrenta a retos similares en materia de aprovechamiento sostenible, la biodiversidad podría ser enriquecedor para generar espacios de cooperación técnica y científica. Siguiendo con la cooperación Sur-Sur, esta permitiría compartir experiencias en regulación de recursos genéticos y modelos de innovación basados en biodiversidad. Además, este tipo de cooperación puede contribuir a impulsar posiciones comunes en foros internacionales relacionados con comercio, propiedad intelectual y gobernanza bioeconómica.

El análisis de estas oportunidades de cooperación permite observar que la bioeconomía no sólo se configura como un espacio de intercambio científico o solamente comercial, sino también como un hito donde se define las estrategias de inserción internacional con países con alta riqueza biológica como Costa Rica. El reto no radica únicamente en participar en esta dinámica de cooperación, sino en hacerlo de manera estratégica de forma en que el aprovechamiento de la biodiversidad se traduzca también en el desarrollo tecnológico, el cual genere conocimiento y mayores oportunidades dentro del comercio internacional.

En conjunto, el análisis desarrollado a lo largo del capítulo evidencia que la bioeconomía se configura como un espacio estratégico dentro de la economía internacional contemporánea, donde convergen innovación científica, sostenibilidad ambiental y competitividad económica. Tanto Costa Rica como Estados Unidos han incorporado este enfoque dentro de sus estrategias de desarrollo, aunque desde esta perspectiva diferenciada que responde a sus capacidades productivas, tecnológicas e institucionales. Mientras los norteamericanos generan conocimiento industrial bioeconómico, Costa Rica construye un modelo basado en el aprovechamiento de los recursos naturales.

Estas diferencias reflejan la forma en que la bioeconomía reorganiza las relaciones económicas internacionales, permitiendo la participación de países con distintos niveles de desarrollo dentro de un mismo sistema productivo global. En este contexto, la cooperación internacional y la articulación entre la ciencia, industria y políticas públicas que se convierten en elementos fundamentales para fortalecer la competitividad. Para Costa Rica, el desafío radica en continuar fortaleciendo sus capacidades científicas y tecnológicas, para establecerse en los mercados internacionales.

CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Este capítulo final del proyecto de investigación presenta las conclusiones derivadas del análisis desarrollado a lo largo del proceso metodológico. En este apartado se sintetiza los principales hallazgos obtenidos durante el estudio, permitiendo realizar una reflexión crítica sobre los resultados identificados en la investigación. A partir del análisis documental y comparativo entre la Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica e iniciativas

impulsadas por los Estados Unidos en materia de bioeconomía avanzada, se identificaron de este modelo productivo en el contexto del sistema internacional contemporáneo.

La bioeconomía ha adquirido una relevancia creciente en las agendas económicas, ambientales y tecnológicas de múltiples países debido a su potencial para integrar la innovación científica, el aprovechamiento sostenible de los recursos y la generación de valor agregado en productos. En ese sentido, el análisis realizado permite observar que la bioeconomía no constituye únicamente un modelo económico emergente, sino también un enfoque estratégico que busque responder a los desafíos globales relacionados con el cambio climático, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

A lo largo de la investigación se evidenció que Costa Rica y Estados Unidos han comenzado a posicionar a la economía como un eje relevante dentro de sus políticas públicas y estrategias de desarrollo. Sin embargo, la forma en que cada país ha implementado este enfoque responde a sus características estructurales, sus capacidades tecnológicas e inserción en la economía internacional.

En el caso costarricense, la bioeconomía se planteó principalmente como un instrumento para transformar el modelo productivo si esquemas más sostenibles. Mientras, que en el caso de Estados Unidos se desarrolló un análisis de una estrategia bioeconómica en la cual se orienta en gran medida a la innovación científica, investigación avanzada y el fortalecimiento un sector industrial.

El análisis comparativo ha permitido identificar que la bioeconomía puede adoptar diferentes enfoques dependiendo del contexto económico y tecnológico de cada país. Mientras que algunas economías priorizan el aprovechamiento sostenible de los recursos, otros concentran sus esfuerzos en el desarrollo de la tecnología avanzada que permite ampliar su competitividad en mercados internacionales.

Por lo que, el presente capítulo busca sintetizar los principales resultados obtenidos en la investigación, identificar limitaciones encontradas durante el proceso análisis y reflexionar sobre el papel que la bioeconomía desempeña dentro del sistema internacional como un modelo desarrollo orientado hacia la sostenibilidad, la innovación y la cooperación internacional.

5.1 Conclusiones

- El análisis permitió identificar que el desarrollo de la bioeconomía en Costa Rica aún enfrenta importantes desafíos relacionados con la generación, acceso y sistematización de la información. A pesar de que el país cuenta con una estrategia nacional, no existe suficiente claridad sobre las acciones concretas que se están implementando, lo cual limita la comprensión del avance real de este modelo.
- Asimismo, se evidenció que la falta de información clara también dificulta la identificación de actores involucrados, el nivel de apoyo institucional y la participación del sector privado en el desarrollo de iniciativas bioeconómicas. Esta limitación afecta directamente la capacidad de evaluar el impacto del modelo en sectores clave como la sostenibilidad y la innovación productiva.
- Otro hallazgo relevante es la necesidad de fortalecer la articulación entre los diferentes actores involucrados en la bioeconomía. La relación entre universidades, sector productivo y Estado aún presenta debilidades, lo que limita la transferencia de conocimiento y la implementación de proyectos innovadores basados en recursos biológicos.
- Finalmente, se concluye que la formación y sensibilización en torno a la bioeconomía sigue siendo limitada. Existe un desconocimiento generalizado sobre el tema, lo que dificulta su implementación y apropiación por parte de la sociedad y los sectores productivos.

En cuanto al segundo objetivo se concluye que:

- El análisis permitió determinar que la bioeconomía representa una oportunidad estratégica para el desarrollo económico sostenible de Costa Rica, especialmente en términos de diversificación productiva y generación de valor agregado. Sin embargo,

su potencial aún no ha sido plenamente aprovechado debido a limitaciones estructurales.

- Se evidenció que la falta de inversión en investigación y desarrollo constituye uno de los principales obstáculos para el avance de la bioeconomía. La innovación científica y tecnológica es un elemento clave para el desarrollo de este modelo, y su ausencia limita la capacidad del país para competir en mercados internacionales.
- Asimismo, se identificó la necesidad de fortalecer los mecanismos de financiamiento para proyectos bioeconómicos. La falta de incentivos económicos y condiciones favorables de inversión dificulta la participación de empresas, especialmente pequeñas y medianas, en el desarrollo de iniciativas sostenibles.
- Otro hallazgo importante es la necesidad de fortalecer los encadenamientos productivos. La bioeconomía requiere una integración entre diferentes sectores económicos, sin embargo, actualmente existe una fragmentación que limita el desarrollo de cadenas de valor sostenibles y competitivas.
- Finalmente, se concluye que la bioeconomía puede contribuir significativamente al desarrollo de zonas rurales, aunque aún no existe suficiente evidencia sobre su impacto real en estas regiones, lo cual representa una oportunidad de mejora para futuras políticas públicas.

En cuanto al tercer objetivo se concluye que:

- El estudio evidenció que la gobernanza de la bioeconomía en Costa Rica aún presenta debilidades importantes, principalmente relacionadas con la falta de coordinación entre actores y la ausencia de estructuras institucionales consolidadas que lideren este proceso.

- Se identificó que la inexistencia de mecanismos claros para medir el impacto de la bioeconomía dificulta la evaluación de su contribución al desarrollo económico. La ausencia de indicadores específicos impide diferenciar el aporte de este modelo frente a la economía tradicional.
- Asimismo, se evidenció que los marcos regulatorios actuales presentan fragmentación y falta de coherencia, lo que limita la implementación efectiva de proyectos bioeconómicos. Esta situación genera incertidumbre para los actores involucrados y reduce la eficiencia de las políticas públicas.
- Otro aspecto relevante es la necesidad de fortalecer la inserción internacional de la bioeconomía costarricense. Si bien el país cuenta con una imagen positiva en sostenibilidad, aún enfrenta desafíos para posicionarse de manera competitiva en los mercados globales de bioproductos y biotecnología.
- Finalmente, se concluye que la bioeconomía requiere una visión estratégica integral que permita alinear políticas, actores e instrumentos de desarrollo, con el fin de consolidarse como un modelo productivo viable y sostenible.

En cuanto al cuarto objetivo se concluye que:

- El análisis permitió identificar que la cooperación internacional desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la bioeconomía, especialmente en términos de transferencia de conocimiento, innovación y fortalecimiento de capacidades.
- Se evidenció que la participación en redes internacionales, proyectos de cooperación y alianzas estratégicas puede facilitar el acceso a tecnologías avanzadas y mejorar la competitividad de los países en el ámbito bioeconómico.
- Asimismo, se identificó la importancia de la educación y la sensibilización como elementos clave para el desarrollo de este modelo. La falta de conocimiento sobre la

bioeconomía limita su implementación y reduce la participación de la sociedad en procesos de transformación productiva.

- Otro hallazgo relevante es la necesidad de fortalecer aspectos relacionados con la propiedad intelectual, el acceso a financiamiento y la cultura empresarial, especialmente en etapas tempranas de desarrollo como el prototipado y escalamiento de proyectos.
- Finalmente, se concluye que el desarrollo de la bioeconomía no depende únicamente de factores internos, sino también de la capacidad de los países para integrarse en dinámicas globales de cooperación, innovación y sostenibilidad.

5.1.2 Limitaciones del estudio

La presente investigación tuvo como propósito analizar el desarrollo de la bioeconomía y su relevancia dentro de los procesos productivos contemporáneos, con el fin de aportar elementos que puedan ser considerados por instituciones académicas, organismos públicos u otras entidades interesadas en el estudio de este modelo de desarrollo. No obstante, durante el proceso de recopilación y revisión de información fue necesario reconocer ciertas limitaciones relacionadas con la disponibilidad, actualización y el acceso a fuentes específicas sobre bioeconomía, especialmente en algunos casos donde los datos aún se encuentran en construcción o dispersos en distintos documentos institucionales.

En primer lugar, una de las principales limitaciones durante el desarrollo de esta investigación estuvo relacionada con la disponibilidad de información. Si bien la bioeconomía en Costa Rica ha mostrado avances en los últimos años, aún existe una limitada cantidad de información sistematizada que permita comprender con mayor claridad cuáles son las acciones concretas que el gobierno está implementando para impulsar este modelo.

Asimismo, resulta difícil identificar con precisión el nivel de apoyo institucional existente o determinar si más empresas han ingresado al país con el propósito de desarrollar productos basados en sostenibilidad o biotecnología. De igual manera, se encontró poca

información o evidencia que permita evaluar de manera detallada cómo este modelo está impactando de forma positiva o negativa a las zonas rurales del país.

Otro aspecto relacionado con las limitaciones de la información es que los datos sobre bioeconomía en Estados Unidos se encuentran muy dispersos. Esto se debe a que la información se distribuye entre diversas páginas oficiales del gobierno, donde se publican reportes, programas y documentos institucionales, lo que dificulta la localización de datos consolidados sobre el tema. Asimismo, existe una gran cantidad de información disponible en otros sitios web, que no necesariamente corresponden a fuentes gubernamentales, sino a análisis académicos o informes que describen el estado de la bioeconomía en determinados periodos o en relación con ciertos productos o sectores específicos.

También es importante señalar que, al tratarse de una investigación realizada desde Costa Rica, el acceso a algunas fuentes oficiales estadounidenses se encuentra limitado, ya que parte de la información disponible en los portales institucionales de ese país no es de acceso abierto o se encuentra distribuida en múltiples plataformas. Esto representó un reto adicional al momento de recopilar información actualizada y confiable para el desarrollo del análisis comparativo entre ambos países.

Otra limitación considerable fue la dificultad para acceder a entrevistas o información proveniente de expertos directamente vinculados al desarrollo de estrategias bioeconómicas. Si bien las personas que participaron en las entrevistas poseen conocimientos relevantes en áreas relacionadas con el tema, no todos se especializan específicamente en el campo de la bioeconomía. No obstante, su participación permitió obtener una perspectiva general sobre el desarrollo del sector, especialmente desde un enfoque internacionalista que facilita el análisis comparativo entre Costa Rica y Estados Unidos, aunque persiste la necesidad de contar con mayor información especializada sobre este ámbito.

Asimismo, la bioeconomía constituye un campo relativamente reciente dentro de las políticas públicas y las estrategias de desarrollo de muchos países. Por esta razón, algunos de los programas y proyectos analizados aún se encuentran en fases tempranas de implementación, lo que dificulta evaluar de manera precisa sus resultados y su impacto a largo plazo. A esto se suma que, durante el periodo analizado en la investigación, se presentó

la pandemia por COVID-19, lo cual influyó en el cumplimiento de algunos de los objetivos y metas establecidos dentro de las estrategias nacionales relacionadas con este sector.

Finalmente, debido a la naturaleza dinámica de la innovación tecnológica y de las políticas públicas, es posible que algunos de los enfoques analizados en esta investigación continúen evolucionando en los próximos años. Esto podría generar nuevas oportunidades, así como desafíos adicionales para el desarrollo de la bioeconomía en ambos países. Además, muchas de estas estrategias se encuentran vinculadas con los objetivos establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo horizonte temporal se aproxima a su etapa final, lo que implicará procesos de adaptación, actualización o reformulación de las políticas asociadas a este marco internacional.

5.1.3 Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos permiten identificar diversos aspectos relevantes sobre el desarrollo de la bioeconomía como estrategia de desarrollo sostenible. A lo largo del análisis comparativo entre Costa Rica y Estados Unidos fue posible observar que este modelo económico ha comenzado a posicionarse como una alternativa para transformar los sistemas productivos tradicionales, incorporando el uso del conocimiento científico, la innovación tecnológica y el aprovechamiento responsable de los recursos biológicos.

En primer lugar, se evidenció que la bioeconomía representa una oportunidad significativa para promover procesos de transformación productiva orientados hacia modelos más sostenibles y eficientes. Este enfoque permite integrar distintos sectores económicos mediante el uso de biotecnología, procesos de innovación y el desarrollo de productos basados en recursos biológicos, lo cual contribuye a reducir el impacto ambiental de las actividades productivas tradicionales.

Como segundo punto, el estudio también permitió identificar que el éxito a las estrategias bioeconómicas que dependen en gran medida de la capacidad de los países para generar entornos institucionales que promuevan la innovación y la cooperación entre diferentes actores. La existencia de políticas públicas claras, financiamiento y Marco

regulatorios adecuado facilita el desarrollo de proyectos bio económicos que fomentan la participación de distintos sectores productivos.

También se observó que la articulación entre el sector público, el sector privado y las instituciones académicas constituye un elemento fundamental para el desarrollo de la bioeconomía. La cooperación entre sectores permite fortalecer los procesos de investigación, desarrollo e innovación, así como impulsar la transferencia de conocimientos hacia sectores productivos que buscan incorporar tecnologías más sostenibles.

Otro acto relevante fue la identificación del papel que desempeña la cooperación internacional en el fortalecimiento de las capacidades bioeconómicas de los países. A través de la transferencia de conocimiento, la colaboración científica y el intercambio de experiencias, los Estados pueden acceder a nuevas tecnologías y mejorar sus capacidades de investigación, por lo que fortalece su participación en cadenas globales vinculadas a la bioeconomía y acceso a mercados sostenibles.

El análisis permitió también reconocer que la bioeconomía no sólo se limita a la producción de bienes o servicios basados en recursos biológicos, sino que también implica una transformación más amplia a los modelos de desarrollo económico. Bajo este sentido, su implementación requiere una visión estratégica que integre tanto sostenibilidad como innovación, pero también elementos fundamentales como la cooperación entre países.

5.1.4 Reflexión final

El desarrollo de la bioeconomía se plantea una oportunidad para replantear las bases sobre las cuales se organizan los sistemas productivos contemporáneos. En un contexto internacional marcado por la creciente preocupación por el cambio climático, la degradación ambiental y la presión sobre los recursos naturales, este enfoque propone un cambio de manera en que la economía consume, pero genere valor a la vez. La bioeconomía no sólo se limita la utilización de recursos biológicos, sino que también innova dentro de la sostenibilidad.

A lo largo de la investigación se evidenció que el concepto de la bioeconomía ha ido adquiriendo una relevancia creciente dentro de las agendas mundiales, tanto políticas como económicas. Este modelo surge como una respuesta a la necesidad de transformar los sistemas productivos tradicionales, en sistemas que puedan promover la autosuficiencia, sistemas que ya no vengan de los recursos fósiles, sino que vengan de prácticas más orgánicas.

Desde esta perspectiva, la bioeconomía no debe entenderse únicamente como un sector económico específico, sino como un enfoque transversal que puede incluir múltiples áreas de la economía. Sectores como la agricultura, la industria o la salud, pueden verse beneficiados de la incorporación de procesos basados en recursos biológicos y desarrollo de nuevas tecnologías. De esta manera, la economía tiene potencial de generar nuevas oportunidades de desarrollo económico y contribuir ambientalmente a las actividades productivas.

Uno de los elementos que se desprende de este análisis realizado es que la implementación de la economía depende en gran medida de la capacidad estructural del país. Esto es una reflexión que se hizo durante todo el documento, en cómo el nivel de desarrollo, la inversión y la disponibilidad de recursos naturales, influyen directamente en la forma que este modelo puede ser adoptado. Por esta razón, se diría que no existe una única forma implementar un modelo bioeconómico, sino que hay múltiples aproximaciones que responden a características propias de cada contexto nacional.

Específicamente en el caso de Costa Rica, el desarrollo de la bioeconomía se encuentra estrechamente vinculado con su trayectoria histórica en materia de sostenibilidad ambiental y conservación de la biodiversidad. El país ha logrado posicionarse a nivel mundial con un referente en políticas ambientales y gestión de recursos naturales, por lo que ha generado un entorno favorable para la implementación de su estrategia de bioeconomía. El país tiene una gran oportunidad para que continúe desarrollando mayor valor a sus productos y a su imagen.

La bioeconomía puede contribuir al fortalecimiento de sectores productivos tradicionales dentro de la economía costarricense, particularmente aquellos vinculados con

la agricultura y la agroindustria. A través de la incorporación de procesos biotecnológicos y de desarrollo de nuevos productos derivados de recursos biológicos, es posible generar canas de valor más diversificadas y sostenibles. Este proceso no sólo generaría crecimiento económico, también nuevas oportunidades productivas en zona rurales.

El desarrollo de la bioeconomía en Costa Rica enfrenta diversos desafíos estructurales que limitan su consolidación como modelo de desarrollo. Uno de los principales retos identificados durante la investigación se relaciona con la necesidad de fortalecer los sistemas de innovación e investigación dentro del país, aunque, si bien estos elementos se contemplan dentro de la estrategia nacional, no evidencian avances significativos en su implementación. Asimismo, la bioeconomía aún no se ha consolidado como una fuente real de generación de oportunidades para el sector rural, donde su potencial podría ser especialmente relevante.

A partir del desarrollo de esta investigación, se identificó que la bioeconomía en Costa Rica se encuentra en una etapa varada en términos de ejecución. No solo persisten limitaciones en el acceso y sistematización de la información, sino que también se evidencia una brecha entre lo planteado en la estrategia y las acciones concretas que se están llevando a cabo. Adicionalmente, el contexto político actual refleja una falta de alineación entre el discurso gubernamental y los principios de sostenibilidad que promueve la bioeconomía, ya que continúan predominando enfoques orientados al uso de recursos tradicionales y fósiles.

En consecuencia, la Estrategia Nacional de Bioeconomía se encuentra en una posición de incertidumbre, entre su potencial como herramienta de transformación productiva y el riesgo de no materializarse plenamente en la práctica. Por otra parte, el análisis del caso de Estados Unidos permite observar un enfoque distinto en el desarrollo de la bioeconomía. En el país, ya que se ha integrado un modelo más amplio de innovación tecnológica y competitividad económica. El fuerte de Estados Unidos es el desarrollo científico y la inversión constante en investigación, lo que ha permitido la creación de un ecosistema de innovación que impulsa el crecimiento de sectores bioeconómicos altamente especializados.

Este enfoque muestra como la bioeconomía también puede ser utilizada como una herramienta estratégica para fortalecer la imagen y la competencia de los países en mercados internacionales. El desarrollo de la biotecnología avanzada o la investigación científica

aplicada se han convertido en elementos clave dentro de las estrategias de crecimiento económico de algunas economías desarrolladas. De esta manera, la vía economía no sólo responde a preocupaciones ambientales, sino también a intereses económicos y geopolíticos.

La bioeconomía introduce nuevas dinámicas de interacción entre Estados. La competencia por el desarrollo tecnología innovadora o el acceso a recursos biológicos estratégicos que pueden influir en las relaciones económicas y políticas entre países. En este sentido, la bioeconomía también se convierte en parte del juego geopolítico dentro de las agendas internacionales relacionadas con el desarrollo sostenible, la innovación y la cooperación científica, como lo es la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La cooperación internacional también juega un papel fundamental en el desarrollo de la bioeconomía, con transferencia de conocimiento, la colaboración entre instituciones y el intercambio de experiencias pueden facilitar el fortalecimiento de capacidades en países que buscan desarrollar el modelo económico. A través de avances estratégicos a nivel de cooperación internacional, es posible promover el desarrollo de proyectos conjuntos que contribuyen a avanzar a economías más sostenibles.

Es importante reconocer que la bioeconomía no constituye una solución automática para los problemas ambientales o económicos que enfrentan los países actualmente. La implementación de este modelo requiere políticas públicas claras, marcos regulatorios adecuados y una planificación estratégica que permita equilibrar los objetivos económicos, sociales y ambientales. Sin estos elementos las iniciativas bioeconómicas podrían enfrentar dificultades para consolidarse o generar impactos limitados.

La transición hacia modelos bioeconómicos plantea desafíos relacionados con la distribución de beneficios y la gestión sostenible de los recursos. Es necesario garantizar que el desarrollo de la bioeconomía se realiza de manera equitativa y que contribuye al bienestar de las comunidades, particularmente aquellas regiones donde los recursos biológicos representan una fuente importante de sustento económico.

El análisis realizado permite también comprender que la bioeconomía representó una oportunidad para repensar estrategias de desarrollo económico en el contexto del siglo XXI.

La integración de la innovación científica o la sostenibilidad ambiental puede contribuir a la construcción de sistemas productivos más resilientes y adaptados a los desafíos globales. Tanto Costa Rica como Estados Unidos, ofrecen ejemplos de cómo los países pueden incorporar la bioeconomía dentro de sus estrategias de desarrollo y las pueden enfocar bajo sus necesidades.

Por lo que, se puede concluir que la bioeconomía representa un campo en constante evolución que continuará adquiriendo relevancia en los próximos años. Su desarrollo depende de la capacidad del Estado para fortalecer sus sistemas de innovación, promover la cooperación internacional y diseñar políticas públicas que permitan aprovechar de manera responsable los recursos biológicos disponibles. También, de cómo las organizaciones internacionales y demás actores, pueden implementar en sus estrategias conjuntas, modelos más sostenibles, no sólo en el sector comercial, también geopolíticamente.

5.2 Recomendaciones

En cuanto al primer objetivo se recomienda:

- Implementar programas de capacitación e información técnica en biotecnología dirigidos a profesionales, emprendedores y actores del sector productivo. Esto incluye conocimientos en biotecnología, sostenibilidad, gestión de recursos y nuevas tendencias de mercado, con el fin de fortalecer las capacidades nacionales en este ámbito.
- Fortalecer la generación, sistematización y acceso a la información sobre bioeconomía en Costa Rica, mediante la creación de plataformas institucionales que integran datos, indicadores y avances del sector permitiendo una mejor forma de tomar decisiones y seguimiento de políticas públicas.
- Promover la articulación entre universidades, centros de investigación y sector productivo, con el objetivo de impulsar transferencia de conocimiento y el desarrollo de soluciones innovadores basados en recursos biológicos
- Fomentar la creación de redes de conocimiento y cooperación nacional que permitan compartir experiencias buenas y prácticas de desarrollo de bioeconomía, contribuyendo a consolidar un ecosistema innovación más sólido.

Por otra parte, en cuanto al segundo objetivo se recomienda:

- Impulsar el desarrollo de la bioeconomía como estrategia para fortalecer la competitividad económica del país, promoviendo la diversificación productiva mediante el uso sostenible en los recursos biológicos.
- Establecer incentivos fiscales y financieros para empresas que adopten prácticas bioeconómicas, tales como el uso de materias primas renovables, reducción de residuos y la implementación de tecnología de limpieza en sus procesos productivos.
- Promover la inversión en investigación y desarrollo en áreas clave como la biotecnología, la industria y la valorización de residuos, con el fin de generar productos de mayor valor agregado fortaleciendo la participación del país en mercados internacionales.
- Fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos que integran distintos sectores económicos, permitiendo una mayor cohesión entre actividades agrícolas, industriales y tecnológicas dentro del modelo bioeconómico.

En cuanto al tercer objetivo se recomienda que:

- Se establezcan entidades de sus consejos nacionales de economía que permitan coordinar las acciones entre distintos sectores involucrados, así como el seguimiento de la implementación de la estrategia nacional y promover su actualización constante. Recomendaría también que se implemente en los consejos municipales, con el fin de proveer información de oportunidad para los sectores rurales y costeros.
- Desarrollar metodologías claras para medir el impacto de la bioeconomía en la economía nacional, incluyendo su contribución al PIB, la generación de empleo y su impacto, con el fin de orientar la formulación de políticas públicas.
- Fortalecer los marcos regulatorios relacionados con la bioeconomía, garantizando mayor coherencia entre políticas existentes y facilitando la implementación de proyectos en este ámbito.
- Promover estrategias de inserciones a mercados internacionales, aprovechando la creciente presencia de productos sostenibles y biotecnológicos, además de la imagen país que tiene Costa Rica.

Finalmente, en el cuarto objetivo se recomienda:

- Aumentar la cooperación internacional de materia bioeconómica, mediante la participación en redes, proyectos y acuerdos que faciliten la transferencia de conocimiento y buenas prácticas entre países.
- Desarrollar espacios de divulgación como talleres, seminarios y conferencias que permitan sensibilizar a la sociedad sobre la importancia de la bioeconomía.
- Incorporar la bioeconomía dentro de los programas educativos a nivel técnico y universitario, con el fin de formar capital humano especializado que contribuya al desarrollo de este modelo.
- Promover futuras investigaciones en área relacionadas con la bioeconomía tales como el desarrollo de los bioproductos, la aplicación de modelos de economía circular, el análisis de políticas públicas y la evaluación del impacto económico.

ANEXOS

Entrevista. 1

1. ¿Desde su experiencia, ¿en qué áreas específicas de la bioeconomía sostenible observa mayores complementariedades estratégicas entre Costa Rica y Estados Unidos, tanto en capacidades productivas como en investigación científica?
2. ¿Qué barreras institucionales, regulatorias o financieras han limitado hasta ahora una cooperación más profunda entre ambos países en biotecnología y bioeconomía avanzada?
3. ¿Qué mecanismos de cooperación existentes, bilaterales o multilaterales considera que han sido más efectivos para promover proyectos bioeconómicos conjuntos, y por qué?
4. ¿Cómo podría Costa Rica integrarse de manera más estratégica en iniciativas lideradas por Estados Unidos en innovación biotecnológica sin perder el enfoque en sostenibilidad desarrollo rural?
5. Desde una perspectiva de largo plazo, ¿Qué tipo de alianzas internacionales serían prioritarias para fortalecer una bioeconomía sostenible en Centroamérica con apoyo

de Estados Unidos y organismos multilaterales?

Entrevista. 2

1. ¿En qué segmentos de la cadena global de valor bioeconómica (I+D, producción, procesamiento, comercialización internacional) existen complementariedades entre Costa Rica y Estados Unidos que puedan traducirse en ventajas competitivas exportables?
2. ¿Qué barreras regulatorias, sanitarias, de propiedad intelectual o financieras inciden en la competitividad internacional de proyectos bioeconómicos conjuntos entre Costa Rica y Estados Unidos?
3. ¿Qué mecanismos de cooperación bilateral y multilateral han tenido impacto tangible en la inserción comercial internacional de bienes y servicios bioeconómicos costarricenses?
4. ¿Cómo puede Costa Rica aprovechar iniciativas lideradas por Estados Unidos en biotecnología para mejorar su posicionamiento en el mercado estadounidense sin generar dependencia tecnológica o desplazamiento productivo interno?
5. ¿Qué alianzas internacionales permitirían a Costa Rica escalar en valor agregado dentro del comercio bioeconómico regional y reducir vulnerabilidades estructurales frente al mercado estadounidense?
6. ¿Cómo evalúa el impacto del CAFTA-DR y otros instrumentos comerciales en la competitividad del sector bioeconómico costarricense?

Bibliografía

Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodologíacientífica

.<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1>

l&dq=Arias,+F.+G.+(2012).+El+proyecto+de+investigación.+Introducción+a+la+metodología+científica.+6ta.+Fidias+G.+Arias+Odón.proyecto+de+investigacion+a+rias&ots=kZkQgkzvh4&sig=TFoCe0mJJTM94f55jzuwcu1Mzlg#v=onepage&q&f=false

Acta Académica. (s. f.). *Vista de ¿Interdependencia compleja entre regionesaltamente asimétricas? Caracterización de las relaciones comerciales entre*

Agrozapiens. (2024, 6 junio). Bioproductos: ¿Qué son? Tipos y beneficios. <https://agrozapiens.com/bioproductos-que-son-tipos-y-beneficios/>

Banco Central de Costa Rica. (2024). *Actividades características de la bioeconomíaaportaron el 13% del valor agregado y generaron el 17% del empleo en el año 2021*. https://www.bccr.fi.cr/comunicacion-y prensa/Docs_Comunicados_Prensa/CP-BCCR-022-2024-Resultados_cuentas_ambientales_2024.pdf

Banco Central de Costa Rica. (s.f.). *Indicadores económicos: Cuentas ambientales*. <https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/cuentas-tem%C3%A1ticas/cuentas-ambientales>

BioEconomía.info. (2025, 23 abril). *El gobierno de los EE.UU. redobla esfuerzospara impulsar la bioeconomía de las algas y la química renovable*. <https://www.bioeconomia.info/2025/01/07/el-gobierno-de-los-ee-uu-redobla-esfuerzos-para-impulsar-la-bioeconomia-de-las-algas-y-la-quimica-renovable/>

Biotechnology Innovation Organization. (2023). *The U.S. bioeconomy: Economic impact report*.

Biotechnology Innovation Organization. (s.f.). *New report finds bioscience sector generates over \$3 trillion for U.S. economy.*

<https://www.bio.org/press-release/new-report-finds-bioscience-sector-generates-over-3-trillion-us-economy>

Bio Costa Rica – CHM| Rica. (s. f.). *Costa Estrategia Nacional de Bioeconomía Costa Rica 2020-2030*

<https://chmcostarica.go.cr/recursos/documentos-y-publicaciones/estrategia-nacional-de-bioeconomia-costa-rica-2020-2030>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe.* <https://www.cepal.org>

CEPAL. (s.f.). *Cuenta satélite de bioeconomía para Costa Rica.*

<https://share.google/W5LBa8rPaN7vLSkz9>

Centroamérica y la Unión Europea durante el periodo 2015-2017

<http://revista.uaca.ac.cr/index.php/actas/article/view/322/869#:~:text=Estos%20datos%20demuestran%20que%20a%20pesar%20de,ambos%20bloques%20haciendo%20que%20predomine%20la%20cooperaci%C3%B3n.>

Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. (s. f.). *¿Qué es la bioeconomía y cuál es su grado de desarrollo en América Latina y el Caribe?.*

<https://www.cepal.org/es/noticias/que-es-la-bioeconomia-cual-es-su-grado-desarrollo-america-latina-caribe>

Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. (s. f.). *Cuenta satélite de bioeconomía para Costa Rica: Propuesta metodológica y aplicación práctica*

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/48641-cuenta-satelite-bioeconomia-costa-rica-propuesta-metodologica->

Exportar desde Costa Rica. (2025, 28 octubre). *DDS Lab opens new dental production facility in Costa Rica*. <https://procomer.com/en/dds-lab-leading-dental-industry-company-opens-production-facility-outside-the-greater-metropolitan-area-in-costa-rica/>

Elizabeth Hodson de Jaramillo. Facultad .(20 de junio de 2018). Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. .Bioeconomía: El futuro sostenible. <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/650/486>.

Federación Nacional de Industriales de la Madera. (2024, 19 septiembre). *¿Por qué innovar en bioeconomía es fundamental para el Departamento de Energía de EE.UU.?* <https://fedemaderas.org.co/por-que-innovar-en-bioeconomia-es-fundamental-para-el-departamento-de-energia-de-ee-uu/>

Fedepalma. (2016). *La industria de los bioproductos*. https://fedepalma.org/wp-content/uploads/2016/12/M_3_12-La-industria-de-los-bioproductos.pdf

Gobierno de Costa Rica. (2020). Conagebio . *Estrategia Nacional de Bioeconomía de Costa Rica (2020-2030)*. <https://share.google/XX7MDivs5BCgjoHiB>

García, M. B. (2023, 18 septiembre). *¿En qué consiste el desarrollo sostenible?* Desarrollo Sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable-development/>

Hayek, F. A. (1944). *The Road to Serfdom*. University of Chicago Press.

<https://cdn.mises.org/Road%20to%20serfdom.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill

Instituto Galego de Promoción Económica. (2024). *Informe sector biotecnología Estados Unidos*. <https://igape.gal/images/05-mais-igape/05-05-quensomos->

internacional/antenas/eeuu/Informe_Biotecnologia_-_IGAPE_MIAMI_Castellano.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2015, 2 diciembre). *IICA delivers education strategy for biotechnology to the Costa Rican authorities*. https://iica.int/en/press/news/iica-entrega-costa-rica-estrategia-de-educacion-en-biotecnologia-2/?utm_source

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2025, 3 septiembre). *La bioeconomía es clave para que Costa Rica y las Américas sean líderes en sostenibilidad y transformación productiva*. <https://iica.int/es/prensa/noticias/la-bioeconomia-es-clave-para-que-costa-rica-y-las-americas-sean-lideres-en-sostenibilidad-y-transformacion-productiva-segun-especialistas-convocados-por-el-iica-y-socios-en-este-pais/>

IEA Bioenergy. (s.f.). *2023 Billion-Ton report: An assessment of U.S. renewable carbon resource*. <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/2023-billion-ton-report-an-assessment-of-u-s-renewable-carbon-resource/>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). *Cadena agroalimentaria del cultivo de piña en el distrito de Chires de Puriscal*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/e70-10277.pdf>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2020). *Estrategia nacional de bioeconomía Costa Rica 2020-2030*. <https://www.micitt.go.cr>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2023). *Indicadores nacionales de ciencia, tecnología e innovación*. <https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/publicaciones/Indicadores/Indicadores%20Nacionales%20CTI%202023%20%28Manufactura%20I%2BD%29.pdf>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2024). *Indicadores nacionales de ciencia, tecnología e innovación*. <https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/publicaciones/Indicadores/Indicadores%20Nacionales%20CTI%202024%20%28Manufactura%20I%2BD%29.pdf>

20Nacionales%20CTI%202024%20%28Agro%20InnovaciA%CC%83%C2%B3n%
29_25.pdf

Ministerio de Comercio Exterior. (s.f.). *Costa Rica alcanza récords en exportaciones de bienes e inversión extranjera fuera de la GAM en 2025*.
<https://www.comex.go.cr/sala-de-prensa/comunicados/2026/enero/cp-3198-costa-rica-alcanza-r%C3%A9cords-en-exportaciones-de-bienes-e-inversi%C3%B3n-extranjera-fuera-de-la-gam-en-2025/>

Morán, M. (2023, 13 septiembre). *La Agenda para el Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible*

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#:~:text=El%20desarrollo%20sostenible%20se%20ha,para20satisfacer%20sus%20propias%20necesidades.>

Maranto Rivera et al (2015). Fuentes de información
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>

Medina Romero, M.A et al. (2023), Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación 107
<https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/90>

Objetivos de desarrollo sostenible.(s. f.).*17 objetivos de desarrollo sostenible*.
<https://ods.cr/es/17-objetivos-de-desarrollo-sostenible>

OECD/FAO. (2023). *OCDE-FAO perspectivas agrícolas 2023-2032*.
<https://doi.org/10.1787/2ad6c3ab-es>

Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). *The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda*. <https://www.oecd.org>

PNUD. (s.f). Costa Rica incursiona en el desarrollo de ecosistemas de Bio-negocios.<https://www.undp.org/es/costa-rica/comunicados-de-prensa/costa-rica-incursiona-en-el-desarrollo-de-ecosistemas-de-bio-negocios>

Revista iberoamericana de bioeconomía y cambio climático. (s. f.). *La bioeconomía: sus senderos productivos y su importancia para la región iberoamericana.*

<https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REBICAMCLI/article/view/1038/1752#info>

Rodríguez, C. A. A. (2020). Antologías para el estudio y la enseñanza de la ciencia política. Volumen III: La metodología de la ciencia política: Serie Perspectivas. En *Antologías para el estudio y la enseñanza de la ciencia política. Volumen III: La metodología de la ciencia política.* Patria Educación. <https://share.google/UGD1ZCjaFo81Q9ABR>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s.f.). ¿Qué es la energía de biomasa?<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-energia-de-biomasa?idiom=es>

Sampieri, R. H. et al (2017). Capítulo 14: Análisis de datos cualitativos. https://castillodcuire.wordpress.com/wpcontent/uploads/2017/05/cap_14_analisis_datos_cualitativos_sampieri.pdf?utm_

Santos, A. (2021). Estudio bioeconómico del efecto de la fertilización química versus orgánica sobre la producción del pasto camerún (*Pennisetum purpureum*) en la finca Montezuma, Guanacaste, Costa Rica <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/20344>

Simões, P. C. y. J., Simões, P. C. y. J., & Simões, P. C. y. J. (2024, 7 junio). El poder de generar riqueza a través de la protección de nuestros recursos. *El País América.* <https://elpais.com/america-futura/2024-06-07/el-poder-de-generar-riqueza-a-traves-de-la-proteccion-de-nuestros-recursos.html>

Solano. M. (2025). Delfino.cr. *Costa Rica y la revolución verde que no se atreve a lanzar*. <https://delfino.cr/2025/08/costa-rica-y-la-revolucion-verde-que-no-se-atreve-a-lanzar>

TEC. (s. f.). *Centro de Investigación en Biotecnología (CIB)*. <https://www.tec.ac.cr/centro-investigacion-biotecnologia-cib>

Tecnológico de Costa Rica. (2024, 11 noviembre). *País debe aprovechar oportunidades de desarrollo gracias a la biotecnología*. <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2024/11/07/pais-debe-aprovechar-oportunidades-desarrollo-gracias-biotecnologia>

The White House. (2022). *Executive order on advancing biotechnology and biomanufacturing innovation*. <https://www.whitehouse.gov>

Tatiana Vindas Miranda. (2025). *Análisis de la importancia de la bio economía avanzada como modelo desarrollo industrial y sostenible sobre los sistemas productivos de la República de Costa Rica durante el periodo 2017-2023*(Tesis de Licenciatura, Universidad Internacional de las Américas). <http://repositorio.uia.ac.cr/handle/123456789/4252>

United States Department of Agriculture. (2022). *U.S. bioeconomy initiative report*.

United States Department of Agriculture. (2024). *Measuring the bioeconomy*. <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/OCE-Measuring-the-Bioeconomy.pdf>

Universidad de Costa Rica. (2018, 21 junio). *UCR investiga y aporta soluciones a polémico cultivo en Costa Rica*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/6/21/ucr-investiga-y-aporta-soluciones-a-polemico-cultivo-en-costa-rica.html>

Universidad de Costa Rica. (s.f.). *Foro: La biotecnología: motor para el desarrollo social y económico en Costa Rica*. <https://vinv.ucr.ac.cr/es/noticias/foro-la-biotecnologia-motor-para-el-desarrollo-social-y-economico-en-costa-rica>

Ureña, S. (2023, 3 agosto). *Biología en Costa Rica: Un paso al crecimiento económico y ambiental*. <https://www.larepublica.net/noticia/biologia-en-costa-rica-un-paso-al-crecimiento-economico-y-ambiental>

Universidad ORT Uruguay. (2023, 5 junio). *Biología: qué es, para qué sirve y qué hace un biólogo*. <https://fi.ort.edu.uy/blog/biologia-que-es-para-que-sirve-y-que-hace-un-biologo>

Vargas, R., Wander, P., Alvarado, I., Rodríguez, A. G., & Rodríguez, M. (2022). *Cuenta satélite de bioeconomía para Costa Rica: Propuesta metodológica y aplicación práctica*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48641>

World Bank. (2022). Global value chain development report.

World Intellectual Property Organization. (2024). *United States of America ranking in the Global Innovation Index 2024*. <https://www.wipo.int/edocs/gii-ranking/2024/us.pdf>

World Intellectual Property Organization. (s.f.). *Biotech: Revolucionar la agricultura con soluciones sostenibles de control biológico en Costa Rica*. <https://www.wipo.int/es/web/wipo-magazine/articles/biotech-revolutionizing-agriculture-with-sustainable-biocontrol-solutions-in-costa-rica-63864>

World Intellectual Property Organization. (s.f.). *Costa Rica's medical device revolution*. https://www.wipo.int/en/web/global-health/w/news/2024/costa-rica-s-medical-device-revolution?utm_source.com

World economy forum. (2024, 19 julio). *¿Qué es la bioeconomía y cómo puede impulsar el desarrollo sostenible?*. <https://es.weforum.org/stories/2024/07/que-es-la-bioeconomia-y-como-puede-impulsar-el-desarrollo-sostenible/>

World Economy Forum. (s. f.). *World Economy Forum*. <https://es.weforum.org/stories/2024/07/que-es-la-bioeconomia-y-como-puede-impulsar-el-desarroll>

sostenible/#:~:text=La%20bioeconom%C3%ADa%20es%20el%20uso,clave%20pa
ra%20impulsar%20la%20bioeconom%C3%ADa.