

## Patrones de comercio exterior de las empresas de biotecnología colombianas

Estíbaliz Aguilar Galeano<sup>1</sup>  
Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana  
[estibaliz.aguilar@uniagustiniana.edu.co](mailto:estibaliz.aguilar@uniagustiniana.edu.co)

Andrés Rocha Alfonso<sup>2</sup>  
Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana  
[andres.rocha@uniagustiniana.edu.co](mailto:andres.rocha@uniagustiniana.edu.co)

### DOI:

Fecha de recepción: 10 de febrero de 2025  
Fecha de aprobación: 05 de mayo de 2025



**Cómo citar este artículo:** Aguilar Galeano, E. & Rocha Alfonso, A. (2025). Patrones de comercio exterior de las empresas de biotecnología colombianas. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (98), (páginas). DOI:

### Resumen

La biotecnología se ha consolidado como una herramienta clave para optimizar el aprovechamiento de la biodiversidad, destacándose como uno de los sectores tecnológicos de mayor crecimiento en países de ingresos medios. En respuesta al interés global, Colombia ha incorporado la biotecnología como un eje estratégico en sus políticas de desarrollo sostenible, sin embargo, persisten desafíos en la vinculación con la producción y comercialización, tanto a nivel nacional como internacional. A pesar de la existencia de estudios prospectivos, la información actualizada sobre el comercio internacional de la biotecnología colombiana y las empresas líderes en este proceso es limitada. Este estudio caracterizó el comportamiento exportador de los productos biotecnológicos colombianos mediante la identificación de patrones de comercio. Se empleó una metodología cuantitativa basada en el análisis de la evolución de las exportaciones entre 2012 y 2022, así como de los mercados destino; para validar los hallazgos, se aplicó un análisis de clúster jerárquico. Los tipos de productos biotecnológicos fueron clasificados según el código arcefnis y los destinos fueron agrupados en regiones globales. Los resultados evidenciaron una creciente internacionalización de la biotecnología colombiana, con patrones de comercio exterior orientados hacia la diversificación de mercados y la especialización en nichos específicos. Estos patrones están determinados por factores como la brecha tecnológica y la demanda global, lo que sugiere oportunidades estratégicas para fortalecer la competitividad del sector.

**Palabras clave:** biotecnología, comercio exterior, comportamiento exportador, desarrollo sostenible, diversificación de mercados, Colombia.

\*\*\*\*\*

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Interdisciplinar en Negocios Internacionales GIINI. Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana, Colombia. Magister en Desarrollo Humano – FLACSO, Argentina. Especialista en Ambiente y Desarrollo Local. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bióloga. Universidad Nacional de Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8942-1164>

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Interdisciplinar en Negocios Internacionales GIINI. Universitaria Agustiniana Uniagustiniana, Colombia. Candidato a PhD en Administración. Universidad de Celaya México. MBA en Administración de Empresas y Dirección de Proyectos. Universidad Viña del Mar Chile. Administrador de Empresas. Universidad Cooperativa de Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5926-3567>

## 1. Introducción

En el siglo XXI, la Organización de las Naciones Unidas promueve el desarrollo sostenible mediante el establecimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para abordar el equilibrio entre crecimiento económico, protección ambiental y el bienestar social, con desafíos entre los que destacan la sostenibilidad en los sistemas productivos - ODS 8, la gestión responsable de recursos - ODS 12, y la investigación y transferencia tecnológica para la biodiversidad - ODS 14 y 15 (Naciones Unidas y Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018).

Desde esta perspectiva, una herramienta que se ha venido consolidando en las últimas décadas, que aprovecha los avances tecnológicos para hacer un uso sostenible de la biodiversidad maximizando sus rendimientos, es la biotecnología. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Organization for Economic Co-Operation and Development [OECD], 2005), definió la biotecnología como “la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a sus partes, productos y modelos, para alterar los materiales vivos o no vivos para la producción de conocimientos, bienes y servicios” (p. 9). Desde entonces, la biotecnología ha experimentado un rápido crecimiento y un alto número de patentes a nivel global, impulsando la expansión de empresas en países de ingresos medios y altos, lo que ha llevado a varios gobiernos a considerarla estratégica para el desarrollo, promoviendo políticas y programas de innovación (Szczygielski *et al.*, 2022).

Colombia ha avanzado en el cumplimiento de sus compromisos internacionales en desarrollo sostenible mediante políticas públicas que integran la biotecnología en los sistemas productivos. Un hito en esta dirección fue la “Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad” en 2011, orientada a generar condiciones que “permitan atraer recursos públicos y privados para el desarrollo de empresas y productos comerciales basados en el uso sostenible de la biodiversidad, específicamente de los recursos biológicos, genéticos y sus derivados” (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2011, p. 18).

Así mismo, se ha establecido un marco normativo para regular el sector biotecnológico, como la Ley 1926 de 2018 sobre seguridad en la biotecnología y la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) 2022-2031 (DNP, 2021). Se complementa con el Plan Nacional de Negocios Verdes, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014), que busca fomentar bienes y servicios con impactos ambientales positivos, incorporando los recursos genéticos dentro del biocomercio. Estas normativas establecen directrices para el manejo de los recursos naturales y la promoción controlada del comercio de recursos genéticos.

En 2018, un estudio sobre la bioeconomía en Colombia analizó su potencial para generar nuevas industrias basadas en el capital natural del país, identificando oportunidades para agregar valor en sectores como el agrícola, pecuario, alimentario, cosmético, textil, farmacéutico, químico, construcción, salud, energía y ambiente (Betancur *et al.*, 2018). Resultados que se corroboraron con la publicación de la Misión de Crecimiento Verde, documento de política que destacó la bioeconomía como una estrategia para impulsar el crecimiento económico con alto valor agregado, resaltando el papel fundamental de la biotecnología como herramienta de innovación (DNP, 2019).

Adicionalmente, la Misión de Sabios de 2019, que fue un grupo de expertos en diferentes áreas del conocimiento convocados por el gobierno para ayudar a trazar la ruta para el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia, proponiendo lineamientos estratégicos a largo plazo, reconocieron la biotecnología como una de las áreas estratégicas que permitirá “conocer, conservar, valorar y usar sosteniblemente la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, y también como una herramienta habilitante para la puesta en marcha de estrategias y políticas nacionales” (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias], 2019, p. 35).

Resultado de los lineamientos de la Misión de Sabios, en 2021 se formuló la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) 2022-2031, con el objetivo de fortalecer la contribución de la CTI al desarrollo sostenible y fomentar una sociedad del conocimiento a través de estrategias para la generación de conocimiento, innovación y emprendimiento (DNP, 2021). Esta política, desde la misión estratégica bioeconomía y territorio, busca

posicionar a Colombia en el sector de la bioeconomía, mediante el aprovechamiento de la biodiversidad y la biomasa residual, impulsando las cadenas de valor y el desarrollo comercial de la biotecnología (Minciencias, 2022).

Lo anterior refleja el papel estratégico de la biotecnología en las iniciativas de desarrollo sostenible en Colombia, lo que resalta la necesidad de analizar su implementación desde diversas perspectivas para comprender el progreso en la adopción de esta tecnología, los productos biotecnológicos comercializados a nivel nacional e internacional y las dinámicas comerciales de estos con otros países. En los últimos años, el análisis del comportamiento de estos productos en el mercado global ha cobrado especial relevancia, dado que la alta variabilidad del comercio, particularmente en bienes, influye significativamente en su éxito al ingresar a nuevos mercados (Asche *et al.*, 2018).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos reflejados en los lineamientos y políticas para impulsar la biotecnología en Colombia, aún existen desafíos significativos en la producción y comercialización de estos productos en el ámbito nacional, en particular, la falta de información detallada sobre el comercio exterior de productos biotecnológicos, lo que dificulta la toma de decisiones estratégicas en el sector. Esta ausencia de datos sobre la dinámica comercial restringe la capacidad del sector productivo, la academia y las entidades gubernamentales para diseñar estrategias efectivas que fortalezcan la bioeconomía del país (Díaz-Ariza *et al.*, 2022; García-Castiblanco *et al.*, 2020).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo contribuir al análisis de la dinámica comercial de la biotecnología en Colombia, mediante la identificación de los patrones de comercio exterior de estos productos. Los hallazgos de este estudio buscan ampliar la comprensión del comercio internacional en este sector, dado que existen escasos estudios que examinen el comportamiento de las exportaciones nacionales de productos biotecnológicos. De este modo, se proporciona información clave para la toma de decisiones y el diseño de estrategias orientadas a fortalecer su competitividad en los mercados globales.

### **1.1. Biotecnología como motor de desarrollo económico sostenible**

En la actualidad, las cadenas de valor global demandan modelos de gestión innovadores y sostenibles que incorporen tecnología para transformar materias primas en bienes competitivos, minimizando su impacto ambiental y social (Alexander y Lund-Thomsen, 2021). En respuesta, los países han promovido el uso eficiente de los recursos naturales y cambios en los hábitos de consumo a partir de diferentes estrategias; sectores como el de alimentos, detergentes y cosméticos han adoptado la biotecnología como una herramienta clave para desarrollar productos con sistemas biológicos, generando valor añadido y respondiendo a las demandas del mercado.

Entre 2015 y 2020, la biotecnología presentó una tasa de crecimiento global del 1,3 %, impulsando mayores inversiones en investigación y desarrollo, y aunque la mayoría de las empresas del sector son pequeñas y medianas, las más exitosas han alcanzado ingresos anuales de entre 50 y 500 millones de USD, lo que abre oportunidades para que empresas biotecnológicas de países en desarrollo ingresen a mercados emergentes (Martin *et al.*, 2021). Este crecimiento se refleja en el aumento de publicaciones sobre biotecnología en regiones como Europa del Este, Asia, América Latina y África, por lo que se espera que en la próxima década el comercio internacional de estos productos se intensifique, a medida que las multinacionales, especialmente las farmacéuticas, busquen equipos de investigación innovadores y sus activos a nivel global (Lapres, 2022).

Colombia, al ser uno de los países con la mayor biodiversidad del planeta, posee un alto potencial para el desarrollo de productos biotecnológicos, cuyo aprovechamiento sostenible podría convertirse en un motor clave de crecimiento económico. Se estima que, si se superan las fallas del mercado y se impulsa la bioeconomía, su contribución al PIB nacional podría alcanzar el 2,1 % en 2030 (DNP, 2019). A pesar del potencial, persisten desafíos que limitan su desarrollo, que incluyen el aún moderado avance de proyectos orientados a la producción biotecnológica, la escasez de acuerdos internacionales en materia tecnológica y comercial que fortalezcan el sector, y la falta de información precisa sobre la industria biotecnológica

en el país, lo que dificulta evaluar su evolución y diseñar estrategias concretas de desarrollo (Betancur *et al.*, 2018).

Además, según el Departamento Nacional de Planeación [DNP] (2019), se ha encontrado que el tejido empresarial asociado al mercado biotecnológico en Colombia, que se compone de empresas desarrolladoras de productos y usuarias de estos, son en su mayoría emprendimientos emergentes con baja inversión de grandes compañías, y con una limitada articulación con entidades internacionales que podrían asesorar iniciativas de negocio, con tendencia a importar biotecnología en lugar de producirla localmente (Minciencias, 2022). Ante este panorama, resulta fundamental analizar la situación actual de la biotecnología en el país, identificando patrones de comercio exterior que permitan comprender las fortalezas y debilidades del sector exportador.

## **2. Revisión de literatura**

Aunque la biotecnología ha acompañado a la humanidad desde tiempos ancestrales mediante la domesticación y selección de cultivos y animales, su potencial como motor de desarrollo económico solo comenzó a ser plenamente comprendido en la segunda mitad del siglo XX, con los avances en el estudio y manipulación del material genético. Por ello, ha sido ampliamente estudiada desde el ámbito científico y tecnológico, especialmente en relación con el desarrollo de nuevos productos y servicios, pero su análisis desde la perspectiva económica ha sido menos abordado. En este contexto, y en concordancia con los objetivos del presente estudio, se presenta una revisión de investigaciones enfocadas en el análisis de la biotecnología desde el ámbito empresarial y comercial.

En las últimas tres décadas, se ha reconocido el impacto de la biotecnología en sectores clave, desde la producción de bienes y servicios hasta la adaptación de cultivos a condiciones climáticas extremas (Verma *et al.*, 2011). Sin embargo, su evolución depende de una inversión pública sostenida en investigación e innovación, así como de un marco regulatorio y financiero que fomente la inversión privada en nuevos desarrollos. Un desafío clave es equilibrar la regulación de las externalidades humanas y ambientales sin frenar la innovación en el sector (Zilberman *et al.*, 2013).

Los estudios sobre modelos de negocio en biotecnología han identificado la colaboración como un factor clave para el crecimiento y la internacionalización del sector, la cooperación en investigación y asociaciones estratégicas a nivel internacional, así como las alianzas entre empresas, gobiernos y universidades, han sido determinantes para la innovación y el desarrollo tecnológico (Bialek-Jaworska y Gabryelczyk, 2016; Goncalves *et al.*, 2018). Además, se ha evidenciado que, junto con el conocimiento y el entendimiento de los mercados globales, las redes de colaboración facilitan la comercialización de productos biotecnológicos. Sin embargo, persiste una brecha en la transferencia de conocimiento que no refleja plenamente los esfuerzos de las empresas en este ámbito.

Las empresas biotecnológicas han adoptado diversas estrategias para superar los desafíos en la comercialización, destacándose la formación de alianzas con empresas, gobiernos y el sector académico. La colaboración con grandes compañías para el desarrollo de insumos específicos reduce la competencia, aunque con menores rendimientos, mientras que la participación en clústeres impulsa las ventas, pero con retornos económicos más bajos (Fernald *et al.*, 2015). Así mismo, la inversión en I+D ha demostrado ser crucial para la comercialización internacional de productos biotecnológicos, proporcionando una ventaja competitiva al mejorar constantemente los productos y fortalecer su orientación exportadora, sin embargo, en países en desarrollo la sostenibilidad de estas inversiones depende en gran medida de la financiación gubernamental y las prioridades de cada administración (Szczygielski *et al.*, 2022).

El desarrollo acelerado de la biotecnología está redefiniendo la dinámica comercial global al impulsar innovaciones en biomateriales sostenibles, impulsadas por una creciente inversión y optimización de la cadena de valor, lo que facilita su acceso al mercado. El respaldo gubernamental y el enfoque en prácticas sostenibles refuerzan su papel como motor de crecimiento y competitividad (Reddi Colombia, 2024). Además, la industria biotecnológica contribuye a la sostenibilidad comercial al reducir el impacto ambiental y fomentar soluciones ecológicas, fortaleciendo así su competitividad y promoviendo la transición hacia una economía más sostenible (Chicaiza-Ortiz *et al.*, 2023).

En Colombia, la biotecnología ha sido abordada académicamente como una necesidad para sectores como el agrícola, destacando la importancia de orientar subsidios y apoyos hacia la innovación biotecnológica para agregar valor y mejorar la comercialización, lo que contribuiría a corregir discrepancias en el uso de la tierra y ampliar la producción agrícola y agrosilvopastoril (Cano, 2013). En cuanto al comercio, las investigaciones han sido limitadas y se han centrado en analizar el impacto de políticas públicas en la producción y comercialización, como es la regulación de precios en el sector farmacéutico, donde la inclusión de medicamentos biotecnológicos en el sistema de salud ha generado significativos ahorros económicos (Sánchez-Villalobos *et al.*, 2016).

Además, también se ha estudiado el estado de la investigación científica y el acceso a los recursos genéticos por parte de los grupos de investigación colombianos, en donde se ha encontrado que una tercera parte de las investigaciones corresponden a proyectos enfocados al desarrollo de técnicas y procesos relacionados con la biotecnología, particularmente en el sector productivo agrícola y pecuario (Cancino y Chaparro, 2020).

Esta revisión permite confirmar que, si bien es notorio el potencial que evidencia la biotecnología como un sector que promoverá el desarrollo económico sostenible, prima la ausencia de estudios que analicen el avance de esta desde el ámbito del comercio, particularmente para Colombia, en donde los lineamientos de política pública han puesto a la biotecnología como eje para el crecimiento verde del país.

### **3. Marco teórico y formulación de hipótesis**

La biotecnología es un sector altamente dependiente de la innovación, en el que la ventaja competitiva de las empresas y países radica en su capacidad para desarrollar productos y procesos novedosos que aún no han sido adoptados en otros mercados (Pla-Barber y Alegre, 2007). Desde la perspectiva de la brecha tecnológica propuesta por Posner en 1961, como se cita en Dosi *et al.* (2015), los flujos comerciales en sectores de alta tecnología están impulsados por ventajas absolutas derivadas de asimetrías tecnológicas entre países, lo que permite a las empresas con mayor capacidad innovadora liderar la comercialización de nuevos productos a nivel internacional.

En este contexto, las empresas biotecnológicas de países con una alta inversión en investigación y desarrollo tienen mayores oportunidades de generar innovaciones que faciliten su expansión y desempeño exportador, sin embargo, su integración en los mercados internacionales depende de su capacidad para interactuar con empresas líderes del sector y de la existencia de estructuras de apoyo adecuadas. Como señalan Oluwajoba Abereijo *et al.* (2012), en los países en desarrollo la absorción tecnológica y la participación en mercados globales requieren no solo la generación de conocimiento, sino también la aplicación efectiva de este mediante políticas que fomenten la capacidad interna de innovación y adaptación tecnológica.

Para complementar esta visión, es importante integrar la perspectiva de las capacidades dinámicas, propuesta por Teece *et al.* (1997), citados en Rueda *et al.* (2022). Este marco se enfoca en la capacidad de las empresas para obtener ventajas competitivas a través del uso y combinación de competencias y recursos, considerando los cambios y requerimientos del entorno. En el sector biotecnológico, el dinamismo del entorno exige que las empresas desarrollen capacidades dinámicas para detectar nichos de mercado y aprovechar oportunidades de exportación a destinos específicos, un mecanismo esencial para obtener ventajas competitivas sostenibles (Haro-Domínguez *et al.*, 2025).

Por otro lado, en el comercio de organismos genéticamente modificados (OMG) para la agricultura, se ha identificado que los patrones de exportación varían en función del tipo de producto y han cambiado con el tiempo debido a factores económicos y regulatorios, concentrándose mayoritariamente en mercados desarrollados (Vargas Meza *et al.*, 2018). Este comportamiento se interpreta a partir de la teoría del ciclo de vida del producto, de Vernon (1966), citado en Dosi *et al.* (2015), la cual sostiene que la concentración exportadora ocurre en los países innovadores. A medida que los productos biotecnológicos, como los OGM, maduran, las empresas ajustan su oferta y procesos para responder a las demandas del mercado y a los requisitos regulatorios de los países importadores, lo que reconfigura los flujos comerciales y favorece la especialización en nichos específicos (Machado *et al.*, 2019). Por ello, es pertinente analizar si existe un patrón similar en la exportación de distintos tipos de biotecnología en Colombia.

En consecuencia, este estudio plantea como hipótesis (H) que *las empresas de biotecnología en Colombia exportan a mercados específicos según el tipo de producto que desarrollan*, lo que sugiere que las características de cada subsector biotecnológico influyen en la concentración y direccionamiento de las exportaciones. Para comprobar esta hipótesis, se analizarán los patrones de comercio a partir del código arcoíris de clasificación biotecnológica, utilizando datos sobre tipología, procedencia y destino de las exportaciones.

#### **4. Metodología**

El proyecto de investigación se abordó desde un enfoque cuantitativo, mediante el análisis estadístico de datos sobre el comercio exterior de empresas de productos biotecnológicos en Colombia, con el fin de conocer sus características y el comportamiento a lo largo de un periodo de tiempo de las exportaciones de dichos productos y otras variables relacionadas con la dinámica comercial de estos, teniendo un alcance exploratorio-descriptivo al ser un primer acercamiento a la dinámica comercial del sector en el país. De esta forma se buscó caracterizar las exportaciones y otras variables relevantes a lo largo del tiempo, considerando las políticas implementadas en la última década.

La información que fue analizada proviene de los datos microeconómicos de acceso libre disponibles en la plataforma digital del Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2022), los cuales se seleccionaron por su fiabilidad, cobertura y accesibilidad, dado el respaldo institucional de la organización. Se consideraron indicadores específicos para los códigos CIU 2011 “fabricación de sustancias y productos químicos básicos”, 2100 “fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico” y 7210 “investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería” (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales [DIAN], 2022).

Dado el carácter diverso de los productos en los códigos CIU seleccionados, se empleó un muestreo intencional, para esto se consolidaron 1171 subpartidas arancelarias, revisándose individualmente para identificar 195 relacionadas con biotecnología. Luego, mediante ChatGPT (modelo de lenguaje GPT-3), se filtraron 30 subpartidas de síntesis biotecnológica,

cuyos datos microeconómicos fueron analizados mensualmente. El periodo de análisis fue de 2012 a 2022, que comprende desde el año siguiente de haber sido lanzada la primera política sobre biotecnología en Colombia, la Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad de 2012, hasta el año de la formulación del proyecto de investigación en 2022.

Si bien los datos utilizados en esta investigación proporcionan un panorama relevante sobre los patrones de comercio exterior de las empresas de biotecnología en Colombia, es importante reconocer ciertas limitaciones en su representatividad. La fuente de datos empleada podría no incluir a todas las empresas del sector, especialmente aquellas que operan en mercados informales o que no reportan de manera sistemática sus transacciones internacionales. Así mismo, el periodo de tiempo analizado puede no captar dinámicas recientes del sector. No obstante, a pesar de estas limitaciones, los datos analizados constituyen una fuente valiosa para identificar tendencias generales y patrones relevantes en el comercio exterior del sector biotecnológico en Colombia.

El análisis se llevó a cabo utilizando variables proxy, con base en las estadísticas de comercio de mercancías de la Organización Mundial del Comercio [OMC] (2022) y otras variables definidas estratégicamente para responder a los objetivos de investigación, que incluyen: el número de posiciones arancelarias por tipo de biotecnología, el número de operaciones de exportación, el número de destinos y el valor FOB en dólares exportado. Se calcularon los valores acumulados de estas variables para caracterizar el comportamiento de las exportaciones de productos biotecnológicos colombianos en el periodo de estudio 2012-2022.

Para evaluar la hipótesis planteada y corroborar estadísticamente los hallazgos descriptivos, se aplicó un análisis de conglomerados mediante el método de clúster jerárquico (Szczygielski *et al.*, 2022). Este análisis fue procesado en SPSS, utilizando la distancia euclidiana cuadrada como medida de proximidad y el método de enlace promedio para la formación de grupos. La segmentación permitió identificar patrones de asociación entre los

tipos de biotecnología, el valor FOB exportado y los mercados de destino, proporcionando una base empírica para la comprensión de la dinámica comercial del sector.

#### **4.1. Clasificación por tipos de biotecnología**

Para clasificar los productos biotecnológicos dentro de los códigos CIU se empleó la metodología del código arcoíris, propuesta por DaSilva (2004). Esta metodología asigna colores a distintos campos de especialidad de la biotecnología y los correlaciona con la nomenclatura de la UNESCO para la ciencia y la tecnología, permitiendo una clasificación más precisa (De la Vega *et al.*, 2015). Además, se relacionaron las partidas y subpartidas arancelarias de cada tipo de producto.

El estudio incluyó datos microeconómicos de 30 subpartidas arancelarias correspondientes a productos de síntesis exclusivamente biotecnológica, la clasificación siguió las revisiones del código de colores destinado a tipificarlos. Según Kafarski (2012), citado en Barcelos *et al.* (2018), los colores representan distintas áreas: verde para productos agrícolas, amarillo para biotecnología nutricional, rojo para medicina y salud humana, blanco para biotecnología industrial, gris para protección ambiental, azul para regiones marinas, marrón para zonas desérticas, oro para bioinformática, violeta para cuestiones jurídicas, éticas y filosóficas, y negro para bioterrorismo y biología de armas.

De las 10 categorías mencionadas, los productos analizados en la investigación se distribuyeron en 5 códigos de colores: biotecnología roja, verde, amarilla, gris y blanca, y se clasificaron en 7 categorías biotecnológicas. La clasificación evidenció que algunas subpartidas contienen productos asignables exclusivamente a un código de color, como los antiseros en biotecnología roja, las preparaciones enzimáticas para el precurtido de cueros en biotecnología blanca y las vacunas veterinarias en biotecnología verde.

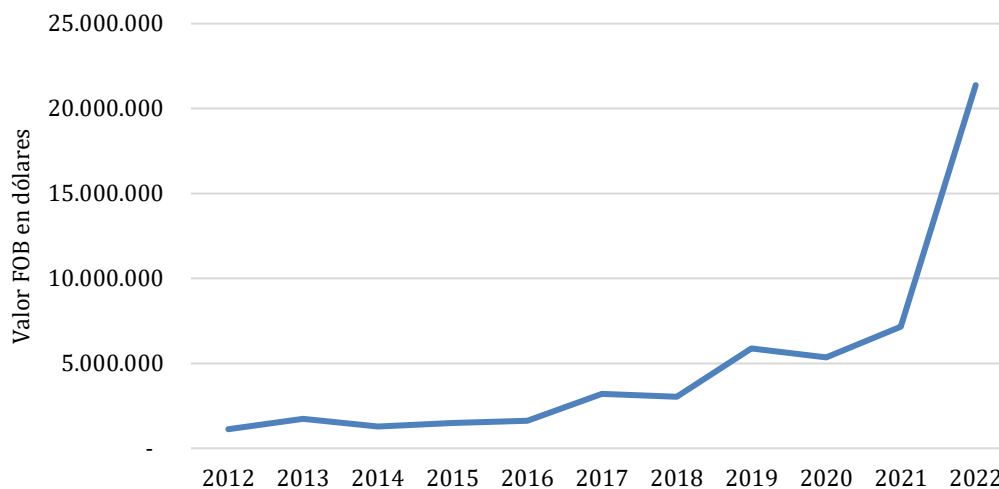
En contraste, otros productos tienen aplicaciones en múltiples sectores, lo que llevó a su clasificación en varios códigos. Por ejemplo, los extractos de hígado pueden destinarse tanto a la salud (roja) como al fortalecimiento nutricional (amarilla), la oxitetraciclina, un antibiótico, se emplea en la medicina humana y veterinaria (roja/verde). Asimismo, algunos

extractos de glándulas y órganos tienen usos diversos: en medicina y farmacéutica (roja), en suplementos nutricionales (amarilla), en investigación científica para conservación (gris) y en la agricultura para mejorar cultivos (verde).

## 5. Resultados

A partir de los datos analizados de productos biotecnológicos de Colombia entre 2012 y 2022 (figura 1), se observa que las exportaciones han tenido un crecimiento moderado y estable hasta 2016, seguido de un incremento más pronunciado a partir de 2017, especialmente entre 2021 y 2022, donde se evidencia un crecimiento exponencial en el valor de estas, que permite inferir un impulso a la producción o comercialización a nivel nacional.

**Figura 1.** Valor FOB total exportado de productos biotecnológicos colombianos



**Fuente.** Elaboración propia, a partir del procesamiento de los datos microeconómicos del DANE (2022).

En relación con el tipo se evidencia que la biotecnología roja ha sido la más diversificada en términos de oferta exportable (tabla 1), con 22 posiciones arancelarias vinculadas principalmente al sector salud. Esta categoría no solo registra el mayor número de operaciones de exportación, sino que también alcanza la mayor cantidad de destinos y el

mayor valor FOB, consolidándose como la más importante dentro del comercio exterior biotecnológico del país.

Por su parte, la biotecnología verde, aunque limitada a dos posiciones arancelarias relacionadas con la producción de vacunas para animales, representa aproximadamente el 20 % del valor FOB total de las exportaciones biotecnológicas colombianas. Los productos biotecnológicos con aplicaciones en múltiples sectores industriales, clasificados en categorías híbridas que combinan distintos tipos de biotecnología, constituyen el segundo grupo en relevancia exportadora. A pesar de que estas categorías integradas incluyen solo una o dos posiciones arancelarias, corresponden a productos como extractos naturales de origen animal y vegetal, así como cultivos de microorganismos, los cuales representan en conjunto el 24 % de las exportaciones biotecnológicas del país.

Un caso interesante es el evidenciado en la biotecnología blanca (tabla 1), enfocada en el sector industrial y que para el caso del estudio es representada por una partida arancelaria, relacionada con preparaciones enzimáticas para curtido de cuero. Si bien el valor FOB representa un 1 % del total de las exportaciones analizadas, presenta el segundo lugar en mayor número de operaciones, a 9 destinos diferentes.

El análisis de los destinos de exportación de productos biotecnológicos colombianos entre 2012 y 2022 (tabla 2), indica que Sur y Centroamérica (SCA) es el principal receptor de las exportaciones de productos biotecnológicos, siendo Perú y Ecuador los destinos más relevantes en valor FOB y operaciones, aunque se llega en total a 21 países de la región. SCA es el destino único de los productos de biotecnología blanca, y de los productos de la categoría roja/amarilla/gris/blanca, y el principal destino de la biotecnología verde, con un 98 % del valor FOB exportado; y de la roja, con un 62 %.

**Tabla 1.** Valores acumulados de las exportaciones de productos biotecnológicos desde Colombia en el periodo 2012 a 2022

Tipo de biotecnología	N.º de posiciones arancelarias	N.º de operaciones	N.º de destinos	Valor FOB USD
Roja	22	545	38	28.743.928
Verde	2	102	14	10.924.569
Roja/amarilla/gris/verde	1	70	10	6.523.692
Roja/amarilla	2	68	5	5.753.454
Roja/amarilla/gris/blanca	1	8	4	566.685
Blanca	1	147	9	379.198
Roja/verde	1	19	7	362.288
<b>Total general</b>	<b>30</b>	<b>959</b>	<b>87</b>	<b>53.253.815</b>

**Fuente.** Elaboración propia, a partir del procesamiento de los datos microeconómicos del DANE (2022).

El segundo destino en importancia por valor FOB exportado es Asia (AS) (figura 1), región a la que se han exportado productos de casi todas las categorías de biotecnología analizadas, con una notable presencia de las categorías roja/amarilla, y de la categoría roja/amarilla/gris/verde, que representan el 99 % y el 92 % del valor FOB, respectivamente. Hong Kong es el principal receptor de estas exportaciones, con valores FOB de más del 90 %, y con operaciones aisladas hacia República de Corea, Japón, China, India, Rusia y Filipinas.

En cuanto a las otras regiones, se evidencia que las exportaciones hacia Europa (EU) son predominantemente de productos de biotecnología roja, llegando a 9 países, con Francia y Bélgica como los principales destinos. Por su parte, hacia Norteamérica, con bajos valores FOB de exportación (que representan el 6 % en los casos más altos), los productos enviados son diversos, perteneciendo a 4 de las 7 categorías de biotecnología analizadas. Para esta región el principal receptor es Estados Unidos, seguido de México, y en menor cantidad de operaciones y valor FOB exportado, Canadá.

**Tabla 2.** Valor FOB USD de exportaciones acumuladas entre 2012 a 2022, según la región de destino

Tipo	SCA	AS	EU	NA	AF	Total general
Roja	17.697.424	1.032.075	9.280.848	733.582		28.743.928
Verde	10.746.945	79.765			97.860	10.924.569
Roja/amarilla /gris/verde	14.055	6.029.258	79.882	400.497		6.523.692
Roja/amarilla	2.701	5.679.019		71.734		5.753.454
Roja/amarilla /gris/blanca	566.685					566.685
Blanca	379.186	12				379.198
Roja/verde	318.655	23.633		20.000		362.288
<b>Total general</b>	<b>29.725.651</b>	<b>12.843.761</b>	<b>9.360.730</b>	<b>1.225.813</b>	<b>97.860</b>	<b>53.253.815</b>

**Nota.** SCA = Sur y Centroamérica, AS = Asia, EU = Europa, NA = Norteamérica, AF = África.

**Fuente.** Elaboración propia, a partir del procesamiento de los datos microeconómicos del DANE (2022).

En relación con los tipos de biotecnología, se encontró que tanto la biotecnología roja, como las categorías que la contienen, son las que exportaron a un mayor número de destinos, con SCA, AS y NA como los principales mercados. Para el caso de la biotecnología verde se identificaron exportaciones menores hacia Asia y África, siendo el único tipo de biotecnología que ha enviado productos a esta última región.

Para corroborar estadísticamente los hallazgos obtenidos en el análisis descriptivo, se llevó a cabo un análisis de conglomerados mediante el método de clúster jerárquico, para establecer la proximidad de los datos al relacionar los tipos de biotecnología, el valor FOB exportado y los destinos de exportación. En la tabla 3 se presentan los resultados del análisis, los cuales se agruparon en 5 clústeres de acuerdo con el promedio de valor FOB exportado.

Los resultados obtenidos permiten validar estadísticamente la hipótesis planteada, en relación con que las empresas de biotecnología tienden a exportar a destinos específicos según el tipo de producto que desarrollan. Se observa que las exportaciones de productos de biotecnología hacia las regiones de África, Norteamérica, Sur y Centroamérica, concentran especialmente las exportaciones de productos de biotecnología Roja/Amarilla, mientras que

Europa se destaca como el principal destino de exportación de productos de biotecnología roja, y hacia el mercado asiático los de la categoría roja/amarilla/gris/verde.

**Tabla 3.** Resultados del análisis de clúster jerárquico

Resumen de procesamiento de casos					
Casos					
Válido		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
959	100,0	0	0,0	959	100,0
a. Enlace promedio (entre grupos)					
Centros de clústeres finales					
	Clúster				
	AF	AS	EU	SA	NA
Tipo de biotecnología	3	5	2	3	3
<b>Valor FOB PROM</b>	<b>16936,33</b>	<b>1298898,76</b>	<b>2455460,00</b>	<b>221306,03</b>	<b>516248,08</b>

**Nota.** Tipos de biotecnología 2 = Roja, 3 = Roja/Amarilla, 5 = Roja/Amarilla/Gris/Verde.

**Fuente.** Elaboración propia, a partir del procesamiento de los datos microeconómicos del DANE (2022), usando el paquete estadístico SPSS.

## 6. Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se identificó que los principales patrones que caracterizan el comportamiento exportador de la biotecnología colombiana son la diversificación de mercados y la especialización en nichos específicos según el tipo de biotecnología. La evidencia sugiere que la diversificación de productos y destinos es un factor clave para el crecimiento sostenido de las exportaciones, dado que los países que amplían su portafolio, tanto en términos de bienes exportados como de mercados de destino, tienden a experimentar un desarrollo económico más estable y una mayor capacidad de resiliencia ante condiciones externas adversas (Campi *et al.*, 2017; Montes Ninaquispe *et al.*, 2024).

Las empresas biotecnológicas colombianas han logrado diversificar sus mercados de exportación, con SCA como principal destino, concentrando el 55 % del valor FOB exportado, toda vez que en economías emergentes las empresas con menor desarrollo tecnológico se benefician de relaciones regionales que fomentan el intercambio de conocimientos y la cocreación de valor (Scott-Kennel *et al.*, 2022). Además, la convergencia económica en

América Latina favorece el comercio con países como Ecuador, Panamá y República Dominicana, mientras que la correlación productiva con Ecuador, Perú, Chile y Uruguay facilita el intercambio de bienes derivados de I+D (Hurtado Briceño y Vieira Posada, 2020).

Pero, si bien SCA es el principal destino, se encontró que las exportaciones de productos biotecnológicos colombianos alcanzan 84 países y operan desde 3 zonas francas, abarcando Europa, Norteamérica, África y Asia. En buena medida estos intercambios comerciales se ven facilitados, porque desde el año 2008 Colombia ha desarrollado estrategias de política pública que incentivan el potencial exportador del país, promoviendo la firma de tratados de libre comercio (TLC), tanto con bloques económicos, como con países individuales, muchos de ellos en las regiones mencionadas, favoreciendo el crecimiento exportador al incentivar la innovación (Pulgarin-Molina *et al.*, 2017).

La diversificación de mercados contribuye a la estabilidad en las ventas, según Balkanlı (2024), un factor esencial para el crecimiento exportador en economías en desarrollo, como la colombiana, para ello, es fundamental la coordinación de políticas comerciales, la inversión en infraestructura y el fomento de la innovación, con el fin de superar barreras y maximizar los beneficios de la variedad de destinos (Montes Ninaquispe *et al.*, 2024).

Estos elementos han sido abordados en la política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad, la cual, junto con otros instrumentos normativos descritos en este artículo, ha sentado las bases para fortalecer la innovación, eliminar obstáculos y ampliar la diversificación de mercados en el sector, lo que seguramente ha incidido en el crecimiento constante de las exportaciones, y que puede ser materia para futuras investigaciones (DNP, 2011).

Otro patrón de comercio exterior corroborado en la investigación es que las empresas de biotecnología tienden a exportar a destinos específicos según el tipo de producto que desarrollan, permitiendo las exportaciones en nichos especializados que fomentan la diversidad de productos. Por lo anterior, se encontró que los sectores de biotecnología roja y verde contrastan respecto a la diversidad de destinos, pese a ser los más destacados en cuanto a cantidad exportadora, número de operaciones y valor FOB exportado.

En el ámbito de la salud, los medicamentos convencionales enfrentan mayores dificultades de aprobación y menor eficacia curativa en comparación con los desarrollados mediante biotecnología, lo que ha impulsado un crecimiento significativo en la demanda global de productos medicinales biotecnológicos (Miehe *et al.*, 2019). Este avance ha tenido un impacto relevante en sectores como la medicina, destacándose los biofarmacéuticos, que representan aproximadamente, según Musaeva (2023), el 60 % del mercado total, y cuya exportación si bien abarca la mayoría de las regiones a nivel global, se concentra en Europa como el principal destino de este tipo de productos desde Colombia, que contrasta con los de biotecnología roja/amarilla, enfocados en sectores estratégicos que relacionan la salud y la producción de alimentos, y cuyas exportaciones se concentran en las otras regiones destino diferentes a EU.

Si bien no se comprobó una concentración de exportaciones por destinos para la biotecnología verde a través del análisis clúster, al ser el segundo tipo con mayor valor FOB exportado se resalta la importancia de esta para el crecimiento del sector en Colombia, dada su estrecha relación con el sector agropecuario y la relevancia que en los últimos años han adquirido los productos biotecnológicos orientados a la producción sostenible de alimentos, con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria sin un consumo excesivo de biomasa ni una contribución significativa a la emisión de gases de efecto invernadero (Miehe *et al.*, 2019).

Cabe resaltar que en las economías desarrolladas la brecha tecnológica en el sector agropecuario es menor, lo que limita la necesidad de importar productos biotecnológicos innovadores en la agricultura, en contraste, como indica Badu-Prah *et al.* (2023), las economías en desarrollo presentan una mayor demanda de estos productos, lo que explica que los principales destinos de la biotecnología verde colombiana sean regiones con economías emergentes, como SCA, AF y AS.

En cuanto a los otros tipos de biotecnología, se evidencia el mismo patrón de comercio enfocado en destinos específicos según los productos. De esta forma, las categorías que agrupan distintos tipos de biotecnología presentan una notable presencia en múltiples

regiones al ofrecer diversidad de oferta exportable de interés para una gran variedad de industrias. La especialización del sector biotecnológico en países como Colombia aún es incipiente, dado que la industria se encuentra en proceso de consolidación, se han identificado amplias oportunidades para su aplicación en diversos sectores, lo que sugiere un alto potencial de crecimiento y diversificación en el mediano y largo plazo (Betancur *et al.*, 2018).

Un ejemplo enfocado en nichos especializados es el de los productos de biotecnología blanca relacionados con las preparaciones enzimáticas para el curtido de cuero, que son exportadas por Colombia a 9 destinos, toda vez que ha aumentado su demanda en la industria de las pieles, ya que reduce la contaminación y la dependencia de químicos persistentes, facilitando la transición hacia una economía circular en esta industria (Chojnacka *et al.*, 2021). Las exportaciones de este tipo de biotecnología se concentran especialmente en SCA, pero llegando a una gran diversidad de países al interior de la región.

Comprender las causas del crecimiento de las exportaciones de productos biotecnológicos desde Colombia requiere el desarrollo de investigaciones adicionales, pero es importante resaltar que iniciativas gubernamentales y políticas públicas, enfocadas en la promoción del aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, han incidido en el desarrollo del sector de la biotecnología y, por ende, en el aumento de la oferta exportable de este tipo de productos; además, la creciente demanda de insumos biológicos potenciados por factores como la pandemia de covid-19 también influyeron positivamente en la adopción de estos, beneficiando el desarrollo del sector (Borzova, 2024).

No obstante, el crecimiento y las oportunidades de mercados diversos que se identificaron, a nivel global el desarrollo y producción de biotecnología aún dependen en gran medida de la cooperación y las alianzas estratégicas que las empresas, especialmente en países en desarrollo, logren establecer para fortalecer sus capacidades en I+D y acceder a financiamiento (Carvajal-Camperos y Almodóvar, 2025). Lo que resalta la importancia de continuar con el seguimiento al desarrollo de la biotecnología en Colombia, que permita

identificar más oportunidades para diversificar las exportaciones enfocadas en productos con mayor valor agregado y explorando nuevos mercados internacionales.

Los patrones de comercio exterior de las empresas de biotecnología en Colombia identificados en el estudio, reflejan tanto los desafíos como las oportunidades dentro del sector, pues si bien existen avances en la internacionalización, aún persisten barreras que pueden limitar su expansión, en este sentido, futuras investigaciones podrían enfocarse en evaluar el impacto de estrategias gubernamentales y privadas para la promoción de la biotecnología en el comercio internacional, permitiendo así una mayor consolidación de estas empresas en el ámbito global.

## **7. Conclusiones**

El análisis de los patrones de comercio exterior de las empresas biotecnológicas en Colombia muestra una creciente internacionalización del sector, con un aumento en las exportaciones y diversificación de mercados. Las empresas colombianas han dirigido sus exportaciones principalmente a América Latina, pero también a Asia y Europa, lo que reduce la dependencia de un único mercado y genera nuevas oportunidades en regiones con alta demanda de productos biotecnológicos. Algunos productos, como la biotecnología roja (salud) y verde (agropecuaria), destacan por su mayor desarrollo, aunque también hay exportaciones relevantes de productos dirigidos a sectores como alimentos e industria. Este panorama refleja el potencial de la biotecnología para contribuir al crecimiento económico sostenible del país.

La diversificación de mercados y la especialización en nichos específicos según el tipo de biotecnología fueron los patrones de comercio exterior identificados que aportan al crecimiento sostenido de las exportaciones, se evidenció que las empresas de biotecnología colombianas tienden a concentrar sus exportaciones en un número reducido de mercados cuando se trata de una oferta exportable poco diversa, mientras que con una oferta más amplia de productos se llega a una mayor cantidad de destinos, lo que permite identificar oportunidades para fortalecer la competitividad de la biotecnología colombiana en los

mercados globales, a partir de la inversión en diversificación de la oferta exportable en aquellos segmentos que aún cuentan con pocos productos para exportación.

Se identifican múltiples oportunidades para el crecimiento del sector biotecnológico colombiano en el comercio exterior, especialmente en segmentos como la agricultura y la biotecnología industrial, para lo cual la innovación y el desarrollo de productos diferenciados con alto valor agregado serán clave para aprovechar nuevas oportunidades. El crecimiento del sector biotecnológico en el comercio exterior tiene un impacto positivo en la economía colombiana, generando empleo altamente calificado y fomentando la innovación, lo que refuerza la necesidad de impulsar desde las políticas públicas el desarrollo sostenible de la biotecnología en el país.

A partir de los patrones de comercio exterior identificados, es fundamental mantener el seguimiento al desarrollo de la biotecnología en Colombia para detectar nuevas oportunidades de diversificación y expansión hacia mercados internacionales. Futuras investigaciones deberían evaluar el impacto de las estrategias gubernamentales y privadas en la promoción del sector, complementándose con estudios longitudinales y cualitativos que profundicen en las dinámicas empresariales y de cooperación. Además, integrar indicadores como el producto interno bruto verde (PIB verde) permitiría cuantificar la contribución de la bioeconomía al crecimiento y la sostenibilidad nacional, ofreciendo una perspectiva más integral del sector.

## 8. Referencias

- Alexander, R. & Lund-Thomsen, P. (2021). *Sustainable value chain entrepreneurship: A guidebook*. Centre for Business and Development Studies. <https://hdl.handle.net/10398/c03be8d2-d9f0-47e2-a92a-9f74bdea15d2>
- Asche, F., Cojocaru, A., Gaasland, I. & Straume, H. M. (2018). Cod stories: Trade dynamics and duration for Norwegian cod exports. *Journal of Commodity Markets*, 12, 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2017.12.002>
- Badu-Prah, C., Agyeiwaa-Afrane, A., Gidiglo, F., Srofenyoh, F., Agyei-Henaku, K. & Djokoto, J. (2023). Trade, foreign direct investment and agriculture in developing countries. *Research on World Agricultural Economy*, 4(3), 861. <https://doi.org/10.36956/rwae.v4i3.861>
- Balkanlı, A.O. (2024). The phenomenon of export diversification in export success and Türkiye case. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 22(3), 200-220. <https://doi.org/10.11611/yead.1469476>
- Barcelos, M., Lupki, F., Campolina, G., Nelson, D. & Molina, G. (2018). The colors of biotechnology: General overview and developments of white, green and blue areas. *FEMS Microbiology Letters*, 365(21). <https://doi.org/10.1093/femsle/fny239>
- Betancur, C., Moñux, D., Canavire, G., Villanueva, D., García, J., Renza, L. y Olaguer, E. (2018). *Estudio sobre la bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia N° 1240667, fase I*. BioIntropic, Universidad EAFIT y SILO.
- Bialek-Jaworska, A. & Gabryelczyk, R. (2016). Biotech spin-off business models for the internationalization strategy. *Baltic Journal of Management*, 11(4), 380-404. <https://doi.org/10.1108/BJM-11-2015-0223>
- Borzova, E. (2024). Global biotechnology leapfrogging during the covid-19 pandemic: A trend to stay? *Trends in Biotechnology* 42(11), 1327-1330. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2024.05.007>

- Cancino, G. y Chaparro, A. (2020). Estado de la investigación científica y el acceso a los recursos genéticos por grupos de investigación colombianos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 22(1), 70-78. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.79451>
- Cano, C. (2013). La agricultura colombiana. De cara a los pactos bilaterales de comercio. *Revista de Ingeniería*, (38), 63-70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121028408010>
- Campi, M., Dueñas, M., Li, L. & Wu, H. (2017). *Diversification, economies of scope, and exports growth of chinese firms*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3098466>
- Carvajal-Camperos, M. & Almodóvar, P. (2025). Tracking the literature on strategic alliances in the biotechnology industry: Insights from a bibliometric approach over the last 30 years. *European Journal of Management and Business Economics*, 34(2), 245-262. <https://doi.org/10.1108/EJMBE-07-2022-0215>
- Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., Herrera-Feijoo, R. J. y Andrade, J. C. (2023). *Biotecnología ambiental, aplicaciones y tendencias*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.25>
- Chojnacka, K., Skrzypczak, D., Mikula, K., Witek-Krowiak, A., Izydorczyk, G., Kuligowski, K., Bandrów, P. & Kułazynski, M. (2021). Progress in sustainable technologies of leather wastes valorization as solutions for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 313, 127902. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127902>
- DaSilva, E. (2004). The colours of biotechnology: Science, development and humankind. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7(3).
- De la Vega, I., Requena, J. & Fernandez-Gómez, R. (2015). The colors of biotechnology in Venezuela: A bibliometric analysis. *Technology in Society*, 42, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.03.007>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2022). *Estadísticas de exportaciones - EXPO - 2011 A 2024*. Archivo Nacional de Datos - ANDA. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/472>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2011). *Documento Conpes 3697. Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3697.pdf>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2019). *Misión de crecimiento verde: Documento síntesis de los resultados de estudios técnicos*. Departamento Nacional de Planeación. <https://www.dnp.gov.co/LaEntidad/misiones/mision-crecimiento-verde/Documents/Resultados/17.02.2021.Libros%C3%ADntesisCrecimientoVerde.pdf>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2021). *Documento Conpes 4069. Política nacional de ciencia, tecnología e innovación 2022-2031*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4069.pdf>

Díaz-Ariza, D., García, C., Céspedes, A. y Aguilar, E. (2022). Negocios verdes en Colombia. Apoyo gubernamental y desempeño financiero. *Revista En-Contexto*, 10(16), 293-315. <https://doi.org/10.53995/23463279.1160>

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales [DIAN]. (2022). *Códigos CIIU de actividades económicas DIAN*. <https://diancolombia.info/codigos-ciiu/>

Dosi, G., Grazzi, M. & Moschella, D. (2015). Technology and costs in international competitiveness: From countries and sectors to firms. *Research Policy* 44(10), 1795-1814 <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.05.012>

Fernald, K., Pennings, E. & Claassen, E. (2015). Biotechnology commercialization strategies: Risk and return in interfirm cooperation. *Journal of Product Innovation Management*, 32(6), 971-996. <https://doi.org/10.1111/jpim.12218>

García-Castiblanco, C., Díaz-Ariza, D. y Aguilar-Galeano, E. (2020). Uso de los programas de apoyo a la exportación por parte de los negocios verdes de Bogotá-Región. *Revista Escuela de Administración de Negocios* (89), 197-214. <https://doi.org/10.21158/01208160.n89.2020.2872>

Goncalves, C., Ribeiro, R., Lavoie, J. & Silveira, G. (2018). Technological cooperation network in biotechnology: Analysis of patents with Brazil as the priority country. *Innovation & Management Review*, 15(4), 416-434. <https://doi.org/10.1108/INMR-07-2018-0050>

- Haro-Domínguez, C., Ortega-Egea, T., Ruiz-Moreno, A. y Albacete-Saez, C. (2025). Capacidades dinámicas de gestión del conocimiento y capacidad dinámica de innovación de las empresas de servicios intensivas en conocimiento (KIBS): el papel moderador de la integración de competidores y áreas funcionales. *Revista de Estudios Empresariales*, 1(2), 89-113. <https://doi.org/10.17561/ree.n1.2025.9158>
- Hurtado Briceño, A.J. y Vieira Posada, E. (2020). *Pertinencia y convergencia de la integración latinoamericana en un contexto de cambios mundiales*. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. <https://doi.org/10.16925/9789587602364>
- Lapres, B. (2022). *Cultivating economic growth in the biotech sector*. World Bank Blogs. <https://blogs.worldbank.org/health/cultivating-economic-growth-biotech-sector>
- Machado, F. A., Guayasamín, C. F. y Castelli, E. V. (2019). Acuerdos comerciales regionales: una visión desde el comercio exterior en América Latina. *Revista Publicando*, 6(21), 48-57. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/2031>
- Martin, D. K., Vicente, O., Beccari, T., Kellermayer, M., Koller, M., Lal, R., Marks, R.S., Marova, I., Mechler, A., Tapaloaga, D., Žnidaršič-Plazl, P. & Dundar, M. (2021). A brief overview of global biotechnology. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(sup. 1), S5-S14. <https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1878933>
- Miehe, R., Full, J., Scholz, P., Demmer, A., Bauernhansl, T., Sauer, A. & Schuh, G. (2019). The biological transformation of industrial manufacturing-future fields of action in bioinspired and bio-based production technologies and organization. *Procedia Manufacturing*, 39, 737-744. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.437>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Plan nacional de negocios verdes*. [https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/997141/Plan Nacional de Negocios Verdes+2020.pdf/9ae9c1d7-eb86-4840-a4ce-59a8612a6bdb](https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/997141/Plan+Nacional+de+Negocios+Verdes+2020.pdf/9ae9c1d7-eb86-4840-a4ce-59a8612a6bdb)
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias]. (2019). *Misión de Sabios Colombia 2019*. Gobierno de Colombia. [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro\\_mision\\_de\\_sabios\\_digital\\_1\\_2\\_0.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro_mision_de_sabios_digital_1_2_0.pdf)

- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias]. (2022). *Balance del programa Colombia BIO y la misión nacional de bioeconomía*. [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/balance\\_colombia\\_bio\\_mision\\_de\\_bioeconomia.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/balance_colombia_bio_mision_de_bioeconomia.pdf)
- Musaeva, B. (2023). The current state of the biotechnology market and its main development trends. *BIO Web of Conferences*, 76. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237604003>
- Naciones Unidas y Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. <https://hdl.handle.net/11362/40155>
- Montes Ninaquispe, J., Arbulú-Ballesteros, M., Guzmán Valle, M., Paredes Morales, A., Cruz Salinas, L., Farfán-Chilicaus, G., García Juárez, H. & Blas Sánchez, J. (2024). Diversification of export markets: A literature review. *Journal of Educational and Social Research*, 14(5), 260-275. <https://doi.org/10.36941/jesr-2024-0137>
- Oluwajoba Abereijo, I., Oluwagbemiga Ilori, M. & Olomola, P. A. (2012), Forms of technological spillovers from multinational companies to small and medium food companies in Nigeria. *Journal of Technology Management in China*, 7(2), 152-163. <https://doi.org/10.1108/17468771211242845>
- Organization for Economic Co-Operation and Development [OECD]. (2005). *A framework for biotechnology statistics*.
- Organización Mundial del Comercio [OMC]. (2022). *Estadísticas sobre el comercio de mercancías*. [https://www.wto.org/spanish/res\\_s/statistics/merch\\_trade\\_stat\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/res_s/statistics/merch_trade_stat_s.htm)
- Pla-Barber, J. & Alegre, J. (2007). Analysing the link between export intensity, innovation and firm size in a science-based industry. *International Business Review*, 16(3), 275-293. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2007.02.005>
- Pulgarin-Molina, S.A., Castro, A., Ballesteros, A. & Barrera, J. M. (2017). Innovation and the development of exportable supply in non-traditional goods: A longitudinal study in a Latin American economy. *International Journal of Innovation Science*, 9(3), 265-282. <https://doi.org/10.1108/IJIS-10-2016-0036>

- Reddi Colombia. (2024). *Expo Inntec 2024 - Biotecnología*. <https://reddicolombia.com/wp-content/uploads/2024/07/EXPO-INNTEC-Biotecnologia.pdf>
- Rueda, M. P., Sigala, L. E. y Zapata, G. J. (2022). Teoría de capacidades dinámicas: aportes y evolución a partir de los trabajos de David Teece. *Compendium*, 25(48). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7127188>
- Sánchez-Villalobos, O., Mesa-Escobar, G.H., Ruíz-Correa, A.F., Quintero-Ortiz, D.N., López, S., Serna-Guerrero, J. y Muñoz-Díaz, P.A. (2016). Ahorro del sistema de salud por la regulación directa de precios de venta de medicamentos biotecnológicos en Colombia. *Gerencia y Políticas de Salud*, 15(31). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgyps15-31.assr>
- Scott-Kennel, J., Giroud, A. & Saittakari, I. (2022). Foreign and domestic multinationals' linkages in advanced, small open economies: Do foreignness, regional origin and technological capability matter? *Multinational Business Review* 30(4). 573-598. <https://doi.org/10.1108/MBR-05-2021-0062>
- Szczygielski, K., Lewkowicz, J. & Michałek, J. (2022). The biotechnology sector in a latecomer country: The case of Poland. *New Biotechnology*, 68, 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2022.01.008>
- Vargas Meza, X., Jiang, K., Barnett, G. & Park, H. (2018). International trade of GMO-related agricultural products. *Quality & Quantity*, 52, 567-587. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0521-8>
- Verma, A.S., Agrahari, S., Rastogi, S. & Singh, A. (2011). Biotechnology in the realm of history. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 3(3), 321-323. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.84430>
- Zilberman, D., Kim, E., Kirschner, S., Kaplan, S. & Reeves, J. (2013). Technology and the future bioeconomy. *Agricultural Economics: The Journal of the International Association of Agricultural Economists*, 44(s1), 95-102. <https://doi.org/10.1111/agec.12054>