

Bioeconomía circular y gobernanza climática en la región andina: fundamentos para un Pacto Verde Andino

Circular Bioeconomy and Climate Governance in the Andean Region: Foundations for an Andean Green Deal

 Alan Fairlie ^a

 Ariana Alejandra Figueroa Cornejo ^a

^a Pontificia Universidad Católica del Perú

Cómo citar: Fairlie Reinoso, A., & Figueroa Cornejo, A. A. Bioeconomía circular y gobernanza climática en la región andina: fundamentos para un Pacto Verde Andino. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (17), A-014. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202601.A014>



Resumen: Este artículo analiza la pertinencia de distintos paradigmas emergentes de desarrollo sostenible en la región andina, con énfasis en la bioeconomía, la economía circular y, de manera integrada, la bioeconomía circular verde. A partir de un enfoque cualitativo y comparativo, se examina la experiencia del Pacto Verde Europeo como referencia analítica para evaluar las capacidades institucionales, productivas y de gobernanza de la Comunidad Andina (CAN) frente a los desafíos del cambio climático. El estudio identifica que, si bien cada paradigma aporta elementos relevantes, su aplicación aislada resulta insuficiente para abordar la complejidad de los retos ambientales, sociales y estructurales de la región. En este contexto, la bioeconomía circular verde emerge como el enfoque más coherente, al integrar la valorización sostenible de la biodiversidad, los principios de circularidad, la innovación tecnológica y objetivos explícitos de inclusión social y resiliencia climática. Asimismo, el análisis destaca el rol estratégico de la integración regional como condición habilitante para coordinar políticas, armonizar estándares y movilizar financiamiento verde. Sobre esta base, se propone la formulación de un Pacto Verde Andino como marco institucional adaptado a las particularidades productivas, sociales y ecológicas de la región, orientado a promover una transición productiva sostenible, inclusiva y de largo plazo.

Palabras clave: Bioeconomía circular. Cambio climático. Pacto Verde Andino. Integración regional. Desarrollo sostenible.

Abstract: This article examines the relevance of emerging sustainable development paradigms in the Andean region, focusing on bioeconomy, circular economy, biotrade, and, in an integrated manner, the green circular bioeconomy. Using a qualitative and comparative approach, the study analyzes the European Green Deal as a reference framework to assess the institutional, productive, and governance capacities of the Andean Community (CAN) in addressing climate change challenges. The findings indicate that, while each paradigm offers valuable contributions, their isolated application is insufficient to address the complexity of environmental, social, and structural challenges faced by the region. In this context, the green circular bioeconomy emerges as the most coherent approach, as it integrates the sustainable valorization of biodiversity, circularity principles, technological innovation, and explicit objectives related to social inclusion and climate resilience. The analysis also highlights regional integration as a key enabling factor for policy coordination, regulatory harmonization, and the mobilization of green finance. Based on these findings, the paper proposes the development of an Andean Green Deal as a regionally adapted institutional framework aimed at fostering a sustainable, inclusive, and long-term productive transition.

Keywords: Circular bioeconomy. Climate change. Andean Green Pact. Regional integration. Sustainable development.

1. Introducción

El cambio climático se aproxima a umbrales críticos que comprometen la estabilidad de los sistemas naturales y socioeconómicos. El aumento de gases de efecto invernadero, la temperatura global, el retroceso glaciar y el nivel del mar evidencian la intensificación de estos riesgos (Organización Meteorológica Mundial, 2025). En respuesta, la agenda internacional converge hacia la neutralidad climática, impulsando transformaciones en los modelos de desarrollo, producción y comercio.

En este contexto, los países de la Comunidad Andina (CAN) enfrentan desafíos estructurales. Su modelo primario-exportador, intensivo en recursos naturales y de bajo valor agregado, ha generado presiones sobre los ecosistemas, reduciendo su resiliencia y capacidad de adaptación.

Pese a su alta biodiversidad, la región es altamente vulnerable. El retroceso glaciar y la reducción hídrica representan riesgos críticos, considerando que aporta cerca del 10% del agua dulce mundial desde ecosistemas altoandinos que alimentan la Amazonía. Estos cambios afectan directamente la agricultura, la energía, el abastecimiento de agua y la conservación (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2008). Además, la creciente

frecuencia de eventos extremos ha elevado los costos económicos y sociales, con impactos desiguales que afectan más a poblaciones vulnerables, profundizando brechas estructurales (IPCC, 2022).

Frente a este escenario, el estudio analiza comparativamente la pertinencia de tres paradigmas en la región andina: bioeconomía, economía circular y bioeconomía circular verde, bajo la premisa de que los desafíos climáticos requieren transformaciones estructurales productivas e institucionales.

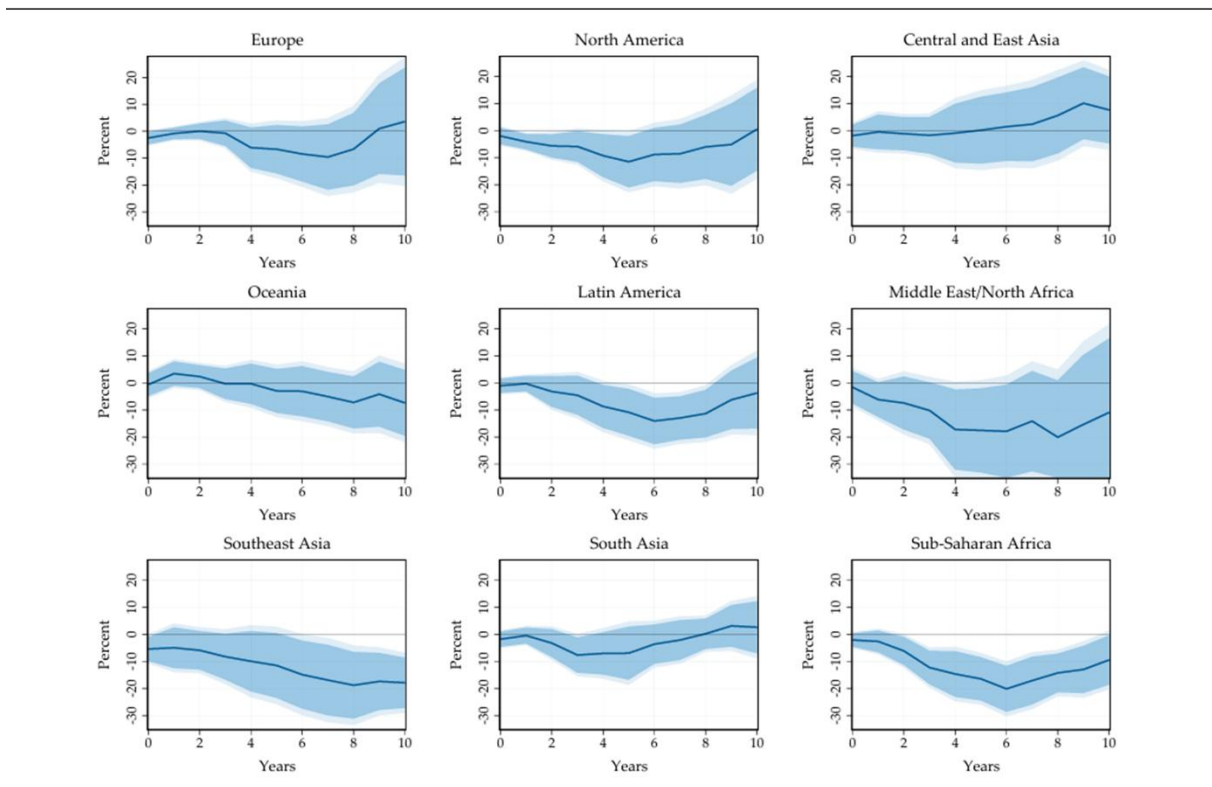
Para ello, se adopta un enfoque cualitativo-comparativo basado en una matriz multicriterio que evalúa sostenibilidad ambiental, transformación productiva, inclusión social, viabilidad institucional y coherencia con los ODS. Además, se incorpora un análisis institucional comparado con el Pacto Verde Europeo para identificar condiciones habilitantes y brechas regionales.

Sobre esta base, se examina la viabilidad de un marco regional de transición: el Pacto Verde Andino, orientado a fortalecer coordinación de políticas, armonización normativa y cooperación frente al cambio climático.

2. Marco teórico

2.1 Cambio climático

El cambio climático implica una alteración persistente de los sistemas climáticos, evidenciada por el aumento de temperaturas, cambios en precipitaciones, retroceso glaciar, elevación del nivel del mar y mayor frecuencia de eventos extremos (Organización Meteorológica Mundial, 2024; NASA, 2024). Sus efectos son heterogéneos: un incremento de 1 °C podría reducir el PBI global en 12%, con impactos más severos en economías cálidas y de bajos ingresos (Bilal & Känzig, 2024).

Figura 1. Impacto de los shocks globales de temperatura según región

Fuente: Bilal y Känzig (2024, p. 34).

En la región andina, estos efectos interactúan con estructuras productivas primarias, alta dependencia de la agricultura familiar y limitaciones en infraestructura hídrica, amplificando riesgos sobre medios de vida y seguridad alimentaria (Lozano-Povis et al., 2021). La agricultura es particularmente vulnerable por su dependencia climática, lo que se traduce en menores rendimientos y alteraciones en calendarios productivos. Estrategias adaptativas, como el desplazamiento altitudinal de cultivos, enfrentan restricciones biofísicas y conflictos por uso de tierras, aunque prácticas tradicionales contribuyen parcialmente a mitigar impactos (Visscher et al., 2024; Cunya et al., 2023).

Los ecosistemas altoandinos también muestran alta vulnerabilidad. El retroceso glaciar y cambios en sistemas lacustres afectan servicios ecosistémicos y disponibilidad hídrica para consumo, agricultura e hidroelectricidad (Michelutti et al., 2015; Rabassa, 2009). Esto incrementa riesgos físicos y vulnerabilidades socioeconómicas.

Ante este escenario, la resiliencia climática —entendida como la capacidad de adaptación y transformación de los sistemas— se vuelve central (Berbés-Blázquez et al., 2017). El cambio climático actúa como multiplicador de riesgos al interactuar con desigualdades estructurales, lo que exige respuestas integradas que combinen adaptación, fortalecimiento institucional y gestión sostenible.

El fenómeno también tiene implicancias en comercio e infraestructura. Eventos extremos afectan cadenas de suministro, mientras que el comercio internacional incorpora estándares ambientales más exigentes (Piñeiro, 2012; Kyriakopoulou et al., 2023; Fairlie et al., 2024). La proliferación de medidas no arancelarias ambientales redefine la competitividad: la Unión Europea, mediante el Pacto Verde, y China, a través de regulaciones ambientales, han elevado los estándares de cumplimiento (Parlamento Europeo, 2023; Economy, 2010; Xi & Wenjun, 2024).

Sin embargo, las economías andinas enfrentan restricciones derivadas de brechas tecnológicas, fragmentación normativa y capacidades institucionales limitadas para enfrentar este álgido escenario. La transición hacia modelos sostenibles requiere, por tanto, estrategias que integren de manera coherente dimensiones ambientales, productivas e institucionales.

2.2 Nuevos paradigmas de desarrollo

La evidencia sobre los impactos del cambio climático ha cuestionado la viabilidad de modelos de desarrollo basados en crecimiento lineal, uso intensivo de recursos y externalización de costos ambientales. En respuesta, han surgido paradigmas como la bioeconomía, el crecimiento verde y la economía circular, orientados a compatibilizar crecimiento económico, sostenibilidad ambiental y equidad social mediante cambios en estructuras productivas, consumo y comercio.

- **Desarrollo sostenible**

El desarrollo sostenible constituye el marco normativo central de estos enfoques. Define un proceso que satisface necesidades presentes sin comprometer las futuras, integrando prioridades distributivas y límites biofísicos (Voukkali et al., 2014; Green Planet Blues, 2018). Analíticamente, se sustenta en la articulación de dimensiones económica, social y ambiental como condición de viabilidad intertemporal (Bajracharya et al., 2022), lo que exige superar enfoques sectoriales y avanzar hacia políticas coherentes.

Operativamente, incorpora principios como el uso sostenible de recursos, la sustitución de insumos no renovables y la adaptación frente a la incertidumbre climática, lo que requiere capacidades institucionales, marcos regulatorios coherentes y gobernanza efectiva (Darvishi et al., 2022; Sepúlveda et al., 2020). Este marco se materializa en instrumentos globales como la Agenda 2030, el Acuerdo de París y el Marco Global de Biodiversidad, que traducen principios en objetivos verificables. Iniciativas como el biocomercio operacionalizan estos principios mediante estándares y mecanismos de distribución de beneficios (UNCTAD, 2021).

En la región andina, su relevancia deriva de la combinación de alta biodiversidad, vulnerabilidad climática y brechas estructurales. Existen oportunidades en agricultura sostenible, turismo y servicios ecosistémicos, aunque coexisten con riesgos asociados al

cambio climático, inseguridad alimentaria y debilidad institucional (Gentes, 2006; Westmont, 2021; Collado-Ruano et al., 2021; Oliver-Smith, 2014; Aniscenko et al., 2017).

La literatura converge en que la transición requiere enfoques integrados, de largo plazo y coherentes entre políticas productivas, sociales y ambientales. En función de lo expuesto, la bioeconomía, la economía circular y el biocomercio operan como instrumentos para implementar el desarrollo sostenible. Su articulación, particularmente en la forma de bioeconomía circular verde, constituye una vía consistente para contextos con alta dependencia de recursos naturales y vulnerabilidad climática.

• **Bioeconomía**

La bioeconomía se define como un enfoque de desarrollo cuya médula es el uso sostenible de recursos biológicos, e integra ciencia, tecnología e innovación para la generación de bienes y servicios. De este modo, busca sustituir progresivamente insumos fósiles, contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Nagarajan et al., 2021; Viaggi, 2019).

Ello implica la utilización eficiente de la biomasa, apoyándose en innovaciones en biotecnología, agricultura, silvicultura y valorización de residuos. A su vez, esto habilita el desarrollo de biocombustibles, biomateriales y otros productos de alto valor agregado, articulando los ámbitos científico, productivo e institucional (Aguilar et al., 2019; Sakib, 2023; Vallejos et al., 2024; Viaggi, 2019).

Implementar la bioeconomía requiere avanzar en otras áreas en simultáneo, lo que incluye aumentar la inversión en I+D, impulsar el desarrollo de capacidades tecnológicas y construir marcos institucionales que integren sostenibilidad ambiental, objetivos sociales y transformación productiva (Aguilar et al., 2019; Sakib, 2023; Mallick et al., 2024).

En relación a las oportunidades, la bioeconomía puede impulsar crecimiento, empleo y diversificación productiva, especialmente en territorios rurales, al tiempo que contribuye a la seguridad alimentaria y a la mitigación climática (Ordoñez Olivo & Lakner, 2023a, 2023b; Hodson de Jaramillo et al., 2023). No obstante, presenta riesgos asociados a la sobreexplotación de biomasa, presiones sobre ecosistemas y conflictos con la seguridad alimentaria si no se regula adecuadamente (Ordoñez Olivo & Lakner, 2023a). Además, brechas tecnológicas, infraestructura limitada y debilidad institucional pueden restringir su adopción y generar distribución desigual de beneficios (Iyiola et al., 2025; Sakib, 2023).

En la región andina, su importancia se sustenta en la alta biodiversidad y el peso de sectores primarios. Si bien esto ofrece ventajas para el desarrollo de cadenas de valor biobasadas, también plantea desafíos en gobernanza, conservación y articulación entre innovación y política pública. Por tanto, su implementación requiere enfoques integrados

que aseguren sostenibilidad, inclusión y coherencia institucional (Carbonell et al., 2021; Hodson de Jaramillo et al., 2023).

- **Biocomercio**

Dentro de la bioeconomía, el biocomercio constituye un instrumento operativo orientado a la valorización de la biodiversidad bajo criterios de sostenibilidad ambiental y equidad. A diferencia del enfoque amplio de la bioeconomía, se concentra en cadenas de valor directamente basadas en recursos biológicos que incorporan conservación, uso sostenible y distribución justa de beneficios (Piñeiro, citado en Fairlie, 2013). Por tanto, no configura un paradigma independiente, sino una aplicación específica particularmente relevante en economías megadiversas.

Este enfoque vincula conservación y generación de valor mediante la producción y comercialización de bienes y servicios derivados de la biodiversidad. Incluye ingredientes naturales, productos forestales y servicios ecosistémicos, integrando criterios ambientales, sociales y económicos en la organización de las cadenas de valor (Yeager et al., 2024). El marco de referencia más consolidado es el de la UNCTAD, que define el biocomercio como actividades gestionadas sosteniblemente con distribución equitativa de beneficios (UNCTAD, 2021).

La iniciativa de biocomercio (BioTrade) de la UNCTAD operacionaliza dicho enfoque por medio de la adopción de estándares, certificaciones y fortalecimiento de políticas públicas. Sus siete «Principios y Criterios» sirven de base para una serie de lineamientos sobre conservación, equidad, sostenibilidad socioeconómica, cumplimiento normativo, derechos de comunidades, gestión adaptativa y trazabilidad. En conjunto, reducen riesgos de sobreexplotación y exclusión, reforzando la credibilidad en mercados internacionales (UNCTAD, 2021; Yeager et al., 2020).

Por otro lado, el biocomercio es coherente con instrumentos internacionales como el CDB, CITES, el Protocolo de Nagoya, la Agenda 2030 y el Acuerdo de París, contribuyendo así a la conservación mediante incentivos de mercado. Empero, requiere superar restricciones como competencia informal, volatilidad de demanda y altos costos de cumplimiento, especialmente para pequeños productores (Yeager et al., 2024; Akram et al., 2012), cuya presencia es especialmente importante en países con estrategias de desarrollo aún no consolidadas, como Latinoamérica.

A la luz de lo anterior, en la región andina, este enfoque ofrece una vía para transformar la biodiversidad en valor económico, integrando comunidades locales en cadenas sostenibles. No obstante, su efectividad depende de condiciones adicionales, como son marcos institucionales, acceso a mercados y mecanismos que aseguren inclusión y sostenibilidad. Y, si bien ha sustentado políticas nacionales, estrategias de exportación verde y esquemas de certificación orientados a una inserción internacional más

sostenible, aún queda un largo camino por delante (Pérez-Rincón et al., 2018; UNCTAD, 2021).

- **Economía circular**

La economía circular es un modelo orientado a desacoplar el crecimiento económico del uso intensivo de recursos, mediante la reducción de residuos y la optimización de materiales y energía a lo largo del ciclo de vida de los productos. Frente al esquema lineal, propone sistemas regenerativos basados en diseño duradero, reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje (Sami & Khan, 2025).

Se estructura en tres principios: eliminación de residuos desde el diseño, extensión del uso de productos y regeneración de sistemas naturales, contribuyendo a la reducción de externalidades y a la restauración ecológica (Jones et al., 2020; Stefanakis & Nikolaou, 2021). En materia operativa, promueve eficiencia en el uso de recursos, menor generación de emisiones y desarrollo de modelos de negocio innovadores, como servicios basados en productos y cadenas de suministro cerradas, reforzando la competitividad y la sostenibilidad (Nowicki et al., 2019; Vijverman et al., 2019; Arumugam et al., 2024).

Su implementación requiere marcos regulatorios coherentes, políticas públicas alineadas con producción sostenible, innovación tecnológica y cooperación entre actores públicos y privados, junto con cambios en los patrones de consumo (Sehrawat et al., 2025; Zhou & Ren, 2005).

Entre sus beneficios destacan la reducción de costos, generación de empleo y mayor resiliencia de las cadenas productivas, así como la disminución de residuos y presión sobre recursos naturales (Nowicki et al., 2019; Tsai et al., 2025). Sin embargo, enfrenta restricciones en contextos en desarrollo, incluyendo limitaciones institucionales, infraestructura insuficiente, resistencia sectorial y riesgos asociados al reciclaje informal, además de vacíos regulatorios (Wright et al., 2019; Sehrawat et al., 2025).

En los países andinos, su adopción es incipiente, pero con potencial en sectores como agricultura, manufactura y gestión de residuos. No obstante, persisten brechas en infraestructura, coordinación institucional y comportamiento del consumidor. La cooperación internacional, especialmente con Europa, amplía oportunidades para su consolidación como componente del desarrollo sostenible (Llanos-Encalada et al., 2024; Angulo et al., 2024).

- **Bioeconomía circular verde**

La bioeconomía circular verde integra los principios de la bioeconomía y la economía circular en un enfoque orientado a la sostenibilidad, la eficiencia en el uso de recursos y la regeneración de sistemas naturales. Promueve la transformación de biomasa renovable en productos de alto valor agregado mediante sistemas productivos que reducen

residuos, optimizan materiales y energía, y disminuyen la dependencia de insumos fósiles (Muscat et al., 2021; Mesa et al., 2024; Panchal & Singh, 2025).

Se sustenta en tres ejes: abastecimiento sostenible de biomasa, uso eficiente de recursos mediante circuitos cerrados y restauración ambiental; incorporando, además, objetivos explícitos de inclusión social y generación de valor económico (Munshi & Mani, 2025; Srivastav et al., 2025). Este enfoque combina circularidad material con valorización biológica, diferenciándose de modelos previos al integrar ambas dimensiones en un mismo sistema productivo.

Su base tecnológica incluye biotecnología, química verde y biorrefinería, articulando conocimientos multidisciplinarios para maximizar el aprovechamiento de la biomasa y reducir impactos ambientales (Gudiña et al., 2020; Pink & Józefowska, 2025; Vivas et al., 2025). A diferencia de la bioeconomía convencional —centrada en recursos biológicos— y de la economía circular —orientada a flujos materiales en general—, este modelo aplica principios circulares específicamente a recursos biológicos a lo largo de todo su ciclo de vida (Muscat et al., 2021).

Su implementación requiere marcos regulatorios coherentes, infraestructura tecnológica para procesamiento y valorización de biomasa, y coordinación entre actores públicos, privados y comunidades, como condición para una gobernanza efectiva (Salvador et al., 2022; Ogwu et al., 2025).

Entre sus beneficios destacan el potencial de crecimiento, generación de empleo y desarrollo de nuevos modelos de negocio, junto con la reducción de emisiones, residuos y dependencia de insumos fósiles (Mesa et al., 2024; Jukka et al., 2022). No obstante, enfrenta restricciones, como altos costos iniciales, incertidumbre financiera, barreras tecnológicas y debilidades institucionales, que limitan su escalamiento (Salvador et al., 2022).

En contextos con alta dotación de biodiversidad y especialización en actividades primarias, este enfoque ofrece una vía para articular sostenibilidad ambiental, transformación productiva e inclusión social. Sin embargo, su viabilidad depende de la coordinación entre capacidades tecnológicas, marcos institucionales y estrategias de política pública (Salvador et al., 2022; Glöser-Chahoud et al., 2025).

3. Revisión de literatura

La literatura sobre bioeconomía circular coincide en la importancia de transitar de modelos lineales a sistemas regenerativos para compatibilizar la sostenibilidad ambiental y el desarrollo productivo, a través de la reducción de residuos, reciclaje y sustitución de insumos fósiles. Sin embargo, la evidencia muestra restricciones estructurales, especialmente en economías en desarrollo.

Con respecto a la implementación, se identifican barreras tecnológicas, financieras e institucionales. La limitada capacidad técnica, el acceso restringido a financiamiento y la ausencia de logística inversa obstaculizan la adopción (Karuppiah et al., 2023); mientras que la presencia de déficits en la regulación y coordinación perjudica particularmente a pymes (Rodríguez et al., 2019). Por lo tanto, se puede inferir que la transición depende tanto de innovación como de marcos de gobernanza.

Por otro lado, si bien aún persisten brechas en la literatura, con particular gravedad en el ámbito cuantitativo o sobre la cobertura de América Latina, la información existente apunta a que el impacto es heterogéneo: si bien puede mejorar la sostenibilidad industrial, también puede amplificar el daño ante regulación inadecuada (Ferraz & Pyka, 2023; Heimann, 2019).

Desde un enfoque sistémico, transitar desde un modelo lineal a uno más sostenible requiere la mejora en indicadores ambientales y socioeconómicos, así como la coherencia de estos en los marcos de política pública. Igualmente, precisa reconocer que los resultados en dichos indicadores dependen de optimizar el uso del suelo, la productividad, precios energéticos y patrones de consumo (Delzeit et al., 2021).

En América Latina y el Caribe, se identifican ventajas en biodiversidad y biomasa, junto con limitaciones estructurales como pobreza rural y debilidad institucional (Trigo et al., 2013). Las iniciativas existentes se concentran en pocos países y en valorización de residuos, con necesidad de mayor inversión, articulación productiva e innovación social (Salvador et al., 2022; Sasson & Malpica, 2018).

Perspectivas críticas advierten que los enfoques de economía circular pueden reproducir desigualdades si no incorporan dimensiones territoriales y de poder (Joxe & Bahers, 2024), mientras que el enfoque dominante prioriza una lógica basada en recursos sobre alternativas bioecológicas (Proestou et al., 2024).

La evidencia empírica internacional muestra resultados diferenciados. En Europa, el crecimiento de la bioeconomía se concentra en el sector alimentario (Sinkko et al., 2023), y los efectos ambientales varían según la estrategia adoptada (Knäble et al., 2022). En América Latina, persisten barreras como falta de incentivos, infraestructura limitada y baja cultura ambiental (Gallego-Schmid et al., 2024; Da Costa, 2022), aunque la articulación con infraestructura sostenible y finanzas verdes mejora resultados (Kakar et al., 2025).

En síntesis, la literatura converge en tres puntos: el potencial transformador depende de marcos institucionales sólidos; las restricciones estructurales limitan su impacto en América Latina; y persiste una brecha empírica que justifica análisis integrados en regiones específicas.

4. Hipótesis

Con base en la literatura revisada, se postula que la bioeconomía circular constituye una alternativa viable para mitigar los impactos del cambio climático en América Latina (con énfasis en los países de la CAN), al mismo tiempo que impulsa el desarrollo sostenible en la región. A la luz de lo anterior, se propone la creación de una iniciativa denominada «Pacto Verde Andino», que fomente la integración regional para avanzar hacia un modelo de desarrollo bajo en carbono, inclusivo y sostenible.

5. Metodología

La investigación adopta un enfoque cualitativo y comparativo para analizar dos contextos con distintos niveles de integración y capacidades institucionales: la Unión Europea, a partir del Pacto Verde Europeo, y la Comunidad Andina (CAN). El objetivo es examinar convergencias, divergencias y factores estructurales que condicionan la implementación de modelos de desarrollo sostenible.

El diseño metodológico evalúa la pertinencia de tres paradigmas —bioeconomía, economía circular y bioeconomía circular verde— frente a desafíos climáticos, productivos e institucionales. Se estructura en tres componentes interrelacionados.

En primer lugar, se realiza una revisión sistemática de literatura académica y documentos de política pública para delimitar fundamentos conceptuales, objetivos operativos y supuestos normativos de cada paradigma. Esta etapa define los criterios analíticos que sustentan la comparación.

En segundo lugar, se desarrolla un análisis comparativo mediante una matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), que constituye el principal instrumento metodológico. La matriz evalúa cinco dimensiones: sostenibilidad ambiental, transformación productiva, inclusión social, viabilidad institucional y coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estas dimensiones operacionalizan el desarrollo sostenible como un fenómeno multidimensional, permitiendo identificar interdependencias y *trade-offs* entre objetivos económicos, sociales y ambientales (Vivas et al., 2025; Jitmaneroj, 2026).

La dimensión ambiental captura la gestión de recursos, reducción de externalidades y regeneración de ecosistemas, apoyándose en herramientas como el análisis de ciclo de vida y métricas de circularidad (Weiher et al., 2025). La transformación productiva evalúa la capacidad de generar innovación, diversificación y cambio estructural en economías intensivas en recursos (Amatucci & Mollo, 2024; Vivas et al., 2025). La inclusión social permite analizar efectos distributivos y la integración de actores vulnerables, considerando limitaciones en la medición de impactos sociales (Zarauz et al., 2025). La viabilidad institucional examina la calidad de la gobernanza, la coherencia regulatoria y la capacidad de implementación (Mengyuan et al., 2025;

Dragović Matosović & Cerović, 2025). Finalmente, la coherencia con los ODS articula estas dimensiones dentro de un marco global de sostenibilidad (Goswami & Lakshmipriya, 2026).

En tercer lugar, se incorpora un análisis institucional comparado entre el Pacto Verde Europeo y el marco normativo de la CAN, con el fin de identificar capacidades existentes, brechas estructurales y condiciones habilitantes para la coordinación regional.

El enfoque no busca establecer relaciones causales ni realizar estimaciones econométricas, sino generar evidencia comparativa que sustente los resultados y recomendaciones. La validez se fundamenta en la coherencia del marco analítico, la triangulación de fuentes y la consistencia entre metodología, resultados y conclusiones.

6. Resultados

6.1 Bioeconomía: potencial estructural y restricciones institucionales

La matriz FODA aplicada a la bioeconomía (Tabla 1) muestra una estructura de dos caras: por un lado, se corresponde claramente con la riqueza biológica de la región andina, pero, por el otro, deja al descubierto ciertas debilidades institucionales que limitan su potencial transformador.

En términos de fortalezas, la bioeconomía encaja bien con la base material de las economías andinas, que se distinguen por su alta biodiversidad y su orientación hacia sectores primarios. Esta sintonía le otorga una ventaja comparativa inicial para agregar valor a partir de biomasa, sobre todo en actividades agroindustriales, forestales y de bioproductos. Diversos estudios regionales han subrayado este potencial estratégico (Trigo et al., 2013; Carbonell et al., 2021), señalando que aprovechar de manera sostenible los recursos biológicos puede ser una vía para diversificar la producción.

Sin embargo, la matriz también deja ver que esta fortaleza es condicional por naturaleza. Para que se concrete, se requieren capacidades en investigación y desarrollo, infraestructura tecnológica, talento humano especializado y mecanismos fluidos de articulación entre la ciencia y el sector productivo. Estas capacidades no están distribuidas de manera homogénea en la CAN, lo que genera asimetrías importantes a la hora de capturar valor en las cadenas basadas en recursos biológicos.

En el terreno de las debilidades, la fragmentación institucional se presenta como el principal obstáculo sistémico. Cuando la bioeconomía se impulsa sin incorporar explícitamente criterios de circularidad ni marcos regulatorios sólidos sobre el uso de biomasa, puede terminar reproduciendo dinámicas extractivas bajo una aparente narrativa «verde». La evidencia empírica sugiere que, ante la falta de estándares claros de sostenibilidad, la expansión de actividades biobasadas puede generar presiones

adicionales sobre los ecosistemas y conflictos entre distintos usos productivos (Heimann, 2019; Ordoñez Olivo & Lakner, 2023a). En el contexto andino, donde la gobernanza ambiental muestra niveles desiguales de capacidad y cumplimiento, este riesgo cobra especial relevancia.

En cuanto a oportunidades, la bioeconomía tiene potencial para acceder a financiamiento climático, cooperación técnica y mercados diferenciados vinculados con la sostenibilidad. Pero la matriz también identifica una amenaza distributiva significativa: que los beneficios terminen concentrándose en los actores con mayor capital tecnológico y financiero. Sin mecanismos explícitos que promuevan la inclusión productiva y el fortalecimiento de los pequeños productores, la transición hacia sectores biobasados podría profundizar las brechas estructurales ya existentes.

Por lo tanto, la bioeconomía es coherente con la estructura de recursos de la región, pero por sí sola no garantiza una transformación estructural sostenible. Su desempeño depende de manera crítica de condiciones institucionales, regulatorias y distributivas que hoy presentan falencias en el marco andino. Sin esos elementos, la bioeconomía tiende a funcionar más como una estrategia de especialización productiva que como un paradigma integral de transición sostenible.

Tabla 1. Matriz FODA para la bioeconomía

Fortalezas	Debilidades
Enfoque explícito en el uso sostenible de recursos biológicos renovables, alineado con objetivos de mitigación y adaptación climática.	Predominio de aproximaciones sectoriales que dificultan la coordinación interinstitucional y regional.
Articulación con ciencia, tecnología e innovación, facilitando soluciones basadas en la naturaleza.	Alta dependencia de capacidades de I+D y capital humano avanzado, con brechas significativas entre países andinos.
Potencial para generar valor agregado en sectores agrícolas, forestales y pesqueros.	Limitada incorporación de principios circulares, lo que reduce la eficiencia sistémica del modelo.
Compatibilidad con marcos internacionales de biodiversidad y clima.	Gobernanza fragmentada del uso de biomasa y débil articulación entre políticas productivas y ambientales.
Oportunidades	Amenazas
Acceso a financiamiento climático y cooperación internacional orientada a bioinnovación.	Riesgo de sobreexplotación de biomasa en ausencia de estándares regionales comunes.
Aprovechamiento de la biodiversidad andina como ventaja comparativa.	Conflictos entre seguridad alimentaria, bioenergía y usos industriales de la biomasa.
Integración de productores rurales en cadenas de valor sostenibles.	Captura de beneficios por actores con mayor poder tecnológico y financiero.
Desarrollo de estrategias nacionales de bioeconomía.	Debilidad de mecanismos regionales de monitoreo y control ambiental.

6.2 Economía circular: eficiencia sistémica y límites estructurales en economías primario-exportadoras

La matriz FODA aplicada a la economía circular (Tabla 2) revela una configuración distinta a la observada en la bioeconomía: sus fortalezas se concentran en la dimensión de eficiencia material y reducción de externalidades, mientras que sus debilidades emergen al contrastarla con la estructura productiva predominante en la región andina.

Tabla 2. Matriz FODA para la economía circular

Fortalezas	Debilidades
Enfoque transversal que promueve eficiencia en el uso de materiales y reducción de residuos.	Insuficiente adaptación a contextos con alta informalidad y limitada infraestructura.
Contribución a la resiliencia de cadenas productivas frente a choques climáticos.	Escasa consideración de la dimensión biológica y ecológica de los recursos.
Potencial para armonización regulatoria en el marco de la integración regional.	Dependencia de marcos regulatorios y capacidades municipales heterogéneas.
Incentiva innovación en modelos de negocio y producción.	Cambios culturales y de comportamiento difíciles de escalar regionalmente.
Oportunidades	Amenazas
Cooperación regional para gestión de residuos y economía de materiales.	Resistencia de sectores productivos tradicionales.
Reducción de emisiones asociadas a producción y consumo.	Riesgos sanitarios y ambientales en reciclaje informal.
Transferencia tecnológica desde economías avanzadas.	Fragmentación normativa entre países andinos.
Alineación con agendas de producción y consumo responsables.	Limitada inclusión social si no se incorpora enfoque territorial.

En cuestión de fortalezas, la economía circular introduce un marco operativo orientado al desacople entre crecimiento económico y uso intensivo de recursos, mediante estrategias de reducción, reutilización y reciclaje. Este enfoque contribuye a disminuir residuos, optimizar flujos materiales y mejorar eficiencia energética a lo largo del ciclo de vida de los productos. En contextos industrializados, estas características han mostrado impactos relevantes en reducción de emisiones y resiliencia de cadenas productivas (Nowicki et al., 2019; Tsai et al., 2025).

En el caso de la CAN, la matriz indica que estas fortalezas se manifiestan principalmente en sectores urbanos, manufactureros y de gestión de residuos, donde existen mayores posibilidades de implementar esquemas de circularidad. Sin embargo, su capacidad de

incidencia sobre los sectores primarios —que estructuran la inserción internacional andina— es más limitada.

La principal debilidad identificada es de carácter estructural. La economía circular fue conceptualizada en economías con elevada base industrial, infraestructura consolidada y marcos regulatorios estables. En contraste, las economías andinas presentan alta informalidad, limitada infraestructura para gestión avanzada de residuos y predominio de exportaciones primarias con bajo procesamiento. Esta divergencia genera una brecha entre el instrumento de política y la estructura productiva sobre la que se pretende aplicar.

Adicionalmente, la matriz evidencia que la economía circular prioriza flujos materiales en términos industriales, pero no incorpora de manera central la gestión sostenible de biomasa ni las dinámicas territoriales rurales. Dado que una parte significativa de la actividad económica andina está vinculada a recursos biológicos, esta omisión reduce su capacidad para abordar integralmente los desafíos ecológicos y productivos de la región.

En el plano de amenazas, la informalidad constituye un factor crítico. La gestión de residuos en varios países andinos depende en gran medida de recicladores informales, lo que introduce riesgos laborales, sanitarios y de precarización si no se diseñan esquemas de formalización e inclusión social (Gutberlet & Uddin, 2018). Asimismo, la fragmentación normativa entre países limita la posibilidad de desarrollar economías de escala regionales en mercados secundarios de materiales reciclados o estándares comunes de circularidad.

De este modo, el análisis sugiere que la economía circular aporta herramientas relevantes para mejorar eficiencia y reducir presiones ambientales, pero su alcance transformador es acotado cuando se implementa de forma aislada en economías primario-exportadoras. Su impacto en la CAN tiende a concentrarse en mejoras incrementales de eficiencia, sin alterar sustantivamente la matriz productiva basada en recursos naturales. Por tanto, su contribución a una transición estructural baja en carbono resulta parcial si no se articula con estrategias que integren explícitamente la dimensión biológica y territorial.

6.3 Bioeconomía circular verde: integración sistémica y condicionamientos institucionales

La matriz FODA aplicada a la bioeconomía circular verde (Tabla 3) evidencia un patrón cualitativamente distinto al observado en los paradigmas anteriores. Mientras la bioeconomía y la economía circular concentran sus fortalezas en dimensiones específicas —biológica o material, respectivamente—, la bioeconomía circular verde presenta una distribución transversal de fortalezas en las dimensiones ambiental, productiva, institucional y territorial definidas en la metodología.

Tabla 3. Matriz FODA para la bioeconomía circular verde

Fortalezas	Debilidades
Integración coherente de bioeconomía, economía circular y objetivos climáticos en un marco único.	Requiere altos niveles de coordinación institucional y gobernanza multiescalar.
Promueve sistemas productivos regenerativos basados en biomasa sostenible.	Costos iniciales elevados para infraestructura, innovación y capacidades técnicas.
Maximiza el valor económico de la biodiversidad mediante circuitos cerrados.	Limitaciones en métricas estandarizadas para evaluar impactos integrales.
Facilita la articulación entre políticas climáticas, productivas y de conservación.	Dependencia de marcos regulatorios aún incipientes en la región.
Compatible con estrategias de integración regional y acción climática conjunta.	Desafíos para escalar innovaciones en territorios con capacidades desiguales.
Oportunidades	Amenazas
Alta pertinencia para regiones megadiversas y rurales de los países andinos.	Expansión desordenada de actividades biobasadas sin criterios regionales comunes.
Plataforma para fortalecer la gobernanza climática regional.	Incertidumbre política y falta de continuidad de políticas públicas.
Desarrollo de cadenas de valor regionales basadas en biomasa.	Asimetrías de poder entre actores públicos y privados.
Acceso a financiamiento climático, verde y de biodiversidad.	Riesgo de exclusión de pequeños productores sin mecanismos de inclusión.
Sinergias entre mitigación, adaptación y desarrollo territorial.	Volatilidad de mercados emergentes de productos biobasados.

Su principal fortaleza radica en la coherencia sistémica. Este enfoque integra la valorización sostenible de la biomasa con principios de circularidad material y objetivos explícitos de mitigación y adaptación climática. A diferencia de la bioeconomía tradicional, no se limita a promover el uso de recursos biológicos, sino que incorpora criterios de eficiencia, reutilización y cierre de ciclos. Del mismo modo, a diferencia de la economía circular convencional, internaliza la dimensión ecológica y territorial de la producción basada en biomasa. Esta convergencia permite reducir el riesgo de expansión desarticulada de actividades biobasadas, al tiempo que mejora la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de residuos.

La matriz también muestra que la bioeconomía circular verde incorpora explícitamente una dimensión de gobernanza multiescalar. Esta característica resulta relevante para los países andinos, donde la fragmentación institucional constituye una debilidad estructural

identificada en los otros modelos. Al articular políticas productivas, ambientales y climáticas dentro de un mismo marco operativo, el enfoque reduce la disociación entre objetivos sectoriales y promueve mayor coherencia regulatoria.

Sin embargo, las debilidades que se han señalado son igualmente importantes. La bioeconomía circular verde exige niveles altos de coordinación entre distintos sectores, una armonización normativa sólida y capacidades técnicas avanzadas. Para llevarla a la práctica se necesita infraestructura tecnológica que permita procesar biomasa, sistemas de trazabilidad, mecanismos de monitoreo ambiental y un acceso estable a financiamiento verde. Todo esto implica costos iniciales elevados y presupone capacidades institucionales que hoy en día son desiguales dentro de la CAN. En ese sentido, su complejidad operativa es a la vez una fortaleza conceptual y un desafío práctico.

En el plano de oportunidades, la matriz muestra una relación especialmente cercana entre este paradigma y la integración regional. A diferencia de los otros enfoques, la bioeconomía circular verde se beneficia directamente de la existencia de estándares comunes, plataformas regionales de financiamiento climático, sistemas compartidos de información y cooperación en investigación y desarrollo. Así, la integración regional no es solo un «telón de fondo», sino una condición que posibilita y amplifica la viabilidad del modelo. De este modo, se configura una sinergia estructural entre la transformación productiva sostenible y la institucionalidad supranacional.

Asimismo, la principal amenaza que se identifica es de naturaleza política e institucional. La falta de continuidad de políticas públicas, la ausencia de compromisos vinculantes a nivel regional y la volatilidad de prioridades gubernamentales pueden obstaculizar procesos de transición que requieren horizontes de largo plazo. Como este modelo se fundamenta en una coordinación sostenida y en coherencia normativa, su vulnerabilidad frente a los cambios políticos resulta mayor que la de otros paradigmas menos integrados.

Con base en lo anterior, es posible sugerir que la bioeconomía circular verde es el único paradigma que internaliza simultáneamente las dimensiones ecológica, productiva, institucional y territorial definidas en el marco metodológico. Sin embargo, su superioridad analítica no implica viabilidad automática. Su implementación efectiva depende de la existencia de un marco regional coordinado que reduzca asimetrías institucionales, garantice continuidad normativa y movilice recursos financieros y tecnológicos de manera articulada.

7. Discusión

7.1 Gobernanza climática global y restricciones estructurales para la región andina

Los resultados de las matrices FODA indican que la viabilidad de los paradigmas no depende únicamente de sus atributos internos, sino del entorno institucional y geopolítico en el que operan. La actual gobernanza climática global introduce restricciones adicionales, particularmente en economías con capacidades institucionales heterogéneas.

La arquitectura climática internacional presenta inestabilidad política que afecta la credibilidad de los compromisos multilaterales. La salida de Estados Unidos del Acuerdo de París en 2020, su reincorporación en 2021 (McGrath, 2021) y un nuevo retiro en 2025 (Perez & Waldholz, 2025) evidencian la sensibilidad de estos compromisos a ciclos políticos internos, reduciendo previsibilidad regulatoria e inversión de largo plazo.

En contraste, la Unión Europea ha consolidado un marco más estable mediante el Pacto Verde Europeo y la Ley Europea del Clima, con metas vinculantes de neutralidad para 2050 (Comisión Europea, 2024). Su estrategia combina transformación productiva interna con instrumentos externos, incluyendo estándares ambientales y medidas no arancelarias que afectan a exportadores.

China sigue una trayectoria dual: mantiene dependencia de combustibles fósiles mientras expande energías renovables y reduce la intensidad de emisiones (Liu et al., 2022), generando señales mixtas a nivel global.

Esta coyuntura fragmentada condiciona las estrategias de transición. La evidencia muestra que enfoques como la bioeconomía y la economía circular, aplicados de forma aislada, enfrentan crecientes exigencias regulatorias externas. En contraste, la bioeconomía circular verde, al integrar trazabilidad, circularidad y sostenibilidad, presenta mayor capacidad de adaptación. No obstante, su implementación requiere niveles de coordinación institucional que exceden las capacidades nacionales actuales.

7.2 Integración regional como condición habilitante

La literatura sobre integración regional destaca su capacidad para coordinar políticas económicas, ambientales y tecnológicas (CEPAL, 2014), así como para reducir emisiones mediante armonización normativa, transferencia tecnológica y economías de escala (Qi et al., 2023; Xiao et al., 2022).

Los resultados permiten matizar este enfoque. La integración no es inherentemente transformadora; su efectividad depende del paradigma productivo que articula. En la bioeconomía, puede facilitar acceso a mercados y cooperación científica, pero no resuelve

riesgos de expansión extractiva. En la economía circular, la armonización regulatoria mejora mercados secundarios, aunque sin alterar estructuras primario-exportadoras.

En contraste, la bioeconomía circular verde muestra una relación estructural con la integración. Sus requerimientos —estándares comunes, sistemas compartidos de información, financiamiento verde y cooperación en I+D— convierten a la integración en un mecanismo operativo que reduce asimetrías y refuerza la coherencia regulatoria.

La experiencia de la Unión Europea evidencia esta articulación entre objetivos climáticos y transformación productiva mediante instrumentos internos y externos. Sin embargo, su replicabilidad en la CAN está condicionada por diferencias estructurales, como mayor dependencia extractiva, menor desarrollo tecnológico y marcos regulatorios menos consolidados.

7.3 Restricciones estructurales identificadas por el análisis

Los resultados comparativos permiten ordenar los obstáculos estructurales en cuatro dimensiones interrelacionadas.

En el plano productivo, la persistente dependencia de exportaciones primarias limita la capacidad de internalizar valor agregado biotecnológico y de circularidad avanzada (Van Hoof et al., 2023). La transición hacia modelos integrados exige inversiones en infraestructura, innovación y diversificación industrial.

En el plano tecnológico, las brechas en capacidades de I+D y biotecnología reducen la posibilidad de escalar actividades biobasadas con estándares competitivos internacionales (Backhouse et al., 2021). Esta limitación afecta especialmente la bioeconomía y la bioeconomía circular verde.

En el plano institucional, la fragmentación normativa y la debilidad en mecanismos de aplicación generan incertidumbre para inversionistas y limitan la coherencia intersectorial (Pajares, 2017; Torkington, 2023). La matriz mostró que esta dimensión constituye la principal vulnerabilidad de los modelos más integrados.

En el plano social, la informalidad en gestión de residuos y las tensiones en uso de tierra para biomasa plantean desafíos distributivos. La integración de recicladores informales (Gutberlet & Uddin, 2018) y la protección de derechos territoriales (FAO, 2019) son condiciones necesarias para evitar que la transición profundice desigualdades existentes.

Estas restricciones confirman que la transición no es únicamente tecnológica, sino estructural y multidimensional.

7.4 Implicación institucional derivada del análisis comparativo

Los resultados no conducen a una recomendación normativa general, sino a una conclusión condicional: la bioeconomía circular verde presenta mayor coherencia sistémica, pero su viabilidad depende de mecanismos regionales que reduzcan fragmentación normativa, movilicen financiamiento verde y promuevan cooperación tecnológica sostenida.

En este sentido, el Pacto Verde Andino debe entenderse como una implicación institucional del análisis, no como una iniciativa exógena. Su función sería articular estándares comunes, sistemas regionales de información y plataformas de cooperación que permitan operacionalizar el paradigma con mayor coherencia. Así, la elección del modelo productivo aparece inseparable de la arquitectura institucional que lo sustenta.

7.5 Pacto Verde Andino como alternativa

El análisis confirma que la bioeconomía circular verde integra aspectos ecológicos, productivos, institucionales y territoriales, aunque su implementación exige niveles de coordinación que exceden el ámbito nacional. En este marco, el Pacto Verde Andino se presenta no como un programa sectorial adicional, sino como un mecanismo de articulación regional orientado a reducir las debilidades estructurales que revelan las matrices.

La propuesta se vincula con debates regionales sobre pactos verdes (Lebdioui, 2022), pero adquiere un carácter específico porque responde a tres limitaciones concretas: la fragmentación regulatoria, las brechas tecnológicas y las asimetrías distributivas. En primer lugar, permitiría armonizar estándares ambientales y productivos —incluyendo trazabilidad, certificación y métricas de circularidad—, reduciendo incertidumbre y facilitando economías de escala en un contexto de mayores exigencias internacionales. En segundo lugar, podría estructurar mecanismos regionales de financiamiento e innovación, como plataformas de I+D y fondos destinados a la bioeconomía, disminuyendo así los costos de transición y las brechas entre países. En tercer lugar, contribuiría a la dimensión distributiva mediante políticas coordinadas de inclusión productiva, acceso a financiamiento y formalización, evitando que los beneficios se concentren.

Ahora bien, su viabilidad enfrenta restricciones relevantes. La experiencia comparada muestra que estos marcos requieren continuidad política, compromisos vinculantes y capacidades administrativas sostenidas. La heterogeneidad institucional y la volatilidad de las prioridades gubernamentales son riesgos evidentes, al igual que los efectos desiguales que puede tener la reconversión sectorial, lo que exige mecanismos de compensación para preservar la cohesión social.

Aun con ello, es importante considerar que, el Pacto Verde Andino no reemplaza a las políticas nacionales, sino que actúa como una plataforma de coordinación para lograr una mayor coherencia regulatoria, reducir los costos de aprendizaje y fortalecer la posición externa frente a los estándares ambientales. Dicho de otro modo, emerge como un instrumento de gobernanza multinivel que permite internalizar las condiciones habilitantes y superar las restricciones estructurales que, cuando se actúa de forma aislada, limitan la transición hacia una producción sostenible.

8. Conclusiones

El presente artículo estuvo orientado a analizar tres paradigmas —bioeconomía, economía circular y bioeconomía circular verde— con el fin de examinar su pertinencia frente a los desafíos estructurales de la región andina. Para ello, se empleó un enfoque cualitativo basado en matrices FODA, cuyos resultados fueron contrastados con el marco institucional europeo en sus dimensiones productiva, ambiental e institucional.

Los resultados demostraron que la efectividad de un modelo de desarrollo no depende solo de su complejidad y eficiencia «conceptual», sino de su compatibilidad con la estructura productiva y las capacidades tanto regulatorias como tecnológicas. Además, con atención a economías primario-exportadoras, la potencial implementación de los modelos examinados presentaría limitaciones debido a brechas de innovación, fragmentación normativa e informalidad.

A la luz de lo anterior, la bioeconomía circular verde muestra una mayor coherencia sistémica porque integra el uso sostenible de biomasa, la circularidad y los objetivos climáticos. Pero su puesta en práctica exige una coordinación más fuerte entre sectores, estabilidad regulatoria e infraestructura tecnológica, lo que genera una tensión de fondo: los modelos más integrales son también los que demandan mayores capacidades institucionales.

En esta línea de análisis, la integración regional exhibe potencial para mitigar estas limitaciones mediante estándares comunes, cooperación tecnológica y financiamiento compartido. Sin embargo, su eficacia depende de la continuidad política, de compromisos vinculantes y del fortalecimiento institucional, condiciones que son heterogéneas dentro de la CAN.

En este contexto, la integración regional adquiere una relevancia particular, ya que permitiría hacer frente a varios de los riesgos clave identificados: la posible reproducción de dinámicas extractivas, las tensiones entre el uso de biomasa y la seguridad alimentaria, y la concentración de beneficios. Frente a ello, una estrategia regional coordinada brindaría una plataforma favorable para reforzar los mecanismos de monitoreo, las políticas de inclusión productiva y las evaluaciones de los impactos distributivos.

Lo anterior cobra mayor sentido si se consideran las crecientes exigencias ambientales y la fragmentación de la gobernanza climática actual. La región enfrenta entonces un desafío central: transformar su estructura productiva sin profundizar sus vulnerabilidades. La bioeconomía circular verde es conceptualmente consistente, pero su viabilidad real depende de la coordinación regional, la innovación y la capacidad de construir acuerdos duraderos que hagan posible esa transición.

Por lo tanto, el estudio aporta un marco comparativo valioso para el contexto andino, aunque su enfoque cualitativo limita la posibilidad de estimar impactos con precisión. Futuros trabajos podrían complementarlo incorporando análisis econométricos y estudios territoriales que aborden el uso del suelo, la gobernanza local y la informalidad.

Referencias

- Aguilar, A.; Twardowski, T. & Wohlgemuth, R. (2019). Bioeconomy for sustainable development. *Biotechnology Journal*, 14(8), e1800638. <https://doi.org/10.1002/biot.201800638>
- Akram, U.; Azhar, M.; Akhtar, J. & Ahmed, S. (2012). Narcissus tazetta – a case study of biopiracy. *Current Science*, 103(7), pp. 781-785. https://www.researchgate.net/publication/295625870_Narcissus_tazetta_-_a_case_study_of_biopiracy
- Amatucci, C. & Mollo, G. (2024). Sustainable growth and the role of artificial intelligence in improving the circular economy. Law, Governance and Technology Series. Springer.
- Angulo, M. G.; Batista, M. T. & Caicedo, M. I. G. (2024). Advances and challenges of a circular economy in agriculture in Ibero-America: A bibliometric perspective. *Sustainability*, 16(3), 1154. <https://doi.org/10.3390/su162411266>
- Aniscenko, Z.; Robalino-López, A.; Rodríguez, T. E. & Pérez, B. E. (2017). Regional cooperation in dealing with environmental protection: E-government and sustainable development in Andean countries. *Environment, Technology, Resources*, 1, pp. 25-32. <https://hdl.handle.net/11441/99683>
- Arumugam, T.; Shahul Hameed, S.; Priyanshu, D. & Omeray Farook, J. A. M. (2024). Exploring sustainable supply chains through circular economy principles. In *Expanding Operations Through Agile Principles and Sustainable Practices*. Springer.
- Backhouse, M.; Lehmann, R.; Lorenzen, K.; Lüthmann, M.; Puder, J.; Rodríguez, F. & Tittor, A. (Eds.). (2021). *Bioeconomy and global inequalities: Socio-ecological perspectives on biomass sourcing and production*. Palgrave Macmillan.
- Bajracharya, T. R.; Shakya, S. R. & Sharma, A. (2022). Energy and sustainable development. En *Handbook of Energy Transitions*. Springer.
- Berbés-Blázquez, M.; Mitchell, C. L.; Burch, S. L.; Wandel, J. (2017). Understanding climate change and resilience: assessing strengths and opportunities for adaptation in the Global South. *Climatic Change*, 141(2), pp. 227-241. doi:10.1007/s10584-017-1897-0
- Bilal, A. & Känzig, D. R. (2024). *The macroeconomic impact of climate change: Global vs. local temperature* (NBER Working Paper No. 32450). National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w32450>
- Carbonell, S. A. M.; Cortez, L. A. B.; Madi, L. F. C. & Leal, R. L. V. (2021). Bioeconomy in Brazil: Opportunities and guidelines for research and public policy for regional development. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 15(6), pp. 1679-1694. <https://doi.org/10.1002/bbb.2267>

- CEPAL (mayo de 2014). *Integración regional: hacia una estrategia de cadenas de valor inclusivas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/36733-integracion-regional-estrategia-cadenas-valor-inclusivas>
- Collado-Ruano, J.; Segovia-Sarmiento, J. & Silva-Amino, D. (2021). Educación, pobreza y género: análisis intercultural y decolonial en la Región Andina. *Cadernos de Pesquisa*, 51(1), 1-20. <https://doi.org/10.1590/198053147248>
- Comisión Europea (2024.). *El Pacto Verde Europeo*. Recuperado el 24 de mayo de 2024: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es
- Crispin Cunya, M., Ponce Oliva, R. D., Rendon Schneir, E., & Arias Montevechio, E. E. (2023). Modelamiento hidro-económico de los efectos del cambio climático y política en la agricultura andina. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 23(1), pp. 55-87. <https://doi.org/10.7201/earn.2023.01.03>
- Pimenta, C. C. D. C. (2022). La Economía Circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*, (35). https://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-90752022000100001&lng=es&tlng=es
- Darvishi, Y.; Karami, H. & Goodarziyan, F. (2022). Sustainable development in oxygenated fuels. En *Advancement in Oxygenated Fuels for Sustainable Development*. Elsevier.
- Delzeit, R.; Heimann, T.; Schuenemann, F.; Söder, M.; Zabel, F. & Hosseini, M. (2021). Scenarios for an impact assessment of global bioeconomy strategies: Results from a co-design 1 process. *Research in Globalization*, 3, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2021.100060>
- Dragović Matosović, M. & Cerović, L. (2025). Drivers of sustainability: Economic vs. environmental priorities in SDG performance. *Sustainable Futures*, 8, 100213. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100213>
- Economy, E. C. (2010). *The river runs black: The environmental challenge to China's future* (2nd ed.). Cornell University Press. <https://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctt7z8gj>
- Fairlie, A. (2013). *Crecimiento verde y BioComercio: una mirada andina* (Documento de Trabajo No. 363). Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía. <http://www.pucp.edu.pe/departamento/economia/images/documentos/DDD363.pdf>
- Fairlie, A. C. B.; Paredes, T. & Paredes, P. (2024). Environmental regulation and foreign trade: An analysis for the CAN and MERCOSUR trade blocs in the period 2001-2019. *Journal of Applied Economics*, 27, pp. 1-25. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/15140326.2024.2346061?needAccess=true>
- FAO (31 de octubre de 2019). *Bioeconomy, a key to rural development in Latin America and the Caribbean*. <https://www.fao.org/americas/news/news-detail/Bioeconomy-a-key-to-rural-development-in-Latin-America-and-the-Caribbean-/en>
- Ferraz, D. & Pyka, A. (2023) Circular economy, bioeconomy, and sustainable development goals: a systematic literature review. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29632-0>
- Gallego-Schmid, A.; López-Eccher, C.; Muñoz, E.; Salvador, R.; Cano-Londoño, N. A.; Vetroni Barros, M.; Choconta Bernal, D.; Mendoza, J. M. F.; Nadal, A. & Belén Guerrero. A. (2024). Circular economy in Latin America and the Caribbean: Drivers, opportunities, barriers and strategies. *Sustainable Production and Consumption*, 51, pp. 118-136. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.09.006>
- Gentes, I. (2006). Valoración de servicios ambientales y políticas públicas en comunidades indígenas y campesinas en los países andinos: Metodologías y estrategias para un diálogo nacional. *Revista de Geografía Norte Grande*, (35), pp. 29-44. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022006000100003>
- Glöser-Chahoud, S.; Berg, A. & Schultmann, F. (2025). *Circular bioeconomy in Chile and Germany*. Green Energy and Technology. Springer.
- Goswami, M. & Lakshmipriya, S. P. (2026). Decoding sustainability: A machine learning-based analysis of socioeconomic drivers in global sustainable development goals progress. *Data-Driven Environmental Intelligence*, 2(1), 100015. <https://doi.org/10.1016/j.ddei.2026.100015>
- Green Planet Blues (2018). *Towards sustainable development: Critical perspectives on global environmental politics*. Routledge.

- Gudiña, E. J.; Amorim, C.; Braga, A. & Rodrigues, L. R. (2020). Biotech green approaches to unravel the potential of residues into valuable products. In *Nanotechnology in the Life Sciences*. Springer.
- Gutberlet, J. & Uddin, S. (2018). Household waste and health risks affecting waste pickers and the environment in low- and middle-income countries. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 23(4), pp. 299-310. <https://doi.org/10.1080/10773525.2018.1484996>
- Heimann, T. (2019). Bioeconomy and SDGs: Does the bioeconomy support the achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7(1), pp. 43-57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>
- Hodson de Jaramillo, E.; Trigo, E. J. & Campos, R. (2023). The role of science, technology and innovation for transforming food systems in Latin America and the Caribbean. In *Science and Innovations for Food Systems Transformation*. Springer.
- IPCC (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Iyiola, A. O.; Asiedu, B.; Ewutanure, J. S. & Idowu, C. F. (2025). Waste streams of biobased products in the Global South. In *Sustainable Bioeconomy Development in the Global South: Volume II Bioeconomy Techniques*. Springer.
- Jitmaneroj, B. (2026). Diagnosing structural interdependencies in the Green Growth Index: An integrated indicator framework for sustainability governance. *Environmental and Sustainability Indicators*, 19, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2026.100245>
- Jones, J. W.; Verma, B. P.; Nokes, S. & Rider, A. (2020). Toward circular food and agricultural systems. *Resource: Engineering and Technology for Sustainable World*.
- Joxe, S. & Bahers, J. B. (2024). Towards a territorial and political ecology of «circular bioeconomy»: A 30-year review of metabolism studies. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 17(3), pp. 717-731. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsae020>
- Jukka, L.; Miika, M.; Lauri, L.; Mirja, M.; Ville, U. & Lassi, L. (2022). A financial and environmental sustainability of circular bioeconomy: A case study of short rotation coppice, biochar and greenhouse production in southern Finland. *Biomass and Bioenergy*, Date August 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106524>
- Kakar, S. K.; Wang, J.; Arshed, N.; Hien, T. T. L.; Akhter, S. & Abdullahi, N. M. (2025). The impact of circular economy, sustainable infrastructure, and green FinTech on biodiversity in Europe: A holistic approach. *Technology in Society*, 81, 102841. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.102841>
- Karuppiyah, K.; Sankaranarayanan, B. & Ali, S. M. (2023). A systematic review of sustainable business models: Opportunities, challenges, and future research directions. *Decision Analytics Journal*, 8, 100272. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100272>
- Knäble, D.; de Quevedo Puente, E.; Pérez-Cornejo, C. & Baumgärtler, T. (2022). The impact of the circular economy on sustainable development: A European panel data approach. *Sustainable Production and Consumption*, 34, pp. 233-243. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.016>
- Kyriakopoulou, D.; Kyriacou, G. & Pearson, N. (12 de junio de 2023). *How does climate change impact on international trade?* Grantham Research Institute, London School of Economics and Political Science. <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/how-does-climate-change-impact-on-international-trade/>
- Lebdioui, A. (25 de mayo de 2022). *Latin American trade in the age of climate change: Impact, opportunities and policy options*. Canning House Research Forum. <https://www.canninghouse.org/canning-insights/latin-american-trade-in-the-age-of-climate-change-impact-opportunities-and-policy-options>
- Liu, Z.; Deng, Z.; Davis, S.; Giron, C. & Ciais, P. (2022). Monitoring global carbon emissions in 2021. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(4). <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00285-w>
- Llanos-Encalada, M., Correa-Vaca, A. M., & Calderón-Cisneros, J. (2024). Economía circular y sus prácticas en la región andina. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(107), pp. 1072-1092. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.107.5>

- Lozano-Povis, A.; Alvarez-Montalván, C. E. & Moggiano-Aburto, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), pp. 101-108. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Mallick, R.; Dwivedi, K. & Rai, S. (2024). Bioeconomy: A sustainable approach for biomass waste management. In *Valorization of Biomass Wastes for Environmental Sustainability: Green Practices for the Rural Circular Economy*. Elsevier.
- McGrath, M. (19 de febrero de 2021). *US rejoins Paris accord: Biden's first act sets tone for ambitious approach*. BBC News. <https://www.bbc.com/news/science-environment-55732386>
- Mengyuan, L.; Murayama, T.; Nishikizawa, S. & Suwanteep, K. (2025). Development of an ESG evaluation framework for China's energy industry using the PSR-AHP model. *Energy for Sustainable Development*, 76, 101331. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2025.101331>
- Mesa, J. A.; Sierra-Fontalvo, L.; Ortegón, K. & Gonzalez-Quiroga, A. (2024). Advancing circular bioeconomy: A critical review and assessment of indicators. *Sustainable Production and Consumption*, 46, pp. 324-342. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.03.006>
- Michelutti, N.; Wolfe, A. P.; Cooke, C. A.; Hobbs, W. O.; Vullie, M. & Smol, J. P. (2015). Climate change forces new ecological states in tropical Andean lakes. *PLoS ONE*, 10(2), e0115338. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115338>
- Munshi, I. D. & Mani, I. (2025). Mechanism of circular bioeconomy. In *Sustainable Waste Management Towards Circular Bioeconomy*. Elsevier.
- Muscat, A.; de Olde, E. M.; Ripoll-Bosch, R.; Van Zanten, H. H. E.; Metz, T. A. P.; Termeer, C. J. A. M.; van Ittersum, M. K. & de Boer, I. J. M. (2021). Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nature Food*, 2, pp. 561-566. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00340-7>
- Nagarajan, D.; Lee, D.-J. & Chang, J.-S. (2021). Circular bioeconomy: An introduction. In *Biomass, Biofuels, Biochemicals*. Elsevier.
- NASA (2024). *What is climate change?* <https://science.nasa.gov/climate-change/what-is-climate-change/>
- Nowicki, P., Kafel, P., & Wojnarowska, M. (2019). The influence of circular economy on quality of life. En *1st International Conference on Quality of Life* (pp. 367-374). Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac. <https://doi.org/10.24874/PES01.02.083>
- Ogwu, M. C.; Kosoe, E. A.; Iyiola, A. O. & Fawole, W. O. (2025). Circular economy approaches in bioeconomy in the Global South. In *Sustainable Bioeconomy Development in the Global South: Volume II*. Springer.
- Oliver-Smith, A. (2014). Climate change adaptation and disaster risk reduction in highland Peru. En *Adapting to Climate Change: Lessons from Natural Hazards Planning*. Springer.
- Ordoñez Olivo, M. L. & Lakner, Z. (2023a). Food security and biofuels in Latin America and the Caribbean region: A data panel analysis on eight countries. *Energies*, 16(4), 1934. <https://doi.org/10.3390/en16041934>
- Ordoñez Olivo, M. L. & Lakner, Z. (2023b). Shaping the knowledge base of bioeconomy sectors development in Latin American and Caribbean countries: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 15(3), 2125. <https://doi.org/10.3390/su15032125>
- Organización Meteorológica Mundial (19 de marzo de 2025). *Un informe de la Organización Meteorológica Mundial documenta la espiral de consecuencias de los eventos meteorológicos y climáticos*. <https://wmo.int/es/news/media-centre/un-informe-de-la-organizacion-meteorologica-mundial-documenta-la-espiral-de-consecuencias-de-los>
- Pajares, E. (2017). Las políticas ambientales en América Latina. Una comprensión a partir de los contextos globales. En E. Toche (Comp.). *Perú hoy: El arte del desgobierno* (Vol. 31, pp. 399-421). Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo.
- Panchal, K. & Singh, V. (2025). An introduction to sustainable circular bioeconomy. In *Sustainable Waste Management Towards Circular Bioeconomy*. Elsevier.

- Parlamento Europeo (19 de abril de 2023). *El Parlamento aprueba una nueva ley para luchar contra la deforestación mundial* [Notas de prensa]. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20230414IPR80129/el-parlamento-aprueba-una-nueva-ley-para-luchar-contra-la-deforestacion-mundial>
- Perez, N. & Waldholz, R. (21 de enero de 2025). *Trump is withdrawing from the Paris Agreement (again), reversing U.S. climate policy*. NPR. <https://www.npr.org/2025/01/21/nx-s1-5266207/trump-paris-agreement-biden-climate-change>
- Pérez-Rincón, M.; Vargas-Morales, J. & Martínez-Alier, J. (2018). Mapping and analyzing ecological distribution conflicts in Andean countries. *Ecological Economics*, 147, pp. 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.019>
- Piñeiro, M. (14 de noviembre de 2012). *Las relaciones entre seguridad alimentaria, cambio climático y comercio internacional*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2056447
- Pink, M. & Józefowska, A. (2025). *The circular bioeconomy: Institutional and production perspectives*. Springer.
- Proestou, M.; Schulz, N. & Feindt, P. H. (2024). A global analysis of bioeconomy visions in governmental bioeconomy strategies. *Ambio*, 53, pp. 376-388. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01958-6>
- Qi, Z.; Liu, F. & Ding, T. (2023). The pollution control effect of regional integration: An empirical study based on Urban Agglomeration Planning in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, pp. 93126-93141. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28984-x>
- Rabassa, J. (2009). Impact of global climate change on glaciers and permafrost of South America, with emphasis on Patagonia, Tierra del Fuego, and the Antarctic Peninsula. En E. M. Latrubesse (Ed.). *Developments in Earth Surface Processes* (Vol. 13, pp. 415-438). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0928-2025\(08\)10019-0](https://doi.org/10.1016/S0928-2025(08)10019-0)
- Rodríguez, A. G.; Rodrigues, M. & Sotomayor, O. (2019). *Towards a sustainable bioeconomy in Latin America and the Caribbean: Elements for a regional vision*. CEPAL
- Sakib, S. M. N. (2023). The role of innovation in driving the bioeconomy: The challenges and opportunities. In *Handbook of Research on Bioeconomy and Economic Ecosystems*. IGI Global.
- Salvador, R.; Pereira, R. B.; Sales, G. F.; Campana, V.; Halog, A. & Francisco, A. C. (2022). Current Panorama, Practice Gaps, and Recommendations to Accelerate the Transition to a Circular Bioeconomy in Latin America and the Caribbean. *Circular Economy and Sustainability*, 2, pp. 281-312. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00131-z>
- Sami, F. & Khan, I. H. (2025). From waste to resource: Embracing the circular economy. In *Adaptive Strategies for Green Economy and Sustainability Policies*. Springer.
- Sasson, A. & Malpica, C. (2018). Bioeconomy in Latin America. *New Biotechnology*, 40(A), pp. 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.007>
- Sehrawat, M.; Nandwani, A.; Rohila, M. & Jain, A. (2025). Redefining consumer behaviour in a circular economy: Strategies for sustainable living. In *Social System Reforms to Achieve Global Sustainability*. Springer.
- Sepúlveda, C. A.; Shultz, C. J. & Peterson, M. (2020). Toward sustainable development for emerging economies: Statistical capacity indicators in Chile and the Andean region. En *Marketization: Theory and Evidence from Emerging Economies*. Emerald.
- Sinkko, T.; Sanyé-Mengual, E.; Corrado, S.; Giuntoli, J. & Sala, S. (2023). The EU bioeconomy footprint: Using life cycle assessment to monitor environmental impacts of the EU bioeconomy. *Sustainable Production and Consumption*, 37, p. 5. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.02.015>
- Srivastav, A. L., Bagherian, A., & Ghosh, D. (2025). The circular bioeconomy: pathways to sustainability and resource optimization. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27, 815–832. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-03060-1>
- Stefanakis, A. & Nikolaou, I. (2021). Circular economy and sustainability. In *Circular Economy and Sustainability: Volume 1: Management and Policy*. Elsevier.

- Torkington, S. (2023, 10 de marzo). *Ucrania: El impacto global de la guerra un año después*. Forum Agenda. <https://es.weforum.org/agenda/2023/03/un-ano-despues-el-impacto-global-de-la-guerra-en-ucrania/>
- Trigo, E. J.; Henry, G.; Sanders, J.; Schurr, U.; Ingelbrecht, I.; Revel, C.; Santana, C. & Rocha, P. (2013). *Towards a Latin America and Caribbean knowledge based bio-economy in partnership with Europe*. Bioeconomy Working Paper 2013-01. https://www.academia.edu/16036288/Towards_bioeconomy_development_in_Latin_America_and_the_Caribbean
- Tsai, F.-M.; Mohamed, A. F.; Bui, T.-D.; Sethanan, K. & Tseng, M.-L. (2025). Sustainable development goal 12 - responsible consumption and production challenges and opportunities in world regions: a data-driven analysis on circular economy practices. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 42(7), pp. 772-818. <https://doi.org/10.1080/21681015.2025.2532419>
- UNCTAD (2021). *BioTrade principles and criteria: Supporting sustainable development through trade in biodiversity-based products and services*. United Nations Conference on Trade and Development.
- Vallejos, M. E.; Covinich, L. G.; Clauser, N. M. & Area, M. C. (2024). Top-value bioproducts selection for the forest biorefinery in the current bioeconomy framework. En R. T. Kapoor, M. Sillanpää, J. Zdarta & M. Rafatullah (Eds.). *Biomass valorization* (pp. 27-43). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8557-5_2
- Van Hoof, B.; Núñez, G. & De Miguel, C. (2023). *Escalamiento de las iniciativas de economía circular en América Latina y el Caribe* (Documentos de Proyectos, LC/TS.2023/39). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Viaggi, D. (2019). Understanding bioeconomy systems: Integrating economic, organisational and policy concepts. In *Bioeconomy for Sustainable Development*. Springer.
- Vijverman, N.; Henkens, B. & Verleye, K. (2019). Engagement and technology as key enablers for a circular economy. In *Handbook of Research on Customer Engagement*. IGI Global.
- Visscher, A. M., Vanek, S., Huaraca, J., Mendoza, J., Ccanto, R., Meza, K., Olivera, E., Scurrah, M., Wellstein, C., Bonari, G., Zerbe, S., & Fonte, S. J. (2024). Traditional soil fertility management ameliorates climate change impacts on traditional Andean crops within smallholder farming systems. *Science of The Total Environment*, 912, Article 168725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168725>
- Vivas, M. A. U.; Amórtegui, L. S. & Guerrero-García-Rojas, H. (2025). Understanding the characteristics of the green, circular and bioeconomy models within the context of sustainable development. *Energy, Sustainability and Society*, 15(1), p. 12. <https://doi.org/10.1186/s13705-025-00412-3>
- Voukkali, I.; Pantelitsa, L. & Zorpas, A. A. (2014). Definitions of sustainability. En *Sustainability behind Sustainability*. Nova Science Publishers.
- Weiher, N.; Mügge, J.; Hahn, I.; Riedelsheimer, T. & Lindow, K. (2025). Towards a sustainable decision framework with harmonized metrics for circularity and life cycle assessment in manufacturing. In S. Fukushige; T. Nonaka; H. Kobayashi; C. Tokoro, & E. Yamasue (Eds.) *EcoDesign for Circular Value Creation: Volume II*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-9076-0_33
- Westmont, V. C. (2021). Of guinea pigs and tourists: Sustainable development, sustainable tourism, and "local food" in Cusco, Peru. *Tourism Planning & Development*, 18(1), 45-67. <https://doi.org/10.1080/21568316.2020.1753107>
- Wright, C. Y., Godfrey, L., Armiento, G., Haywood, L. K., Inglesi-Lotz, R., Lyne, K., & Nayna Schwerdtle, P. (2019). Circular economy and environmental health in low- and middle-income countries. *Globalization and Health*, 15, Article 65. <https://doi.org/10.1186/s12992-019-0501-y>
- Xi, W. & Wenjun, L. (2024). Environmental Law in China. En E. Ghio & R. Perlingeiro (Eds.). *Are Legal Systems Converging or Diverging?* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38180-5_10
- Xiao, R.; Tan, G., Huang, B.; Li, J. & Luo, Y. (2022). Pathways to sustainable development: Regional integration and carbon emissions in China. *Energy Reports*, 8, 5137-5145. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722007624#sec6>
- Yeager, J.; Baquero, R. L. E. & Zarlino, A. (2020). Mediating ethical considerations in the conservation and sustainable biocommerce of the jewels of the rainforest. *Journal for Nature Conservation*, 54, 125795. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125795>

Yeager, J.; Scarpetta Gonzalez, J. M. & Shepack, A. (2024). Can sustainable biocommerce continue to support conservation, or will the captive breeding of offspring be its Achilles heel? *Ecological Solutions and Evidence*, 5(1), e12233. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12233>

Zarauz, I.; Sanz-Hernández, A. & Rivera-Lirio, J. M. (2025). Social sustainability in a good bioeconomy paradigm: A systematic review of social life cycle assessment (S-LCA). *Journal of Cleaner Production*, 430, 139789. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.139789>

Zhou, G. & Ren, Y. (2005). The development pattern and policy framework of circular economy in China. *Proceedings of the Fourth International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign 2005)*.

Declaración sobre uso de herramientas de Inteligencia Artificial

El presente artículo fue escrito íntegramente por el autor. Empero, se usaron motores de búsqueda y bases de datos que potencialmente podrían estar impulsados por inteligencia artificial. Luego de utilizar las herramientas mencionadas, el autor ha revisado y verificado la validez de la información y los autores citados, por lo que asume plena responsabilidad de los contenidos publicados.

Declaración de posibles conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Rol de cada autor en la investigación según la clasificación (CRediT)

- **Alan Fairlie**
Conceptualización, metodología, supervisión, administración del proyecto, redacción del borrador original, revisión y edición final.
- **Ariana Alejandra Figueroa Cornejo**
Investigación, análisis formal, visualización, redacción de secciones del manuscrito.

Alan Fairlie

Doctor en Gestión Estratégica por el Consorcio de Universidades. Magíster en Comercio Internacional y Desarrollo por el Instituto Torcuato Di Tella y magíster en Política y Gestión Universitaria por la PUCP. Licenciado en Economía por la PUCP. Profesor Principal del Departamento de Economía de la PUCP. Exdirector de la Maestría en Biocomercio y Desarrollo Sostenible. Coordinador para el Área Andina de la Red Latinoamericana de Política Comercial (LATN). Chair de la Sección UE-AL de LASA. Exdecano de la Facultad de Ciencias Sociales de la PUCP (2011-2016). Ex Parlamentario Andino (2016-2021).

Correo: afairli@pucp.edu.pe

Ariana Alejandra Figueroa Cornejo

Economista egresada de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), con experiencia en investigación y gestión. Se ha desempeñado como asistente de investigación en la Maestría en Biocomercio y Desarrollo Sostenible de la PUCP y en el Departamento de Economía de la misma universidad. Es miembro del Grupo de Investigación TINKUY: Energía, Territorio y Cambio Climático y de la Asociación Peruana de Estudios Internacionales.

Correo: a20191669@pucp.edu.pe

Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente.

N° 17 enero – junio 2026. E-ISSN: 2709 – 3689

Cómo citar: Fairlie Reinoso, A., & Figueroa Cornejo, A. A. Bioeconomía circular y gobernanza climática en la región andina: fundamentos para un Pacto Verde Andino. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (17), A-014. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202601.A014>

