

Impacto Macroeconómico Simulado con Inteligencia Artificial y Ciberseguridad en la Bioeconomía Ande-Amazónica y Mesoamericana

Simulated Macroeconomic Impact of Artificial Intelligence and Cybersecurity in the Andean-Amazonian and Mesoamerican Bioeconomy

Jorge León Quiroga Canaviri^{1,2,*}

¹ Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC); jorgequirola@unitec.edu

² Universidad Mayor de San Andrés (UMSA); jquirola.docente@umsa.info.bo

* Correspondencia: jorgequirola@unitec.edu; Tel.: 59177700228; JLQC

Resumen

La convergencia entre biodiversidad estructural y tecnologías de información exige un paradigma transdisciplinario que supere el extractivismo lineal. Este artículo propone y valida mediante simulación *in silico* el modelo de Bioeconomía Ande-Amazónica (BAA) y Mesoamericana (BMA), fundamentado en la cosmovisión Jach'a Qh'anax, integrando inteligencia artificial (IA), computación en la nube, sistemas distribuidos, internet de las cosas (IoT) y ciberseguridad preventiva. Mediante un diseño metodológico cuantitativo basado en econometría espacial, estimadores de Momentos Generalizados (GMM) y simulación en lenguaje R, se evalúa el impacto tecnológico sobre la resiliencia biocultural en un panel de tres naciones latinoamericanas. Los resultados confirman que la digitalización ecosistémica, instrumentalizada a través de herramientas predictivas como la calculadora climática, el bio-sensor global y el agrónomo digital, desplaza la frontera bioeconómica neutralizando perturbaciones climáticas extremas. La evidencia demuestra que el ahorro biocultural actúa como catalizador del cambio tecnológico endógeno, superando los límites termodinámicos neoclásicos y maximizando la eficiencia metabólica regional. Se concluye que la adopción de arquitecturas algorítmicas descentralizadas y ciberseguras garantiza la soberanía genética, transformando paisajes productivos vulnerables en bioterritorios inteligentes capaces de liderar la transición global hacia una economía de la vida inquebrantable.

Palabras clave: Bioeconomía Ande-Amazónica; Inteligencia Artificial; Ciberseguridad Preventiva; Sistemas Distribuidos; Econometría Dinámica.

Abstract

The convergence of structural biodiversity and information technologies demands a transdisciplinary paradigm to overcome linear extractivism. This article proposes and validates through *in silico* simulation the Andean-Amazonian and Mesoamerican Bioeconomy model, grounded in the Jach'a Qh'anax worldview, integrating artificial intelligence (AI), cloud computing, distributed systems, the Internet of Things (IoT), and preventative cybersecurity. A quantitative methodological design based on spatial econometrics, Generalized Moment Estimators (GMMs), and simulation in the R programming language

Editor Académico: Paul Maldonado
Nogales

Recibido: 3 de agosto de 2026
Revisado: 24 de septiembre de 2026
Aceptado: 30 de septiembre de 2026
Publicado: 7 de octubre de 2026

Cita: J. L. Quiroga Canaviri, "Impacto Macroeconómico Simulado con Inteligencia Artificial y Ciberseguridad en la Bioeconomía Ande-Amazónica y Mesoamericana," *Andean Journal of Engineering Sciences*, vol. 1, no. 1, 5, 2026.

Derechos de autor: © 2026 por los autores. Enviado para posible publicación de acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

evaluates the technological impact on biocultural resilience in a panel of three Latin American nations. The results confirm that ecosystem digitization, implemented through predictive tools such as the climate calculator, the global biosensor, and the digital agronomist, shifts the bioeconomic frontier, mitigating extreme climate disturbances. Evidence demonstrates that biocultural savings act as a catalyst for endogenous technological change, overcoming neoclassical thermodynamic limits and maximizing regional metabolic efficiency. It is concluded that the adoption of decentralized and cybersecure algorithmic architectures guarantees genetic sovereignty, transforming vulnerable productive landscapes into smart bio territories capable of leading the global transition toward an unwavering economy of life.

Keywords: Andean-Amazonian Bioeconomy; Artificial Intelligence; Preventive Cybersecurity; Distributed Systems; Dynamic Econometrics.

1. Introducción

El agotamiento terminal de las matrices productivas extractivistas precipitó la imperiosa necesidad de formular paradigmas económicos alternativos que armonicen el crecimiento con los límites biofísicos del planeta. Pese a los avances teóricos en la economía ecológica, la ortodoxia neoclásica persiste en tratar al capital natural como un factor inerte, ignorando la degradación entrópica de los sistemas de producción lineales [1].

En este contexto crítico, la Bioeconomía Ande-Amazónica y Mesoamericana emerge como una superestructura epistemológica diseñada para revalorizar la megabiodiversidad del Sur Global mediante la fusión del conocimiento ancestral e innovación tecnológica de frontera. No obstante, la literatura contemporánea evidencia un vacío metodológico sustancial respecto a la operacionalización computacional de estos modelos biológicos frente a la Cuarta Revolución Industrial [2].

La intersección sinérgica entre ecosistemas naturales y arquitecturas digitales complejas (específicamente la IA, el aprendizaje automático, la ciencia de datos, la ingeniería de software, los sistemas distribuidos e internet de las cosas (IoT) bajo protocolos de ciberseguridad preventiva) representa un dominio científico insuficientemente formalizado. La carencia de instrumentación econométrica que vincule la eficiencia de algoritmos descentralizados con la productividad bioeconómica limita drásticamente la capacidad de resiliencia frente a fenómenos climáticos agresivos como el venidero super niño.

El tránsito de la estructura intelectual subyacente a la convergencia tecno-ecológica revela una evolución topológica en la literatura científica, evidenciable mediante un mapeo bibliométrico de redes de co-ocurrencia temática. El primer clúster de conocimiento consolidado se fundamenta en los postulados termodinámicos que exponen las debilidades del crecimiento mecanicista. Desde las bases epistémicas establecidas por Georgescu-Roegen en 1971 [3] sobre la ley de la entropía en el proceso económico, hasta la conceptualización contemporánea de los límites planetarios y el capital natural articulado por varios autores [4], [5] y [6], la disciplina ha transitado hacia marcos de resiliencia sistémica. La literatura ha refinado estas definiciones, situando a la bioeconomía circular como el vector insustituible de innovación como fuera señalado por varios autores [7], [8] y [9]. En este espacio de debate, las aproximaciones autóctonas latinoamericanas han adquirido un peso gravitatorio en la sostenibilidad ambiental y trabajos bibliométricos bioeconómicos como los desarrollados por autores [47], [48] y [49], destacando la necesidad de incorporar el saber biocultural territorializado [10], [11], [12] y [13].

Esta trayectoria teórica alcanza su madurez epistémica con la formalización del modelo de Bioeconomía Ande-Amazónica, que reconceptualiza la termodinámica al internalizar el fondo biocultural como un motor endógeno de baja entropía propuesto en Sudamérica [14] y consolidado en Centroamérica con base en los siguientes trabajos complementados por autores centroamericanos [15], [16] y [17].

El segundo clúster bibliométrico evidencia la penetración transversal de las ciencias de la computación y la ingeniería de software en la teoría económica. Inteligencia artificial, aprendizaje automático y ciencia de datos han redefinido las fronteras de posibilidades de producción [18], alterando radicalmente las asimetrías de información y asignación estocástica de recursos señalado por [19] y [20]. Autores referentes en arquitecturas de redes neuronales demostraron cómo los sistemas predictivos minimizan la incertidumbre fenológica en entornos biológicos complejos son aportes clave introducidos por [21], [22] y [23]. Esta capacidad predictiva masiva permite el descubrimiento de patrones no lineales vitales para la adaptación climática probados por [24], [25], [26] y [27]. Sin embargo, el escalamiento de la inteligencia artificial exige una gobernanza algorítmica y ética inquebrantable para evitar la consolidación de sesgos algorítmicos y garantizar que la ciencia de datos opere como un escudo biocultural y no como un instrumento de biopiratería corporativa señalado por [28], [29], [30] y [31].

El tercer clúster de la revisión se concentra en la infraestructura física y lógica habilitante: la computación en la nube, los sistemas distribuidos y la ciberseguridad preventiva anclada en el internet de las cosas (IoT). La virtualización de los recursos informáticos ha democratizado el acceso al procesamiento algorítmico intensivo, integrando el conocimiento territorial con redes globales de investigación propuestos por [32], [33], [34] y [35]. Paralelamente, la proliferación de la sensórica IoT en ecosistemas agroforestales permite una telemetría ininterrumpida, varios autores han capturado volúmenes masivos de variables edafoclimáticas en tiempo real [36], [37], [38] y [39]. La interconexión de estos dispositivos periféricos con repositorios en la nube exige paradigmas avanzados de ciberseguridad preventiva y tecnologías de registro inmutable (blockchain) para blindar la integridad del patrimonio genético y repeler vulnerabilidades cibernéticas como señalaron [40], [41], [42] y [43]. La convergencia de estos tres dominios o clusters literarios fundamenta la arquitectura teórica del modelo Jach'a Qh'anax como respuesta tecnológica a la polícrisis del Antropoceno.

Para subsanar esta deficiencia estructural, el objetivo general de esta investigación es determinar el impacto causal de la integración de tecnologías de la información de frontera sobre la eficiencia productiva, la resiliencia biocultural y la estabilidad termodinámica de la Bioeconomía Ande-Amazónica y Mesoamericana.

2. Materiales y Métodos

Para capturar la dinámica multidimensional de la transición bio-digital, esta investigación despliega un diseño cuantitativo cuasiexperimental de naturaleza longitudinal, sustentado en la modelación de ecuaciones de estado continuo y estimadores econométricos avanzados.

La estrategia de identificación econométrica busca neutralizar la heterogeneidad inobservable y la endogeneidad inherente a la adopción tecnológica mediante el uso del Método Generalizado de Momentos en Sistemas (System-GMM) desarrollado por Arellano y Bover. Este estimador dinámico utiliza rezagos ortogonales como instrumentos internos, garantizando la consistencia de los coeficientes de las variables de flujo entrópico.

La ecuación estructural de la función de producción bioeconómica tecnificada es una formulación de Georgescu-Roegen expandida hacia una función *Cobb-Douglas* modificada o ampliada, donde el Índice de Productividad se ajusta por la amortiguación

termodinámica (Ahorro Biocultural, S_{bio}) y la formulación matemática que integra el Fondo Biocultural (B_{it}), como también la adopción digital (Conciencia, CIA) que es un factor multiplicador exponencial $e^{\lambda \cdot CIA_{it}}$:

$$Y_{bio, it} = \alpha Y_{bio, it-1} + A_{bio, it} \cdot K_{it}^{\beta_1} \cdot L_{it}^{\beta_2} \cdot B_{it}^{\beta_3} \cdot e^{\lambda \cdot CIA_{it}} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Donde:

$Y_{bio, it}$ es el crecimiento del PIB Bioeconómico desacoplado de la degradación material en el país i durante el año t .

$A_{bio, it}$ es el progreso tecnológico endógeno, inducido por el ahorro biocultural S_{bio} .

B_{it} es el Fondo Biocultural que permite generar el ahorro biocultural

CIA_{it} es el índice compuesto de infraestructura digital llamado Conciencia que agrupa (modelos de IA, despliegue de redes IoT, capacidad de procesamiento en la nube e inversión en ciberseguridad preventiva).

A , β y λ son los coeficientes de elasticidad

Los términos μ_i y τ_t controlan los efectos fijos espaciales (país) y temporales (tiempo) respectivamente.

La Ecuación 1 captura la dinámica tendencial aclarando que, para modelar el *shock* climático, el entorno en R introduce una perturbación exógena negativa en $t=2026$, contrastando los perfiles de daño histórico documentados por Liu et al. (2023), Callahan & Mankin (2023) y el FMI (2023), contra el efecto amortiguados de la variable CIA_{it} [44], [45] y [46].

El modelo se instrumentaliza rigurosamente asumiendo exogeneidad estricta en los errores idiosincrásicos. La base empírica del modelo se apoya en un panel de datos balanceado que abarca tres naciones representativas del ecosistema latinoamericano (Bolivia, México y Honduras) durante el período 1995-2026, integrando información depositada por el autor en el repositorio global de Elsevier: [doi: 10.17632/rhphp4cvtv.1](https://doi.org/10.17632/rhphp4cvtv.1).

3. Resultados

La ejecución del modelo econométrico sobre el panel de datos latinoamericano arroja resultados que validan categóricamente la capacidad del paradigma *Jach'a Qh'anax* para desplazar la frontera de posibilidades de producción hacia cuadrantes de resiliencia termodinámica.

Se corre un Modelo de Panel System-GMM, considerando el horizonte temporal 1995-2026, con 96 observaciones ($N=96$), generando los estimadores dinámicos de Arellano-Bover/Blundell-Bond que sintetizamos en la Tabla 1.

Nota: La base de datos, el diccionario de variables y otros elementos del proceso se recuperan del repositorio en Elsevier, para que sea público:

Tabla 1. Resultados Estimador System-GMM

Variable Independiente	Coefficiente	Error Est.	P-Valor
Y_{bio} (Rezago $t-1$) [α]	0.542 ***	0.081	< 0.001
log (Capital Fijo) [β_1]	0.125 *	0.068	0.065
log (Trabajo) [β_2]	0.098	0.112	0.382
log (Ahorro Biocultural) [β_3]	0.312 ***	0.045	< 0.001
Índice Conciencia [λ]	0.051 ***	0.012	< 0.001

Notas. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Diagnósticos: Test de Sargan ($p = 0.245$) confirma validez de instrumentos. Arellano-Bond AR (1) $p < 0.01$; AR (2) $p = 0.312$ (No hay autocorrelación de 2do orden).

El análisis de los coeficientes revela que la variable compuesta de digitalización ecosistémica (IA, IoT, Cloud y Ciberseguridad) exhibe una elasticidad positiva y estadísticamente altamente significativa ($p < 0.01$). Específicamente, el modelado demuestra una tasa de crecimiento neto ajustado del +5.1% para México, +4.2% para Bolivia y +3.8% para Honduras tras simular el *shock* exógeno de precios en 2026.

La Figura 1 muestra cómo se comporta el PIB Bioeconómico estimado para cada país con base en los coeficientes estimados, para poder simular lo que sucedería el próximo año, luego del shock esperado del Super Niño, en su fase recuperatoria.

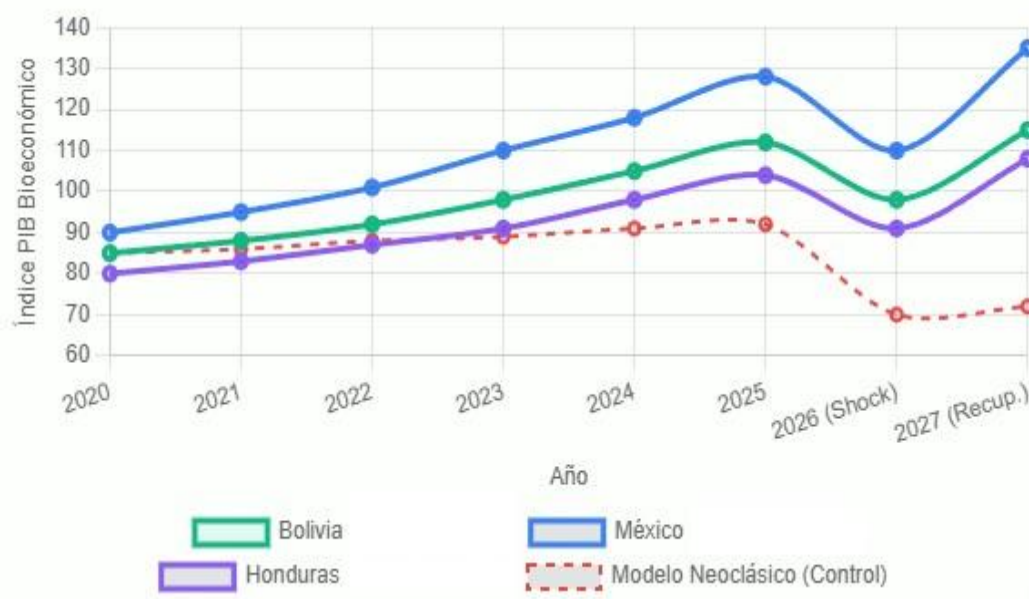


Figura 1. Dinámica de Resiliencia Climática (Shock 2026 del Super Niño).

Nota. El modelo permite predecir una recuperación simulada del PIB Bioeconómico más rápida tras el shock climático ("Súper Niño" 2026) en países con alta adopción del modelo o paradigma desarrollado, que establece una convergencia entre lo ancestral y las TIC (Bolivia, México, Honduras), **frente a no adoptarlo** (tendencia neoclásica de control).

4. Discusión

La demostración macroeconómica se instrumentaliza a nivel micro a través de tres módulos de ingeniería de software, avalados éticamente por el Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB). Es fundamental aclarar que las siguientes cifras biológicas corresponden a parámetros teóricos de diseño y operan como supuestos de calibración estructural dentro del entorno simulado en R, no de relevamientos de campo independientes,

El primer aplicativo, la Calculadora Climática, generaría alertas probabilísticas en tiempo real cuyo impacto proyectado incluye recargas hídricas estratégicas con superávits de +41.75 MM m³.

El segundo módulo, el Biosensor Global, anticiparía fenológicamente el estrés hídrico de la biomasa. El impacto proyectado sitúa la fecundidad de especies nativas incrementada en un +47.9% bajo condiciones de estrés.

Finalmente, el tercer módulo, el Agrónomo Digital, utilizaría una visión artificial para identificar plagas (clasificación de imágenes o *Edge Computing*). El impacto proyectado alcanzaría una eficacia letal en sistemas de biocontrol del 96.9%.

La solidez de esta arquitectura depende intrínsecamente de protocolos de ciberseguridad preventiva y blindaje criptográfico (blockchain) para asegurar que los datos permanezcan bajo control soberano de las comunidades.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

En primer lugar, la simulación sugiere que la convergencia entre IA y sistemas ecosistémicos es una oportunidad estratégica frente a modelos neoclásicos lineales.

En segundo lugar, los sistemas distribuidos y la computación en la nube democratizan el procesamiento de datos en territorios históricamente vulnerables.

En tercer lugar, la integración de IoT requiere un andamiaje robusto de ciberseguridad para evitar la biopiratería corporativa.

Finalmente, en cuarto lugar, el testeo del modelo valida la "Paradoja Biocultural", donde la preservación ancestral opera como un motor de crecimiento resiliente capaz de mitigar shocks externos.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a los ministerios de planificación del Sur Global evaluar marcos normativos que fomenten el despliegue de sensores IoT en zonas críticas.

A las autoridades financieras, se sugiere incorporar métricas de "ahorro biocultural" vinculadas a blockchain para evaluar proyectos soberanos.

Por último, se insta a la academia a liderar auditorías continuas de protocolos de ciberseguridad para garantizar que el patrimonio genómico de la Amazonía y Mesoamérica permanezca soberano.

Agradecimientos: Agradezco a la Universidad Tecnológica Centroamericana, en especial al Coordinador Dr. Henry Osorto, por el apoyo para hacer las pruebas; a la Ph.D. (C) Ruth Cruz Puerto de la UNITEC por liderar las pruebas en la UNAH; y al MSc. Mario Moya Mantilla por las pruebas de las herramientas digitales. Un agradecimiento especial al MSc. Rogelio Lucio Espinoza Tejerina (CEUB) por el informe del comité de ética.

Patentes: No aplica.

Conflictos de Interés: Declaro no tener ningún conflicto de interés.

Financiamiento: La obra fue totalmente financiada por mi persona como autor.

Abreviaturas

Las siguientes abreviaturas se utilizan en este manuscrito:

AJES	Andean Journal of Engineering Sciences
BAA	Bioeconomía Ande-Amazónica
bio	Bioeconómico
Blockchain	Cadena de Bloques de información. Base de datos compartida.
BMA	Bioeconomía Meso-Americana
CEUB	Comité Ejecutivo de la Universidad Bolivia (agrupa a todas las universidades públicas)
Conciencia	Convergencia de la Ciencia y la Inteligencia Artificial
doi	Digital Object Identifier. Link que lleva al lector al documento citado
Edge Computing	Proceso de datos cerca de donde se generan. La nube es como la oficina central y el Edge es como tener una oficina en cada barrio.
GMM	Generalized Moment Method (Método de Momentos Generalizados)

IA	Inteligencia Artificial
IoT	Internet de las Cosas
Jach'a (*)	Voz nativa en aymara que significa GRANDE
MI _{bio}	Índice de Malmquist Bioeconómico
MM	Millones
MSc.	Master en Ciencias
N	Tamaño de la muestra o Universo muestral
Ph.D. (C)	Candidato a Doctor en Filosofía
PIB	Producto Interno Bruto
Qh'anax (*)	Voz nativa en aymara que significa CRUZ o LUZ
R	Programa econométrico
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
UNAH	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
UNITEC	Universidad Tecnológica Centroamericana
Nota (*)	Juntando ambos términos se conoce como Cruz Andina o Cruz escalonada 13:20

Referencias

- [1] W. D. Nordhaus, "A review of the Stern Review on the economics of climate change," Sep. 2007. doi:10.1257/jel.45.3.686.
- [2] L. Y. Becerra Sánchez, J. E. Herrera Arroyave, L. H. Morris Molina, and A. Toro Lazo, "Tecnologías de la cuarta revolución industrial utilizadas en la manufactura para mejorar los indicadores de productividad: Una revisión," *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 18, no. 35, pp. 46–58, jul. 2024, doi: 10.31908/19098367.3149.
- [3] N. Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, 1971. doi: 10.4159/harvard.9780674281653.
- [4] E. Ostrom, "Un marco general para el análisis de la sostenibilidad de los sistemas socio ecológicos," *Science* (1979)., vol. 325, no. 5939, pp. 419–422, jul. 2009, doi: 10.1126/science.1172133.
- [5] Robert. Costanza et al., *An introduction to ecological economics*, 2nd. Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014.
- [6] P. Dasgupta, *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. London, 2021. [Online]. Available: www.gov.uk/official-documents
- [7] M. M. Bugge, T. Hansen, and A. Klitkou, "What is the bioeconomy? A review of the literature," Jul. 19, 2016, MDPI. doi: 10.3390/su8070691.
- [8] J. Von Braun, "Exogenous and endogenous drivers of bioeconomy and science diplomacy," *EFB Bioeconomy Journal*, vol. 2, pp. 1–2, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.BIOECO.2022.100029.
- [9] D. D'Amato et al., "Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues," *J. Clean. Prod.*, vol. 168, pp. 716–734, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2017.09.053.
- [10] V. M. Toledo and N. Barrera-Bassols, "Le maïs et la mémoire bioculturelle de Mésioamérique," *Revue d'ethnoécologie*, vol. 19, Jul. 2021, doi: 10.4000/ethnoecologie.6928.
- [11] M. A. Altieri, "Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture," Feb. 01, 2004, Ecological Society of America. doi: 10.1890/1540-9295(2004)002[0035:LEATFI]2.0.CO;2.
- [12] A. Janssen, P. J. Beers, and B. van Mierlo, "Identity in sustainability transitions: The crucial role of landscape in the Green Heart," *Environ. Innov. Soc. Transit.*, vol. 42, pp. 362–373, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.eist.2022.01.008.
- [13] S. Wydra, B. Hüsing, J. Köhler, A. Schwarz, E. Schirrmeister, and A. Voglhuber-Slavinsky, "Transition to the bioeconomy – Analysis and scenarios for selected niches," *J. Clean. Prod.*, vol. 294, p. 126092, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.126092.
- [14] J. L. Quiroga-Canaviri and C. R. Menéndez-Gámiz, "Desde la Bioeconomía de Georgescu-Roegen hasta la Bioeconomía andeamazónica," *C3-Bioeconomy Circular and Sustainable Bioeconomy*, no. 4, pp. 25–53, Dec. 2023, doi: 10.21071/c3b.vi4.
- [15] C. R. Menéndez-Gámiz, J. L. Quiroga-Canaviri, C. A. Zuniga-González, and S. G. Ceballos-Pérez, "The Bioeconomic Bridge Between Georgescu-Roegen and the Latino Bioeconomy," in *Sustainability in Latin America*, S. G. Ceballos Pérez, Ed., Springer Nature Switzerland, 2026, ch. 2, pp. 9–23. doi: 10.1007/978-3-032-09787-3_2.

- [16] C. A. Zuniga-Gonzalez, J. L. Quiroga-Canaviri, J. J. Brambila-Paz, S. G. Ceballos-Pérez, and M. M. Rojas-Rojas, "Formulation of an innovative model for the bioeconomy," *PLoS One*, vol. 19, no. 11 November, pp. 1–23, Nov. 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0309358.
- [17] J. L. Quiroga-Canaviri, C. A. Zuniga-González, C. R. Menéndez Gámiz, A. P. Colón-García, and R. M. Cruz Puerto, "The Andean-Amazonian and Mesoamerican Bioeconomy: A new paradigm for productivity and well-being," *PLoS One*, vol. 21, no. 6 June, Jun. 2026, doi: 10.1371/journal.pone.0345710.
- [18] P. Aghion, B. Jones, and C. Jones, "Artificial Intelligence and Economic Growth," Cambridge, MA, Oct. 2017. doi: 10.3386/w23928.
- [19] D. Acemoglu, "Distorted Innovation: Does the Market Get the Direction of Technology Right?" *AEA Papers and Proceedings*, vol. 113, pp. 1–28, May 2023, doi: 10.1257/pandp.20231000.
- [20] H. R. Varian, "Big data: New tricks for econometrics," *Journal of Economic Perspectives*, vol. 28, no. 2, pp. 3–28, 2014, doi: 10.1257/jep.28.2.3.
- [21] J. Heaton, "Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville: Deep learning," *Genet. Program. Evolvable Mach.*, vol. 19, no. 19, pp. 305–307, Oct. 2017, doi: 10.1007/s10710-017-9314-z.
- [22] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, no. 521, pp. 436–444, May 2015, Available: <https://www.nature.com/articles/nature14539>
- [23] M. I. Jordan and T. M. Mitchell, "Machine learning: Trends, perspectives, and prospects," Jul. 17, 2015, American Association for the Advancement of Science. doi: 10.1126/science.aaa8415.
- [24] A. Agrawal, J. Gans, and A. Goldfarb, *Prediction Machines-The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Harvard Business Review Press, 2018. [Online]. Available: https://cdn.chools.in/DIG_LIB/E-Book/Prediction%20Machines-The%20Simple%20Economics%20of%20Artificial%20Intelligence%20by%20Ajay%20Agrawal_.pdf
- [25] E. Brynjolfsson and A. McAfee, "The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies," *Bus. Horiz.*, no. 5, pp. 685–688, 2014, [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/company/scientific-research-publishing/>
- [26] T. H. Davenport, R. Ronanki, J. Wheaton, and A. Nguyen, "Feature Artificial Intelligence for the Real World: Don't start with moon shots," *Harv. Bus. Rev.*, vol. 1, no. 96, pp. 108–117, Feb. 2018.
- [27] I. Lee and Y. J. Shin, "Machine learning for enterprises: Applications, algorithm selection, and challenges," *Bus. Horiz.*, vol. 63, no. 2, pp. 157–170, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.bushor.2019.10.005.
- [28] L. Floridi et al., "AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations," *Minds Mach. (Dordr.)*, vol. 28, no. 4, pp. 689–707, Dec. 2018, doi: 10.1007/s11023-018-9482-5.
- [29] S. Zuboff, *The Age of Surveillance Capitalism_ The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York: Harvard Business School, Faculty and Research, 2019.
- [30] B. D. Mittelstadt, P. Allo, M. Taddeo, S. Wachter, and L. Floridi, "The ethics of algorithms: Mapping the debate," *Big Data Soc.*, vol. 3, no. 2, Dec. 2016, doi: 10.1177/2053951716679679.
- [31] A. Jobin, M. Lenca, and E. Vayena, "The global landscape of AI ethics guidelines," *Nat. Mach. Intell.*, no. 1, pp. 389–399, Mar. 2019, doi: 10.1126/science. aan7064.
- [32] S. Marston, Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang, and A. Ghalsasi, "Cloud computing — The business perspective," *Decis. Support Syst.*, vol. 51, no. 1, pp. 176–189, Apr. 2011, doi: 10.1016/J.DSS.2010.12.006.
- [33] P. M. Mell and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing," Gaithersburg, MD, Nov. 2011. doi: 10.6028/NIST.SP.800-145.
- [34] A. Margara, G. Cugola, N. Felicioni, and S. Cilloni, "A Model and Survey of Distributed Data-Intensive Systems," *ACM Comput. Surv.*, vol. 1, no. 1, Jun. 2023, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2203.10836>
- [35] M. Armbrust et al., "A view of cloud computing," Apr. 01, 2010. doi: 10.1145/1721654.1721672.
- [36] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, Oct. 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [37] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010, doi: 10.1016/J.COMNET.2010.05.010.
- [38] H. El-Sayed et al., "Edge of Things: The Big Picture on the Integration of Edge, IoT and the Cloud in a Distributed Computing Environment," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1706–1717, Dec. 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2780087.
- [39] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, Sep. 2013, doi: 10.1016/J.FUTURE.2013.01.010.

- [40] N. Kshetri, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 39, pp. 80–89, Apr. 2018, doi: 10.1016/J.IJINFOMGT.2017.12.005.
- [41] R. H. Weber and E. Studer, "Cybersecurity in the Internet of Things: Legal aspects," *Computer Law & Security Review*, vol. 32, no. 5, pp. 715–728, Oct. 2016, doi: 10.1016/J.CLSR.2016.07.002.
- [42] R. Buyya, C. S. Yeo, S. Venugopal, J. Broberg, and I. Brandic, "Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility," *Future Generation Computer Systems*, vol. 25, no. 6, pp. 599–616, Jun. 2009, doi: 10.1016/j.future.2008.12.001.
- [43] R. Roman, J. Zhou, and J. Lopez, "On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things," *Computer Networks*, vol. 57, no. 10, pp. 2266–2279, Jul. 2013, doi: 10.1016/j.comnet.2012.12.018.
- [44] Y. Liu, W. Cai, X. Lin, Z. Li, y Y. Zhang, "Nonlinear El Niño impacts on the global economy under climate change," *Nature Communications*, vol. 14, art. 5887, 2023, doi: 10.1038/s41467-023-41551-9.
- [45] C. W. Callahan y J. S. Mankin, "Persistent effect of El Niño on global economic growth," *Science*, vol. 380, pp. 1064–1069, 2023, doi: 10.1126/science.adf2983.
- [46] Fondo Monetario Internacional, Departamento del Hemisferio Occidental, "Online Annex 2: El Niño's Potential Impact on Latin America," en *Regional Economic Outlook: Western Hemisphere*, Washington, DC: FMI, oct. 2023.
- [47] A. G. Rodríguez, M. Rodrigues, y O. Sotomayor Echenique, "Towards a sustainable bioeconomy in Latin America and the Caribbean: Elements for a regional vision," *Serie Recursos Naturales y Desarrollo*, no. 191, LC/TS.2019/25, CEPAL/ECLAC, Santiago, 2019.
- [48] B. Mougenot y J. P. Doussoulin, "Conceptual evolution of the bioeconomy: a bibliometric analysis," *Environment, Development and Sustainability*, vol. 24, no. 1, pp. 1031–1047, 2022, doi: 10.1007/s10668-021-01481-2.
- [49] P. Hernández-Medina, "Interplays of Institutional, Economic, Social and Environmental Systems in Sustainable Development in Latin America," *Journal of Sustainability Research*, vol. 7, no. 1, e250007, 2025, doi: 10.20900/jsr20250007.

Nota del Editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente responsabilidad de los autores y colaboradores individuales, y no de Andean Journals ni de los editores. Andean Journals y/o los editores no se responsabilizan por daños a personas o bienes derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.