




Zuniga-Gonzalez, C.A; López, M.R; Icabalceta, J.L; Vivas-Viachica, E.A.; Blanco-Orozco, N.V.; Editora Académica Prof. M.Sc Adelfa Patricia Colón-García

 C.A Zuniga-Gonzalez  
czuniga@ct.unanleon.edu.ni  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.  
Nicaragua, Nicaragua

 M.R López  
mariolopez2005@gmail.com  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,  
Managua., Nicaragua

J.L Icabalceta  
jlim@jorgeicabalceta.com  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,  
Managua, Nicaragua

 E.A. Vivas-Viachica  
elgin.vivas@gmail.com  
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua

 N.V. Blanco-Orozco  
napoleon.blanco@fec.uni.edu.ni  
Universidad Nacional de Ingeniería., Nicaragua  
Editora Académica Prof. M.Sc Adelfa Patricia  
Colón-García  
Universidad Nacional Autónoma de Honduras.  
CURLA, Honduras

#### Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua  
ISSN-e: 2410-7980  
Periodicidad: Semestral  
vol. 8, núm. 15, 2022  
[czuniga@ct.unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@ct.unanleon.edu.ni)

Recepción: 13 Diciembre 2021  
Aprobación: 09 Abril 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943064002/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.13986>

Autor de correspondencia: [czuniga@ct.unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@ct.unanleon.edu.ni)

**Resumen:** La presente investigación se centró en estudiar (“logos”) los fundamentos y métodos del conocimiento (“episteme”) científico de la Bioeconomía. Se utilizó la metodología del enfoque epistemológico que explora la coherencia interna de los razonamientos que llevan a la creación de conocimiento, la utilidad de sus metodologías teniendo en cuenta sus objetivos, los contextos históricos en los que aparecieron esas segmentos de discernimiento y el modo en el que influyeron en su elaboración, y las limitaciones y utilidades de ciertas formas de investigación y de ciertos conceptos, entre otras cosas. Los resultados de la revisión literaria evidencian que el la biomasa residual (microbiana, vegetal o animal) de una potencial reconfiguración tecnológica de la bioeconomía que está cristianizando la investigación, la innovación y la tecnología. En esta transformación la academia juega un rol fundamental con sus investigadores, técnicos, especialistas en laboratorios que de manera innovadora (exosomática) utilizan la biomasa residual para generar productos y servicios amigables con el medio ambiente, manteniendo la eficiencia intacta con un producto útil socialmente (entropía baja).

**Palabras clave:** Biomasa, Economía Bio-basada, Termodinámica, Entropía, Modelo bioeconómico.

**Abstract:** This research focused on studying (“logos”) the foundations and methods of scientific knowledge (“episteme”) of the Bioeconomy. The methodology of the epistemological approach was used, which explores the internal coherence of the reasoning that leads to the creation of knowledge, the usefulness of its methodologies taking into account its objectives, the historical contexts in which these discernment segments appeared, and the way in which that influenced its elaboration, and the limitations and uses of certain forms of research and of certain concepts, among other things. The results of the literature review show that the residual biomass (microbial, plant, or animal) of a potential technological reconfiguration of the bioeconomy is Christianizing research, innovation, and technology. In this transformation, the academy plays a fundamental role with its researchers, technicians, and laboratory specialists who in an innovative way (exosomatically) use residual biomass to generate environmentally friendly products and services, keeping efficiency intact with a socially useful product ( low entropy)

**Keywords:** Biomass, Bio-based Economy, Thermodynamics, Entropy, Bioeconomic model.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centró en estudiar los fundamentos y métodos del conocimiento científico de la bioeconomía. Esta revisión se focalizó en analizar la validez del proceso de creación de conocimiento sobre la bioeconomía. El tema de la bioeconomía en América Latina es poco conocido, a diferencia de Europa donde está desarrollado y agendado en la política pública. El problema central en América Latina es el gran potencial de los recursos biológicos y el alcance y la utilidad de sus múltiples aplicaciones. Entonces, para que la bioeconomía tenga un rol conductor en el uso de estos recursos, se destacan tres áreas: 1) promoción de tecnologías y medidas innovadoras y probadas para una bioeconomía sostenible; 2) establecimiento de prácticas de buena gobernanza para una bioeconomía sostenible; e 3) inicio y fortalecimiento del diálogo y la cooperación internacional (German Bioeconomy Council, 2015). Por consiguiente, el estudio se centró en destacar la importancia de conocer epistemológicamente el origen de la bioeconomía, y la utilidad de su metodología.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

La humanidad ha venido sufriendo cambios sociales y económicos en un ambiente de pandemias (Skegg et al., 2021) y variabilidad climática (Ramírez García, 2017). La población va creciendo exponencialmente y los recursos renovables se van agotando e incrementando su demanda (bienes y servicios). Resolver la crisis ambiental a través de una transición bioeconómica está cobrando impulso (Allain et al., 2022). Mohammadian (2005), reflexionó sobre un nuevo paradigma socioeconómico para el siglo XXI, destacando la necesidad de dilucidar el interface de los conflicto entre el sistema biológico y el socioeconómico. Esta situación ha generado niveles diferenciados de la gestión del conocimiento de la bioeconomía entre Europa y América (Henry et al., 2014; Zúniga et al., 2014). Para tal caso, han surgido algunos conceptos y estrategias de política pública, como economía bio-basada (López-González et al., 2016), economía verde (Korostelkina et al., 2021), economía ecología, economía ambiental, economía circular (Tan et al., 2022; Zhen et al., 2021). En América Latina la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA), FONTAGRO<sup>[1]</sup> por la academia la Red CYTED de Bioeconomía y Cambio Climático han venido desarrollando la nota conceptual de Bioeconomía e identificando insumos para una política pública de desarrollo sostenible (Rodríguez et al., 2019; Henry et al., 2014; Zuniga et al., 2014; Hernández & Céspedes, 2020; Sánchez & Alonso, 2017), y por otro lado, Pyka et al., (2022) han discutido sobre la nota conceptual de un modelo bioeconómico que comprende cinco componentes: (i) el cambio climático, (ii) la biodiversidad, (iii) el uso circular de la biomasa, (iv) el comportamiento del consumidor relacionado con el uso de biomasa y bio-productos, y (v) la innovación y cambio tecnológico (de Jaramillo, 2018).

La revisión de la literatura se centró hacia América Latina donde existe un alto potencial de biodiversidad, pero es carente de políticas públicas hacia una bioeconomía emergente y necesaria, comparada con Europa.

---

## NOTAS DE AUTOR

czuniga@ct.unanleon.edu.ni

## METODOLOGÍA

Para analizar la validez de la epistemología de la bioeconomía, se debe considerar el hecho de estar claros que estamos en una posición crítica frente al enfoque Neoliberal (Neoclásico). La bioeconomía desafía las teorías tradicionales del desarrollo (Hernández-Cervantes, 2008), así mismo revisa la relación entre el hombre y la naturaleza, y reclama un nuevo modelo de sociedad más justa socialmente y amigable con el medio ambiente (Ver anexos en tabla 1). En tal sentido, se utilizó el enfoque epistemológico con los siguientes ejes: 1.Examinar los límites del conocimiento, 2.Evaluar metodologías, 3.Reflexionar sobre corrientes epistémicas 4.Reflexionar acerca de la metafísica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una de las cuestiones propuesta en el estudio fue discutir el abordaje de la bioeconomía en los procesos productivos. La bioeconomía contrario a la Economía Neoclásica, ofrece una nueva epistemología más amigable con el medio ambiente y muy relacionada con el principio de agroecología referido a reutilizar la biomasa residual. Con esta idea, mediante un proceso participativo (Zúniga-Gonzalez, 2021) en la comunidad universitaria se pretende iniciar una discusión institucionalizada y conducida desde la academia basada en interacciones con las teorías de la biología, la economía y cognición (Mohammadian, 2005; Mayumi, 2001; Knowler, 2002; Maldonado, 2014). Este es un proceso holístico e interdisciplinario dentro del cual se promueve el aprender haciendo. Además, se relacionan la interdisciplinariedad de la bioeconomía, y como se encuentra muy relacionada con los principios de agroecología, la economía del subdesarrollo, como economía del tercer camino, la idea del progreso, como la teoría social, desarrollo sostenible, la nueva economía institucional y la postmodernidad, entre otros. A continuación desarrollamos la discusión de estas ideas, conforme el enfoque epistemológico.

### 1. Examinar los límites del conocimiento

En esta sección se parte de los planteamientos de Georgescu-Roegen (1971) con la pregunta siguiente: ¿Es infinita o tiene limitaciones la disponibilidad de recursos naturales y la capacidad de la biósfera para absorber los desperdicios (biomasa residual). La respuesta a esta pregunta implica la necesidad de discutir las leyes de la termodinámica y entropía. Las leyes de la termodinámica describen el comportamiento de tres parámetros físicos fundamentales, que caracterizan a los sistemas termodinámicos: la temperatura, la energía y la entropía. El término «termodinámica» proviene del griego *thermos*, que significa " calor ", y *dynamis*, que significa " fuerza " (Pacheco et al., 2019; Georgescu-Roegen & Grinevald, 1996). Aplicando esta ley al proceso económico se puede responder a la pregunta planteada y confirmar que los recursos en la biósfera son finitos y que se están agotando. Siguiendo a Georgescu-Roegen (1977a, 1977b) se entiende que todo proceso económico requiere de recursos, insumos, materia primas, reactivos, biomasa residual, suelo, energía solar, etc. Éstos son el objeto (flujos) que los agentes activos como el capital físico (K), Tierra ricardiana (L) y fuerza de trabajo (H) (fondos de servicios) procesan para obtener nuevos productos o servicios. Todo ello se realiza en un espacio llamado biosfera donde también son arrojados los desperdicios (biomasa residual). Dicho esto, se puede entender que en el medio natural se extraen insumos (I) y se depositan desperdicios (W). Luego Georgescu-Roegen (1976) conduce la atención hacia las leyes de la termodinámica y entropía que gobiernan este sistema. La Ley de la entropía (Energía latente / temperatura absoluta) significa que "sólo se puede obtener trabajo de una fuente que conlleve una diferencia de temperatura", lo que implica la degradación de la energía o su paso de energía útil a no útil Georgescu-Roegen (1971). Por consiguiente, el aprovechamiento de las cualidades de los recursos naturales tiene límites. Esto implica que los recursos naturales son procesados

pasando de un estado de baja a alta entropía. En términos económicos conviene mantener un estado de baja entropía o eficiencia intacta. Un ejemplo de esto es la producción de abonos orgánicos (Ormeño, 2007). La biomasa residual (estiércol del ganado) o desperdicio es utilizado para producir abonos orgánico evitando la descomposición del metano "CH4". En baja entropía el estiércol puede ser utilizado con la energía de los trabajadores que preparan las condiciones de su descomposición (producto útil) y una vez utilizado pasa a alta entropía y deja de ser ya útil. En resumen analizar el límite del conocimiento se centró en clarificar que la disponibilidad de recursos naturales y la capacidad de la biósfera tienen límites, conocerlo implica la racionalidad bioeconómica.

## 2. *Evaluar metodologías*

En esta sección se analizó que metodología utiliza el enfoque bioeconómico y porque. El conocimiento de la bioeconomía parte de enmarcar un espacio, un tiempo y de identificar el problema de la escasez y limitaciones debido a la entropía. Esta valoración permite reconocer las interrelaciones del proceso económico con su entorno Georgescu-Roegen (1971).

Como se mencionó anteriormente, Georgescu-Roegen (1976) define dos categorías: Fondos de servicios S (i) y Flujos F(t). Así se obtiene una función delimitada temporalmente en el espacio 0 a T donde ocurre una serie de procesos productivos, en un rango de 0 a T siempre que  $t < T$  (ec 1):

$$Q_0(t) = F \left| \begin{array}{ccc|ccc|cc} T & T & T & T & T & T & T & T \\ R(t) & I(t) & M(t) & Q & W(t) & L(t) & K(t) & H(t) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right| \quad [ec 1]$$

donde:

S(i): Tierra ricardiana (L), capital físico (K), y fuerza de trabajo (H)

F(t): Recursos naturales (R), Insumos necesarios para mantener intacto (I), equipo de capital (M), Flujo de producto (Q), flujo de producto de desperdicio (W).

El elemento de mantenimiento que aparece en F(t) es lo que asegura la eficiencia intacta o de baja entropía y por tanto útil. No obstante, en las sociedades consumidoras el problema es la presión de la competencia de mercado que impulsan el cambio tecnológico. Este a su vez conlleva a una ampliación de la producción. De esta manera se alcanzan niveles altos de entropía volviendo a los recursos disponibles.

Para analizar la relación directa entre crecimiento y entropía, y comprender la variación del crecimiento es conveniente utilizar el análisis de datos envolventes (DEA) para estimar la productividad total de los factores (PTF) y Frontera Estocásticas (Robles, 2021; Coelli, 1996; O'Neill et al., 2008). El método DEA es el enfoque de programación matemática no paramétrica (Seiford and Thrall, 1990; Lovell, 1993). Brevemente se puede revisar que Farrell 1957, propuso la estimación de la frontera de un segmento convexo, seguido por Boles (1966) y Afriat (1972). Éstos últimos sugirieron métodos de programación matemática, aunque el método no recibió mucha atención hasta el artículo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) quienes acuñaron el término análisis envolvente de datos. (DEA).

En conclusión, se discutió que la metodología de la bioeconomía implica un modelo con enfoque DEA que mida la productividad y la eficiencia técnica en términos de la disponibilidad de los recursos de la biomasa residual.

### 3. *Reflexionar sobre corrientes epistémicas*

La bioeconomía representa la nueva epistemología para investigar el sistema socioeconómico en interrelación a otras disciplinas que han avanzado incrementalmente tales como la economía circular (Colmenares Quintero, 2019), la economía ambiental, economía de recursos naturales, economía ecológica. La bioeconomía estudia las patologías del capitalismo y su sistema industrial. De esta manera el objetivo de la bioeconomía es servir de medio para la ciencia empírica y la biología (Domínguez et al., 2020; Carvajal et al., 2021; Córdova, 2002; Vargar-Hernandez, 2018)

Reviste importancia que esta epistemología de la bioeconomía permite clarificar la problemática de coevolución de los sistemas biológicos y socioeconómicos (Reynolds et al., 2005; Olivo et al., 2010). Marx (2000) afirma "Sin necesidades no hay producción. Pero el consumo reproduce las necesidades." Esta declaración implica una analogía simbiótica entre producción y consumo. Y es precisamente la demanda de bienes y servicios en una sociedad de mercados la que conlleva a acelerar el proceso tecnológico por las ansias insaciables de satisfacción. Y dado que las necesidades humanas no son las mismas en cualquier sistema de producción esta declaración expresa la relación producción-consumo en el sistema económico capitalista. En este sistema el consumo se elevará a los índices más altos de la historia de la humanidad conduciendo a niveles altos de entropía. Esta demanda excesiva y superflua es inherente del sistema y la causa principal del capitalismo al perseguir el objetivo de ganancias sacrificando la capacidad de la biosfera produciendo una entropía alta. Es decir, que la demanda de bienes industriales de moda y corta duración presionan altamente la base material, por la extracción y por la biomasa residual, con justa razón Georgescu-Roegen (1977a) expresa como guía para la conducta de la humanidad, recomendando encarecidamente que deberíamos adoptar el principio de minimizar los remordimientos.

### 4. *Reflexión acerca de la metafísica*

En esta sección se valoró los enfoques filosóficos, religioso, de cara a los problemas sociales y como la ciencia contribuye en el tema de la bioeconomía. La metafísica de la bioeconomía parte de la frase conocida "La teoría de la población de Malthus es un ejemplo perfecto de metafísica disfrazada de ciencia" Georgescu-Roegen (2017). Por ello esta reflexión se centró en mostrar el proceso productivo como una extensión de los procesos biológicos. Por una parte se ubica la alta dependencia a los recursos naturales de materia prima y energía muy escasos en la biosfera y la lucha constante por el acceso y control. Los economistas reconocen el rol de los recursos del planeta, así como las razones de las desigualdades económicas Georgescu-Roegen (1975). La humanidad como especie biológica está sujeta a las leyes biológicas y por lo tanto está sujeta a su extinción fundamentada científicamente (Einstein, 1988) y bíblicamente (Apocalipsis 4). En este proceso se destaca la innovación referida como una necesidad hereditaria que pasa de los órganos endosomáticos en su transición a la herencia exosomática. Sin embargo, las consecuencias de este proceso innovador es la producción como origen del conflicto social López-González (2016). Estas desigualdades sociales son la razón fundamental del apoyo financiero a los países desarrollados y su diferencia con los países en vías de desarrollo. La economía convencional ignora en su enfoque neoclásico el papel crucial que juegan los recursos naturales en el proceso productivo y no reconoce el crecimiento exponencial de la población que constantemente esta demanda fibras, alimentos, y servicios. Estos se ofrecen en un sistema productivo cerrado entrópicamente. Ya criticado por ser un modelo utópico, por ello se planteó el programa bioeconómico alternativo (Georgescu-Roegen, 1976; Rodríguez et al., 2019; Zuniga et al., 2014). En el contexto histórico se planteaba cesar la producción de instrumentos de guerra, fomentar la agricultura orgánica, y apoyar a los países subdesarrollados para reducir el hambre. Esto implicaba crear condiciones de paz y renunciar a la extravagante forma de vivir y la tendencia hacia el crecimiento más que el desarrollo sustentable y amigable con el medio ambiente. A esto hay que

agregar la producción de energía limpia, renunciar a las ansias por lo más grande y mejor, cuidarnos de la influencia de la moda. A los economistas les conforta la esperanza que tiene la ciencia para atenuar estos conflictos sociales que no se eliminarán con modelos matemáticos o recomendaciones técnicas o económicas, sino que con la ayuda de una escala de valores reales que la guíe de acciones de la humanidad. La biblia expresa el mandamiento más antiguo en valores resumidos en la Ley de Moisés “No mataras” (Génesis 9:5-6) y luego “amaras a Dios sobre todas las cosas y a tu prójimo como a ti mismo” (Mateo 22:40).

En esta sección se resume que la contribución de la bioeconomía a la ciencia estriba principalmente en el impacto social y económico de los sistemas de producción. Con un enfoque bioeconómico los problemas y conflictos se abordan en base a la disponibilidad de la biomasa residual utilizable.

## CONCLUSIÓN

El estudio se centró en investigar los fundamentos y métodos del conocimiento científico de la bioeconomía. Se abordó como la bioeconomía y el modelo con enfoque DEA analizaría el problema de la disponibilidad finita de los recursos que implica el agotamiento y el uso no racional.

El enfoque teórico bioeconómico que relaciona ciencia y orden social, nos revela la preeminencia y la importancia de la relación mutuamente constitutiva entre neoliberalismo y bioeconomía.

La primera conclusión es que el mercado paulatinamente está siendo ajustado por los procesos bioeconómicos conduciendo a una reconfiguración social, tecnológica y normativa de sus principios y de sus dinámicas hacia espacios sociales y naturales previamente regulados por otros principios o simplemente no regulados.

La segunda conclusión es que, la biomasa residual (microbiana, vegetal o animal) se esta reconfiguración tecnológica de la bioeconomía está cristianizando la investigación, la innovación y la tecnología. En esta transformación la academia juega un rol fundamental con sus investigadores, técnicos, especialistas en laboratorios que de manera innovadora (exosomática) utilizan la biomasa residual para generar productos y servicios amigables con el medio ambiente, manteniendo la eficiencia intacta con un producto útil socialmente (entropía baja).

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ejecuto con Fondos Concursables del CNU. Agradecemos a las autoridades del CNU por facilitar los fondos para esta investigación.

## REFERENCIAS

- Allain, S., Ruault, J. F., Moraine, M., & Madelrieux, S. (2022). The ‘bioeconomics vs bioeconomy’ debate: Beyond criticism, advancing research fronts. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 42, 58-73.
- Afriat, S.N. (1972), “Efficiency Estimation of Production Functions”, *International Economic Review*, 13, 568-598.
- Blanco-Orozco, N. V., Arce-Díaz, E., & Zúñiga-González, C. (2015). Evaluación integral financiera, económica, social, ambiental y de productividad del uso de bagazo de caña y combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica en Nicaragua. *Revista Tecnología En Marcha*, 28(4), pág. 94–107. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i4.2447>
- Boles, J.N. (1966), “Efficiency Squared - Efficient Computation of Efficiency Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Western Farm Economic Association, pp 137-142.
- Colon-García, A. P., Catari-Yujra, G., & Alvarado, E. (2021). Los senderos productivos de la bioeconomía: El caso Honduras. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 7(14), 1713–1726. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12820>

- Coelli, T. (1996). A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Australia, 96(08), 1-49.
- Colmenares Quintero, J. C. (2019). *Bioeconomía circular: retos y oportunidades*. Video). Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12494.14259>.
- Córdoba, R. R. (2002). *Economía y recursos naturales* (Vol. 34). Univ. Autònoma de Barcelona.
- Carvajal-Rodríguez J.C., Sol-Sánchez A., Zuniga-González C.A., Zenteno-Ruiz C.E., SierraFigueredo P., Núñez-Rodríguez J. De J., Marinero-Orantes E.A, Acevedo J.C., DuranZarobozo O, Guzmán-Moreno M.A, Colon-García P.A, Baqueros F., (2021). *Libro de Resúmenes: Tercer Congreso Iberoamericano de Bioeconomía y Cambio Climático*. Universidad de Santander UDES, Colombia-Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua. 50 págs. ISSN: 2745-195X (En línea)
- Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of *European Journal of Operations Research*, 2, 429-444.
- Dios-Palomares, R., Lopez de Pablo, D. A., Diz Pérez, J., Jurado Bello, M., Guijarro, A. P., Martinez-Paz, J. M., & Zúniga González, C. A. (2015). Aspectos medioambientales en los análisis de eficiencia. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 1(1), 88–95. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2143>
- Domínguez, J., Vega, J., Rodríguez, F., & Espitia, S. (2020). La economía verde en el desarrollo empresarial del siglo xxi. *Revista de Investigación Transdisciplinaria En Educación, Empresa y Sociedad*, 1(2), 78-120.
- de Jaramillo, E. H. (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 188-201.
- Einstein, A. (1988). *La teoría de la relatividad*. Editorial Ercilla.
- EU COMMISSION (2007): En route to the Knowledge-based Bio-economy, Bruselas, European Commission, 1-23l.
- EU COMMISSION (2010): The Knowledge-based bio-economy (KBBE) in Europe: achievements and challenges, Bruselas, Flemish Government 1-68l.
- Farrell, M.J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, A CXX, Part 3, 253-290.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1935). Fixed coefficients of production and the marginal productivity theory. *Review of Economic Studies* 3, no. 1 (October): 40-49.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1966). *Analytical Economics: Issues and Problems*. Cambridge: Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1972). Comment of Adelman's review. *Journal of Economic Literature* 10, no. 4 (December): 1268.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1975). Energy and economic myths. *Southern Economic Journal* 41, no. 3 (January): 347-381.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1977)a. The steady state and ecological salvation: A thermodynamic analysis. *Bioscience* 27, no. 4 (April): 266-270.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1977)b. Letter to the Editor. *Bioscience* 27, no. 12 (December): 771.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1976). *Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays*. Pergamon Press. Nueva York, 1976, p. 236.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1979). Energy analysis and economic valuation. *Southern Economic Journal* 45, no. 4 (April): 1023-1058.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. (1988). An emigrant from a developing country: Autobiographical notes - 1.
- Georgescu-Roegen, N. (2003). *Bioeconomia. Bollati Borinchi*.
- Georgescu-Roegen, N., Naredo, J. M., & Grinevald, J. (1996). *La ley de la entropía y el proceso económico* (No. BOOK). Madrid: Fundación Argentaria.

- Georgescu-Roegen, N. (2017). Bioeconomía: una nueva mirada a la naturaleza de la actividad económica. *Revista de Economía Crítica*, (23), 152-168.
- German Bioeconomy Council (2015). Making Bioeconomy Work for Sustainable Development. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2015, Berlin, November 26<sup>th</sup>.
- Hernández Cervantes, Tania. (2008). Breve exposición de las contribuciones de Georgescu Roegen a la economía ecológica y un comentario crítico. *Argumentos* (México, D.F.), 21(56), 35-52. Recuperado en 06 de diciembre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57952008000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952008000100003&lng=es&tlng=es).
- Hernández, R. E., & Céspedes, J. (2020). Bioeconomía: una estrategia de sostenibilidad en la cuarta revolución industrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 126-133.
- Henry, G., Pahun, J., & Trigo, E. (2014). La Bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación. *Faces*, 20(42-43), 125-141.
- Knowler, D. (2002). A review of selected bioeconomic models with environmental influences in fisheries. *Journal of Bioeconomics*, 4(2), 163-181.
- Korostelkina, I., Dedkova, E., & Korostelkin, M. (2021, June). *Green Economy: Current Trends and Financial Aspects of Development*. In International Conference on Comprehensible Science (pp. 195-206). Springer, Cham.
- Lovell, C.A.K. (1993), "Production Frontiers and Productive Efficiency", in Fried, H.O., C.A.K. Lovell and S.S. Schmidt (Eds), *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York, 3-67.
- López-González, A. S., Zuniga-González, C. A., Sol-Sánchez, Á., & Santiviáñez-Galarza, J. L. (2016). Teorías del desarrollo sustentable para el siglo XXI: un breve análisis. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1), 437-451.
- López-González, Álvaro S., Zúniga-González, C. A., López, M. R., Quirós-Madrigal, O. J., Colón-García, A. P., Navas-Calderón, J., Martínez-Andrades, E., & Rangel-Cura, R. A. (2016). Estado del arte de la medición de la productividad y la eficiencia técnica en América Latina: Caso Nicaragua. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 1(2), 76–100. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i2.2478>
- Maldonado, C. (2014). Bidesarrollo y complejidad. Propuesta de un modelo teórico. Un viaje por las alternativas al desarrollo: perspectivas y propuestas teóricas, 71-95.
- Mayumi, K. (2001). *The origins of ecological economics: the bioeconomics of Georgescu-Roegen*. Routledge.
- Mohammadian, M. (2005). La bioeconomía: Un nuevo paradigma socioeconómico para el siglo XXI. *Encuentros multidisciplinares*. n° 19 Enero-Abril 2005.
- Marx, Karl (2000). *Grundrisse*, vol 1, Siglo XXI Editores, México, 2000, p. 12.
- OCDE (2006): Scoping document: The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda, París, OCDE, 382-286l.
- OCDE (2009): The Bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda, París, OCDE, 1-18l.
- O'Neill, L., Rauner, M., Heidenberger, K., & Kraus, M. (2008). A cross-national comparison and taxonomy of DEA-based hospital efficiency studies. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(3), 158-189.
- Ormeño, M., & Ovalle, A. D. R. I. Á. N. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *INIA Divulga*, 10, 29-34.
- Olivo, M. D. L., Martín, A., Sáez Sáez, V., & Soto Olivo, A. (2010). Vulnerabilidad al incremento del nivel del mar. Medio socioeconómico: área Cabo Codera-Laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela. *Terra*, 26(39), 59-75.
- Pacheco, P. R., Mera, E. M., & Salini, G. A. (2019). Medición localizada de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas: segunda Ley de la termodinámica. *Información tecnológica*, 30(3), 105-116.
- Passet, René (1979). *l'économique et le vivant*, Petites éditions Payot, 1979
- Passet, René (2012). La bioéconomie, un monde à réinventer. *Ecologie politique*, (2), 83-91.
- Pyka, A., Cardellini, G., van Meijl, H., & Verkerk, P. J. (2022). Modelling the bioeconomy: Emerging approaches to address policy needs. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129801.



- Robles, E. A. (2021). Crecimiento de la productividad total de los factores en Costa Rica e inestabilidad macroeconómica. *Revista de Ciencias Económicas*, 39(1), 1-24.
- Rodríguez, A. G., Rodríguez, M. y Sotomayor, O., (2019). "Hacia una bioeconomía sostenible en América Latina y el Caribe: elementos para una visión regional", serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 191 (LC/TS.2019/25), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019.
- Reynolds, J. F., Maestre, F. T., Huber-Sannwald, E., Herrick, J., & Kemp, P. R. (2005). Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas*, 14(3).
- Ramírez García, I. (2017). La Bioeconomía y el cambio climático. *MUUCH' XÍMBAL CAMINEMOS JUNTOS*, (5), 145-155. <https://doi.org/10.26457/mxcj.v0i5.2273>
- Rangel Cura, R. A., Zúniga González, C. A., Colón García, A. P., Losilla Solano, L., & Berrios-Zepeda, R. A. (2015). Medición de la contribución de la bioeconomía en América Latina: caso Cuba. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 1(1), 223–240. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2150>
- Skegg, D., Gluckman, P., Boulton, G., Hackmann, H., Karim, S. S. A., Piot, P., & Woopen, C. (2021). Future scenarios for the COVID-19 pandemic. *The Lancet*, 397(10276), 777-778.
- Sánchez, J. I. P., & Alonso, A. A. (2017). Bioeconomía; una opción para transitar hacia la economía verde en América Latina?. *Administración y Organizaciones*, 19(37), 17-34.
- Seiford, L.M. and R.M. Thrall (1990), "Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, 46, 7- 38.
- Vargas-Hernández, J. G., Pallagst, K., & Hammer, P. (2018). Bio economía en la encrucijada del desarrollo sostenible. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático* e-ISSN 2410-7980, 4(7), 800-815.
- Tan, R. R., Aviso, K. B., Bandyopadhyay, S., Foo, D. C., & Klemeš, J. J. (2022). Circular economy meets the drawdown economy: Enhanced weathering of industrial solid waste as a win-win solution. *Resources, Conservation and Recycling*, 178, 106029.
- Waldbly, C. y Cooper, M. (2010): "From reproductive work to regenerative labour", *Feminist Theory*, 11, pp. 3-22.
- Zúniga-González, C. A., Durán Zarabozo, O., Dios Palomares, R., Sol Sánchez, A., Guzman Moreno, M. A., Quiros, O., & Montoya Gaviria, G. D. J. (2014). *Estado del arte de la bioeconomía y el cambio climático* (No. 1133-2016-92457, pp. 20-329). ISBN 978-99924-28-40-5 <https://doi.org/10.22004/ag.econ.168356>
- Zúniga-Gonzalez, C. A. "The role of the mediator and the student in the face of new educational scenarios: COVID-19." *Revista Electrónica Calidad En La Educación Superior* 12.2 (2021): 279-294.
- Zhen, Z., Malik, M. Z., Khan, A., Ali, N., Malik, S., & Bilal, M. (2021). Environmental impacts of hazardous waste, and management strategies to reconcile circular economy and eco-sustainability. *Science of The Total Environment*, 150856.
- Domínguez, J., Vega, J., Rodríguez, F., & Espitia, S. (2020). La economía verde en el desarrollo empresarial del siglo xxi. *Revista de Investigación Transdisciplinaria En Educación, Empresa y Sociedad*, 1(2), 78-120.

## Anexos

**TABLA 1**  
Matriz de exploración en la epistemología del conocimiento de Bioeconomía

Elementos que destaca	Enfoque	Fuente
Ley de la Termodinámica y la Entropía incorporada a la economía ecológica. Modelo de producción denominado flujo-fondos de servicios en refutación a la función Coob-Douglas	-Crítica de los fundamentos del análisis económico occidental y conceptualiza las interacciones existentes entre el proceso económico y su entorno. -logra demostrar que el crecimiento ilimitado en un mundo finito (nuestro planeta) es imposible de mantener a largo plazo. Sistema productivo a base de: 1) la economía es un proceso que se soporta en una base física y material (físico-química biológica); 2) este proceso tiene esencialmente un carácter cualitativo y 3) un proceso material con cambios cualitativos sólo puede comprenderse desde un marco analítico fisiológico y evolucionista.	Georgescu-Roegen (1935, 1966, 1971, 1975, 1972, 1977a, 1977b, 1979, 1988, 1995) Georgescu-Roegen (2003)
La dimensión energética La dimensión informacional y la producción de negaentropía La producción de entropía	Sustentó la política económica en tres ejes: 1) la desregulación de los mercados nacionales de capitales; 2) la desintermediación que consistió en permitir el financiamiento directo de las empresas y estados mediante la emisión de títulos y, por último, 3) la liberalización consistente en la posibilidad de utilizar las diferentes formas de soportes financieros para realizar inversiones que se convertirían luego en especulativas.	Passet (2012, 1979)
Relación entre el Programa Bioeconómico Mínimo de Georgescu-Roegen (1975) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.	1) Recursos biológicos 2) Procesos y principios biológicos 3) Nuevos conocimientos y nuevas tecnologías	Rodríguez et al, (2019). CEPAL
Capacitaciones y formación en Bioeconomía		IICA
Inversión en el agro con visión Bioeconómico	Fondo semilla para Bioeconomía	FONTAGRO
Economía global realmente sostenible basada en recursos Biológicos que, gracias a las biotecnologías, se convierten en renovables.	Bioeconomía se presenta como una economía revolucionaria basada en la manipulación, transformación, explotación y apropiación de la materia biológica perpetrada a través de las nuevas biotecnologías, la nanotecnología y la ingeniería Genética.	(OCDE, 2009; 2006) Organization for Economic Cooperation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos)
Explotación, a través de tecnología y conocimiento, de la capacidad generativa y regenerativa de los organismos vivos (Waldby y Cooper, 2010)	Knowledge Based Bioeconomy (KBBE)	EU Commission (2007, 2010)
Senderos productivos de la Bioeconomía Enfoque DEA Productividad y Eficiencia técnica	1) Biomasa residual (Input) 2) Proceso productivo Tecnología e innovación (Modelo bioeconómico) 3) Producto o Servicios (Output) 4) Medición de productividad de eficiencia y productividad [Eficiencia y Entropía baja]	Zuniga et al. (2014); Dios-Palomares et al. (2015); Vargas-Hernández (2018); López-González (2016); Rangel Cura (2015); Colon-García (2021); Blanco-Orozco (2015)

Elaboración propia

## NOTAS

[1] FONTAGRO es un mecanismo único de cofinanciamiento sostenible para el desarrollo de tecnología agrícola en América Latina, el Caribe y España, y establece un foro para la discusión de temas prioritarios de innovación tecnológica.