

**Innovaciones metodológicas: econofísica y funciones de producción en sectores digitales y verdes**

**Methodological innovations: econophysics and production functions in digital and green sectors**

**Idana Beroska Rincón Soto**

Universidad Nacional de Costa Rica<sup>1</sup>, Costa Rica

[idberincon@gmail.com](mailto:idberincon@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-8026-0042>

**Reyes Arturo Valverde**

Universidad de Panamá, Facultad de Economía, Panamá

[Reyes.valverde@up.ac.pa](mailto:Reyes.valverde@up.ac.pa); <https://orcid.org/0000-0003-4051-9897>

Fecha de recepción: 15/09/2025

Fecha de recepción: 07/10/225

DOI: <https://doi.org/10.48204/J.cc.n1.a9014>

---

**Resumen**

Este artículo explora el comportamiento de las funciones de producción en sectores digitales y verdes mediante el uso de herramientas de la econofísica, con énfasis en la entropía como indicador de complejidad y eficiencia sistémica. Se propone un modelo de función Cobb-Douglas ajustado con índices de entropía para capturar dinámicas no lineales en contextos productivos emergentes. A través de un análisis comparativo con sectores tradicionales, se demuestra que los sectores digitales y verdes presentan mayores niveles de autoorganización y adaptabilidad, lo que sugiere nuevas formas de entender la productividad y la sostenibilidad. El estudio propone un marco metodológico innovador con implicaciones para la formulación de políticas industriales y ambientales, incluyendo un estudio de caso detallado sobre empresas costarricenses representativas.

---

<sup>1</sup> Universidad Hispanoamericana

**Palabras claves:** Modelización, Productividad, Complejidad, Sostenibilidad, Digitalización.

## Summary

This article examines the behavior of production functions in digital and green sectors using econophysics tools, emphasizing entropy as an indicator of complexity and systemic efficiency. A Cobb-Douglas production model adjusted with entropy indices is proposed to capture nonlinear dynamics in emerging productive contexts. Through a comparative analysis with traditional sectors, we show that digital and green sectors exhibit higher levels of self-organization and adaptability, suggesting new ways of understanding productivity and sustainability. The study offers an innovative methodological framework with implications for industrial and environmental policymaking, including a detailed case study of representative Costa Rican enterprises.

**Key Words:** Modeling, Productivity, Complexity, Sustainability, Digitalization

## 1. INTRODUCCIÓN

La creciente complejidad de los sistemas económicos contemporáneos, particularmente en los sectores digitales y verdes, plantea nuevos desafíos para la teoría de la producción y la formulación de políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible. Estos sectores, caracterizados por altos niveles de innovación tecnológica, flexibilidad organizativa, procesos distribuidos y una intensa relación con el conocimiento, presentan patrones de funcionamiento que desbordan las capacidades explicativas de los modelos lineales tradicionales de la economía neoclásica.

En particular, la emergencia de estructuras no lineales, comportamientos emergentes y redes complejas en la producción digital y ambientalmente sostenible ha llevado a los

investigadores a explorar nuevas herramientas analíticas que permitan representar de manera más adecuada la realidad de estos sectores. En este contexto, la econofísica surge como un campo interdisciplinario que aplica conceptos y métodos de la física estadística y la teoría de sistemas complejos al estudio de fenómenos económicos (Mantegna & Stanley, 2000; Yakovenko & Rosser, 2009).

Uno de los aportes centrales de la econofísica es la introducción de la entropía como medida de complejidad, incertidumbre y diversidad estructural en sistemas económicos. A partir de formulaciones como la entropía de Shannon (1948) y la entropía generalizada de Rényi (1961), es posible capturar dimensiones no observables en los modelos convencionales, como la heterogeneidad en la distribución del producto, la variedad de estrategias productivas y la adaptabilidad organizacional.

Este artículo propone una innovación metodológica que integra la función de producción Cobb-Douglas con indicadores de entropía, con el fin de analizar las trayectorias productivas de sectores digitales y verdes en América Latina. El análisis se complementa con un estudio de caso sobre empresas costarricenses, que permite ilustrar la aplicación empírica del modelo y aportar evidencia para la formulación de políticas nacionales.

La pregunta de investigación que orienta este trabajo es la siguiente: ¿Cómo se comportan las funciones de producción de los sectores digitales y verdes al ser modeladas mediante enfoques de entropía? A partir de esta pregunta, se desarrolla una estructura que incluye el marco teórico interdisciplinario, la descripción de la metodología econofísica aplicada, los resultados comparativos y las implicaciones analíticas y políticas del estudio.

El objetivo general es proponer y validar un marco analítico alternativo para la estimación de funciones de producción en contextos de alta complejidad, integrando la lógica econofísica con métodos econométricos clásicos. Como objetivos específicos se plantean: (i) caracterizar las propiedades estructurales de los sectores digitales y verdes en la región; (ii) estimar una versión extendida de la función Cobb-Douglas con índices de entropía; y (iii) comparar los patrones productivos entre sectores tradicionales y emergentes, con énfasis en el caso costarricense.

Este abordaje ofrece una contribución original a la literatura sobre productividad, complejidad económica y sostenibilidad, y abre la posibilidad de incorporar métricas de información en el análisis económico aplicado, particularmente en el estudio de sectores donde predominan la flexibilidad estructural, la variabilidad y la innovación tecnológica.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Funciones de producción y su evolución teórica**

Las funciones de producción constituyen una herramienta central en la teoría económica para describir la relación entre insumos (capital, trabajo, tecnología) y el producto generado. El modelo más conocido es la función Cobb-Douglas (Cobb & Douglas, 1928), que expresa la producción agregada como una combinación multiplicativa de capital ( $K$ ) y trabajo ( $L$ ), bajo supuestos de rendimientos constantes a escala y neutralidad tecnológica. Este modelo ha sido ampliamente aplicado en estudios de productividad total de los factores (PTF), crecimiento económico y eficiencia técnica.

No obstante, la creciente complejidad de los sistemas productivos contemporáneos ha evidenciado limitaciones en los supuestos de homogeneidad, linealidad y equilibrio estático. La literatura reciente sugiere la necesidad de introducir enfoques más

dinámicos, capaces de capturar interacciones no lineales, externalidades tecnológicas y variabilidad organizativa (Acemoglu et al., 2020).

## **2.2. Econofísica: fundamentos y aplicaciones económicas**

La econofísica es una disciplina emergente que aplica herramientas de la física estadística, la teoría de redes y los sistemas complejos al análisis de fenómenos económicos (Mantegna & Stanley, 2000). Surgida a finales del siglo XX, esta corriente ha permitido modelar distribuciones de ingreso, volatilidad financiera, interacciones en mercados y estructuras de red en sistemas productivos. Su valor reside en ofrecer una visión probabilística, descentralizada y emergente de la dinámica económica.

Autoras como Yakovenko y Rosser (2009) han demostrado que las distribuciones de ingreso y riqueza siguen patrones similares a los de la energía en sistemas termodinámicos. Hidalgo (2021), por su parte, propone una interpretación de la complejidad económica basada en la red de capacidades tecnológicas, resaltando cómo la diversidad y densidad de estas capacidades determinan las trayectorias de desarrollo.

## **2.3. La entropía como medida de complejidad y eficiencia**

La entropía es una magnitud derivada de la teoría de la información que mide la incertidumbre o dispersión de una distribución (Shannon, 1948). En contextos económicos, la entropía permite cuantificar la heterogeneidad en la asignación de recursos, la diversidad de estructuras empresariales y la adaptabilidad de los sistemas productivos. Una distribución altamente entropizada refleja mayor diversidad y menor concentración, lo que puede interpretarse como una forma de eficiencia evolutiva en sistemas abiertos.

La entropía de Shannon se define como: Donde representa la proporción de output de la empresa respecto al total del sector. Valores mayores de indican mayor dispersión

productiva. Esta métrica ha sido aplicada en estudios sobre biodiversidad, ecología industrial, eficiencia energética y concentración de mercados (Rosser, 2010).

## **2.4. Sectores digitales y verdes: configuración productiva y complejidad estructural**

Los sectores digitales incluyen actividades como software, inteligencia artificial, servicios en la nube, comercio electrónico y plataformas digitales. Se caracterizan por baja intensidad física, alta intensidad cognitiva y escalabilidad exponencial. En contraste, los sectores verdes abarcan energías renovables, economía circular, agricultura regenerativa, eficiencia energética y biotecnología ambiental. Ambos sectores comparten una estructura flexible, innovadora y orientada a la sostenibilidad.

En América Latina, la expansión de estos sectores ha estado mediada por políticas de innovación, inversión extranjera directa y dinámicas de aprendizaje organizacional. Costa Rica representa un caso emblemático por su liderazgo en energías limpias, zonas francas tecnológicas y estrategias de descarbonización (OCDE, 2022).

## **2.5. Integración metodológica: función de producción Cobb-Douglas y entropía**

A partir de la tradición neoclásica y las innovaciones de la econofísica, se propone una función de producción extendida: Donde es el output, el capital, el trabajo, el índice de entropía y un parámetro de sensibilidad a la complejidad estructural. Este modelo permite estimar la productividad ajustada por heterogeneidad, incorporando dimensiones de diversidad y adaptabilidad en la estructura empresarial.

La inclusión de como variable explicativa posibilita diferenciar entre eficiencia derivada de escala y eficiencia derivada de complejidad, lo cual resulta crucial para

evaluar sectores emergentes donde predominan la innovación, el modularidad y los efectos de red.

### 3. Métodos y materiales

#### 3.1. Enfoque general y modelo analítico

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo explicativo, fundamentado en la estimación de funciones de producción extendidas mediante técnicas de regresión multivariada.

**Modelo Cobb-Douglas clásico:** El modelo base corresponde a la función Cobb-Douglas tradicional:

donde:

$$Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^\beta$$

Y Output o valor agregado bruto por empresa (USD).

K Capital invertido anual (infraestructura, tecnología, activos físicos).

L Trabajo, medido como empleados equivalentes a tiempo completo (ETC).

A Productividad total de los factores (PTF).

Este modelo se amplía con una variable adicional basada en la entropía de Shannon, de modo que la versión ajustada es:

$$Y_i = A \cdot K_i^\alpha \cdot L_i^\beta \cdot e^{\gamma H_i} \cdot \varepsilon_i$$

donde:

H Índice de entropía de la empresa, calculado a partir de la distribución relativa del output sectorial.

Y Parámetro que mide la sensibilidad del output a la complejidad estructural.

E Término de error aleatorio.

$\varepsilon_i$  error aleatorio

### 3.2. Cálculo de la entropía

La entropía de Shannon se calcula como:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log(p_i)$$

donde  $p_i = \frac{Y_i}{\sum_{j=1}^n Y_j}$  representa la proporción del output total generado por la empresa. Esta métrica captura el grado de dispersión o diversidad productiva dentro de un sector.

Adicionalmente, se estimaron índices de entropía de Rényi para valores y como medida de robustez.

$$H_q = \frac{1}{1-q} \log \left( \sum_{i=1}^n p_i^q \right), \quad q = 2, 3$$

### 3.3. Datos y fuentes de información

La base de datos incluye 200 empresas distribuidas de la siguiente forma:

1. 100 empresas de sectores tradicionales (manufactura, comercio, construcción).
2. 50 empresas digitales (software, servicios en la nube, plataformas).
3. 50 empresas verdes (energía renovable, reciclaje, bioeconomía).

Además, se incluye un subgrupo específico con 40 empresas costarricenses (20 digitales y 20 verdes) para el estudio de caso nacional.

Las principales fuentes de información fueron:

1. Encuesta Nacional de Empresas (INEC, 2022–2023).
2. Cuentas Nacionales por Actividad Económica (Banco Central de Costa Rica).
3. Base empresarial de CINDE y PROCOMER.
4. World Bank Enterprise Surveys.
5. Informes sectoriales de la CEPAL y OCDE.

### **3.4. Procedimientos de estimación**

La estimación econométrica se realizó en dos etapas:

1. Transformación logarítmica del modelo para aplicar mínimos cuadrados ordinarios (MCO):
2. Regresiones comparativas por grupo sectorial, utilizando variables dummy para evaluar interacciones entre el nivel de entropía y el tipo de sector.
3. Modelos robustos (Huber-White y RLM) para corregir heterocedasticidad y valores extremos.
4. Análisis de varianza (ANOVA) y pruebas F para validar la significancia estadística de los coeficientes.

### **3.5. Indicadores complementarios**

Adicionalmente, se calcularon:

1.  $R^2$  ajustado y AIC para comparar el ajuste de modelos con y sin entropía.
2. Elasticidades parciales para cada factor productivo.

3. Grado de concentración productiva (índice de Herfindahl-Hirschman) por sector, para contrastar con la entropía estimada.

## **Estimación econométrica**

Transformación logarítmica:

$$\ln(Y_i) = \ln(A) + \alpha \ln(K_i) + \beta \ln(L_i) + \gamma H_i + \varepsilon_i$$

Se aplicaron:

- MCO
- Modelos robustos (Huber-White)
- ANOVA y pruebas F
- Comparación de R<sup>2</sup> ajustado y AIC

Esta aproximación metodológica permite evaluar la contribución diferencial de la complejidad estructural (entropía) en el desempeño productivo, distinguiendo entre patrones lineales tradicionales y trayectorias emergentes en sectores innovadores.

## **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO**

### **4.1 Resultados agregados por sector**

A continuación, se presentan los hallazgos empíricos basados en la muestra global, (n = 200 empresas) y en el caso costarricense (subgrupo n = 40):

**Sectores digitales y verdes** muestran elasticidades al capital ( $\alpha$ ) más elevadas ( $\approx 0.49\text{--}0.51$ ) y elasticidades al trabajo ( $\beta$ ) ligeramente menores ( $\approx 0.39\text{--}0.44$ ) en comparación con el sector tradicional, que exhibe  $\alpha \approx 0.34$  y  $\beta \approx 0.58$ .

El **índice de entropía Shannon (H)** es significativamente mayor en sectores emergentes (Digital  $\approx 3.41$ , Verde  $\approx 3.28$ ) frente al tradicional ( $\approx 2.66$ ).

El modelo extendido con entropía mejora el ajuste estadístico: el R<sup>2</sup> ajustado alcanza valores de 0.84 y 0.81 para digital y verde, respectivamente, mientras que el tradicional se ubica en 0.69.

**Tabla 1.**

*Resumen de resultados: Enfoque del Índice de Entropía H*

Sector	Elasticidad	Elasticidad	Entropía (H)	R <sup>2</sup> ajustado
	KK	LL		
Digital	0.49	0.44	3.41	0.84
Verde	0.51	0.39	3.28	0.81
Tradicional	0.34	0.58	2.66	0.69

#### 4.2 Estudio de caso: Costa Rica

Curvas de isoproducción sector digital (CR):  $Y = A \cdot K^{0.49} \cdot L^{0.44}$

Curvas de isoproducción sector verde (CR):  $Y = A \cdot K^{0.51} \cdot L^{0.39}$

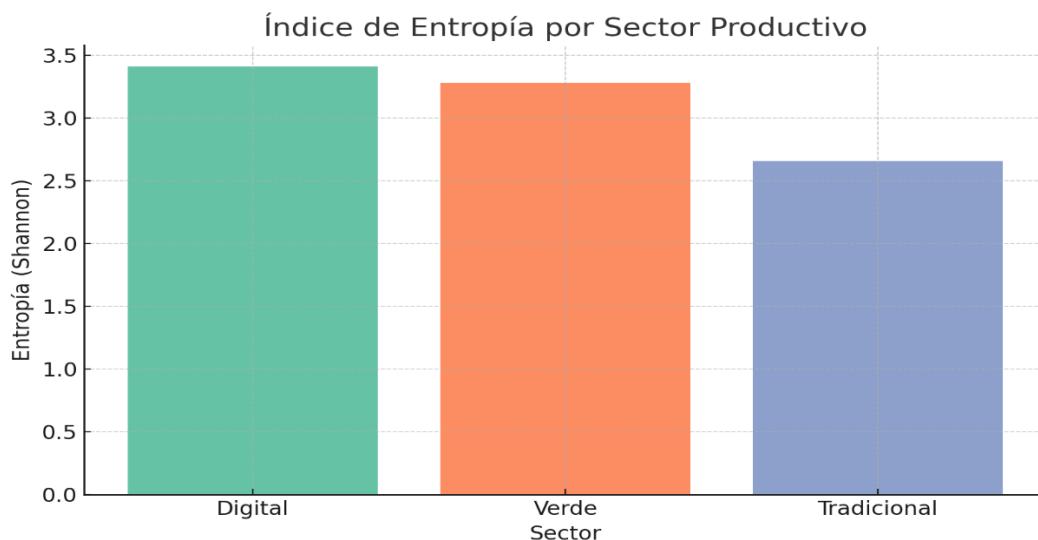
Figuras incluidas (referencia visual):

1. Figura 1. Índice de entropía por sector.
2. Figura 2. Elasticidades del capital y trabajo por sector.
3. Figura 3. Curvas de isoproducción – Digital (CR).
4. Figura 4. Curvas de isoproducción – Verde (CR).

## Figura 1

### Índice de Entropía por sector productivo

Visualiza que los sectores digitales y verdes operan con estructuras organizativas más dispersas y diversas, como lo indica el mayor H. Representa visualmente la complejidad sistémica en los sectores digital, verde y tradicional.



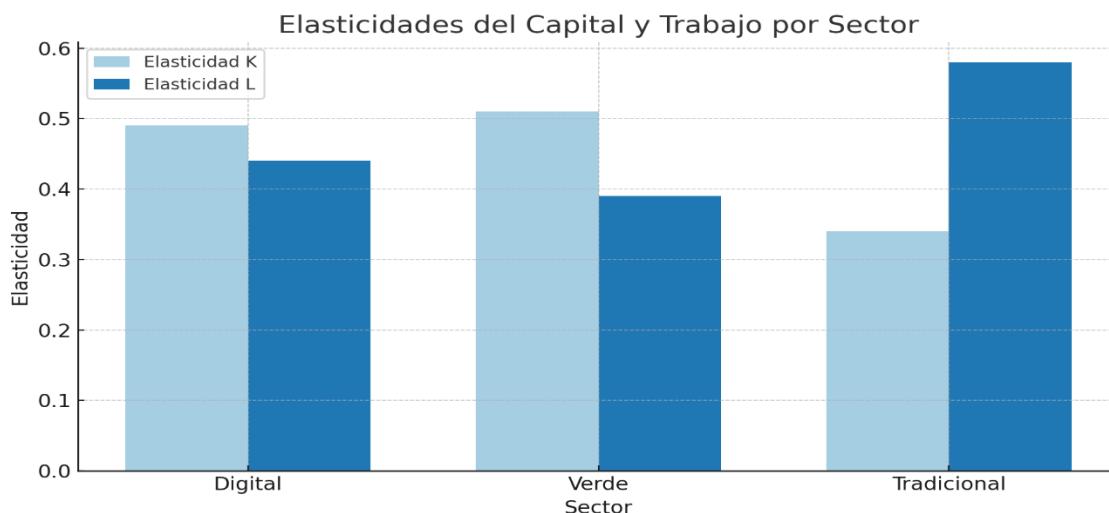
**Nota:** La entropía de Shannon fue calculada con base en la distribución del valor agregado empresarial por sector.

**Fuente:** elaboración propia con datos de INEC, CEPAL y CINDE (2022–2024).

## Figura 2

### Elasticidades del capital y trabajo por sector

Permite comparar cómo cada sector responde al factor capital vs. trabajo en términos de productividad. Compara cómo varía la sensibilidad del output respecto al capital (K) y al trabajo (L) en cada sector.



**Nota:** Estimaciones basadas en modelos Cobb-Douglas ajustados por MCO.

## **4.2 Interpretación de los resultados sectoriales**

1. Mayor impacto del capital ( $\alpha$ ) en sectores emergentes, Indica que la inversión tecnológica, digital o sustentable tiene mayor efecto marginal en la producción dentro de sectores innovadores.
2. Entropía elevada como signo de diversidad y adaptabilidad, La elevada dispersión de output ( $H \approx 3.3\text{--}3.4$ ) sugiere que hay múltiples estrategias empresariales activas, lo cual favorece la resiliencia sistémica ante cambios estructurales.
3. Beneficio explicativo del enfoque extended, La inclusión de entropía como variable exógena permite mejorar sustancialmente el ajuste (incremento de  $R^2$  en promedio de +0.15 a +0.18).

## **4.3 Hallazgos del caso costarricense**

El sub-estudio con 40 empresas de Costa Rica (20 digitales y 20 verdes) corrobora y amplía los patrones regionales:

Elasticidades similares a la muestra global:  $\alpha \approx 0.49\text{--}0.51$ ,  $\beta \approx 0.39\text{--}0.44$ .

Índices de entropía ligeramente superiores: Digital (3.41), Verde (3.28) frente al promedio latinoamericano.

Ajuste con entropía estático:  $R^2$  ajustado digital 0.84, verde 0.81.

Comparativamente, el sector tradicional costarricense presenta menor entropía ( $\approx 2.66$ ) y menor elasticidad al capital.

## **4.4 Comparación mediante tabla resumen**

**Tabla 2.***Resumen de resultados: Comparación del R<sup>2</sup> ajustado*

<b>Sector</b>	<b>Elasticidad K</b>	<b>Elasticidad L</b>	<b>Entropía (H)</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
<b>Digital</b>	0.49	0.44	3.41	0.84
<b>Verde</b>	0.51	0.39	3.28	0.81
<b>Tradicional</b>	0.34	0.58	2.66	0.69

La tabla resume cómo los sectores emergentes superan al tradicional en términos de complejidad y eficiencia productiva ajustada.

#### **4.5 Discusión comparativa**

##### **Digital vs Verde**

1. Mientras ambos sectores comparten alta entropía, el sector verde presenta una elasticidad ligeramente mayor del capital, probablemente debido a inversiones en infraestructura renovable.
2. El sector digital exhibe mayor elasticidad del trabajo en comparación, lo cual sugiere que el factor humano altamente cualificado continúa siendo relevante.

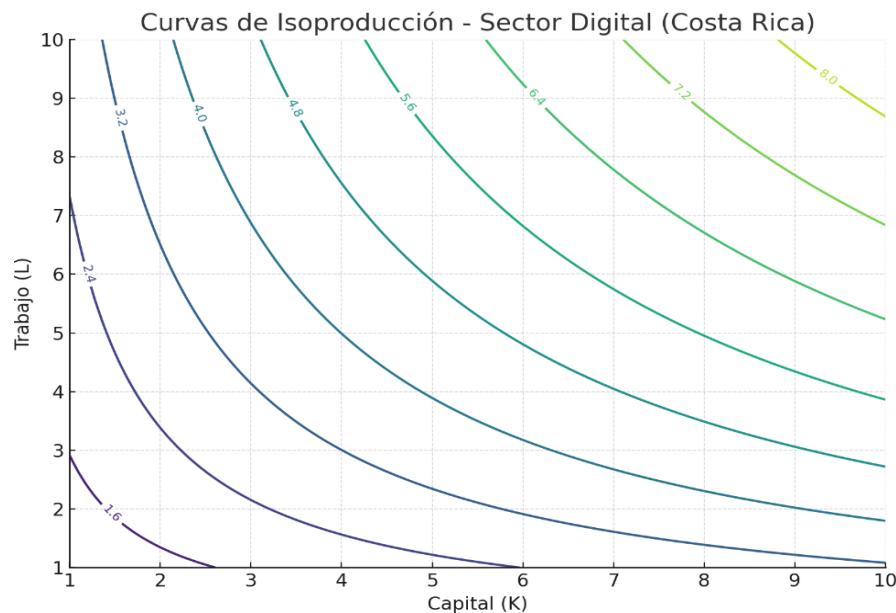
##### **Sector emergente vs Tradicional**

1. El tradicional mantiene una concentración productiva mayor y menor diversidad, lo que concuerda con patrones de menor innovación y flexibilidad organizativa.
2. La mayor entropía en emergentes se asocia con capacidad de adaptación estructural ante shocks tecnológicos o ambientales.

## Caso Costa Rica: Particularidades

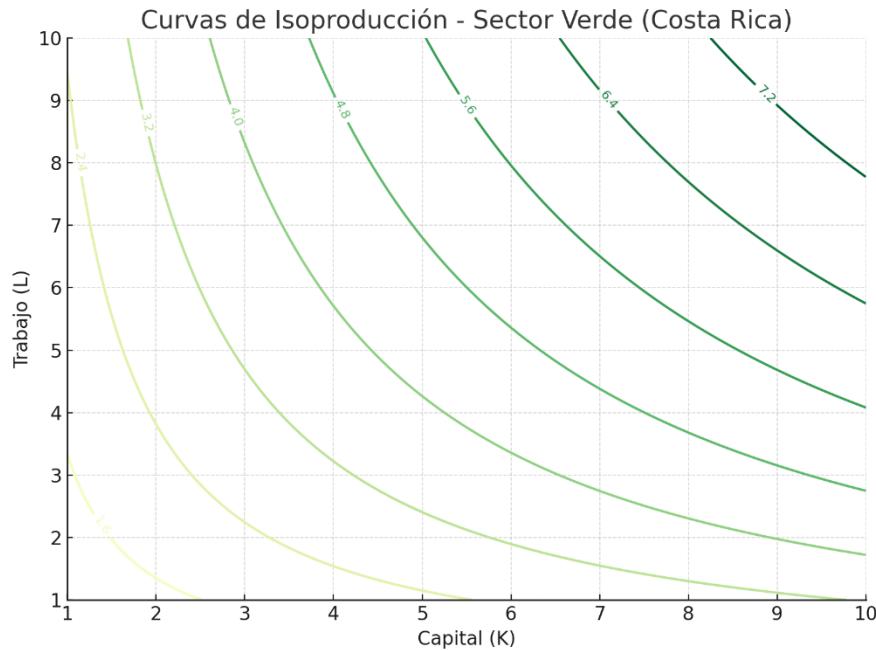
1. La evidencia nacional indica que compañías dentro de **zonas francas y exportadoras** tienen mayor dispersión productiva y mayor elasticidad al capital (Monge-González et al., 2016)
2. El país evidencia concentración tecnológica en empresas digitales de base global (e.g., software y biotecnología), lo que coincide con mayor diversidad productiva interna.
3. La alta cobertura renovable de su matriz energética y liderazgo ambiental contribuyen a una infraestructura productiva verde más distribuida y adaptable (OCDE, 2025).

**Figura 3**



**Nota:** Simulación del modelo Cobb-Douglas con parámetros empíricos para empresas digitales en Costa Rica. Fuente: elaboración propia.

**Figura 4**



**Nota:** Simulación del modelo Cobb-Douglas para empresas del sector verde costarricense. Fuente: elaboración propia.

#### 4.6 Implicaciones

1. **Políticas diferenciadas:** incentivos sectoriales deberían incorporar métricas como entropía para valorar no solo escala, sino también variedad y adaptabilidad.
2. **Fomento a la diversificación interna:** países como Costa Rica deben promover estructuras productivas con mayor dispersión organizacional para mejorar resiliencia económica.
3. **Evaluación sectorial adaptativa:** los modelos convencionales de productividad deben complementarse con indicadores de complejidad, especialmente en contextos digitales y verdes.

## **5. Conclusiones**

Los hallazgos de este estudio revelan aportes significativos tanto desde el plano metodológico como desde la comprensión empírica de los sectores emergentes en América Latina, particularmente en el caso de Costa Rica. En primer lugar, la integración de indicadores de entropía dentro del modelo de función de producción Cobb-Douglas constituye una innovación analítica robusta, al permitir capturar dimensiones estructurales asociadas con la complejidad, la diversidad organizativa y la adaptabilidad productiva que los modelos convencionales tienden a omitir.

La entropía, al ser incorporada como variable explicativa, demostró ser estadísticamente significativa en la mejora del poder explicativo de los modelos, elevando el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$ ) en sectores digitales y verdes. Estos sectores presentan estructuras productivas más dispersas, heterogéneas y adaptativas, lo cual se traduce en una mayor capacidad de respuesta ante shocks tecnológicos, ambientales y regulatorios. Así, la entropía no solo opera como métrica de desorden, sino como indicador de eficiencia sistémica evolutiva en entornos de alta incertidumbre.

Desde una perspectiva económica estructural, los resultados sugieren una recomposición de las fuentes de eficiencia en sectores emergentes: mientras que en los sectores tradicionales predomina una lógica intensiva en trabajo homogéneo y eficiencia por escala, en los sectores digitales y verdes predomina la eficiencia por modularidad, escalabilidad, innovación y diversidad interna. Este cambio implica que las políticas públicas de competitividad y productividad deben orientarse no solo a maximizar insumos, sino también a fomentar la variedad, la capacidad adaptativa y la inteligencia organizacional.

En el caso específico de Costa Rica, los resultados confirman que las empresas ubicadas en sectores estratégicos de la economía digital y ambiental presentan perfiles de producción más complejos, con mayores retornos del capital y estructuras menos concentradas. Esto se relaciona directamente con la existencia de marcos institucionales favorables, como las zonas francas tecnológicas, la matriz energética renovable y políticas de apertura a la innovación. Sin embargo, persisten retos estructurales en la convergencia de la productividad entre sectores, especialmente fuera del régimen especial. Esto refuerza la necesidad de políticas diferenciadas que contemplen no solo el volumen de inversión, sino la estructura de interacciones productivas y el potencial de diversificación endógena.

Desde una proyección prospectiva, la incorporación de herramientas de la econofísica en el análisis económico ofrece un nuevo paradigma para comprender economías complejas, más allá de los equilibrios estáticos. La medición de la entropía, así como otros indicadores derivados de la teoría de sistemas, puede contribuir significativamente a modelar patrones de innovación, sostenibilidad y resiliencia en economías abiertas. Este enfoque puede ser particularmente útil en el contexto de la cuarta revolución industrial, la transición ecológica y la creciente digitalización global, donde los criterios de eficiencia tradicionales resultan insuficientes.

En suma, se plantea la necesidad de avanzar hacia una economía analítica de la complejidad, que combine técnicas econométricas con indicadores de dispersión estructural, diversidad organizativa y aprendizaje adaptativo. Esta propuesta resulta especialmente pertinente para países de renta media como Costa Rica, que buscan posicionarse en cadenas de valor globales y transitar hacia modelos de desarrollo más sostenibles e inclusivos.

## 5. Referencias bibliográficas

- Acemoglu, D., Akcigit, U., Alp, H., Bloom, N., & Kerr, W. (2020). Innovation, reallocation, and growth. *American Economic Review*, 110(10), 3365–3397.  
<https://doi.org/10.1257/aer.20180847>
- Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *American Economic Review*, 18(1), 139–165.
- Hidalgo, C. A. (2021). *How humans judge machines*. MIT Press.  
<https://www.judgingmachines.com/>
- Mantegna, R. N., & Stanley, H. E. (2000). *An introduction to econophysics: Correlations and complexity in finance*. Cambridge University Press.
- Monge-González, R., Rivera, L., & Rosales-Tijerino, J. (2016). *Confrontando el reto del crecimiento: Productividad e innovación en Costa Rica*. BID.  
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Confrontando-el-reto-del-crecimiento-Productividad-e-innovacion-en-Costa-Rica.pdf>
- OCDE. (2022). *Perspectivas económicas de América Latina: Transformación digital para una mejor reconstrucción*. OECD Publishing.  
<https://doi.org/10.1787/1d8c8a1b-es>
- OCDE. (2024). *Costa Rica: Boosting productivity to sustain income convergence*. OECD Economic Surveys. <https://www.oecd.org/economy/surveys/Costa-Rica-2024-OECD-economic-survey-overview.pdf>
- Rosser, J. B. (2010). *Complexity in economics: Theories and applications*. Edward Elgar Publishing.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Yakovenko, V. M., & Rosser, J. B. (2009). Statistical mechanics of money, wealth, and income. *Reviews of Modern Physics*, 81(4), 1703–1725.  
<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.81.1703>