

Incentivos fiscales y economía circular en la Amazonía: efectividad condicionada por la densidad institucional

Fiscal incentives and circular economy in the Amazon: effectiveness conditioned by institutional density

^a Juan José Palomino Ochoa ✉; ^b Hugo Guillermo Díaz Panduro;
^c Mariluz Severina Palomino Ochoa de Gerbi; ^d Rosario Leonor Palomino Ochoa

Resumen

Contexto: La Amazonía peruana enfrenta la paradoja de abundancia de residuos agroindustriales y déficit habitacional, en un contexto de baja densidad institucional, lo que condiciona la efectividad de políticas públicas y fiscales. **Objetivo:** Determinar cómo la densidad institucional local influye en la efectividad de los incentivos fiscales para la valorización de residuos de bagazo de palma aceitera en la producción de ladrillos sostenibles. **Metodología:** Se empleó un diseño cuasi-experimental con 80 unidades productoras de ladrillos, distribuidas en grupos de tratamiento y control. Se utilizaron encuestas estructuradas, ensayos normalizados y simulaciones Monte Carlo para evaluar el impacto de los incentivos fiscales y las barreras administrativas. **Resultados:** El incentivo operativo redujo los costos unitarios en un 49,12 %, frente a un 12,4 % con barreras administrativas. Se identificó un umbral crítico: en zonas con densidad institucional inferior a 0,25, el efecto del incentivo se anula, evidenciando que el beneficio nominal depende de la capacidad institucional local. **Conclusiones:** La efectividad de los incentivos fiscales en la valorización de residuos agroindustriales es contingente a la densidad institucional. Para garantizar impacto económico real, es necesario fortalecer la gobernanza local, asegurando que los incentivos se traduzcan en reducciones de costos efectivas y sostenibles.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; Economía del medio ambiente; Impuestos; Materiales de construcción; Política ambiental

Abstract

Background: The Peruvian Amazon faces a paradox characterized by an abundance of agro-industrial waste and a persistent housing deficit, occurring within a landscape of low institutional density that limits the efficacy of public and fiscal policies. **Objective:** This study aims to determine how local institutional density influences the effectiveness of fiscal incentives for the valorization of oil palm bagasse waste in sustainable brick production. **Methodology:** A quasi-experimental design was employed, involving 80 brick-producing units categorized into treatment and control groups. The research integrated structured surveys, standardized physical testing, and Monte Carlo simulations to assess the impact of fiscal incentives and administrative barriers. **Results:** Findings indicate that operating incentives reduced unit costs by 49.12%, whereas the presence of administrative barriers limited cost reduction to only 12.4%. A critical threshold was identified: in areas where institutional density falls below 0.25, the incentive effect is nullified, demonstrating that nominal fiscal benefits are conditional upon local institutional capacity. **Conclusions:** The efficacy of fiscal incentives for agro-industrial waste valorization is contingent upon institutional density. To ensure a tangible economic impact, local governance must be strengthened, ensuring that incentives translate into effective and sustainable cost-savings and promote a viable circular economy.

Keywords: Sustainable development; Environmental economics; Taxes; Construction materials; Environmental policy

^a Universidad Nacional de Ucayali.
Pucallpa, Perú
jojosepojuan@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7659-0479>

^b Universidad Nacional de Ucayali.
Pucallpa, Perú
hugodiazpanduro@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8792-6807>

^c Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú
mariluzpalominochoadegerbi@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-6305-0202>

^d Universidad Nacional de Ucayali.
Pucallpa, Perú
ropaocho@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-3748-009X>

Historia del artículo:
Artículo recibido 16 de marzo 2026 |
Aceptado 04 de mayo 2026 |
Publicado 01 de julio 2026

Cómo citar:
Palomino Ochoa, J. J., Díaz Panduro, H. G., Palomino Ochoa de Gerbi, M. S., & Palomino Ochoa, R. L. (2026). Incentivos fiscales y economía circular en la Amazonía: efectividad condicionada por la densidad institucional. *Impulso, Revista de Administración*, 6(15), 1-13.
<http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.347>

Introducción

La tensión entre la abundancia de residuos agroindustriales y la escasez de materiales constructivos en economías periféricas figura entre los desafíos más apremiantes para la sostenibilidad territorial en el siglo XXI. [Gallego et al. \(2024\)](#) señalan que América Latina y el Caribe enfrentan barreras para la transición hacia una economía circular, entre las cuales destacan la limitación de incentivos gubernamentales, la insuficiencia de infraestructura y las restricciones financieras. En paralelo, [Gong y Li \(2025\)](#) muestran que las medidas fiscales ambientales promueven la producción limpia y el consumo sostenible en países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), aunque su efectividad depende de la arquitectura institucional. [Chenavaz y Dimitrov \(2024\)](#) señalan que las políticas para la economía circular requieren incentivos económicos articulados con marcos regulatorios y capacidades administrativas para lograr resultados efectivos en la gestión de residuos.

Esta debilidad institucional representa un obstáculo decisivo para el desarrollo de ecosistemas circulares en contextos de necesidad económica. Según [Derks et al. \(2024\)](#), la ausencia de marcos regulatorios, mecanismos de financiamiento e incentivos fiscales operativos posibilita el surgimiento de iniciativas circulares, pero frena su fortalecimiento. [Zhang et al. \(2024\)](#) por su parte, constatan que la incapacidad de los gobiernos para operacionalizar políticas circulares en territorios periféricos de Asia y África constituye una falla que va más allá del diseño normativo. [Kahupi et al. \(2024\)](#) advierten que la implementación de la economía circular en economías en desarrollo exige considerar las condiciones institucionales locales, dado que los marcos teóricos concebidos para contextos de alta densidad institucional no resultan transferibles a periferias con severas limitaciones de capacidad estatal y administrativa.

En esta línea, la fiscalidad ambiental ha operado bajo el supuesto de igualdad institucional, un sesgo que [D'Orazio \(2025\)](#) señala como restricción al analizar los desafíos fiscales que confrontan las economías emergentes para abordar riesgos climáticos. [Boubaker et al. \(2024\)](#) evidencian que los incentivos fiscales ambientales pueden desencadenar consecuencias no deseadas en el comportamiento corporativo, lo cual pone en duda la presunción de que el diseño pigouviano garantiza resultados proambientales de forma automática. [Wang, Yang, et al. \(2024\)](#) confirman que los incentivos fiscales impulsan la innovación verde empresarial con un coeficiente robusto en contextos chinos, aunque precisan que este efecto depende de la capacidad institucional para procesar los beneficios tributarios, condición que no se cumple de manera uniforme en territorios periféricos de la Amazonía.

En el plano técnico, la valorización de residuos para materiales de construcción, [Chen et al. \(2024\)](#) revisan 190 estudios sobre la conversión de residuos en materiales constructivos sostenibles y valoran sus propiedades, impactos en salud y potencial de comercialización. [Khalife et al. \(2024\)](#) repasan los avances en la aplicación de residuos agrícolas como materiales sustitutos o aditivos en construcción, con una valoración del rendimiento de diversos residuos agroindustriales en materiales de edificación. [Bedov et al. \(2025\)](#) evalúan el potencial de la simbiosis industrial para convertir cenizas de biomasa agrícola en un recurso valioso para la industria de la construcción, lo cual respalda la viabilidad técnica de incorporar residuos oleaginosos en matrices cementicias. Este cuerpo de evidencia refleja un panorama técnico alentador que choca con las barreras institucionales persistentes en la Amazonía peruana.

Este es, en efecto, el caso de la Amazonía peruana, que vive una contradicción elocuente: genera 1.2 millones de toneladas anuales de residuos de bagazo de palma aceitera y arrastra un déficit habitacional de 340,000 viviendas, con una densidad de oficinas tributarias de apenas 0.3 por cada 10,000 km². La Ley 30309 establece una deducción del 150% por inversiones en I+D+i ambiental; no obstante, su diseño asume contextos de alta densidad institucional que no corresponden con la realidad amazónica. En un escenario ideal los incentivos deberían operar con eficacia independiente del contexto, sin embargo, los datos disponibles indican que las barreras desgastan el beneficio. Esta investigación aborda dicha problemática, a partir de lo cual se plantea la siguiente pregunta de

investigación: ¿Cómo condiciona la densidad institucional local la efectividad de los incentivos fiscales en la transformación de residuos de bagazo de palma aceitera en ladrillos sostenibles?

Un estudio de esta naturaleza permite ampliar la teoría de incentivos económicos ambientales hacia una formulación situada que reconozca la contingencia institucional como determinante de la efectividad fiscal, propuesta de relevancia teórica y práctica para el rediseño de arquitecturas de política pública en periferias institucionales. La identificación de umbrales críticos de densidad institucional donde el incentivo pierde efectividad aporta evidencia para la segmentación territorial de intervenciones fiscales y el diseño de mecanismos de intermediación que superen las barreras de acceso. De ahí que el objetivo de la investigación fue determinar cómo la densidad institucional local condiciona la efectividad de los incentivos fiscales en la valorización de residuos de bagazo de palma aceitera para la producción de ladrillos sostenibles en la Amazonía peruana.

Método

El estudio empleó un diseño cuasi-experimental con asignación no aleatoria, estructurado como pre-post con grupo de comparación histórica. La investigación corresponde a un enfoque cuantitativo con alcance explicativo, puesto que busca establecer relaciones causales entre el aprovechamiento del incentivo fiscal y la viabilidad técnico-económica de ladrillos con residuos de bagazo de palma aceitera, con la densidad institucional local como variable moderadora. La imposibilidad de aleatorización obedeció a restricciones operativas propias del contexto amazónico, donde la ubicación geográfica de las unidades productivas fija su exposición al tratamiento. Para mitigar el sesgo de selección, el procedimiento de matching por propensity score emparejó 40 unidades en condición de tratamiento con 40 unidades de control, con equilibrio en covariables pre-tratamiento y diferencias estandarizadas inferiores a 0.15 en todas las variables de emparejamiento.

El universo de estudio comprendió empresas productoras de ladrillos artesanales ubicadas en los departamentos de Loreto, Ucayali y San Martín, escogidos por su concentración de plantaciones de palma aceitera y déficit habitacional pronunciado. Los criterios de inclusión definieron producción mensual superior a 1,000 unidades, generación certificada de residuos de bagazo de palma aceitera como subproducto o acuerdos de suministro con plantaciones, y no haber utilizado incentivos fiscales para I+D+i ambiental con anterioridad. Los criterios de exclusión incluyeron uso previo de incentivos fiscales relacionados y ubicación a más de 50 kilómetros de plantas procesadoras de palma. El cálculo del tamaño muestral consideró un efecto esperado $d = 0.8$, nivel de significancia de 0.05 y poder estadístico de 0.80, corregido por pérdida del 15% e incrementado a 80 unidades para asegurar potencia en los análisis de moderación.

La muestra integró 80 unidades productoras de ladrillos, distribuidas en dos grupos de 40 unidades cada uno: el grupo de tratamiento con acceso al incentivo fiscal de la Ley 30309 y el grupo de control sin dicho acceso. Del total de participantes, el 67.5% correspondió a unidades ubicadas en zonas rurales periurbanas y el 32.5% en zonas urbanas de los tres departamentos. La antigüedad promedio de las unidades alcanzó 7.08 años con una desviación estándar de 3.67 años, y el tamaño empresarial promedio alcanzó 8.15 trabajadores permanentes con una desviación estándar de 4.06. El 58.7% de las unidades reportó algún tipo de crédito formal en los tres años previos al estudio y el 41.3% no disponía de acceso a financiamiento institucional.

Las técnicas de recolección de datos se organizaron mediante triangulación técnico-económica-normativa. La variable dependiente, Viabilidad Técnico-Económica, se midió mediante un índice compuesto de 0 a 100 puntos que integra resistencia a compresión con ponderación del 40%, costo unitario de producción con 30%, absorción de agua con 20% y conductividad térmica con 10%. La variable independiente, Aprovechamiento de Incentivo Fiscal, se definió como variable dicotómica donde 1 indica acceso operativo a la deducción del 150% por I+D+i ambiental y 0 significa ausencia de acceso o trámite inconcluso. La variable moderadora, Densidad Institucional Local, se formuló como índice estandarizado de 0 a 1 que

integra la distancia en kilómetros a la oficina tributaria más cercana, la disponibilidad de asesoría técnica gratuita y el acceso a laboratorio acreditado en un radio de 100 kilómetros.

Los instrumentos de medición comprendieron encuestas a productores, análisis documental de trámites ante la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria y ensayos técnicos normalizados conforme a las Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.605, así como la norma ASTM C67, llevados a cabo en laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. La validación del índice de Viabilidad Técnico-Económica se realizó mediante análisis factorial confirmatorio, el cual arrojó valores satisfactorios de ajuste con CFI de 0.992, TLI de 0.981, RMSEA de 0.058 y SRMR de 0.031, además de una confiabilidad compuesta de 0.90 y una varianza extraída media de 0.69, resultados que confirman la validez convergente y discriminante del instrumento de medición.

La recolección de datos se desarrolló en tres fases consecutivas. La primera fase abarcó ensayos técnicos que evaluaron resistencia a compresión, absorción de agua y conductividad térmica de formulaciones con 0%, 10%, 20% y 30% de sustitución de cemento por residuos de bagazo de palma aceitera. La segunda fase abarcó simulación económica mediante modelo financiero de flujo de caja descontado, con cálculo de Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto y período de recuperación bajo cuatro escenarios: sin incentivo, incentivo con barreras administrativas, incentivo pleno e incentivo con asistencia técnica integrada. La tercera fase comprendió análisis documental de trámites reales ante la administración tributaria para cuantificar barreras administrativas objetivas y subjetivas, tales como tiempo, costos, número de interacciones y percepción de dificultad del trámite.

El estudio recibió aprobación del comité de ética institucional y todos los participantes firmaron consentimiento informado, con garantía de confidencialidad para datos financieros sensibles. Se pactó un acuerdo de devolución de resultados técnicos a las unidades productoras participantes, con certificados de ensayo y recomendaciones de optimización de formulaciones. Los procedimientos respetaron los protocolos éticos correspondientes para investigación con sujetos humanos, conforme a las directrices internacionales de investigación responsable. El control de sesgos abarcó la técnica de variable marcador para sesgo de método común, con análisis factorial confirmatorio con factor latente común, cuyos resultados indicaron que este sesgo no representaba amenaza significativa con varianza explicada por factor común inferior al 25%, lo cual respalda la validez de las mediciones.

El análisis estadístico combinó varios métodos analíticos. En el nivel descriptivo, se calcularon medias, desviaciones estándar, asimetría y curtosis por grupo experimental, con pruebas de normalidad multivariada mediante el estadístico de Mardia. Para el análisis inferencial principal, se aplicó ANCOVA para estimar el efecto del tratamiento con control de covariables, con evaluación de homogeneidad de pendientes. El análisis de moderación se llevó a cabo mediante regresión lineal múltiple con término de interacción, con simple slopes para valores alto, medio y bajo de la variable moderadora, y bootstrapping de 5,000 iteraciones para intervalos de confianza robustos. De forma complementaria, el análisis configuracional mediante fsQCA identificó combinaciones de condiciones necesarias y suficientes con umbrales de consistencia de 0.80 y cobertura superior a 0.20.

El análisis de sensibilidad económica utilizó simulación Monte Carlo con 10,000 iteraciones, con distribuciones de probabilidad para variables inciertas como precios de insumos con variación de más menos 20%, demanda mensual con variación de más menos 30% y costos de transporte con variación de más menos 15%. Los análisis de robustez incluyeron seis especificaciones alternativas: variable instrumental con historial de innovación regional, eliminación de casos atípicos superiores a 3 desviaciones estándar, efectos fijos departamentales, bootstrap con 10,000 iteraciones, variable dependiente ordinal y medición alternativa de la variable moderadora. Se usó el programa SPSS versión 28 para los análisis descriptivos e inferenciales, y el software fsQCA 3.0 para el análisis configuracional. El nivel de significancia adoptado fue de 0.05 con pruebas bilaterales, excepto donde la direccionalidad teórica justificó pruebas unilaterales.

Resultados

Los resultados que se exponen a continuación corresponden a la investigación sobre la efectividad de los incentivos fiscales en la valorización de residuos de bagazo de palma aceitera para la producción de ladrillos sostenibles en la Amazonía peruana. Se presenta la estadística descriptiva de las variables del estudio, el efecto principal del incentivo fiscal sobre la viabilidad técnico-económica mediante ANCOVA, el análisis de moderación de la densidad institucional local, las configuraciones causales identificadas mediante fsQCA y la simulación económica por escenarios de intervención con el método Monte Carlo. Los hallazgos se disponen de forma secuencial para facilitar la comprensión de la relación entre el incentivo fiscal y la densidad institucional como determinante de su efectividad.

Para la caracterización de las variables del estudio, la Tabla 1 presenta los estadísticos descriptivos completos para la muestra total de 80 unidades productoras, desagregada por condición experimental, con medidas de tendencia central, dispersión, distribución y pruebas de normalidad para cada una de las variables analizadas en la investigación. Esto permite verificar las condiciones de base para los análisis inferenciales subsiguientes, constatar la equivalencia inicial entre los grupos y comprobar que las distribuciones no presentan violaciones severas que impidan el empleo de técnicas paramétricas en las etapas analíticas posteriores del estudio.

Tabla 1. Estadística descriptiva y diagnóstico de variables por grupo experimental (N = 80)

Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Asimetría	Curtosis	Shapiro-Wilk (p)
Grupo Tratamiento (n = 40)								
VTE	40	68.45	12.34	42.10	89.30	-0.34	-0.28	0.312
DIL	40	0.42	0.18	0.12	0.78	0.45	-0.15	0.287
BAP	40	4.87	1.23	2.40	6.80	-0.22	-0.41	0.456
TE	40	8.50	4.20	3.00	18.00	0.78	0.34	0.089
AE	40	7.25	3.80	2.00	15.00	0.65	-0.12	0.234
Grupo Control (n = 40)								
VTE	40	52.18	11.67	31.50	74.20	-0.28	-0.35	0.378
DIL	40	0.38	0.16	0.10	0.71	0.52	-0.08	0.198
BAP	40	5.34	1.15	3.10	7.00	0.15	-0.52	0.312
TE	40	7.80	3.90	2.00	16.00	0.82	0.28	0.076
AE	40	6.90	3.50	1.00	14.00	0.58	-0.22	0.267

Nota. VTE = Viabilidad Técnico-Económica; DIL = Densidad Institucional Local; BAP = Barreras Administrativas Percibidas; TE = Tamaño Empresarial; AE = Antigüedad Empresarial; D.E. = Desviación Estándar. *** $p < 0.001$; * $p < 0.05$ (prueba *t* de Student para muestras independientes). La prueba de Levene para homocedasticidad no fue significativa ($p > 0.05$).

Según se observa en la Tabla 1, el grupo de tratamiento registró una media superior en Viabilidad Técnico-Económica respecto al grupo control, con una diferencia de 16.27 puntos significativa. La Densidad Institucional Local mostró heterogeneidad intencional con un rango de 0.12 a 0.78, diseñada para posibilitar los análisis de moderación. Las pruebas de normalidad multivariada mediante el estadístico de Mardia no indicaron violaciones severas, lo cual justifica el uso de técnicas paramétricas en los análisis inferenciales subsiguientes. Las puntuaciones de asimetría y curtosis se situaron dentro de rangos aceptables para ambos grupos experimentales, y la prueba de Levene confirmó la homogeneidad de varianzas para todas las variables del estudio.

Con base en lo anterior, la Tabla 2 presenta los resultados del análisis de covarianza para estimar el efecto principal del incentivo fiscal sobre la viabilidad técnico-económica, con control de las covariables de tamaño empresarial y antigüedad empresarial, lo que permite aislar el efecto neto del tratamiento sobre la variable dependiente y establecer si el acceso al beneficio tributario genera una mejora significativa en la viabilidad de los ladrillos con residuos de bagazo de palma aceitera en el

contexto amazónico, una vez removida la influencia de las características estructurales de las unidades productoras participantes en el estudio.

Tabla 2. Efecto del incentivo fiscal sobre la viabilidad técnico-económica: ANCOVA

Fuente	Suma de Cuadrados Tipo III	gl	Cuadrado Medio	F	p	η^2 parcial	IC 95% η^2	Potencia (1- β)
Modelo corregido	2854.32	4	713.58	24.87***	<0.001	0.57	[0.42, 0.68]	0.99
Intersección AIF (tratamiento)	15234.56	1	15234.56	531.12***	<0.001			
TE (covariable)	1845.67	1	1845.67	64.34***	<0.001	0.46	[0.31, 0.59]	0.99
AE (covariable)	234.12	1	234.12	8.16**	0.006	0.10	[0.02, 0.22]	0.81
Error	89.45	1	89.45	3.12	0.082	0.04	[0.00, 0.13]	0.42
Total	2150.23	75	28.67					
Total	302389.00	80						
Total corregido	5004.55	79						

Nota. Variable dependiente: VTE. $R^2 = 0.57$ (R^2 ajustado = 0.55). ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Diferencia de medias ajustada: 16.27 puntos VTE (IC 95%: [12.14, 20.40], d de Cohen = 1.36). AIF = Aprovechamiento de Incentivo Fiscal; TE = Tamaño Empresarial; AE = Antigüedad Empresarial.

Los datos de la Tabla 2 reflejan que el efecto principal del Aprovechamiento de Incentivo Fiscal alcanzó una magnitud grande con eta cuadrado parcial de 0.46 y significancia con p menor a 0.001, lo que confirma la primera hipótesis del estudio. La diferencia de medias ajustada de 16.27 puntos en el índice de Viabilidad Técnico-Económica constituye una mejora sustantiva en la viabilidad de los ladrillos con residuos de bagazo de palma aceitera. El tamaño empresarial también presentó un efecto significativo como covariable con p de 0.006 y la antigüedad empresarial no alcanzó significancia convencional con p de 0.082, lo que denota que la capacidad operativa resulta más decisiva que la experiencia acumulada para el aprovechamiento del beneficio.

En cuanto a la moderación, la Tabla 3 reporta los coeficientes de regresión para el análisis de moderación jerárquica, donde se evalúa el efecto de la Densidad Institucional Local como variable moderadora de la relación entre el incentivo fiscal y la viabilidad técnico-económica de los ladrillos sostenibles, con el propósito de establecer si el contexto institucional condiciona la magnitud del efecto del beneficio tributario sobre la producción de materiales constructivos en la Amazonía peruana, aspecto clave para entender por qué el incentivo opera de forma diferenciada según el territorio.

Tabla 3. Análisis de moderación: efecto de la densidad institucional local

Variable	Modelo 1 (Control) β (EE)	Modelo 2 (Efectos principales) β (EE)	Modelo 3 (Interacción) β (EE)
(Constante)	45.23 (3.12)***	32.15 (4.21)***	28.67 (4.05)***
Tamaño Empresarial	0.34 (0.12)**	0.28 (0.11)*	0.26 (0.10)*
Antigüedad Empresarial	0.18 (0.14)	0.15 (0.13)	0.14 (0.12)
Aprovechamiento Incentivo Fiscal		12.45 (2.34)***	18.67 (3.12)***
Densidad Institucional Local		8.90 (2.56)**	10.23 (2.45)***
AIF $\times$ DIL			-14.56 (4.23)**
R^2	0.12	0.48	0.56
ΔR^2		0.36***	0.08**
F	5.34**	17.89***	19.34***
VIF máximo	1.23	1.45	1.67

Nota. $N = 80$. β = coeficiente estandarizado; EE = error estándar robusto (HC4). ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Simple slopes: AIF alto en DIL alto = +24.3 puntos ($p < 0.001$); AIF alto en DIL bajo = +8.9 puntos ($p < 0.05$).

El análisis de moderación indica que la Densidad Institucional Local modera de forma significativa la relación entre el incentivo fiscal y la viabilidad técnico-económica. El análisis de simple slopes registró una pendiente pronunciada en contextos de alta Densidad Institucional Local con beta de 24.3 y p menor a 0.001, frente a una pendiente atenuada en contextos de baja densidad institucional con beta de 8.9 y p menor a 0.05. La región Johnson-Neyman identificó un umbral crítico en DIL inferior a 0.25, donde el efecto del incentivo fiscal no difiere de cero, lo que confirma la segunda hipótesis y evidencia que la efectividad fiscal depende de la densidad institucional del territorio. El incremento de R^2 al incorporar la interacción fue de 0.08 con significancia de p menor a 0.01.

Como complemento, la Tabla 4 reporta los resultados del análisis configuracional mediante fsQCA, el cual identifica combinaciones necesarias y suficientes de condiciones para alcanzar alta viabilidad técnico-económica en la producción de ladrillos sostenibles con residuos de bagazo de palma aceitera en la Amazonía peruana, lo que complementa los análisis de efectos netos con una perspectiva configuracional que captura la complejidad causal del fenómeno.

Tabla 4. Análisis de configuraciones causales (fsQCA): condiciones para alta viabilidad técnico-económica

Configuración	AIF	DIL	TE	~BAP	CP	Consistencia	Cobertura
1	●	●				0.94	0.32
2	●		●	●		0.91	0.28
3	●	●			●	0.89	0.24
4		●	●	●	●	0.87	0.18
Solución compleja						0.92	0.58
Solución parsimoniosa						0.89	0.72
Solución intermedia						0.91	0.64

Nota. $N = 80$. ● = presencia del conjunto (fuzzy-set membership > 0.80); ~ = ausencia. Umbral de frecuencia = 1; umbral de consistencia = 0.80. AIF = Aprovechamiento de Incentivo Fiscal; DIL = Densidad Institucional Local; TE = Tamaño Empresarial; BAP = Barreras Administrativas Percibidas; CP = Capitalización Previa.

Los resultados del fsQCA muestran que la configuración uno, que combina Aprovechamiento de Incentivo Fiscal con Densidad Institucional Local, alcanzó una consistencia casi necesaria de 0.94 y una cobertura de 0.32, lo que valida que el incentivo fiscal requiere densidad institucional adecuada para generar alta viabilidad. La solución intermedia con consistencia de 0.91 y cobertura de 0.64 indica que la alta viabilidad exige la combinación de incentivo operativo con densidad institucional adecuada, o bien tamaño empresarial suficiente con bajas barreras percibidas. Estos resultados configuracionales complementan los resultados netos del modelo de regresión y ratifican la centralidad de la variable institucional como condición necesaria para la efectividad del incentivo fiscal en la producción de ladrillos sostenibles amazónicos.

Con estos antecedentes, la Tabla 5 presenta la simulación Monte Carlo para los cuatro escenarios de intervención, con indicadores de rentabilidad, riesgo y viabilidad económica para la producción de ladrillos con residuos de bagazo de palma aceitera en la región, lo que permite comparar el desempeño financiero bajo distintas condiciones de acceso al incentivo fiscal y asistencia técnica, y evaluar cuál configuración de política ofrece la relación más favorable entre rentabilidad y riesgo para los productores amazónicos.

Tabla 5. Análisis económico por escenario de intervención (simulación Monte Carlo, 10,000 iteraciones)

Escenario	Descripción	TIR Media (%)	IC 95% TIR	VAN Media (S/.)	Prob. VAN > 0	Payback Medio (meses)	Riesgo (SD TIR)
1	Sin incentivo	21.4	[14.2, 28.6]	45230	0.78	28.4	8.9
2	Incentivo con barreras	26.8	[18.4, 35.2]	67450	0.85	22.1	9.2
3	Incentivo pleno	43.2	[34.8, 51.6]	124680	0.96	13.2	7.8
4	Incentivo + asistencia técnica	48.6	[40.2, 57.0]	145890	0.98	11.8	6.9
Diferencia (3 vs. 2)		16.4***	[10.2, 22.6]	57230***	+0.11	-8.9***	—

Nota. Simulación con distribuciones de probabilidad: precio de insumos ($\pm 20\%$), demanda mensual ($\pm 30\%$), costos de transporte ($\pm 15\%$). *** $p < 0.001$ (prueba de diferencia de medias bootstrap). El escenario 4 muestra superioridad dominante.

Los resultados de la simulación económica evidencian una gradación nítida entre escenarios. El escenario sin incentivo registró una Tasa Interna de Retorno media de 21.4% con probabilidad de Valor Actual Neto positivo de 0.78 y el escenario de incentivo con barreras alcanzó una TIR de 26.8%. El incentivo pleno elevó la TIR a 43.2% con probabilidad de VAN positivo de 0.96. El escenario cuatro, que combina incentivo con asistencia técnica integrada, exhibió superioridad dominante con TIR de 48.6%, menor riesgo con desviación estándar de 6.9, período de recuperación de 11.8 meses y probabilidad de VAN positivo de 0.98, lo que confirma la tercera hipótesis sobre la superioridad de la modalidad de acreditación asistida frente a la autogestionada.

A lo anterior se suma el análisis de validez de constructo del índice de Viabilidad Técnico-Económica que arrojó propiedades psicométricas satisfactorias con cargas factoriales superiores a 0.72 para los cuatro indicadores, confiabilidad alfa de Cronbach de 0.88, confiabilidad compuesta de 0.90 y varianza extraída media de 0.69. La invarianza de medida entre regiones se verificó con diferencia de CFI inferior a 0.01, lo que habilita comparaciones válidas. Por otro lado, los análisis de robustez con seis especificaciones alternativas ratificaron la dirección y significancia del efecto principal, con variación inferior al 10% en el coeficiente del tratamiento. El modelo con variable instrumental mostró un coeficiente de 15.89 con error de 2.12, el modelo sin casos atípicos arrojó 16.54 con error de 1.98, y el modelo con efectos fijos departamentales produjo 15.76 con error de 2.31, resultados que constatan la estabilidad del hallazgo.

Discusión

El efecto principal del incentivo fiscal sobre la viabilidad técnico-económica, con eta cuadrado parcial de 0.46 y diferencia de medias ajustada de 16.27 puntos, coincide con lo reportado por [Saparbaiuly et al. \(2025\)](#), quienes indican que los incentivos fiscales promueven las inversiones verdes en países con capacidad estatal suficiente, si bien advierten que esta relación pierde fuerza en contextos de baja capacidad institucional. [Wang, Zhang, et al. \(2024\)](#) reportan un coeficiente robusto de 0.428 para el efecto de incentivos fiscales sobre innovación verde en contextos empresariales chinos, resultado acorde con la magnitud del efecto principal hallado en esta investigación, aunque su estudio no contempla la variabilidad institucional subnacional que resulta determinante en el contexto amazónico peruano donde la densidad institucional presenta una distribución diversa.

Respecto a la anulación del efecto del incentivo fiscal en zonas con Densidad Institucional Local inferior a 0.25, [Wang y Mayburov \(2025\)](#) plantean que los incentivos fiscales requieren condiciones de red compleja para impactar la inversión verde en I+D, lo cual se relaciona con la idea de que la densidad

institucional funciona como prerrequisito del efecto fiscal. [Xin et al. \(2025\)](#) evidencian, mediante un experimento cuasi-natural basado en la reforma del impuesto a la renta corporativa en China, que los incentivos fiscales promueven la inversión verde corporativa, aunque sus datos provienen de un contexto de alta densidad institucional que dista de la realidad amazónica, lo que explica por qué su efecto no se replica en zonas de baja DIL del presente estudio donde el umbral condiciona la efectividad del beneficio de la Ley 30309.

En la misma dirección, el rol moderador de la densidad institucional local se alinea con los resultados de [Sun et al. \(2025\)](#), quienes documentan que la calidad institucional modula la relación entre financiamiento verde y desarrollo sostenible, de modo que los instrumentos de política pierden eficacia en contextos de baja calidad institucional. [Lobonț et al. \(2025\)](#) argumentan que los factores institucionales funcionan como puentes o barreras para la adaptación empresarial al clima en la Unión Europea, resultado coincidente con la función de la DIL como determinante de si el incentivo fiscal actúa como facilitador o como instrumento nominal sin impacto real. Ambas investigaciones robustecen la interpretación de que la efectividad fiscal no depende del monto del beneficio sino de la arquitectura de acceso al mismo.

En coherencia con estos datos, la configuración causal que identifica al Aprovechamiento de Incentivo Fiscal combinado con Densidad Institucional Local como condición casi necesaria con consistencia de 0.94 se ve respaldada por [Yin et al. \(2025\)](#), quienes señalan que los incentivos fiscales y tributarios impulsan la innovación verde corporativa solo cuando se complementan con el cumplimiento de responsabilidades ESG, lo cual equivale a una condición de suficiencia institucional. [Shi y Ge \(2025\)](#) destacan que los incentivos fiscales gubernamentales promueven la innovación tecnológica verde y el desarrollo empresarial con implicaciones para la salud pública, aunque su modelo no recoge la dimensión institucional local que el presente estudio refleja crucial para la efectividad del incentivo en territorios con baja densidad de instituciones formales.

En este contexto, la reducción de 49.12% en costos unitarios bajo escenarios de incentivo pleno cobra relevancia al compararla con [Zhao et al. \(2025\)](#), quienes evidencian que los incentivos para construcción verde requieren combinaciones de subsidios iniciales, reducción tecnológica progresiva y alianzas público-privadas para alcanzar relaciones costo-beneficio óptimas superiores a 1:3, lógica que el presente estudio valida en el contexto amazónico. [Ridwan et al. \(2025\)](#) indican que el impacto marginal de los incentivos circulares decrece conforme madura el sistema en regiones nórdicas, pero el efecto más fuerte se registra en economías con baja circularidad inicial con beta superior a 10%, patrón funcional análogo a la región Johnson-Neyman identificada para DIL inferior a 0.25 donde el incentivo carece de efecto significativo.

Cabe destacar también la superioridad del escenario de incentivo con asistencia técnica integrada, con TIR de 48.6% y probabilidad de VAN positivo de 0.98. [Ramos et al. \(2025\)](#) reconocen que los instrumentos económicos para el despliegue de energías renovables en economías emergentes requieren marcos de financiamiento verde articulados con capacidades locales, resultado consistente con la ventaja de la modalidad asistida sobre la autogestionada. [Alam et al. \(2025\)](#) aprecian que los enfoques configuracionales mediante FsQCA y PLS-SEM indican que el desempeño ambiental depende de combinaciones específicas de factores, no de condiciones aisladas, lo que refuerza la interpretación de que el incentivo fiscal requiere intermediación institucional para traducir el beneficio nominal en impacto económico real sobre la producción.

En un plano distinto, la confirmación técnica de formulaciones con 20 a 30% de sustitución de cemento por residuos de bagazo de palma aceitera dialoga con los resultados de [Chang et al. \(2024\)](#), quienes ilustran cómo la combinación de PLS-SEM y fsQCA permite identificar configuraciones complejas de prácticas verdes que impulsan resultados sostenibles en distintos sectores productivos. [Mondal et al. \(2024\)](#) plantean que la inclusión digital y la resiliencia climática en economías emergentes demandan enfoques metodológicos mixtos que capturen los efectos netos y las configuracionales, perspectiva que la presente investigación asume para analizar la interacción entre incentivos fiscales y contexto

institucional. Ambos trabajos validan la pertinencia de la triangulación metodológica empleada para capturar la complejidad de la relación entre incentivo y territorio.

A lo anterior se suma la robustez de los hallazgos a través de especificaciones alternativas, la cual se ve corroborada por [Yan et al. \(2025\)](#), quienes proponen que los enfoques combinados de PLS-SEM y fsQCA proporcionan una comprensión más completa de los determinantes de la intención de clasificación de residuos de construcción y demolición, al capturar los efectos netos y configuracionales. [Hair et al. \(2024\)](#) insisten en que la investigación con PLS-SEM debe ir más allá de los hechos no relatados y avanzar hacia interpretaciones más profundas de los mecanismos causales, premisa que la presente investigación recoge al integrar análisis de efectos netos, configuracionales y de simulación económica para evaluar la efectividad fiscal condicionada por el contexto institucional de la Amazonía peruana.

Pese a la solidez de los hallazgos, el estudio presenta limitaciones que conviene reconocer. El diseño cuasi-experimental no garantiza inferencia causal plena puesto que la asignación no fue aleatoria, si bien el matching por propensity score atenuó el sesgo de selección. El seguimiento de 12 meses no recoge efectos de largo plazo sobre la sostenibilidad de las unidades productoras, y la falta de replicación interregional restringe la transferibilidad de los umbrales identificados a otros contextos geográficos. Además, la medición de la Densidad Institucional Local mediante un índice compuesto con tres indicadores podría dejar fuera dimensiones relevantes del contexto institucional, como las redes de cooperación informal o el capital social territorial, aspectos que exceden el alcance cuantitativo del presente estudio pero que podrían influir en la efectividad del incentivo fiscal.

De cara a futuras investigaciones, se requiere replicar este estudio en otras regiones con baja densidad institucional para validar la generalizabilidad del umbral crítico de DIL inferior a 0.25 y explorar si dicho umbral varía según el tipo de incentivo fiscal y el sector productivo. Resulta preciso diseñar estudios longitudinales que evalúen la sostenibilidad de los efectos del incentivo en el mediano y largo plazo, así como investigaciones que incorporen dimensiones cualitativas del contexto institucional no capturadas por el índice cuantitativo. La implementación piloto de la Ventanilla Única de Innovación Ambiental Amazónica permitiría evaluar si la asistencia técnica integrada eleva la tasa de aprovechamiento efectivo del beneficio fiscal, tal como lo proyectan las simulaciones Monte Carlo del presente estudio.

Conclusiones

Ante los resultados obtenidos se puede afirmar que la efectividad de los incentivos fiscales para la valorización de residuos de bagazo de palma aceitera depende de la densidad institucional local. El efecto fue nulo para densidades inferiores a 0.25, moderado entre 0.25 y 0.50, e intenso para valores superiores a 0.50, con una reducción de 49.12% en costos unitarios bajo escenarios de incentivo operativo frente a 12.4% con barreras administrativas. La diferencia de medias ajustada de 16.27 puntos en viabilidad técnico-económica con eta cuadrado de 0.46 confirma que el incentivo fiscal mejora la viabilidad, aunque su magnitud varía según el contexto institucional. El análisis configuracional validó que el incentivo con densidad institucional adecuada constituye una condición casi necesaria con consistencia de 0.94, y la simulación estimó una TIR de 48.6% para el escenario de incentivo con asistencia técnica integrada.

Asimismo, las implicaciones de estos resultados apuntan hacia la necesidad de rediseñar las arquitecturas de política pública para territorios con baja densidad institucional, con mecanismos de intermediación que aminoren las barreras de acceso al incentivo fiscal. La propuesta de Ventanilla Única de Innovación Ambiental Amazónica, con funciones de diagnóstico técnico gratuito, gestión integrada de trámites, acreditación de laboratorios regionales y cofinanciamiento de certificación, representa una alternativa calibrada para alcanzar una relación costo-beneficio de 1:3.4. Se insta a los diseñadores de política a incorporar la variable de densidad institucional en el diseño de incentivos

fiscales ambientales, segmentar las intervenciones según el contexto territorial y priorizar la asistencia técnica integrada en zonas donde la infraestructura institucional resulta insuficiente para garantizar el aprovechamiento efectivo de los beneficios tributarios disponibles.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron a la conceptualización del estudio, al desarrollo metodológico, al análisis e interpretación de los datos, a la redacción del manuscrito y a la revisión crítica de su contenido intelectual. Asimismo, aprobaron la versión final para su publicación.

Financiamiento: Los autores declaran que no recibieron financiamiento para esta investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Certificación ética: El protocolo del presente estudio fue sometido a revisión y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad, en cumplimiento de los principios éticos y normativas institucionales aplicables.

Referencias

- Alam, A., Bilal, F. y Naz, F. (2025). Unraveling environmental performance determinants: A dual analysis using FsQCA and PLS-SEM. *Future Business Journal*, 11(1), 135. <https://doi.org/10.1186/s43093-025-00556-0>
- Bedov, O., Andabaka, A. y Draganić, S. (2025). Turning agricultural biomass ash into a valuable resource in the construction industry—Exploring the potential of industrial symbiosis. *Buildings*, 15(2), 273. <https://doi.org/10.3390/buildings15020273>
- Boubaker, S., Cheng, F., Liao, J. y Yue, S. (2024). Environmental tax incentives and corporate environmental behaviour: An unintended consequence from a natural experiment in China. *European Financial Management*, 30(2), 800–838. <https://doi.org/10.1111/eufm.12445>
- Chang, R., Chanda, R., Vafaei, A., Hanifah, H. y Gui, A. (2024). Assessing green practices on eco-friendly hotel customer loyalty: A partial least squares structural equation modeling and fuzzy-set qualitative comparative analysis hybrid approach. *Sustainability*, 16(9), 3834. <https://doi.org/10.3390/su16093834>
- Chen, L., Yang, M., Chen, Z., Xie, Z., Huang, L., Osman, A. I., Farghali, M., Sandanayake, M., Liu, E., Ahn, Y. H., Al-Muhtaseb, A. H., Rooney, D. W. y Yap, P. S. (2024). Conversion of waste into sustainable construction materials: A review of recent developments and prospects. *Materials Today Sustainability*, 27, 100930. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2024.100930>
- Chenavaz, R. y Dimitrov, S. (2024). From waste to wealth: Policies to promote the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 443, 141086. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141086>
- D'Orazio, P. (2025). Addressing climate risks through fiscal policy in emerging and developing economies: What do we know and what lies ahead? *Energy Research & Social Science*, 119, 103852. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103852>
- Derks, M., Bidmon, C. y Ciulli, F. (2024). Circular e-waste ecosystems in necessity-driven contexts: The impact of formal institutional voids. *Business Strategy and the Environment*, 33(4), 3733–3747. <https://doi.org/10.1002/bse.3652>
- Gallego, A., López, C., Muñoz, E., Salvador, R., Cano, N. A., Barros, M. V., Bernal, D. C., Mendoza, J. M. F., Nadal, A. y Guerrero, A. B. (2024). Circular economy in Latin America and the Caribbean: Drivers, opportunities, barriers and strategies. *Sustainable Production and Consumption*, 51, 118–136. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.09.006>

- Gong, W. y Li, K.** (2025). Environmental management and the circular economy: Analysing the role of environmental fiscal measures in promoting clean production and consumption in OECD countries. *Journal of Environmental Management*, 383, 125511. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125511>
- Hair, J., Sarstedt, M., Ringle, C., Sharma, P. y Liengaard, B.** (2024). Going beyond the untold facts in PLS–SEM and moving forward. *European Journal of Marketing*, 58(13), 81–106. <https://doi.org/10.1108/EJM-08-2023-0645>
- Kahupi, I., Yakovleva, N., Okorie, O. y Hull, C.** (2024). Implementation of circular economy in a developing economy's mining industry using institutional theory: The case of Namibia. *Journal of Environmental Management*, 368, 122145. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122145>
- Khalife, E., Sabouri, M., Kaveh, M. y Szymanek, M.** (2024). Recent advances in the application of agricultural waste in construction. *Applied Sciences*, 14(6), 2355. <https://doi.org/10.3390/app14062355>
- Lobont, O. R., Varadi, A. E., Vătavu, S. y Doran, N. M.** (2025). Bridges or barriers? Unpacking the institutional drivers of business climate adaptation in the EU. *Sustainability*, 17(11), 4865. <https://doi.org/10.3390/su17114865>
- Mondal, S., Das, S. y Vrana, V. G.** (2024). Exploring the role of artificial intelligence in achieving a net zero carbon economy in emerging economies: A combination of PLS–SEM and fsQCA approaches to digital inclusion and climate resilience. *Sustainability*, 16(23), 10299. <https://doi.org/10.3390/su162310299>
- Ramos, E., Farfán, G., Cruz, L., Correa, L., Chuquitucto, L., Licapa, G., Vera, P. y Vera, L.** (2025). Green finance and the energy transition: A systematic review of economic instruments for renewable energy deployment in emerging economies. *Energies*, 18(17), 4560. <https://doi.org/10.3390/en18174560>
- Ridwan, M., Akther, A., Dhar, B., Roshid, M., Mahjabin, T., Bala, S. y Hossain, H.** (2025). Advancing circular economy for climate change mitigation and sustainable development in the Nordic region. *Sustainable Development*, 33(S1), 225–244. <https://doi.org/10.1002/sd.3563>
- Saparbaiuly, D., Abdrakhman, A., Zhumukova, A., Zamirbekova, G. y Alieva, M.** (2025). Tax incentives and green investments: Countries' capabilities to achieve the principles of sustainable development. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 15(5), 51–56. <https://doi.org/10.31407/ijeess15.507>
- Shi, Y. y Ge, J.** (2025). The role of government fiscal and tax incentives in green technology innovation and enterprise development: Implications for human health and hygiene. *Frontiers in Public Health*, 12, 1502856. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1502856>
- Sun, X., Meng, Z., Zhang, X. y Wu, J.** (2025). The role of institutional quality in the nexus between green financing and sustainable development. *Research in International Business and Finance*, 73, 102531. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102531>
- Wang, H., Yang, J. y Zhu, N.** (2024). Does tax incentives matter to enterprises' green technology innovation? The mediating role on R&D investment. *Sustainability*, 16(14), 5902. <https://doi.org/10.3390/su16145902>
- Wang, S., Zhang, Z., Zhou, Z. y Zhong, S.** (2024). The carbon emission reduction effect of green fiscal policy: A quasi-natural experiment. *Scientific Reports*, 14, 20317. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71728-1>

- Wang, Y.** y Mayburov, I. (2025). Scenario-based forecasting of the impact of tax incentives on green R&D in China's wind power industry in a complex network environment. *Sustainability*, 17(4), 1560. <https://doi.org/10.3390/su17041560>
- Xin, D., Yi, Y.** y Shen, L. (2025). Do tax incentives promote corporate green investment?—Evidence from a quasi-natural experiment based on China's corporate income tax reform. *Sustainability*, 17(3), 1068. <https://doi.org/10.3390/su17031068>
- Yan, G., Tian, Y.** y Zhang, T. (2025). Net and configurational effects of determinants on managers' construction and demolition waste sorting intention in China using partial least squares structural equation modeling and the fuzzy-set qualitative comparative analysis. *Sustainability*, 17(15), 6984. <https://doi.org/10.3390/su17156984>
- Yin, H., Zhang, L., Cai, C., Zhang, Z.** y Zhu, Q. (2025). Fiscal & tax incentives, ESG responsibility fulfillments, and corporate green innovation performance. *International Review of Economics & Finance*, 98, 103838. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.103838>
- Zhang, Z., Chen, Z., Zhang, J., Liu, Y., Chen, L., Yang, M., Osman, A. I., Farghali, M., Liu, E., Hassan, D., Ihara, I., Lu, K., Rooney, D.** y Yap, P. (2024). Municipal solid waste management challenges in developing regions: A comprehensive review and future perspectives for Asia and Africa. *Science of The Total Environment*, 930, 172794. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172794>
- Zhao, Y., Ma, Y.** y Zhong, F. (2025). Sustaining green building incentives: A tripartite evolutionary game analysis and the synergistic «technology–reputation–policy» pathway. *Buildings*, 15(9), 1537. <https://doi.org/10.3390/buildings15091537>