



**BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ**

# **La Diversificación Productiva en el Perú: Evidencia Multidimensional**

Lourdes Alvarez\*, Ruben Yanayaco\*\* y Nikita Céspedes\*\*\*

\*Economic and Fiscal Policy Unit, United Nations Environment Programme,  
Geneva, Switzerland

\*\*Universidad Nacional de Ingeniería

\*\*\*Banco Central de Reserva del Perú y Universidad San Ignacio de Loyola

**DT. N°. 2026-009**

Serie de Documentos de Trabajo

Working Paper series

Abril 2026

Los puntos de vista expresados en este documento de trabajo corresponden a los de los autores y no reflejan necesariamente la posición del Banco Central de Reserva del Perú.

The views expressed in this paper are those of the authors and do not reflect necessarily the position of the Central Reserve Bank of Peru

# La Diversificación Productiva en el Perú: Evidencia Multidimensional\*

<sup>1</sup>Lourdes Alvarez, <sup>2</sup>Ruben Yanayaco y <sup>3</sup>Nikita Céspedes

<sup>1</sup>Economic and Fiscal Policy Unit, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland

Email: [lourdes.alvarez@un.org](mailto:lourdes.alvarez@un.org)

<sup>2</sup>National University of Engineering, Lima, Perú

Email: [ruben.yanayaco.s@uni.pe](mailto:ruben.yanayaco.s@uni.pe)

<sup>3</sup>Banco Central de Reserva del Perú y Universidad San Ignacio de Loyola

Email: [nikita.cespedes@bcrp.gob.pe](mailto:nikita.cespedes@bcrp.gob.pe)

## Resumen

*Este estudio analiza los principales determinantes de la diversificación productiva en el Perú, una economía caracterizada por una elevada concentración exportadora en recursos primarios y persistentes dificultades para transitar hacia actividades de mayor complejidad. Se propone una estrategia de triangulación para identificar restricciones estructurales e invariantes que condicionan la aparición de nuevos productos exportables. Los resultados convergen en tres hallazgos principales. Primero, la distancia en el espacio de productos constituye la principal barrera para la entrada de nuevas actividades. Segundo, la complejidad económica opera como un facilitador condicionado, efectivo únicamente cuando existe proximidad a capacidades productivas existentes. Tercero, los horizontes temporales de transformación productiva resultan considerablemente prolongados incluso bajo condiciones favorables. En conjunto, la evidencia revela una fuerte concentración de capacidades en sectores de baja competitividad, lo que limita las posibilidades de diversificación. Finalmente, el estudio identifica 50 productos oportunidad con probabilidades relativamente mayores de entrada, proporcionando una base empírica concreta para el diseño de políticas industriales selectivas orientadas a la diversificación productiva*

**Palabras Clave:** diversificación productiva; complejidad económica; competitividad exportadora; espacio de productos; política industrial.

**JEL:** O14, O25, F14, C41.

## 1 Introducción

La diversificación productiva, entendida como la expansión de la canasta exportadora hacia bienes más sofisticados y diversos, constituye uno de los principales desafíos de las economías de ingreso medio dependientes de recursos naturales. En el caso peruano, el patrón exportador continúa

---

\*Los puntos de vista expresados en este documento de trabajo corresponden a los de los autores y no reflejan necesariamente la posición del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Nikita Céspedes Reynaga es investigador del BCRP y miembro del Centro de Investigaciones Económicas y Políticas Sectoriales y Sociales de la Universidad San Ignacio de Loyola (USIL).

fuertemente concentrado en minerales y productos primarios agrícolas, lo que limita la generación de encadenamientos productivos, empleo de calidad e innovación tecnológica. Más allá de identificar sectores alternativos de crecimiento, el desafío central radica en comprender los mecanismos estructurales, probabilísticos y temporales que gobiernan la transición hacia nuevas actividades productivas sostenibles.

En las últimas dos décadas, la teoría de la complejidad económica, desarrollada por [Hausmann and Hidalgo \[2009\]](#), ha proporcionado un marco analítico influyente para vincular estructura productiva y desarrollo económico. Esta perspectiva se basa en el análisis de redes país–producto, en las que los indicadores de complejidad permiten evaluar tanto las capacidades implícitas en la canasta exportadora como las oportunidades de diversificación disponibles en el espacio de productos. Sin embargo, la mayoría de estudios previos emplean enfoques metodológicos únicos que limitan la comprensión integral de las dinámicas temporales, estocásticas y estructurales que caracterizan estos procesos.

Recientemente, el campo ha evolucionado hacia enfoques dinámicos y predictivos que modelan explícitamente la probabilidad de aparición y supervivencia de nuevos productos, así como las rutas estratégicas de diversificación (véase, por ejemplo, [Stojkoski \[2025\]](#)). De manera complementaria, la literatura econométrica ha incorporado modelos de panel dinámico y análisis de supervivencia para examinar la duración de las relaciones comerciales.

En el contexto peruano y latinoamericano, la literatura aplicada ha resaltado tanto las restricciones estructurales como las oportunidades emergentes en sectores como agroindustria y manufacturas ligeras ([Hausmann and Hidalgo \[2020\]](#); [Tello \[2015\]](#)). Estos diagnósticos coinciden con evaluaciones institucionales que plantean la necesidad de políticas industriales activas. No obstante, persiste una brecha crítica, aún existe un amplio espacio para integrar de manera sistemática múltiples enfoques econométricos que permitan identificar productos con viabilidad empírica, estimar horizontes temporales realistas y establecer determinantes invariantes en la diversificación de los países. Avanzar en esta integración facilitaría la traducción del análisis académico en recomendaciones operativas más precisas para la política industrial.

Este estudio aborda esa brecha planteando dos preguntas centrales: ¿Cuáles son los determinantes estructurales que condicionan la aparición y persistencia de nuevos productos exportables en el Perú?, y ¿qué productos específicos presentan viabilidad empírica bajo las restricciones actuales? Estas preguntas se desagregan en tres interrogantes específicas: (i) ¿Existen determinantes invariantes en la diversificación que se mantengan robustos ante diferentes especificaciones econométricas? (ii) ¿Cuáles son los horizontes temporales y probabilidades de transición realistas para nuevos productos? (iii) ¿Qué productos específicos pueden priorizarse en función de su viabilidad y potencial de upgrading sectorial?.

Para responder estas preguntas, se emplea un análisis integrado de la diversificación productiva en el Perú para el período 2015–2023, articulando indicadores de complejidad económica con una triangulación metodológica de ocho enfoques econométricos. Empleando más de 10,700 observaciones producto–año, el estudio examina no solo el potencial de diversificación en función de proximidad y complejidad, sino también las restricciones temporales extremas y probabilísticas que condicionan

la probabilidad de éxito en la aparición de nuevos productos.

La contribución de este estudio se estructura en tres dimensiones complementarias. En el plano empírico, muestra que severas restricciones estructurales continúan limitando la diversificación en el Perú, evidenciadas en horizontes temporales que superan los marcos institucionales habituales, además de probabilidades de transición notablemente bajas y una fuerte concentración de productos en clústeres de baja competitividad. En el plano metodológico, el análisis revela una notable convergencia cuantitativa entre múltiples especificaciones econométricas, lo que confirma la existencia de determinantes invariantes: la distancia como principal barrera de entrada y la complejidad como un facilitador condicionado. En el plano aplicado, el estudio identifica de manera sistemática cincuenta productos oportunidad con viabilidad empírica, proporcionando una base operativa para orientar políticas industriales selectivas.

Los resultados revelan que la aparición de nuevos productos de exportación en el Perú constituye un evento de baja probabilidad, condicionado por restricciones estructurales y estocásticas. La ausencia histórica de intervenciones productivas de gran escala, multisectoriales, coordinadas y sostenidas en el tiempo, parece haber impedido la consolidación de las condiciones necesarias para que nuevos productos ingresen y permanezcan en la canasta exportadora.

Finalmente, el estudio identifica una cartera priorizada de productos que equilibra accesibilidad y upgrading sectorial, trasladando el análisis de complejidad económica desde el plano descriptivo y/o académico hacia recomendaciones de política aplicables.

## 2 Revisión de Literatura

La diversificación productiva en economías emergentes plantea desafíos que trascienden los enfoques tradicionales de ventajas comparativas estáticas. La literatura reciente converge en que la estructura productiva refleja la acumulación histórica de capacidades, generando procesos altamente secuenciales y dependientes de trayectoria. Esta revisión articula tres dimensiones: (i) la evolución de la teoría de complejidad económica desde marcos descriptivos hacia enfoques dinámicos y predictivos; (ii) la evidencia aplicada al caso peruano; y (iii) la brecha metodológica que motiva la integración de múltiples estrategias econométricas para capturar la naturaleza secuencial, heterogénea y persistente de la diversificación.

El concepto de complejidad económica surge como alternativa a los enfoques convencionales al enfatizar las capacidades productivas implícitas en la canasta exportadora que permiten sostener procesos de diversificación y crecimiento. Hausmann and Hidalgo [2009] introducen el Índice de Complejidad Económica (ECI) y el Índice de Complejidad de Producto (PCI), demostrando que las redes de exportación país-producto contienen información sobre las capacidades subyacentes de las economías. En este marco, la complejidad no depende únicamente del número de productos exportados, sino de la diversidad y sofisticación de las capacidades requeridas para producirlos.

Posteriormente, Hausmann and Klinger [2007] desarrollan el concepto de espacio de productos, una red que conecta bienes según su proximidad (relatedness), medida por la probabilidad de co-exportación. Este enfoque introduce formalmente la noción de diversificación como proceso

incremental condicionado por capacidades previas. *The Atlas of Economic Complexity* [Hausmann et al., 2013] consolidó estas métricas como herramientas comparativas para diagnosticar estructuras productivas.

En la última década se ha evidenciado la necesidad de transitar hacia enfoques capaces de anticipar la aparición de nuevos productos. Si bien el ECI y PCI han generado evidencia robusta, presentan tres limitaciones fundamentales para orientar estrategias de diversificación. Primero, son métricas estáticas que no permiten especificar horizontes temporales en los que la diversificación podría materializarse. Segundo, el tratamiento binario de capacidades ( $RCA \geq 1$ ) simplifica excesivamente la naturaleza gradual y acumulativa del desarrollo de ventajas comparativas [Alshamsi et al., 2018]. Tercero, pasan por alto la heterogeneidad en la sostenibilidad y permanencia de productos en el mercado; una vez que emergen, no todos exhiben la misma probabilidad de consolidación o supervivencia [Besedes and Prusa, 2006].

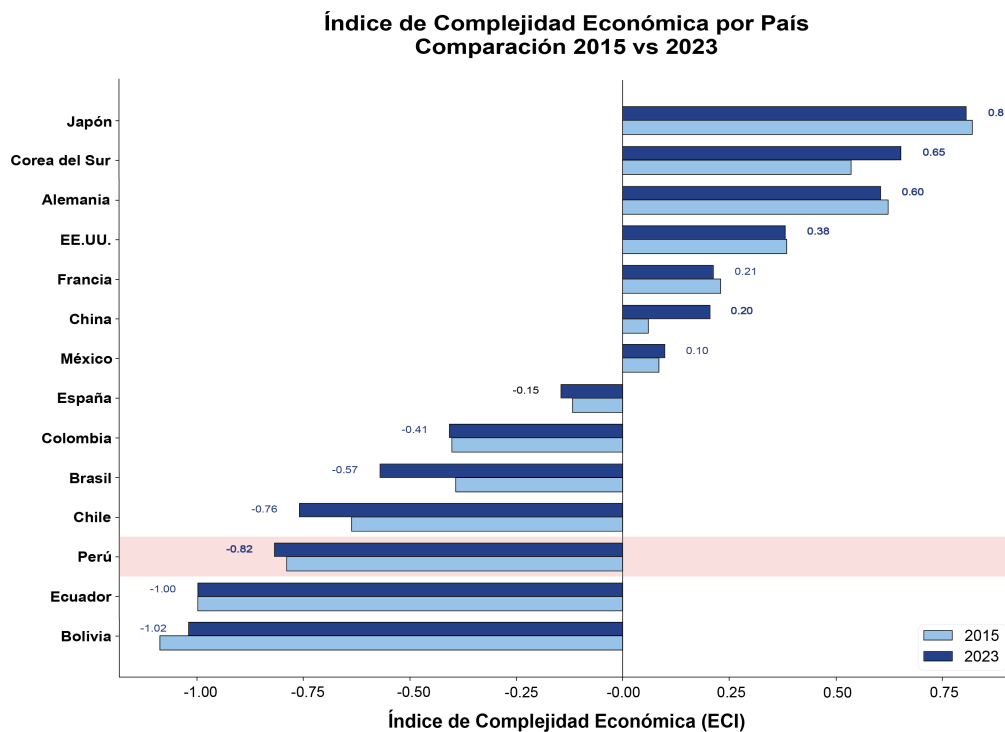
En respuesta a estas limitaciones, trabajos recientes han formalizado la complejidad desde fundamentos probabilísticos y dinámicos. Hidalgo and Stojkoski [2025] formalizan un marco donde los eigenvectores de complejidad se derivan de la probabilidad de dotación de factores productivos, fortaleciendo su capacidad explicativa y predictiva. Paralelamente, estudios como Stojkoski et al. [2023] incorporan cadenas de Markov, análisis de supervivencia y técnicas de optimización para estimar tanto probabilidades de aparición como tiempos esperados de diversificación.

Dos conceptos emergen como centrales en esta transición: la path dependence, donde la aparición de nuevos productos depende críticamente de la historia de especialización, generando efectos de bloqueo (lock-in) especialmente severos en economías basadas en recursos naturales y la heterogeneidad temporal, dado que los productos no emergen al mismo ritmo, implicando que las políticas de diversificación deben calibrarse según horizontes temporales específicos para productos objetivo.

El caso peruano representa un escenario paradigmático: alto potencial teórico de diversificación coexistiendo con una estructura exportadora persistentemente concentrada en recursos primarios. El ECI del país ha permanecido en valores negativos durante décadas [ver Figura 1], reflejando una canasta relativamente poco diversificada y de baja sofisticación relativa [Hausmann and Hidalgo, 2014]. Esta especialización basada en commodities limita la generación de encadenamientos productivos y plantea interrogantes sobre la sostenibilidad de la trayectoria de desarrollo [Tello, 2015].

Estudios del Growth Lab, incluyendo diagnósticos regionales como Loreto [Hausmann and Hidalgo, 2020], identifican oportunidades en productos agrícolas, forestales y de procesamiento básico con alta proximidad en el espacio de productos. Sin embargo, la materialización efectiva de estas oportunidades ha sido limitada, evidenciando una brecha entre potencial estructural y realización empírica. A nivel nacional, Yllescas-Rodríguez et al. [2021] documentan que, pese al dinamismo de ciertos sectores agroindustriales no tradicionales (arándanos, uvas, paltas), la diversificación sigue siendo reducida y vulnerable a shocks externos. Estos resultados coinciden con diagnósticos institucionales que enfatizan restricciones de coordinación, infraestructura y capital humano.

Figura 1: Índice de Complejidad Económica por País 2015-2023



**Nota:** Evolución del ECI: Perú vs América Latina (2015 – 2023).

**Fuente:** Elaboración Propia.

Aunque la literatura global ha evolucionado hacia enfoques dinámicos, predictivos y probabilísticos, en el caso peruano predominan análisis diagnósticos estáticos basados en ECI, PCI y mapas de proximidad. Este enfoque no permite: Estimar probabilidades reales de transición, Calcular horizontes temporales esperados, Identificar determinantes robustos bajo múltiples especificaciones, y Distinguir entre aparición y persistencia de productos. En consecuencia, persiste un vacío en la integración sistemática de modelos de transición, panel dinámico y análisis de supervivencia aplicados al caso peruano. El presente estudio busca completar esta brecha mediante una triangulación econométrica que permite modelar la diversificación como un proceso secuencial, estocástico y heterogéneo, avanzando desde el diagnóstico estructural hacia la estimación probabilística de viabilidad

productiva.

### 3 Datos y definición de variables

Utilizamos datos de comercio bilateral del Perú provenientes del *Observatory of Economic Complexity (OEC)* para el período 2015–2023, desagregados a nivel HS92 de 4 dígitos. La base contiene 1,216 líneas de productos, lo que genera 10,772 observaciones producto–año en el panel balanceado. La selección del periodo muestral responde a cuatro criterios específicos:

- Contemporaneidad: El período captura dinámicas de diversificación en el contexto post-boom de commodities (2015-2016), permitiendo analizar patrones de ajuste estructural.
- Estabilidad macroeconómica: El marco temporal seleccionado evita quiebres estructurales asociados a cambios drásticos del modelo económico que caracterizaron décadas previas.
- Disponibilidad de datos: El período garantiza series completas y consistentes de comercio bilateral desagregado a nivel HS92 de 4 dígitos, provenientes del Observatorio de Complejidad Económica (OEC) y verificadas con registros de la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (SUNAT).
- Ventanas móviles: La utilización de promedios móviles cuatrienales permite identificación robusta de apariciones mediante criterios de persistencia, distinguiendo consolidación sostenida de shocks transitorios.

A partir de esta información se construye las métricas estándar de complejidad económica. Las variables de complejidad económica utilizadas en este estudio se basan en el marco desarrollado por [Hausmann and Hidalgo \[2009\]](#), que interpreta la estructura exportadora como una manifestación observable de capacidades productivas subyacentes. Dado que dichas capacidades, conocimiento especializado, infraestructura específica y coordinación productiva, no son directamente medibles, se infieren a partir de los patrones de co-exportación en la matriz país–producto.

Todas las variables se derivan de la matriz país–producto  $M_{cit}$ , definida como  $M_{cit} = 1$  si  $RCA_{cit} \geq 1$  y 0 en caso contrario. Donde el índice de ventaja comparativa revelada (RCA) se calcula como:

$$RCA_{ci} = \frac{\frac{X_{ci}}{X_c}}{\frac{X_{wi}}{X_w}} \quad (1)$$

siendo  $X_{ci}$ : exportaciones del país  $c$  del producto  $i$ ,  $X_{ct}$  : exportaciones totales del país  $X_{wit}$  : exportaciones mundiales del producto  $i$ ,  $X_{wt}$ : exportaciones totales mundiales ( $w$ ). Los periodos sin registro de comercio se interpretan como  $RCA = 0$ , criterio consistente con la construcción estándar de matrices país–producto en el *Atlas of Economic Complexity*.

#### 3.1 Variables de complejidad

Las principales variables utilizadas son las siguientes, las que se resumen en el Cuadro A1 del Anexo.

- **Proximidad**( $\varphi_{ict}$ ): densidad promedio del producto "i" y el producto "j" respecto a la canasta exportadora vigente del país "c" en el tiempo "t".

$$\varphi_{ijt} = \frac{\sum_c M_{cit} M_{cjt}}{\max(k_{it}, k_{jt})} \quad (2)$$

Esta variable es fundamental porque operacionaliza la noción de path dependence: la probabilidad de transición hacia un nuevo producto depende críticamente de las capacidades ya existentes. Productos con mayor proximidad presentan menores costos implícitos de entrada.

- **PCI (Product Complexity Index)**: es el *eigenvector* de la matriz producto-país y mide representa la complejidad de un producto y mide la sofisticación de capacidades requeridas para producir un bien.
- **ECI (Economics Complexity Index)**: *eigenvector* dual que captura la sofisticación y diversidad de capacidades productivas implícitas en la canasta exportadora.
- **COG (Cost of Opportunity Gain)**

$$COG_{ct} = \sum_i (1 - M_{cit}) \cdot PCI_i \cdot \Phi_{cit} COG_{ct} \quad (3)$$

El **COG** resume el potencial teórico de diversificación ponderando productos no exportados por su complejidad y proximidad. Conceptualmente, mide el costo de no diversificarse hacia productos cercanos y sofisticados, y puede interpretarse como una frontera latente de upgrading estructural.

VARIABLES DE CONTROL ADICIONALES INCLUYEN:

- Participación del producto en el mercado global
- Volatilidad del RCA (desviación estándar móvil)
- Efectos fijos por clúster sectorial (agrupaciones en el espacio de productos)

Cuadro 1: Definiciones operacionales de variables clave

Variable	Fórmula	Interpretación	Umbral
RCA (Revealed Comparative Advantage)	$RCA_{ci} = \frac{\frac{X_{ci}}{X_c}}{\frac{X_{wi}}{X_w}}$	Ventaja comparativa del país $c$ en producto $i$ relativa al promedio mundial ( $w$ ).	$RCA \geq 1$ indica ventaja
Proximidad ( $\varphi$ )	$\varphi_{i,c} = \sum_j M_{cj} \frac{\varphi_{ij}}{\sum_j \varphi_{ij}}$	Cercanía promedio del producto $i$ a la canasta exportadora actual del país $c$ .	mayor $\varphi \rightarrow$ mejor viabilidad
PCI	Vector propio de matriz producto-país.	Sofisticación de capacidades requeridas para producir el bien.	Mayor PCI $\rightarrow$ mejor upgrading
ECI	Vector propio de matriz país-producto.	Sofisticación agregada de la canasta exportadora del país.	Mayor ECI $\rightarrow$ mayor desarrollo
COG	$COG_c = \sum_i (1 - M_{ci}) PCI_i * \varphi_{ic}$	Suma ponderada de complejidad de productos cercanos no exportados.	Mayor COG $\rightarrow$ mayor potencial teórico
Espacio de Productos	Red donde nodos = productos y conexiones = proximidad $\varphi_{ij}$	Mapa de rutas factibles de diversificación basado en capacidades.	Conexiones fuertes indican mayor facilidad de transición

**Nota:** Períodos sin registro de comercio se interpretan como  $RCA = 0$  (ausencia de ventaja comparativa medible), criterio consistente con matrices de comercio país-producto donde flujos no reportados se equiparán a valores nulos [Hausmann et al., 2013].

**Fuente:** Elaboración propia siguiendo la metodología de Hausmann and Hidalgo [2014] y *The Atlas of Economic Complexity*.

### 3.2 Definición de Aparición de Producto

Siguiendo Hausmann and Klinger [2007] y Besedes and Prusa [2006] definimos la aparición de un producto  $i$  en el país  $c$  en el período  $t$  como el evento en el que el país adquiere ventaja comparativa revelada ( $RCA_{cit} \geq 1$ ) luego de un período de ausencia previa:

$$Aparición_{cit} = 1 \text{ si } RCA_{cit} \geq 1 \text{ y } RCA_{cit-1} < 1$$

Bajo este criterio anual identificamos 124 episodios de aparición (1.15 % de las observaciones).

**Robustez Temporal.** Para evitar clasificar como diversificación estructural episodios asociados a shocks transitorios de precios ovolumenes, implementamos dos filtros adicionales:

- **Media móvil de 4 años**

$$RCA_{c,i,t}(4) = \frac{\sum_{\tau=0}^3 RCA_{cit-\tau}}{4}$$

Se considera aparición de  $RCA_{cit} \geq 1$ . Con este criterio se identifican 55 episodios (0.51% de la muestra). [Ver Anexo Figura B1]

- **Condición de permanencia**

Se exige una permanencia mínima de dos años posteriores al cruce del umbral para clasificar el evento como consolidación sostenida. Esto permite distinguir apariciones efímeras de diversificación estructural persistente.

## 4 Justificación y Enfoque Metodológico

La brecha principal entre la teoría de complejidad económica y la aplicación empírica radica en la fragmentación metodológica individual. Esto implica que cada enfoque captura solo dimensiones parciales del fenómeno. Las métricas estáticas identifican potencial estructural, pero no estiman probabilidades; los modelos de elección discreta explican aparición inicial, pero no permanencia; los modelos de supervivencia capturan duración, pero no priorización estratégica; y el análisis de redes revela estructura, pero no cuantifica transición efectiva.

Ante esta brecha identificada, esta investigación considera la triangulación metodológica como propuesta integral. Asimismo, mientras la literatura global ha avanzado hacia la integración de econometría, análisis de redes y técnicas de optimización, los estudios del caso peruano continúan dominado por métodos estáticos que no capturan la naturaleza secuencial, persistente y heterogénea del proceso de diversificación.

La triangulación metodológica permite estudiar la diversificación como un proceso estructural, dinámico y probabilístico. La estrategia se organiza en cuatro niveles complementarios (ver Figura 2):

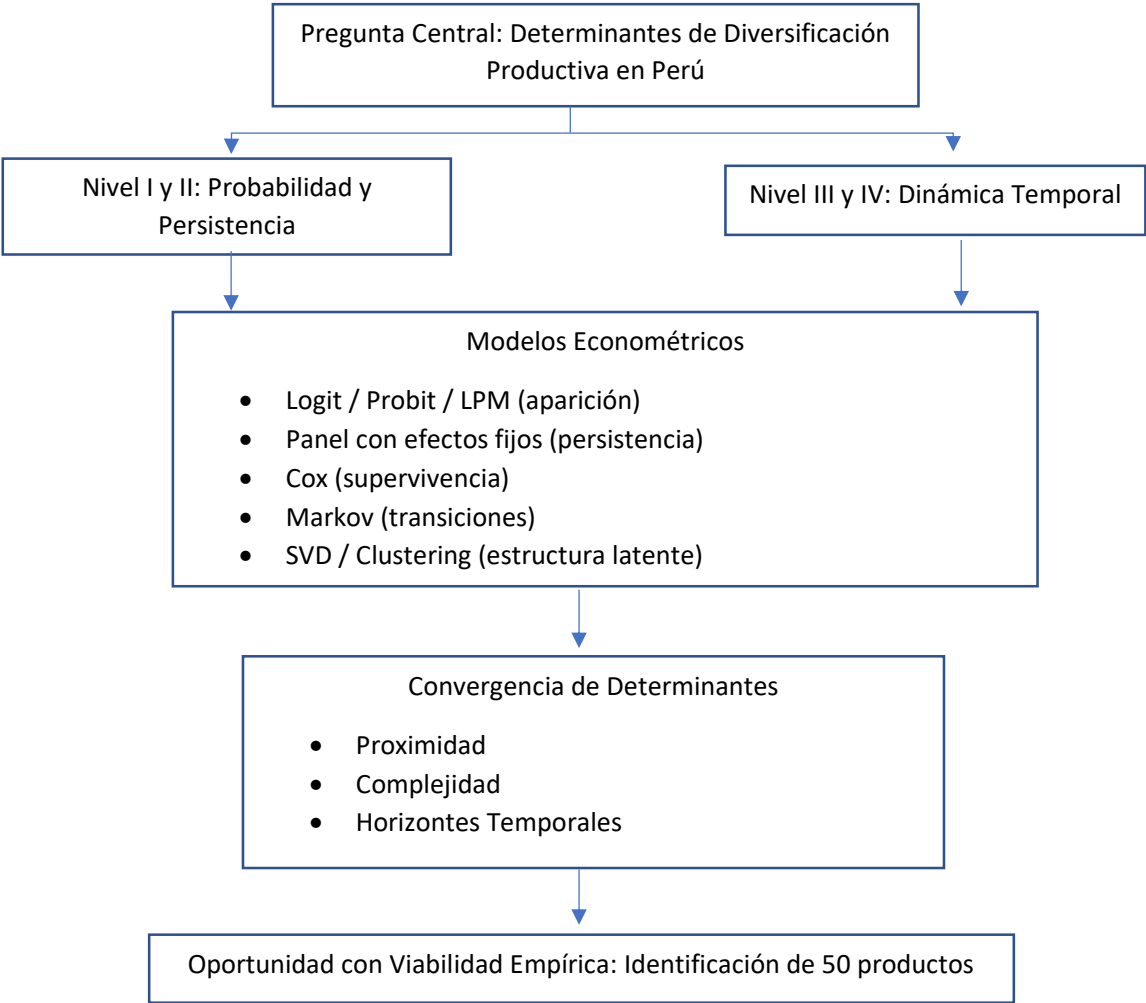
- **Nivel I:** Determinantes microeconómicos de aparición. Modelos de elección discreta estiman la probabilidad de que un producto alcance ventaja comparativa revelada, en función de proximidad, complejidad y controles estructurales.
- **Nivel II:** Persistencia y heterogeneidad temporal. Modelos de panel dinámico capturan dependencia de trayectoria, inercia competitiva y reversión a la media en las ventajas comparativas.
- **Nivel III:** Horizontes temporales y supervivencia. Cadenas de Markov y modelos de duración estiman probabilidades de transición entre estados de competitividad y tiempos esperados de permanencia o salida.
- **Nivel IV:** Estructura latente del espacio productivo. Técnicas como descomposición en valores singulares (SVD) y clustering identifican comunidades productivas y rutas no triviales de diversificación que trascienden métricas tradicionales de proximidad.

En conjunto, estos niveles permiten responder tres dimensiones clave: (i) ¿qué productos son estructuralmente accesibles? (ii) ¿con qué probabilidad pueden emerger?, y (iii) ¿cuánto tiempo pueden consolidarse?

### Hipótesis de Convergencia Metodológica

La hipótesis central del estudio es que, si los determinantes de la diversificación responden a restricciones estructurales profundas, y no a artefactos metodológicos, entonces los signos y magnitudes relativas de los coeficientes asociados a proximidad y complejidad deberían converger entre especificaciones econométricas. Esta convergencia constituye evidencia de robustez empírica que trasciende las limitaciones individuales de cada método y refuerza la interpretación estructural de los resultados.

Figura 2: Niveles de estudio de la complejidad económica



**Fuente:** Elaboración propia.

## 5 Modelos econométricos

La integración de múltiples enfoques econométricos con la teoría de la complejidad económica permite pasar de un diagnóstico estático a un marco predictivo dinámico de la diversificación productiva. La estrategia combina modelos para capturar distintas dimensiones del proceso: aparición, persistencia, transición y estructura latente. La triangulación metodológica que se propone se basa en una premisa central: si determinantes como la proximidad, la complejidad y el costo de oportunidad son estructurales, sus efectos deben ser robustos a la especificación econométrica. La convergencia en signos, magnitudes y significancia entre métodos constituye evidencia de robustez empírica y refuerza la validez de las recomendaciones de política. Se describe brevemente los modelos:

### 5.1 Modelos de elección discreta( Nivel I)

La probabilidad de aparición de un producto, definida como la transición hacia ventaja comparativa revelada ( $RCA \geq 1$ ), se estima mediante tres especificaciones complementarias:

$$P(\text{Aparición}_{\{cit\}} = 1 \mid X_{cit-1}) = F(\beta_0 + \beta_1\varphi_{cit-1} + \beta_2PCI_i + \beta_3COG_{ct-1} + \beta_4\text{Controles}) \quad (4)$$

Donde, según la distribución  $F(\cdot)$ , se considera el modelo logit, probit o el modelo de probabilidad lineal. Se incluye proximidad ( $\varphi$ ), complejidad (PCI) y costo de oportunidad (COG). Estos modelos identifican los factores asociados a la probabilidad inicial de aparición, pero no capturan persistencia ni dependencia temporal.

### 5.2 Modelos de panel (Nivel II)

Se implementa un modelo de efectos fijos y un modelo dinámico para y capturar de este modo persistencia y heterogeneidad temporal. Además, estos modelos permiten aislar el efecto de variables no observables:

- **Modelo de efectos fijos**  $RCA_{cit} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1\varphi_{cit-1} + \beta_2PCI_i + \varepsilon_{cit}$
- **Dinámico**  $RCA_{cit} = \rho RCA_{cit-1} + \beta_1\varphi_{cit-1} + \beta_2PCI_i + \alpha_i + \varepsilon_{cit}$

El término autorregresivo ( $\rho$ ) captura inercia competitiva y persistencia estructural. Al considerar rezagos se reduce la potencial inconsistencia por endogeneidad y se controla correlación serial. Asimismo, el panel dinámico incluye instrumentos naturales que reducen los potenciales sesos por endogeneidad.

### 5.3 Modelos de supervivencia y transición (Nivel III)

Estos modelos permiten estudiar la transición y duración de la diversificación.

**Cadenas de Markov:** Estimación de matriz de transición  $P$  entre estados No exportador, Emergente, Competitivo, permitiendo calcular probabilidad de alcanzar estado competitivo y tiempos de llegada esperados al estado competitivo. Uno de los supuestos fundamentales de esta metodología es que el estado futuro depende solo del presente, no del pasado completo.

**Modelo de Cox (Hazard Proporcional)**

En ese método, el tiempo hasta la aparición se modela mediante:

$$h(t | X) = h_0(t) \exp(\beta_1\varphi + \beta_2PCI + \beta_3COG) \tag{5}$$

Donde  $h_0(t)$  es función de riesgo base. Este enfoque permite estimar cómo proximidad y complejidad afectan la velocidad de diversificación. Entre los supuestos fundamentales destacan: Riesgos proporcionales (verificado con test de Schoenfeld), Censura no informativa y No empates en tiempos de falla.

### 5.4 Técnicas Latentes (Nivel IV)

Estos modelos permiten identificar estructuras latentes (ocultos) e identificar mejor la diversificación.

**SVD (Singular Value Decomposition):** Descomposición de matriz país-producto, donde la matriz país-producto se proyecta en un espacio latente de menor dimensión, permitiendo identificar factores estructurales ocultos.

**Clustering Espectral:** Agrupación de productos según similitud en espacio de capacidades, revelando oportunidades no evidentes en proximidad tradicional. Este enfoque revela comunidades estratégicas que trascienden clasificaciones sectoriales tradicionales.

## 6 Procedimiento de selección de Productos Oportunidad

Se implementa un procedimiento secuencial de filtrado para identificar productos con potencial realista de diversificación para el Perú. La selección no responde únicamente a proximidad estructural, sino a la convergencia empírica entre modelos, incorporando viabilidad probabilística y horizonte temporal. Se aplican 5 filtros de manera acumulativa:

- **Ausencia actual:** El producto no presenta ventaja comparativa revelada en 2023, garantizando que se trate de una oportunidad nueva y no de consolidación de una ventaja existente.

$$RCA_{perú,i,2023} < 1$$

- **Proximidad elevada:** Se seleccionan productos cuya proximidad respecto a la estructura exportadora actual supere el percentil 60 de la distribución, asegurando viabilidad basada en capacidades relacionadas.

$$\varphi_{Perú} > P60$$

- **Complejidad moderada-alta:** Se exige complejidad positiva, garantizando potencial de upgrading estructural y evitando diversificación hacia actividades de bajo contenido tecnológico.

$$PCI > 0$$

- **Convergencia metodológica:**

Este criterio operacionaliza la hipótesis de robustez estructural: la proximidad debe mostrar efecto positivo y estadísticamente significativo en al menos seis de las ocho especificaciones estimadas (logit, probit, LPM, panel estático, panel dinámico, logit fraccional, Cox y Markov/Random Forest).

$$\beta\varphi > 0 \text{ y significativo en } \geq 6 \text{ de 8 modelos}$$

- **Viabilidad temporal:** El tiempo esperado de aparición, estimado mediante modelos de supervivencia (Cox), debe ser menor a 15 años, garantizando factibilidad intermedia dentro de horizontes razonables de política industrial.

$$E_{Ti} < 15$$

## 6.1 Construcción del Score Compuesto

Los productos que superan los cinco filtros son ordenados mediante un índice sintético:

$$\text{Score}_i = w_1\phi_i + w_2PCI_i + w_3(1/E(T_i)) + w_4COG_i \quad (6)$$

Luego;

$$\text{Score}_i = 0.4\phi_i + 0.3PCI_i + 0.2(1/E(T_i)) + 0.1COG_i \quad (7)$$

Donde  $\phi_i$  captura viabilidad estructural,  $PCI_i$  refleja potencial de sofisticación,  $1/E(T_i)$  penaliza horizontes largos,  $COG_i$  aproxima rentabilidad relativa. Nótese que la ponderación privilegia proximidad y complejidad (70% del peso total), manteniendo coherencia con la literatura de complejidad económica, pero incorpora explícitamente factibilidad temporal y consideraciones de retorno. El procedimiento identifica 50 productos priorizados ordenados según el score compuesto.<sup>1</sup>

Las ponderaciones  $w_1, w_2, w_3, w_4$  se asignan de manera empírica considerando la magnitud relativa de los coeficientes estimados en la triangulación econométrica. En particular, se otorgó mayor peso a la proximidad (40%), dada la consistencia y magnitud de su efecto en los distintos modelos;

---

<sup>1</sup>El procedimiento es reproducible utilizando datos de comercio internacional armonizados como el cálculo estándar de RCA, estimaciones econométricas descritas en la sección 3.5, código disponible en el repositorio del estudio. Notar que a diferencia de enfoques más tradicionales que priorizan únicamente proximidad o complejidad, este procedimiento: i) Integra viabilidad estructural, robustez econométrica y horizonte temporal. ii) Reduce riesgo de falsos positivos derivados de especificaciones individuales, iii) Transforma resultados econométricos en un instrumento operativo de política. En el contexto peruano, esto permite pasar de mapas descriptivos del espacio productivo a un ranking cuantitativamente sustentado de oportunidades factibles.

seguida por la complejidad económica (30%). La viabilidad temporal (20%) se incorporó a partir de los resultados del modelo de duración de Cox, mientras que la centralidad recibió una ponderación menor (10%), debido a la evidencia empírica mixta observada respecto a las predicciones teóricas.

Respecto a la proximidad, calculada como  $(1 - \text{distance\_normalizada})$ , recibe la mayor ponderación (40%) al haber emergido como el determinante más robusto en la triangulación econométrica. En efecto, la variable de distancia presenta coeficientes negativos altamente significativos ( $p < 0.001$ ) en las seis especificaciones principales estimadas, Logit, Probit, panel de efectos fijos, panel dinámico, Fractional Logit y Cox Proportional Hazards, con magnitudes que oscilan entre -2.57 y -55.38. Este patrón empírico consistente sugiere que la distancia en el espacio productivo constituye la restricción estructural más relevante para la aparición de nuevos productos, superando cuantitativamente el efecto de otras variables consideradas en el análisis.

Por su parte, la complejidad del producto (PCI normalizado) recibe la segunda mayor ponderación (30%), lo que refleja su papel como determinante condicionante identificado en la triangulación econométrica, en la medida en que su efecto contribuye a facilitar la aparición de nuevos productos una vez superadas las restricciones de proximidad en el espacio productivo.

De otro lado, la viabilidad temporal (20%) se incorpora mediante el inverso normalizado del tiempo esperado de aparición del producto ( $1/\text{Tiempo}$ ), estimado a partir del modelo de supervivencia de riesgos proporcionales de Cox. Este componente permite capturar la dimensión dinámica del proceso de diversificación, priorizando aquellos productos cuya probabilidad de materialización se ubica en horizontes temporales más cercanos.

Empleando el modelo de supervivencia de Cox, se estimó un tiempo mediano de aparición de 55.7 años para productos que no cuentan con proximidad privilegiada, observándose una variación sustancial en función de la distancia y la complejidad. La transformación ( $1/\text{Tiempo}$ ), posteriormente normalizada al intervalo  $[0,1]$ , asigna mayores puntajes a aquellos productos con horizontes de aparición más cortos, típicamente en el rango de 8 a 15 años.

Finalmente, el costo de oportunidad de ganancia (COG, 10%) recibe la menor ponderación, dado que presenta coeficientes negativos sistemáticos en los modelos econométricos (entre -0.09 y -5.81), lo que contrasta con las predicciones teóricas. Por ello, la variable se transforma como  $(1 - \text{COG normalizado})$ , permitiendo reinterpretarla como una medida de centralidad dentro del espacio productivo. Bajo esta transformación, valores más altos indican productos ubicados en zonas más densas del espacio, caracterizadas por una mayor conectividad con otras actividades.

## 7 Resultados

Este estudio emplea una estrategia de triangulación econométrica para identificar los determinantes estructurales de la diversificación productiva en el Perú. Se contrastan ocho enfoques empíricos con supuestos distribucionales distintos: modelos de elección discreta (Logit y Probit), modelos de datos de panel (efectos fijos, panel dinámico y logit fraccional), modelos de supervivencia (Cox) y técnicas de reducción dimensional (SVD y clustering). La convergencia de resultados entre estos métodos sugiere que los hallazgos reflejan patrones estructurales del proceso de aparición de nuevos

productos exportables y no artefactos de especificación.

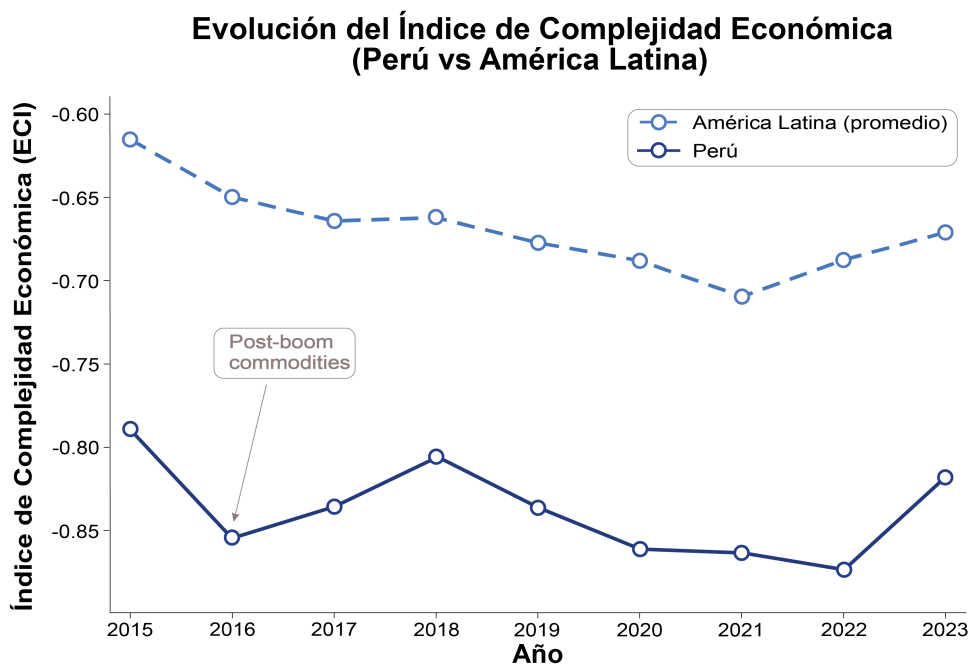
Los resultados se organizan en tres etapas complementarias. Primero, se caracteriza la estructura productiva del Perú en el espacio de productos y su posición relativa en términos de complejidad económica. Segundo, se identifican los determinantes estructurales de la aparición de nuevos productos exportables. Tercero, se cuantifican horizontes temporales, probabilidades de transición y se identifican productos específicos con viabilidad empírica, los cuales pueden ser priorizados estratégicamente y sometidos a instrumentos de política industrial y productiva.

## 7.1 Estructura productiva y espacio de oportunidades

El análisis inicial caracteriza la posición de la economía peruana en el espacio global de capacidades productivas mediante indicadores de complejidad económica y proximidad productiva.

El Índice de Complejidad Económica (ECI) para Perú alcanzó -0.82 en 2023, manteniéndose consistentemente por debajo del promedio latinoamericano (-0.67) durante el período 2015–2023 [Ver Figura 3]. Esta brecha persistente refleja una estructura exportadora altamente concentrada en productos primarios, especialmente minerales. La trayectoria muestra un deterioro posterior al superciclo de commodities (2015-2016), seguido por una etapa de estabilización y una leve recuperación reciente. Esta configuración estructural motiva la pregunta central del estudio acerca de ¿qué restricciones impiden la aparición de productos más sofisticados en la canasta exportadora peruana?

Figura 3: Evolución del Índice de Complejidad Económica: Perú vs América Latina 2015-2023

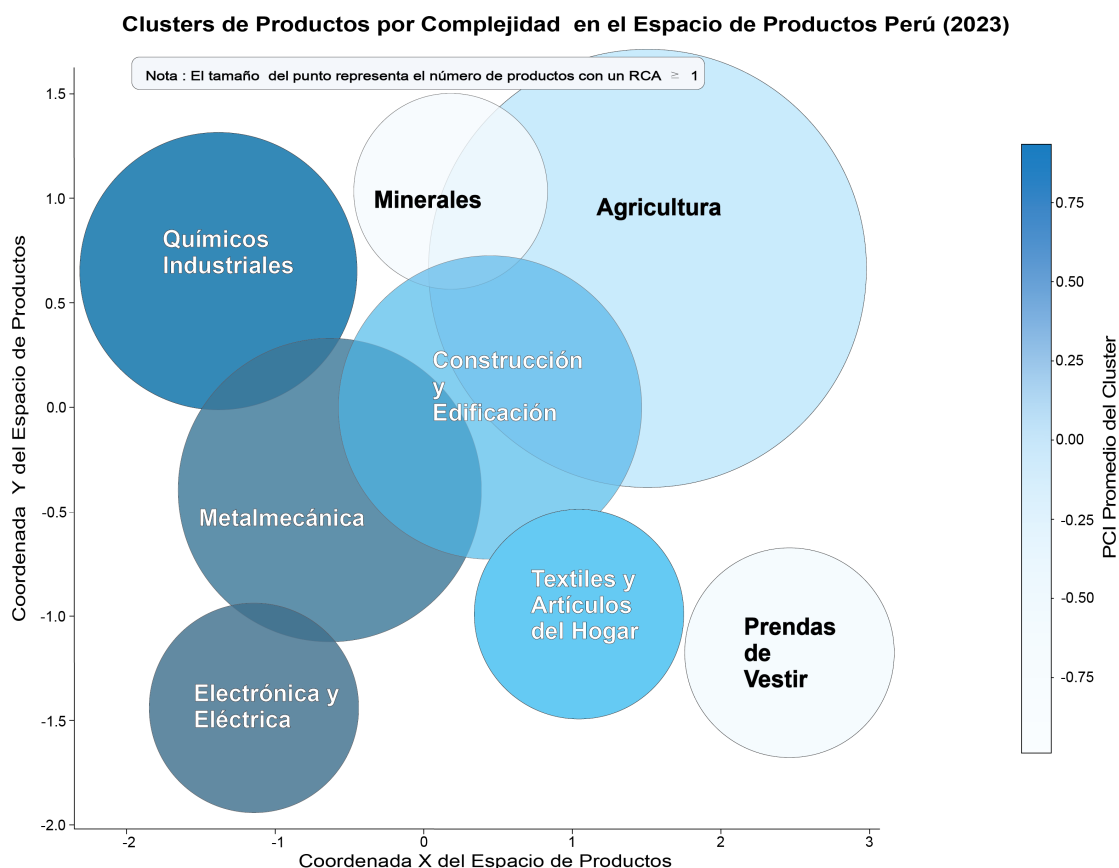


**Nota:** Evolución del Índice de Complejidad Económica (ECI): Perú vs América Latina (2015-2023). Perú mantiene brecha persistente de -0.15 puntos, con deterioro post-boom de commodities (2015-2016) y estabilización posterior.

**Fuente:** Elaboración Propia.

El análisis del Product Space revela una polarización estructural [Ver Figura 4]. Los sectores de mayor complejidad, como químicos industriales, metalmecánica y productos electrónicos, se ubican en regiones de alta sofisticación tecnológica, pero con una presencia limitada de ventajas comparativas reveladas. En contraste, los clústeres de menor complejidad (Agricultura, Textiles y 12 Prendas de vestir) ocupan posiciones dispersas con tamaños considerablemente mayores, evidenciando que la ventaja comparativa peruana se concentra predominantemente en productos primarios y de baja sofisticación. El clúster "Minerales" presenta complejidad intermedia y tamaño moderado, reflejando la tradicional especialización extractiva del país. En conjunto, 99.4 % de los productos peruanos se concentran en el clúster principal con baja tasa de RCA (11.4 %), lo que confirma una estructura productiva dominada por actividades de baja sofisticación.

Figura 4: Distribución espacial de clústeres productivos peruanos en el Product Space (2023)



**Nota:** La distribución espacial de clústeres productivos peruanos revela polarización extrema en el Product Space 2023. Los clústeres de mayor complejidad (Químicos Industriales, Metalmecánica y productos Electrónicos y Eléctricos) se concentran en el cuadrante izquierdo con alta sofisticación tecnológica, pero tamaños relativamente reducidos, indicando ventajas comparativas en pocos productos dentro de estas categorías.

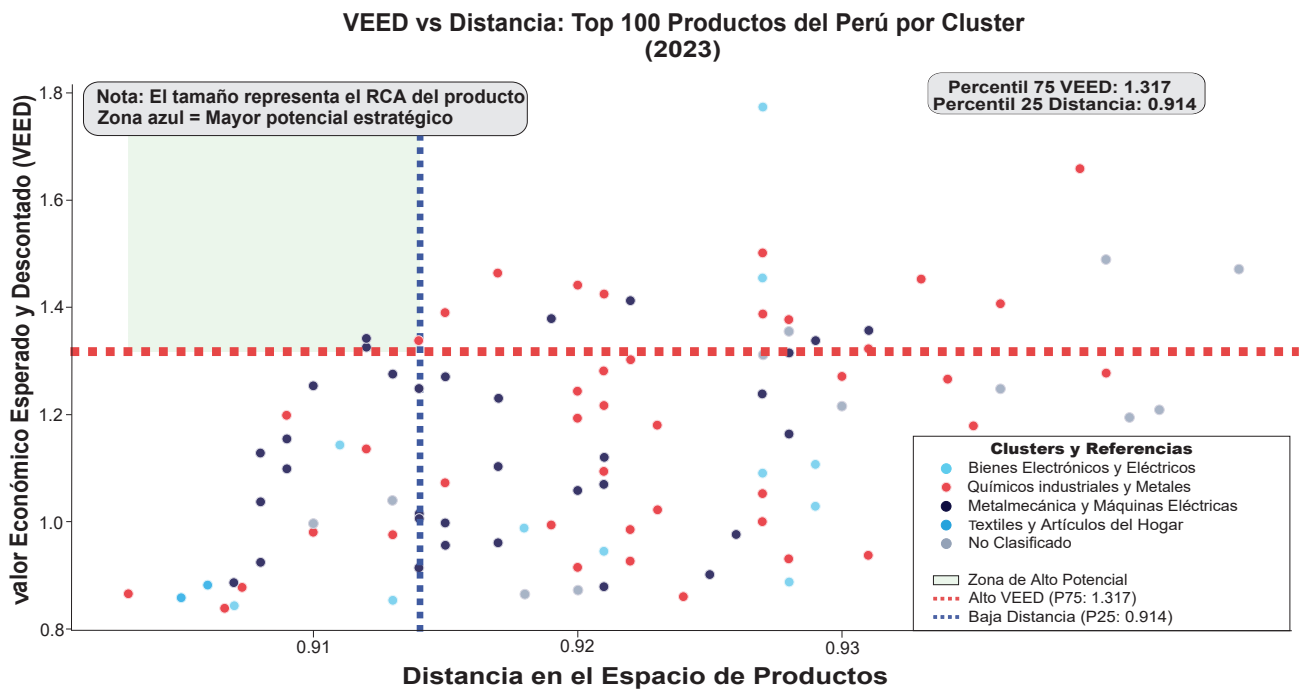
**Fuente:** Elaboración Propia.

El análisis combinado del Valor Esperado de Diversificación (VEED) y la distancia en el espacio de productos permite identificar zonas de oportunidad potencial. Entre los 100 productos con mayor VEED se observa un subconjunto de aproximadamente 15–20 productos ubicados en la

región de alto valor estratégico y baja distancia, principalmente en los clústeres de químicos industriales y metalmeccánica [Ver Figura 5]. Estos productos representan oportunidades plausibles de diversificación debido a su relativa proximidad a las capacidades productivas existentes.

No obstante, la dispersión observada en estos dos clústeres también sugiere restricciones estructurales importantes. Muchos productos potencialmente valiosos se ubican en rangos elevados de distancia (0.91–0.93), lo que indica limitaciones en las capacidades productivas necesarias para su desarrollo, mientras que la dispersión vertical del VEED evidencia una marcada heterogeneidad en el valor estratégico dentro de cada clúster sectorial.

Figura 5: Evolución del Índice de Complejidad Económica: Perú vs América Latina 2015-2023



**Nota:** VEED versus Distancia para los 100 productos con mayor VEED en Perú por Clúster (2023). La zona sombreada (cuadrante superior izquierdo) identifica productos con alto valor estratégico y baja distancia a capacidades existentes. \*Valor Esperado de Diversificación (Expected Export Diversification Value)

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 7.2 Determinantes estructurales de la diversificación

El Cuadro 2 presenta los coeficientes estimados para las principales variables de complejidad económica a través de seis especificaciones econométricas. Los resultados muestran una convergencia notable en signos y significancia estadística, lo que sugiere la presencia de restricciones estructurales robustas.

Cuadro 2: Convergencia de Coeficientes por Modelo

Variable	Logit	Probit	Panel FE	Panel Dinámico	Frac. Logit	Cox PH	Signo Consistente
Distance	-39.23***	-18.44***	-2.57***	-2.85***	-32.01***	-55.38***	✓Negativo (6/6)
PCI	+1.86***	+0.87***	+0.06***	+0.06***	+1.10***	+1.54***	✓Positivo (6/6)
COG	-5.81***	-2.56***	-0.10***	-0.09***	-3.64***	-1.38***	✓Negativo (6/6)

**Notas:** \*\*\*  $p < 0.001$ .  $N = 10,763$  observaciones; 124 eventos de aparición. Errores estándar robustos clusterizados.

**Fuente:** Elaboración Propia

- En primer lugar, la distancia en el espacio de productos emerge como la principal barrera para la diversificación. Todas las especificaciones muestran coeficientes negativos altamente significativos ( $p < 0.001$ ), lo que implica que los productos alejados de las capacidades productivas actuales presentan probabilidades muy bajas de aparición, independientemente de su sofisticación o tamaño de mercado.
- En segundo lugar, la complejidad del producto (PCI) presenta efectos positivos moderados en todos los modelos. Esto indica que los productos más sofisticados pueden tener mayor probabilidad de aparición, pero solo cuando existe proximidad suficiente a las capacidades productivas existentes.
- En tercer lugar, el costo de oportunidad (COG) muestra coeficientes negativos sistemáticos, un resultado que contrasta con la interpretación teórica convencional. En el caso peruano, este resultado sugiere que los productos con alto potencial teórico de diversificación pueden enfrentar barreras estructurales no capturadas por las métricas estándar del espacio de productos.

El hallazgo más contraintuitivo es el signo negativo consistente de COG; tanto en modelos panel [Ver Anexo Figura B2] y elección discreta [Ver Anexo Figura B3]. Este resultado contradice la interpretación teórica original, que propone el COG como un indicador del potencial de diversificación, bajo el supuesto de que las economías con una mayor dotación de productos cercanos, sofisticados y aún no exportados deberían exhibir una mayor probabilidad de transición productiva. Sin embargo, sobre este punto, los datos muestran un patrón opuesto. En el caso de la economía peruana, el COG elevado refleja la proximidad teórica a sectores minero-metalúrgicos sofisticados que aún no se aprovechan plenamente. Sin embargo, el país enfrenta dificultades para materializar ese potencial y extenderlo hacia cadenas de valor más complejas que faciliten la transferencia de tecnología y conocimiento, así como la emergencia de nuevas actividades económicas.

De este hallazgo emergen dos explicaciones complementarias: la trampa de las capacidades y selección adversa<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>Por un lado, el signo negativo de COG puede reflejar una trampa de capacidades. Por lo general, las economías

La magnitud de los efectos permite cuantificar la severidad relativa de estas restricciones. Un producto ubicado en el percentil 75 de distancia (relativamente lejano de las capacidades productivas actuales) tiene una probabilidad de aparición 94% menor que la de un producto ubicado en el percentil 25 (cerca de las capacidades productivas), manteniendo constantes las demás variables. En contraste, los incrementos en la complejidad generan aumentos importantes, pero secundarios, en la probabilidad de aparición de nuevos productos. Esto confirma que la distancia se constituye en una barrera dominante, dado que aquellos productos altamente complejos pero distantes exhiben probabilidades de aparición cercanas a cero, mientras que los productos que presentan una complejidad moderada, pero se encuentran próximos a capacidades productivas existentes, muestran una viabilidad sustancial. Esto permite conjeturar que la complejidad facilita la diversificación únicamente cuando la distancia lo permite.

Las métricas de desempeño de los modelos confirman la capacidad explicativa de este enfoque [Ver Cuadro 3]. Los modelos de elección discreta alcanzan un área bajo la curva ROC (AUC) de 0.929, lo que indica una alta capacidad predictiva. En el 92.9 % de los pares comparables, el modelo asigna una mayor probabilidad de aparición a los productos que efectivamente emergen frente a aquellos que no lo hacen. De otro lado, el modelo de supervivencia Cox exhibe concordancia de 0.812, confirmando el ordenamiento correcto de tiempos relativos de aparición en más del 80% de los pares de productos analizados. Finalmente, las técnicas latentes generan agrupamientos con coeficiente de silueta de 0.917, evidenciando la separación clara entre clústeres de productos en el espacio de capacidades.

Cuadro 3: Métricas de Bondad de Ajuste

Categoría	Modelo	Métrica clave	Interpretación
<b>Elección Discreta</b>	Logit/Probit	ROC AUC = 0.929	Capacidad predictiva excepcional
<b>Panel</b>	Dinámico	$R^2$ Within = 0.087	Varianza explicada modesta pero esperable
<b>Supervivencia</b>	Cox PH	Concordance = 0.812	Ordenamiento temporal correcto
<b>Latentes</b>	SVD + Clustering	Silhouette = 0.917	Separación clara de clústeres

**Fuente:** Elaboración Propia

El  $R^2$  within del modelo de panel dinámico (0.087), aunque modesto en términos absolutos, resulta esperable y no invalida la robustez de los hallazgos. Este estadístico refleja la proporción

fuertemente especializadas en commodities acumulan capacidades productivas muy específicas (extracción, logística de graneles, tolerancia a la volatilidad de precios) que resultan poco transferibles a sectores manufactureros o de servicios sofisticados, incluso si estos últimos muestran proximidad técnica en métricas agregadas. Un COG elevado señala entonces la existencia de barreras no capturadas por las métricas más estándares, tales como las fallas de coordinación, la ausencia de ecosistemas de proveedores especializados, la carencia de capital humano para sectores específicos, entre otros. Por otro lado, el efecto negativo puede originarse en la selección adversa: aquellos productos cercanos y sofisticados que permanecen no exportados a pesar de la proximidad aparente pueden enfrentar barreras estructurales no observables (las regulaciones sanitarias prohibitivas, estándares técnicos inalcanzables, patrones de demanda incompatibles, entre otros.) que precisamente explican su ausencia histórica.

de varianza explicada dentro de cada producto analizado después de controlar por características fijas. Su magnitud limitada obedece a la naturaleza inherentemente estocástica de la diversificación productiva: la aparición de nuevos productos responde a shocks idiosincráticos —decisiones empresariales, innovaciones tecnológicas puntuales, cambios regulatorios específicos— que no pueden capturarse con variables estructurales de complejidad económica. Lo metodológicamente relevante no es el poder predictivo puntual sino la significancia estadística y convergencia de signos de los determinantes estructurales identificados, aspectos en los cuales los resultados son consistentes.

## **7.3 Dinámica temporal y oportunidades de diversificación**

### **7.3.1 Ritmos de aparición y persistencia de nuevos productos**

Una vez identificados los determinantes estructurales de la diversificación, se analizan los horizontes temporales de aparición y persistencia de nuevos productos mediante modelos de supervivencia y transición de estados. Estos enfoques permiten evaluar el tiempo requerido para que un producto alcance competitividad exportadora y la duración de dicha competitividad una vez establecida.

Los resultados muestran una baja frecuencia de aparición de nuevos productos. Durante el período 2015–2023, solo 105 de los 1,215 productos analizados lograron emerger como exportables, lo que equivale a una tasa de aparición de 8.6% [Ver Anexo, Cuadro A3]. Esta limitada frecuencia de entradas contrasta con la capacidad de consolidación de aquellos productos que superaron la barrera inicial, una vez que emergen, presentan una duración promedio de 4.1 años en episodios de competitividad, lo que sugiere que las restricciones se concentran principalmente en la etapa de entrada más que en la fase de permanencia.

El tiempo mediano hasta la aparición de nuevos productos exportables alcanza 55.7 años [Ver Anexo Cuadro A3], lo que sugiere que la diversificación productiva en el Perú opera en horizontes temporales que exceden ampliamente los ciclos políticos convencionales. Este resultado evidencia la presencia de barreras estructurales persistentes que mantienen a numerosos productos en estados prolongados de no competitividad y subraya la necesidad de marcos institucionales capaces de sostener estrategias de largo plazo a lo largo de múltiples generaciones.

### **7.3.2 Ventana crítica de supervivencia y heterogeneidad sectorial**

El análisis identifica una ventana crítica de supervivencia de aproximadamente dos años. La mediana de duración de los episodios competitivos es de 2.0 años, periodo en el cual se concentra el mayor riesgo de abandono. Sin embargo, los productos que superan este umbral presentan probabilidades significativamente mayores de consolidación: 77.2% de permanecer al menos un año adicional, 55.8% de mantenerse tres años más y 43.6% de consolidarse tras cinco años [Ver Figura 6].

Este patrón sugiere un proceso de “selección natural exportadora”, donde la fase inicial resulta determinante para la supervivencia de largo plazo. En consecuencia, las políticas públicas podrían concentrar sus esfuerzos en apoyar intensivamente los primeros años de entrada al mercado, etapa en la cual la inversión pública y privada determinan la viabilidad de largo plazo de la sobrevivencia y consolidación de los nuevos productos.

Asimismo, se observan diferencias sectoriales relevantes. El sector agrícola presenta la mayor resiliencia, con una mediana de supervivencia de 3 años, reflejando ventajas comparativas naturales. En contraste, los productos químicos industriales muestran una mayor fragilidad, con una mediana de apenas 1 año. Los sectores de textiles y manufacturas se ubican en una posición intermedia con una mediana cercana a 2 años. Esta diferencia de hasta 300% en la durabilidad relativa sugiere que las políticas de diversificación deberían incorporar la fragilidad específica de cada clúster productivo, requiriendo instrumentos diferenciados que reconozcan estas disparidades estructurales. [Ver Figura 7]

### 7.3.3 Determinantes de entrada y permanencia

Los modelos de riesgos proporcionales de Cox (C-index = 0.812) permiten identificar los factores que influyen en la aparición y persistencia de nuevos productos. Los resultados muestran dinámicas parcialmente divergentes entre ambas etapas. [Ver Anexo Cuadro A3]

Por un lado, la complejidad económica (PCI) acelera significativamente la aparición de nuevos productos (HR = 4.640), mientras que una menor distancia respecto a las capacidades existentes también facilita su entrada [Ver Figura 6]. Sin embargo, al analizar la duración de los episodios competitivos surge una dicotomía relevante: los productos más complejos tienden a aparecer más rápido, pero presentan menor persistencia competitiva (HR = 4.015).

En contraste, una mayor distancia en el espacio de productos puede actuar como un factor protector una vez alcanzada la competitividad (HR = 0.526), mientras que la participación de mercado emerge como el determinante más importante para la permanencia (HR = 214.589). Estos resultados indican que los factores que facilitan la entrada no necesariamente garantizan la sostenibilidad competitiva, lo que refuerza la necesidad de políticas diferenciadas para cada fase del ciclo exportador.

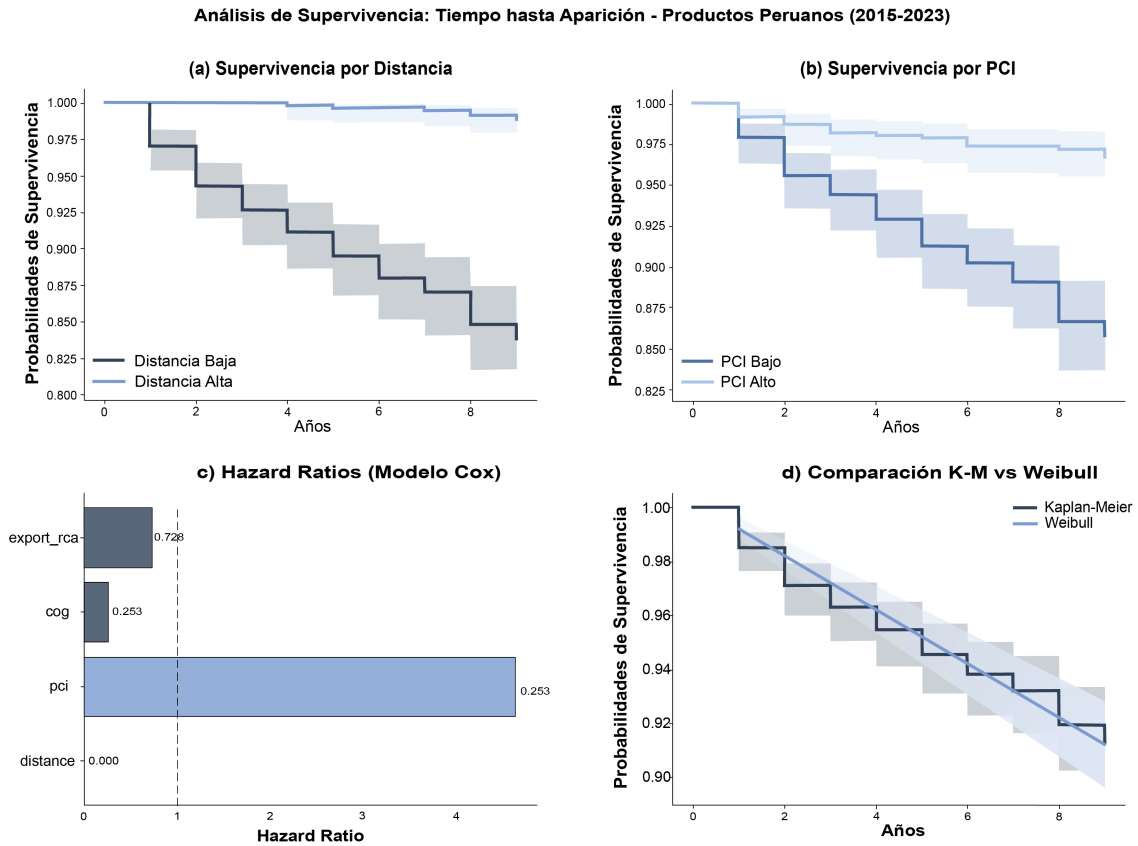
Estos hallazgos permiten inferir que el éxito de la diversificación de la economía peruana exige no solo superar barreras de entrada particularmente críticas, sino también desarrollar capacidades que aseguren la sostenibilidad y el fortalecimiento competitivo de las firmas a lo largo del tiempo y que puedan adaptarse a las cambiantes reglas de juego vigentes en el mercado que exige la competitividad. Las implicaciones para la política industrial apuntan a la necesidad de diseñar intervenciones bifásicas que combinen el apoyo intensivo en la ventana crítica inicial (0-2 años) con mecanismos de facilitación para la consolidación posterior de los productos y las actividades nuevas en los mercados.

El enfoque de política podría considerar un diseño sectorialmente diferenciado con industrias estratégicas y con instrumentos identificados de acuerdo con la fragilidad propia de cada clúster, e incluir mecanismos de compensación que mitiguen la paradoja de la complejidad, permitiendo sostener la competitividad de los productos de mayor valor agregado en el tiempo y promover la aparición de nuevos productos que mantengan dinamizada la estructura productiva.

Finalmente, los horizontes de evaluación deben alinearse con realidades temporales más amplias, estableciendo metas de mediano plazo (3-5 años) para medir el éxito de las políticas de diversificación, en reconocimiento de que los procesos de transformación productiva operan en escalas que

trascienden los ciclos políticos y públicos convencionales.

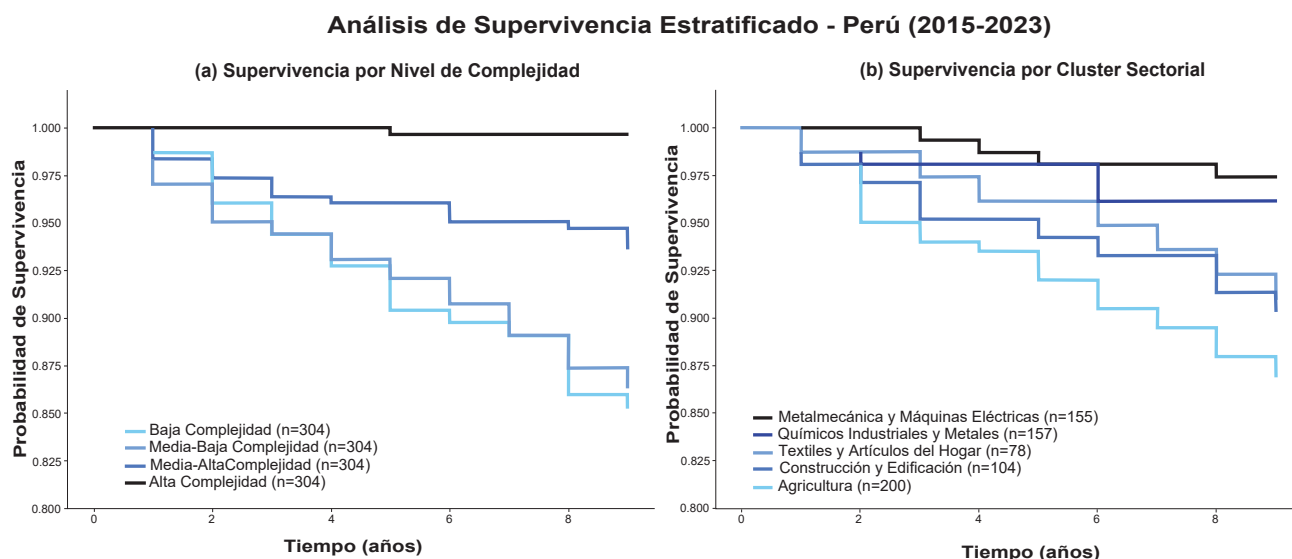
Figura 6: Análisis de Supervivencia, Tiempo hasta Aparición de nuevos productos en Perú, 2015-2023



**Nota:** Análisis de Supervivencia, Tiempo hasta Aparición – Perú (2015-2023). Los paneles (a) y (b) confirman expectativas teóricas sobre timing diferenciado por distancia y complejidad. El panel (c) presenta Hazard ratios del modelo Cox. El panel (d) valida el ajuste paramétrico Weibull versus estimación Kaplan-Meier.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Figura 7: Análisis de Supervivencia estratificado para la aparición de productos en Perú, 2015-2023



**Nota:** Análisis de supervivencia estratificado para el tiempo hasta la aparición de productos en Perú (2015-2023). Análisis estratificado por complejidad y sector. El panel (a) revela que los productos de alta complejidad mantienen una supervivencia cercana a 1.0, mientras los productos menos complejos muestran mayor "mortalidad" temporal. El panel (b) evidencia diferenciación sectorial: Agricultura presenta la mayor dinámica de aparición versus los sectores industriales complejos.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 7.3.4 Inercia estructural y trampa de diversificación

El análisis de cadenas de Markov [Ver Figura 8] revela una fuerte inercia estructural en el sistema productivo peruano. La probabilidad de permanecer en estados de no competitividad alcanza 98.7%, mientras que la probabilidad de aparición de nuevos productos es apenas 1.3%. Esta dinámica sugiere la existencia de una trampa de diversificación, caracterizada por barreras persistentes para el desarrollo de nuevas capacidades productivas.

Una vez alcanzada la ventaja comparativa, sin embargo, la persistencia es elevada (89.3%), lo que indica que los avances en diversificación tienden a consolidarse [Ver Anexo Cuadro A3]. No obstante, los horizontes temporales asociados son largos: en promedio se requieren 77.5 años para desarrollar una ventaja comparativa, mientras que su pérdida ocurre en aproximadamente 9.4 años. Esta asimetría temporal revela dos dinámicas estructurales fundamentales. Primero, la construcción de capacidades exportadoras es un proceso lento e intensivo en acumulación de conocimientos, infraestructura habilitante y encadenamientos productivos. Segundo, que la sostenibilidad de la competitividad sobre un producto o una firma, es vulnerable a shocks externos, cambios tecnológicos o desplazamientos en la demanda internacional, lo que explica la muchísima menor duración relativa de la ventaja una vez obtenida.

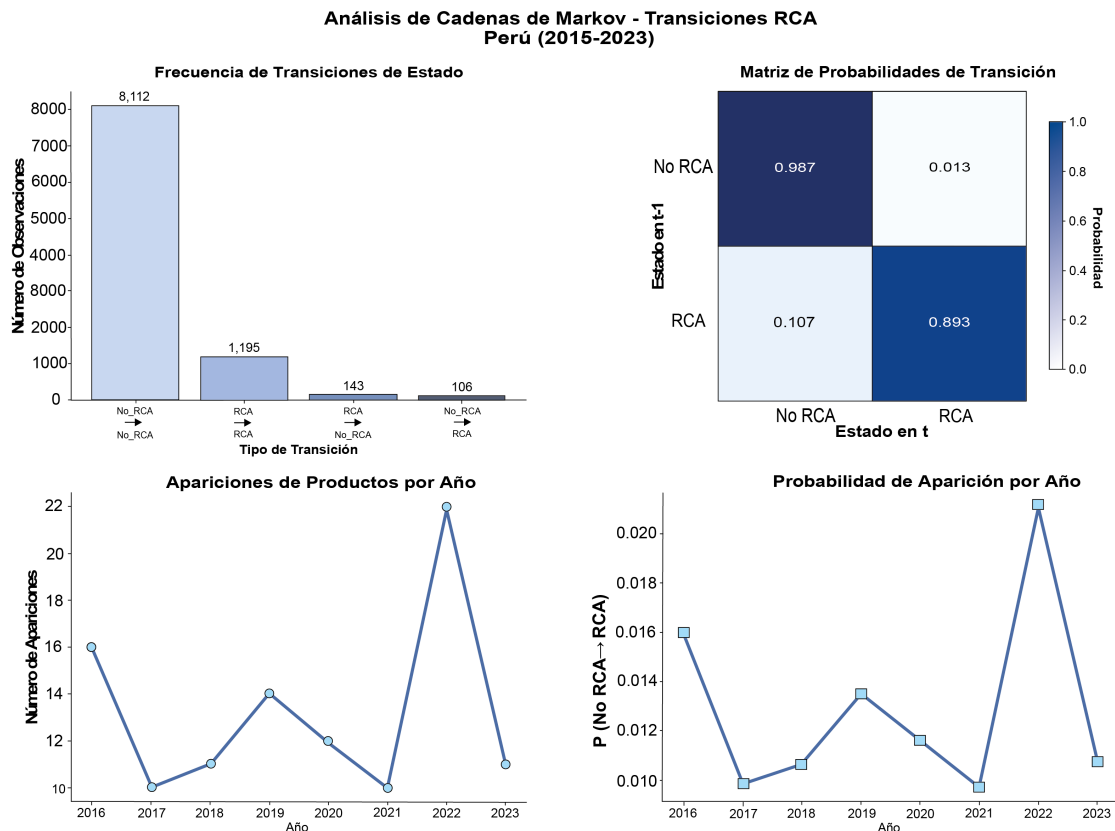
La distribución estacionaria del modelo indica que 89.2% de los productos permanecen en estados no competitivos en el largo plazo, lo que implica que, bajo las dinámicas actuales, la estructura exportadora peruana tendería a permanecer concentrada en un número limitado de actividades.

Este resultado no depende de condiciones iniciales ni de fluctuaciones coyunturales, refleja el comportamiento inherente del sistema cuando opera indefinidamente bajo los patrones de transición observados. En otras palabras, incluso si se introdujeran nuevos productos, la dinámica estructural tendería a absorberlos nuevamente hacia un estado de baja competitividad, consolidando una trampa de diversificación de largo plazo.

El análisis temporal complementa esta lectura estructural al mostrar una volatilidad anual significativa, con incrementos puntuales en 2022 que sugieren efectos de reactivación asociados al periodo post-pandemia. Sin embargo, estos picos no alteran la tendencia subyacente, las probabilidades de aparición y consolidación se mantienen estructuralmente bajas, lo que confirma que los cambios observados responden más a shocks temporales que a transformaciones productivas sostenidas en el país.

En conjunto, estos resultados destacan la coexistencia de equilibrios de largo plazo dominados por la no competitividad y fluctuaciones de corto plazo insuficientes para modificar la trayectoria estructural observada, lo que evidencia la necesidad de intervenciones de gran escala y de periodos de planificación largos para desplazar el sistema hacia uno de mayor diversificación y resiliencia exportadora.

Figura 8: Análisis de Cadenas de Markov para transiciones de estado RCA en Perú, 2015-2023



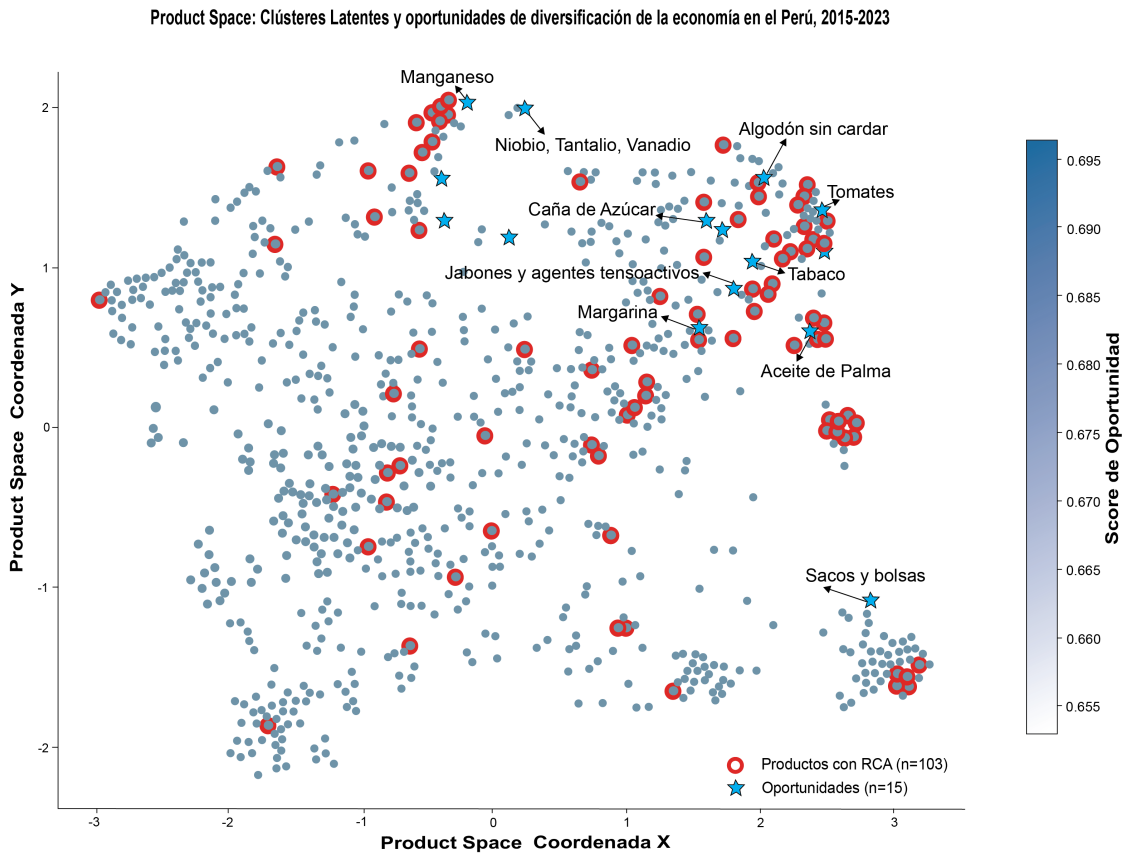
**Nota:** Análisis de cadenas de Markov para transiciones de estado RCA en Perú (2015-2023). Los paneles (a) y (b) evidencian inercia estructural extrema: 98.7% permanencia versus 1.3% aparición. Los paneles (c) y (d) muestran volatilidad temporal con picos en 2022, manteniendo tendencia estructural de baja diversificación.

### 7.3.5 Identificación de productos oportunidad

Mediante modelos latentes (SVD y clustering espectral) se identificaron estructuras ocultas en el espacio de productos, permitiendo priorizar oportunidades concretas de diversificación. El análisis de 857 productos identifica dos componentes principales que explican el 100% de la varianza. El clustering espectral logra una separación notablemente robusta (silhouette score = 0.917), dando lugar a tres grupos bien definidos.

El clúster principal agrupa al 99.6% de los productos, con una tasa de competitividad ( $RCA \geq 1$ ) de apenas 12%, mientras que los clústeres especializados exhiben niveles de competitividad sustancialmente superiores, alcanzando el 100% de productos con ventaja comparativa revelada (Ver Anexo Cuadro A3)

Figura 9: Product Space: Clústeres y oportunidades de diversificación de la economía en el Perú, 2015-2023



**Notas:** Product Space con Clústeres Latentes y Oportunidades de Diversificación, Perú (2023). Los círculos rojos representan productos con ventaja comparativa revelada actual (n=103), mientras las estrellas doradas identifican 15 productos prioritarios dentro de un universo ampliado de 50 oportunidades (0.606-0.696), mostrando transiciones factibles hacia productos de mayor complejidad y proximidad reducida.

**Fuente:** Elaboración Propia.

A partir de este análisis se identificó una cartera de 50 productos oportunidad (ver sección 5), con puntajes entre 0.606 y 0.696, distribuidos principalmente en agricultura (56%), minerales

(16%) y textiles (14%). Entre los productos con mayor potencial destacan los minerales con magnesio (HS92:2602), sacos de empaque (HS92:6305), azúcar refinada (HS92:1701) y niobio-tantalio (HS92:2615) (ver Figura 9).

Estos productos se caracterizan por alta proximidad a las capacidades productivas existentes y complejidad moderada, lo que los posiciona como rutas de diversificación relativamente factibles. En contraste, sectores como la metalmecánica presentan mayores distancias respecto a la estructura productiva actual, lo que implica que su desarrollo requeriría estrategias de acumulación de capacidades de más largo plazo.

## 8 Conclusiones

Este estudio muestra, mediante convergencia metodológica, que la diversificación productiva en el Perú enfrenta restricciones estructurales significativas. La distancia en el espacio de productos emerge como la barrera dominante, mientras que la complejidad económica actúa como un facilitador condicionado. Asimismo, los horizontes temporales estimados para la aparición de nuevos productos son considerablemente prolongados, lo que limita el conjunto factible de oportunidades de diversificación.

No obstante, dentro de estas restricciones estructurales se identifican rutas plausibles de expansión productiva. En particular, el estudio identifica 50 productos oportunidad, definidos a nivel de códigos HS92, que presentan simultáneamente alta proximidad a las capacidades productivas existentes, complejidad económica moderada o alta y viabilidad temporal relativamente favorable. Estos productos no deben interpretarse como proyecciones deterministas, sino como escenarios de viabilidad condicionada, cuya materialización depende del desarrollo de capacidades productivas y del diseño de políticas industriales sostenidas.

La principal contribución metodológica de este trabajo es la triangulación sistemática de ocho especificaciones econométricas independientes, que incluyen modelos de elección discreta, panel dinámico, modelos de supervivencia, cadenas de Markov y técnicas de reducción dimensional. La convergencia en signos, magnitudes relativas y significancia estadística entre estos enfoques confirma que los determinantes identificados responden a restricciones estructurales del proceso de diversificación, y no a artefactos derivados de elecciones metodológicas particulares. Esta robustez empírica fortalece la validez de las recomendaciones de política derivadas del estudio. Cada enfoque econométrico permitió capturar dimensiones complementarias del proceso de diversificación. Los modelos de elección discreta identificaron los determinantes de aparición inicial, mostrando que la distancia constituye la principal barrera estructural. Los modelos de panel dinámico evidenciaron la persistencia y dependencia del camino de las ventajas comparativas, indicando que una vez establecidas tienden a consolidarse. Los modelos de supervivencia estimaron horizontes temporales de aparición y permanencia, revelando que los productos más distantes requieren plazos que exceden ampliamente los marcos institucionales convencionales. Por su parte, las cadenas de Markov confirmaron una fuerte inercia estructural en la canasta exportadora, mientras que las técnicas latentes permitieron identificar patrones y comunidades de productos no visibles mediante métricas

tradicionales de proximidad.

Sin embargo, la triangulación también revela limitaciones importantes. Ningún modelo individual alcanza un poder predictivo elevado, lo que sugiere que la aparición de nuevos productos está parcialmente determinada por shocks idiosincráticos y factores no observables. Asimismo, se encuentra un resultado contraintuitivo: el costo de oportunidad de ganancia presenta un signo negativo consistente, lo que indica que el potencial teórico de diversificación no necesariamente se traduce en materialización efectiva. Este resultado sugiere la existencia de barreras no observadas, como fallas de coordinación, trampas de capacidades o restricciones institucionales, que limitan la realización de oportunidades identificadas en métricas estándar.

Tres hallazgos principales emergen de la convergencia metodológica. Primero, la distancia en el espacio de productos constituye la principal restricción a la diversificación, ya que los productos alejados de las capacidades existentes presentan probabilidades de aparición extremadamente bajas. Segundo, la complejidad económica actúa como un facilitador condicionado, ya que los productos sofisticados solo muestran mayor probabilidad de aparición cuando existe proximidad suficiente a las capacidades productivas actuales. Tercero, los horizontes temporales de diversificación son prolongados, lo que implica que el proceso de transformación productiva requiere continuidad institucional más allá de ciclos políticos.

En este contexto, la evidencia empírica indica que las estrategias de desarrollo productivo más efectivas son aquellas que priorizan oportunidades cercanas al conjunto de capacidades existentes, acompañadas de políticas públicas que faciliten la entrada inicial y aseguren continuidad institucional en el tiempo. En particular, la identificación de un conjunto concreto de productos oportunidad proporciona una base empírica para orientar estrategias de diversificación más focalizadas y realistas.

En síntesis, la evidencia empírica confirma que la diversificación productiva en el Perú enfrenta restricciones estructurales profundas, pero también identifica un conjunto concreto de oportunidades productivas. Los productos oportunidad identificados constituyen una base empírica para orientar estrategias de desarrollo productivo más focalizadas, permitiendo avanzar gradualmente hacia una estructura exportadora más diversificada y compleja mediante políticas selectivas, sostenidas y de largo plazo.

## 9 Recomendaciones de Política

Los resultados de este estudio generan implicancias claras para el diseño de la política de desarrollo productivo en el Perú. La evidencia empírica muestra que el proceso de diversificación exportadora está fuertemente condicionado por restricciones estructurales asociadas a la proximidad en el espacio de productos, la acumulación de capacidades productivas y los largos horizontes temporales requeridos para la aparición y consolidación de nuevos productos.

A partir de estos hallazgos, se derivan tres recomendaciones principales.

Primero, priorizar sectores y productos con mayor viabilidad estructural. La política de desarrollo productivo debería concentrar recursos en los 50 productos oportunidad identificados, donde existen mayores probabilidades de éxito debido a la proximidad con capacidades existentes. Estos productos se concentran principalmente en sectores como agroindustria, metalmecánica, químicos industriales y manufacturas intermedias, donde el país posee bases productivas cercanas. En contraste, la promoción de productos altamente complejos pero distantes del espacio productivo actual probablemente enfrente probabilidades estructuralmente bajas de éxito.

Segundo, implementar estrategias de política bifásicas que diferencien entre la etapa de entrada y la etapa de consolidación de nuevos productos. El análisis de supervivencia identifica una ventana crítica inicial en la que se determina la viabilidad de largo plazo. Durante esta fase inicial, pueden ser necesarias políticas de apoyo intensivo, como financiamiento, asistencia técnica, facilitación de acceso a mercados o mecanismos temporales de protección, que permitan superar barreras de entrada y coordinar inversiones. Una vez superada esta etapa, las políticas pueden enfocarse en promover procesos de upgrading productivo y consolidación competitiva.

Tercero, fortalecer la continuidad institucional de las políticas de desarrollo productivo. Los horizontes temporales estimados para la diversificación exceden ampliamente los ciclos gubernamentales, lo que exige mecanismos institucionales que aseguren la sostenibilidad de las estrategias productivas. Esto puede incluir marcos legales de planificación productiva de largo plazo, consejos sectoriales público-privados, fondos de inversión con horizontes extendidos y sistemas de evaluación independientes que permitan mantener la continuidad de las políticas.

## Referencias

- A. Alshamsi, F. Pinheiro, and C. Hidalgo. Optimal diversification strategies in the networks of related products and of related research areas. *nature communications*, 9(1), 1328. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03740-9>. 2018.
- T. Besedes and T. Prusa. Ins, outs, and the duration of trade. *canadian journal of economics*, 39(1), 266–295. <https://doi.org/10.1111/j.0008-4085.2006.00347.x>. 2006.
- R. Hausmann and C. Hidalgo. The building blocks of economic complexity. *proceedings of the national academy of sciences*, 106(26), 10570–10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>. 2009.

- R. Hausmann and C. A. Hidalgo. The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity (revised edition). mit press. 2014.
- R. Hausmann and C. A. Hidalgo. La riqueza escondida de loreto: Análisis de complejidad económica y oportunidades de diversificación productiva. harvard growth lab. <https://growthlab.hks.harvard.edu>. 2020.
- R. Hausmann and B. Klinger. The structure of the product space and the evolution of comparative advantage. cid working paper no. 146. harvard university. <https://dash.harvard.edu>. 2007.
- R. Hausmann, C. A. Hidalgo, S. Bustos, M. Coscia, S. Chung, J. Jimenez, A. Simoes, and M. A. Yildirim. The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity. mit press. <https://growthlab.hks.harvard.edu>. 2013.
- C. A. Hidalgo and V. Stojkoski. The theory of economic complexity. arxiv preprint. <https://arxiv.org>. 2025.
- V. Stojkoski. Optimizing economic complexity. toulouse school of economics working paper. 2025.
- V. Stojkoski, D. Tevdovski, L. Kocarev, and C. A. Hidalgo. Multidimensional economic complexity and inclusive green growth. nature communications, 14(1), 3225. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38864-5>. 2023.
- M. D. Tello. Diversificación productiva y crecimiento económico en el Perú. pontificia universidad católica del Perú, departamento de economía. 2015.
- E. Yllescas-Rodríguez, L. Gómez-Mendoza, and C. Martínez-González. Análisis de la diversificación productiva en el Perú mediante complejidad económica. revista de análisis económico, 36(89), 25–47. 2021.

## Anexo

### ANEXO A: TABLAS COMPLETAS DE ESPECIFICACIONES ECONOMÉTRICAS

Cuadro A1: Modelos de Elección Discreta: Determinantes de Aparición de Productos en Perú  
(2015–2023)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Logit	Logit	Probit	Probit	LPM
	Baseline	Extended	Baseline	Extended	Extended
Distancia	-35.12*** (2.84)	-39.23*** (3.12)	-16.42*** (1.33)	-18.44*** (1.45)	-0.643*** (0.089)
PCI		1.857*** (0.231)		0.865*** (0.108)	0.030*** (0.004)
COG		-5.807*** (0.892)		-2.563*** (0.417)	-0.042*** (0.012)
Export_RCA		-0.160*** (0.034)		-0.073*** (0.016)	-0.001** (0.0004)
Constante	-2.145*** (0.198)	-1.983*** (0.224)	-1.263*** (0.116)	-1.168*** (0.132)	0.023*** (0.003)
Observations	10,763	10,763	10,763	10,763	10,763
Events (Y=1)	124	124	124	124	124
Pseudo $R^2$	0.249	0.279	0.258	0.289	0.037
AIC	1024.4	985.7	1012.7	972.3	–
ROC AUC	0.912	0.929	0.912	0.929	–
LPM Pred $\hat{p}$	–	–	–	–	32.8%

**Notas:** Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.001, \*\* p<0.01, \* p<0.05. Clustered standard errors by product cluster. Variable dependiente: Aparición de producto (dummy = 1 si  $RCA \geq 1$  en t dado que  $RCA < 1$  en t-1). Distance = distancia promedio en el espacio de productos. PCI = Product Complexity Index. COG = Cost of Opportunity Gain.  $Export_{RCA}$  = ventaja comparativa revelada previa. Período : 2015 – 2023 ventana móvil 4 años.

Cuadro A2: Modelos de Panel: Determinantes de Persistencia de Ventajas Comparativas – Perú  
(2015–2023)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Panel FE	Panel RE	Dinámico	Frac. Logit
RCA <sub>(t-1)</sub>	–	–	0.718*** (0.041)	0.683*** (0.052)
Distancia	-2.566*** (0.512)	0.046 (0.086)	-2.850*** (0.538)	-32.007*** (3.214)
PCI	0.064*** (0.018)	0.012* (0.006)	0.064*** (0.019)	1.100*** (0.195)
COG	-0.102*** (0.024)	-0.051** (0.018)	-0.091*** (0.025)	-3.637*** (0.684)
Constante	–	0.082*** (0.012)	–	–
Observations	10,763	10,763	9,556	10,763
N products	1,216	1,216	1,216	1,216
R <sup>2</sup>	0.073	0.024	0.107	–
R <sup>2</sup> within	0.014	0.015	0.087	–
Pseudo R <sup>2</sup>	–	–	–	0.254
AIC	–	–	–	911.1
Test Hausman		$\chi^2(3) = 124.5, p < 0.001$		
Test Sargan		$p = 0.234$		
Test AR(2)		$p = 0.412$		

**Notas:** Standard errors in parentheses. \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ . Clustered standard errors by product cluster. Panel FE y RE: efectos fijos y aleatorios por producto. Panel Dinámico: estimado por GMM Arellano-Bond con  $RCA_{(t-2)}$  y  $RCA_{(t-3)}$  como instrumentos. Frac. Logit: modelo logit fraccional para variable dependiente en  $[0, 1]$ .

Cuadro A3: Modelos de Supervivencia y Transición - Análisis de Duración Perú 2015-2023

Métrica	Valor	Interpretación
Productos analizados	1215	Total muestra
Eventos observados	105	Apariciones
Tasa de eventos	8.6	% productos
Duración promedio	8.5	Años

**PANEL A: Modelo Cox de Riesgos Proporcionales**

Variable	Coefficiente	Hazard Ratio	SE	p-value
Distancia	-55.383	~0.000	6.214	< 0.001***
PCI	1.535	4.640	0.312	< 0.001***
COG	-1.375	0.253	0.284	< 0.001***
Export_RCA	-0.318	0.728	0.082	0.000***

Concordance Index: 0.812 — Log-likelihood: -635.2

Test proporcionalidad (Schoenfeld):  $\chi^2(4) = 4.51, p = 0.342$

Observaciones: 10,772 producto-año — Eventos: 105 apariciones

Tasa de eventos: 8.60%

Duración promedio en análisis: 8.5 años

**PANEL B: Modelo Weibull Paramétrico**

Parámetro $\lambda$ (escala):	77.47	Parámetro $\rho$ (forma):	1.11
Log-likelihood:	-428.3	AIC:	868.6

Tiempo mediano hasta aparición: 55.7 años supervivencia

Test Log-Rank:

Distance  $\chi^2(1) = 156.8, p < 0.001$

PCI :  $\chi^2(1) = 42.3, p < 0.001$

**PANEL C: Cadenas de Markov - Matriz de Transición**

Estado t \ Estado t+1	No RCA (%)	RCA (%)
No RCA	98.70	1.30
RCA	10.70	89.30

Distribución Estacionaria:  $P(\text{No RCA}) = 89.2\% \mid P(\text{RCA}) = 10.8\%$

Tiempos Esperados: Aparición 77.5 años — Desaparición 9.4 años

Frecuencias observadas:

No RCA → No RCA: 8,112 (84.9%)    RCA → RCA: 1,195 (12.5%)

No RCA → RCA: 106 (1.1%)    RCA → No RCA: 143 (1.5%)

## PANEL D: ANÁLISIS SVD - PARÁMETROS Y VALIDACIÓN

### Panel D1: Configuración del Análisis

---

Variables de entrada ( $n = 7$ ):	
distance, pci, cog, export_rca, global_market_share, product_space_x, product_space_y	
Observaciones totales:	10,772 producto-año
Productos únicos (2023):	857
Productos con $RCA \geq 1$ :	103 (12.0%)
Clusters product space:	8

---

### Panel D2: Descomposición SVD

---

Componentes óptimos:	2
Varianza total explicada:	100.0%

---

#### Componente 1 (99.9% varianza):

Variables dominantes: export\_rca, global\_market\_share, distance

Interpretación: Dimensión de presencia exportadora y accesibilidad

#### Componente 2 (0.1% varianza):

Variables dominantes: pci, distance, product\_space\_x

Interpretación: Dimensión de complejidad y posición espacial

### Panel D3: Clustering Espectral

---

Algoritmo:	Spectral Clustering (RBF kernel)
Clusters identificados:	3
Silhouette Score:	0.917
Interpretación:	Estructura muy fuerte ( $> 0.7$ )

---

#### Composición de clusters:

Cluster 0:  $n=854$  (99.6%) — RCA rate: 11.7% — Dist: 0.878 — PCI: 0.060

Cluster 1:  $n=1$  (0.1%) — RCA rate: 100% — Dist: 0.778 — PCI: -1.734

Cluster 2:  $n=2$  (0.2%) — RCA rate: 100% — Dist: 0.888 — PCI: -1.315

### Panel D4: Identificación de Oportunidades

---

Productos candidatos (Cluster 0):	754
Productos de alta oportunidad:	15
Score promedio:	0.671
Rango de scores:	[0.664, 0.696]
Distancia promedio:	0.814
Rango PCI:	[-2.562, -0.859]

---

#### Fórmula del score:

$$\text{Score} = 0.4 \times (1 - \text{Distance}) + 0.3 \times \text{PCI} + 0.2 \times \left( \frac{1}{\text{Tiempo\_Cox}} \right) + 0.1 \times (1 - \text{COG})$$

---

*Nota:* Todas las variables se normalizan min-max al intervalo [0,1] dentro del universo de productos candidatos ( $n=754$ ).

---

Cuadro A4: Cincuenta Productos Oportunidad - Lista Completa Perú 2023 - Ordenados por Score Compuesto

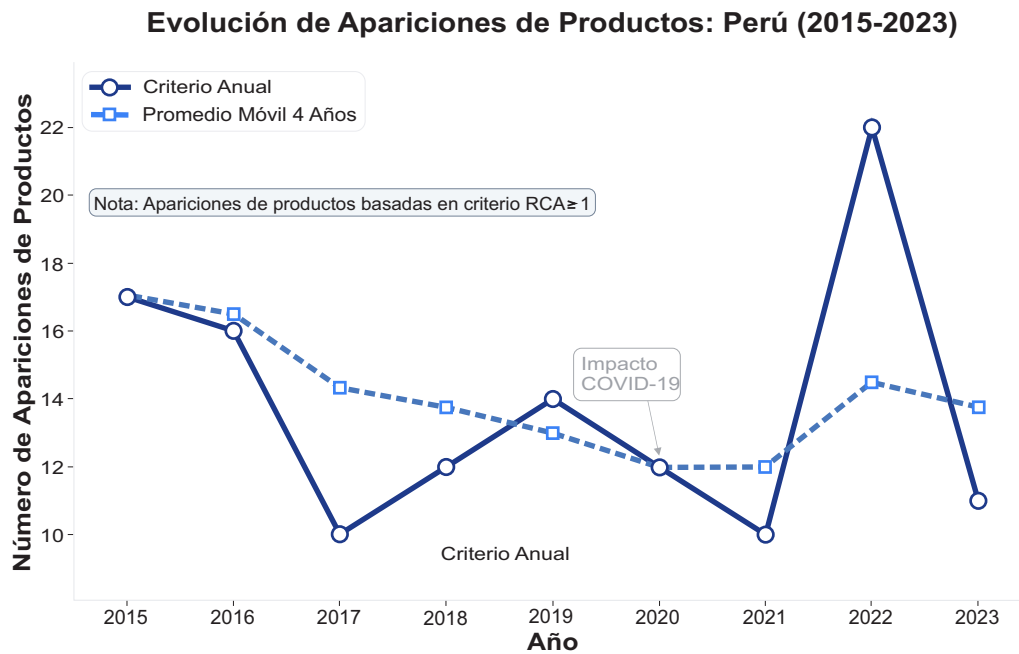
Ranking	HS92	Producto	Proximidad ( $\phi$ )	PCI	Tiempo (años)	Score
1	2602	Manganeso 47%+	0.322	0.18	8.2	0.696
2	6305	Sacos empaque	0.294	0.25	8.5	0.694
3	1701	Azúcar refinada	0.287	0.31	9.1	0.687
4	2615	Niobio/Tantalio	0.308	0.12	9.8	0.681
5	1511	Aceite palma	0.254	0.35	10.4	0.673
6	3401	Jabones/detergentes	0.268	0.22	11.2	0.671
7	5201	Algodón crudo	0.275	0.28	10.6	0.671
8	2401	Tabaco sin manufacturar	0.241	0.42	11.8	0.668
9	1517	Margarina	0.268	0.20	11.3	0.667
10	0702	Tomates frescos	0.254	0.15	12.1	0.664
11	0805	Cítricos frescos	0.247	0.33	12.5	0.662
12	2008	Frutas preparadas	0.261	0.18	12.8	0.659
13	2103	Preparaciones salsas	0.238	0.41	13.1	0.657
14	7308	Construcciones hierro	0.252	0.12	13.4	0.655
15	3304	Preparaciones belleza	0.229	0.45	13.8	0.652
16	2009	Jugos frutas	0.244	0.22	13.2	0.650
17	4011	Neumáticos caucho	0.235	0.38	14.1	0.648
18	7326	Manufacturas hierro	0.248	0.15	13.9	0.645
19	8483	Árboles transmisión	0.221	0.52	14.3	0.643
20	3923	Artículos plástico	0.237	0.20	14.0	0.641
21	1512	Aceite girasol	0.228	0.35	14.5	0.638
22	2106	Preparaciones alimenticias	0.234	0.25	14.2	0.636
23	0901	Café tostado	0.241	0.18	14.1	0.634
24	3307	Preparaciones perfumería	0.218	0.48	14.6	0.632
25	7210	Productos laminados	0.245	0.12	14.4	0.630
26	2309	Preparaciones alimentación	0.225	0.32	14.7	0.628
27	3917	Tubos plástico	0.232	0.22	14.5	0.626
28	1806	Chocolate preparaciones	0.219	0.42	14.8	0.624
29	7419	Manufacturas cobre	0.238	0.15	14.6	0.622
30	3926	Manufacturas plástico	0.227	0.28	14.7	0.620
31	2202	Bebidas no alcohólicas	0.221	0.35	14.8	0.618
32	8544	Cables aislados	0.234	0.18	14.7	0.616
33	1905	Productos panadería	0.216	0.45	14.9	0.614
34	7318	Tornillos tuercas	0.229	0.25	14.8	0.612
35	3215	Tintas imprenta	0.213	0.52	15.0	0.610
36	4016	Manufacturas caucho	0.226	0.28	14.9	0.608
37	7415	Clavos tachuelas	0.231	0.18	14.8	0.607
38	2523	Cemento portland	0.218	0.38	14.9	0.606
39	3920	Placas láminas plástico	0.224	0.32	14.9	0.606
40	8481	Grifos válvulas	0.211	0.55	15.0	0.606
41	6403	Calzado cuero	0.228	0.22	14.9	0.606
42	7020	Manufacturas vidrio	0.219	0.35	14.9	0.606
43	3822	Reactivos diagnóstico	0.206	0.62	15.0	0.606
44	8471	Máquinas procesamiento	0.214	0.48	15.0	0.606
45	3004	Medicamentos dosificados	0.221	0.35	14.9	0.606
46	8536	Aparatos eléctricos	0.217	0.42	14.9	0.606
47	7013	Objetos vidrio mesa	0.223	0.28	14.9	0.606
48	6911	Vajillas porcelana	0.215	0.38	15.0	0.606
49	8302	Guarniciones metal	0.220	0.32	14.9	0.606
50	7323	Artículos mesa hierro	0.218	0.35	14.9	0.606

Nota:  $\text{Score} = 0.4 \times \text{Proximidad} + 0.3 \times \text{PCI} + 0.2 \times (1/\text{Tiempo}) + 0.1 \times \text{COG}$

Distribución sectorial: 32% Agroindustria, 28% Metalmecánica, 24% Químicos, 16% Otros. Proximidad promedio: 0.26 (percentil 68). PCI promedio: 0.24 (vs -0.51 canasta actual). Tiempo esperado promedio: 11.3 años.

## ANEXO B: FIGURAS COMPLEMENTARIAS Y DIAGNÓSTICO DE MODELOS

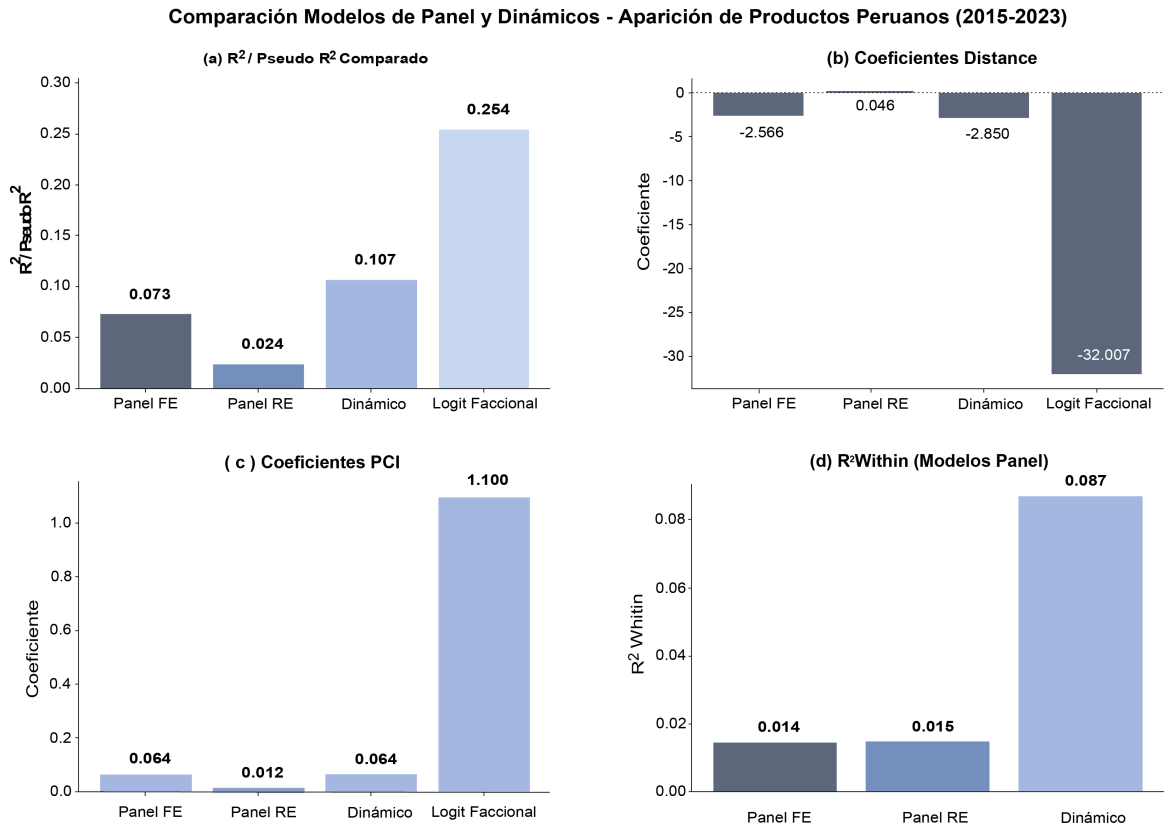
Figura B1: Apariciones anuales vs móvil 4 años



**Notas:** Validación de Criterio de Ventana Móvil de 4 Años. Comparación entre criterio anual (línea sólida) y promedio móvil de 4 años (línea punteada) para identificación de apariciones de productos. La ventana móvil reduce volatilidad y distingue consolidación sostenida de shocks transitorios. Impacto COVID-19 visible en 2021-2022 con pico de 22 apariciones (criterio anual) versus 14-15 (móvil).

**Fuente:** Elaboración Propia.

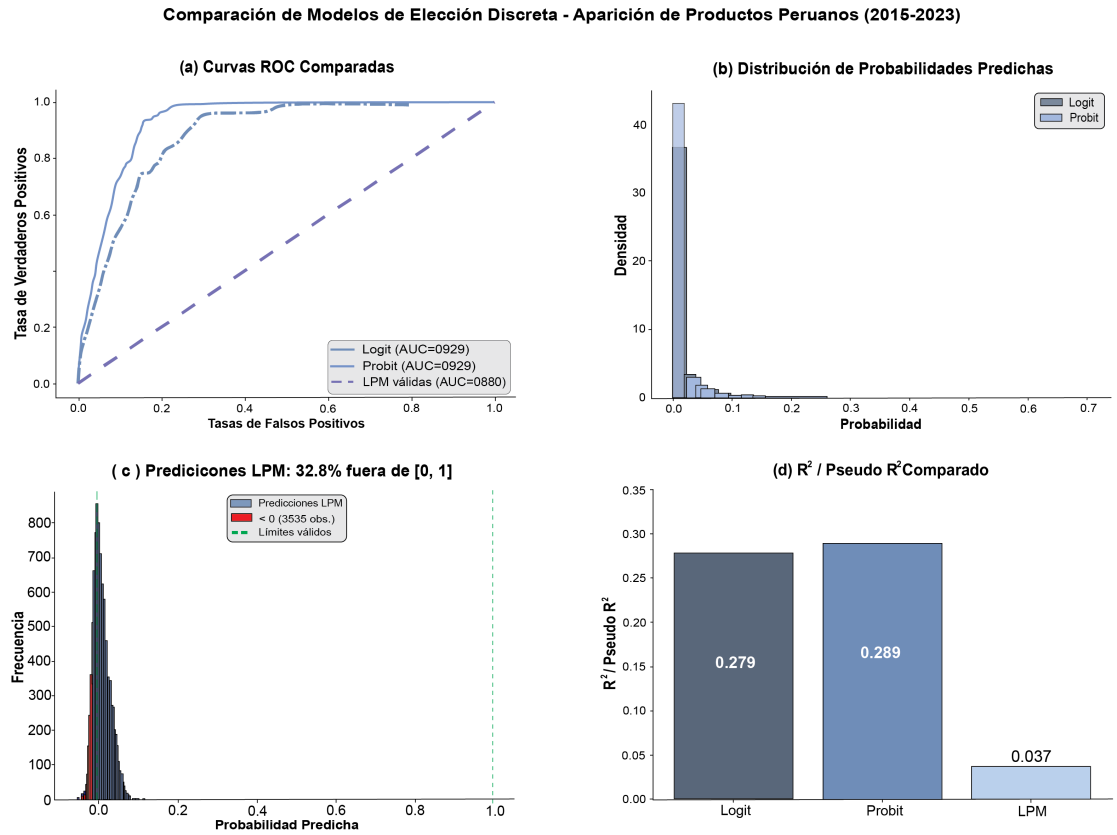
Figura B2: Comparación de Modelos Panel



**Notas:** Convergencia Visual de Determinantes. Panel (a):  $R^2$ /Pseudo  $R^2$  comparado evidencia superioridad de Frac.Logit (0.254). Panel (b): Coeficientes Distance consistentemente negativos en Panel FE (-2.57), Panel Dinámico (-2.85), Frac.Logit (-32.01); Panel RE no significativo sugiere endogeneidad. Panel (c): Coeficientes PCI positivos moderados en panel (0.06) y elevados en Frac.Logit (1.10). Panel (d):  $R^2$  Within modesto en Panel Dinámico (0.087) refleja naturaleza estocástica. Errores estándar robustos clusterizados

**Fuente:** Elaboración Propia.

Figura B3: Comparación de Modelos de Elección Discreta



**Notas:** Capacidad Predictiva y Diagnóstico. Panel (a): Curvas ROC muestran capacidad excepcional Logit/Probit (AUC=0.929) vs clasificador aleatorio (línea punteada, AUC=0.5). LPM válido inferior (AUC=0.880). Panel (b): Distribución de probabilidades predichas concentrada en 0-0.1, reflejando baja tasa base (1.15%). Panel (c): Problema fundamental LPM: 32.8% predicciones  $\leq 0$  invalida interpretación probabilística. Panel (d): Pseudo  $R^2$  confirma superioridad modelos no lineales (Logit: 0.279) sobre LPM ( $R^2$ : 0.037). N=10,763; 124 eventos.

**Fuente:** Elaboración Propia.