

# Fragmentación de la tierra y productividad agrícola en el Perú: implicancias para la organización del territorio agrícola

*Sebastian Rolando Ayala-Beas\**

Recibido: 16 de julio de 2026

Aceptado: 15 de septiembre de 2026

## RESUMEN:

El objetivo de la investigación es determinar el efecto de la fragmentación de la tierra sobre la productividad agrícola en el Perú. La estimación de regresión umbral para una muestra de 34 056 unidades agropecuarias de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2024, indica que la relación entre fragmentación y productividad presenta forma de U, con un punto de inflexión en un Índice de Januszewski (IJ) de 0.84. Por debajo de este valor, un aumento de 0.01 en el IJ reduce la productividad en 0.914%; por encima, la incrementa en 5.070%. Los hallazgos contribuyen a comprender mejor el territorio agrícola del país.

**PALABRAS CLAVE:** Índice de Januszewski; modelo de regresión umbral; productor agropecuario.

**CLASIFICACIÓN JEL:** Q12; Q15; C24; R11.

## Land fragmentation and agricultural productivity in Peru: implications for agricultural territorial organization

## ABSTRACT:

The objective of this research is to determine the effect of land fragmentation on agricultural productivity in Peru. Threshold regression estimation using a sample of 34,056 agricultural holdings from the 2024 National Agricultural Survey indicates that the relationship between fragmentation and productivity follows a U-shaped pattern, with a turning point at a Januszewski Index (JI) value of 0.84. Below this threshold, a 0.01 increase in the JI reduces productivity by 0.914%; above it, productivity increases by 5.070%. These findings contribute to a better understanding of Peru's agricultural territory.

**KEYWORDS:** Januszewski Index; threshold regression model; agricultural producer.

**JEL CLASSIFICATION:** Q12; Q15; C24; R11.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se observa una creciente concentración de tierra en tenencias más grandes que dejan a la mayoría de los agricultores, junto con los pueblos indígenas y otras comunidades, con menos tierra (Wegerif & Guereña, 2020). Por ejemplo las pequeñas explotaciones, que abarcan menos de 2 hectáreas, representan el 85 % del total y gestionan el 9 % de la superficie, mientras que las explotaciones que superan las 50 hectáreas constituyen menos del 1 % del total y gestionan alrededor del 75 % de la superficie (Lowder et al., 2025). Al respecto, una de las razones de la prevalencia de las grandes explotaciones agrícolas, es que la agricultura tiene márgenes de ganancia muy ajustados, por lo que los agricultores deben

---

\* Departamento Académico de Economía, Facultad de Economía y Contabilidad, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú. [sayalab@unasam.edu.pe](mailto:sayalab@unasam.edu.pe)

Autor para correspondencia: [sayalab@unasam.edu.pe](mailto:sayalab@unasam.edu.pe)

aumentar el volumen de producción si desean obtener un ingreso adecuado (Duffy, 2009). No obstante, aunque las comparaciones internacionales indican una mayor productividad en las explotaciones agrícolas de mayor tamaño, la evidencia en los países de bajos ingresos sugiere que el tamaño de la explotación y la productividad agrícola se asocian de forma inversa (Foster & Rosenzweig, 2022). Relacionado a esto, en Perú se ha identificado que una disminución de una hectárea en el tamaño de las explotaciones incrementa la productividad total de los factores agrícolas a nivel distrital en un 0.6% (Borrero, 2025).

Sin embargo, la relación inversa entre el tamaño de la explotación y la productividad agrícola ha sido cuestionada cuando en el análisis se incorpora la fragmentación de las parcelas que conforman la explotación agrícola (Niroula & Thapa, 2005). En esta línea, Lu et al. (2018) señalan que los efectos económicos de la fragmentación están más vinculados al tamaño de las parcelas que al tamaño agregado de la explotación, debido a que la obtención de economías de escala ya no depende exclusivamente de la ampliación de la superficie total. Por ello, proponen analizar la fragmentación desde la perspectiva de las parcelas que integran la explotación agrícola.

En este contexto, Latinoamérica presenta elevados niveles de desigualdad de tierras y en la mayoría de los países se observa una gran prevalencia de pequeñas explotaciones agrícolas (Gáfaró et al., 2025). Asimismo, se identifican dos grupos de países con trayectorias diferenciadas respecto a la estructura agraria (Namdar-Irani et al., 2020). Por un lado, Paraguay, Argentina, Uruguay, Chile y Venezuela muestran una tendencia hacia una mayor concentración de la tierra. Por otro lado, Perú, México, Nicaragua, El Salvador y, de manera menos clara, Brasil y Costa Rica presentan una tendencia hacia la fragmentación, reflejada en un incremento del 18% en el número de explotaciones agrícolas durante las últimas dos décadas. Particularmente en el Perú, la información de los dos últimos censos agropecuarios (1994 y 2012) muestra que la proporción de productores agropecuarios (PA) con menos de 7 hectáreas aumentó de 80.04 % a 86.54 % (Srinivasan et al., 2022).

A pesar de esta tendencia hacia una mayor fragmentación de la tierra, la revisión de la literatura no identificó estudios que analicen su relación con la productividad agrícola en el Perú. Esta ausencia de evidencia también se observa en América del Sur, donde, pese al creciente desarrollo internacional de este campo de investigación, la revisión sistemática de la literatura identifica un único estudio sobre la relación entre fragmentación de la tierra y desempeño agrícola (Aslam & Fazal, 2025). En este sentido, el objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la fragmentación de la tierra sobre la productividad agrícola en el Perú, 2024. De esta manera el estudio se alinea a la Meta 2.3 del ODS 2, y busca contribuir con evidencia para la adecuada formulación de políticas orientadas a la organización del territorio agrícola y desarrollo rural en el país.

## 2. MARCO TEÓRICO

La fragmentación de la tierra (FT), también es conocida como pulverización, morcelamiento, parcelación o dispersión (Bentley, 1987). Desde su origen que se remonta al siglo XVII, el término se ha utilizado ampliamente en economía agrícola, antropología, geografía, ecología y otros campos relacionados con la agricultura (Ntuhinyurwa & de Vries, 2021b). No obstante, como señala Hartvigsen (2014), nunca ha existido una definición comúnmente aceptada de fragmentación de la tierra, y el término suele ser utilizado por responsables políticos, expertos y agricultores con diferentes interpretaciones y en distintos contextos, sin que la comprensión exacta esté clara o definida. Bajo estas consideraciones, varios investigadores lo definen comúnmente como la situación en la que una sola explotación agrícola consta de numerosas parcelas pequeñas separadas espacialmente (no contiguas), a menudo dispersas en una amplia zona (Ntuhinyurwa & de Vries, 2021a).

Además, la literatura ha identificado hasta cuatro diferentes tipos de FT (Sabates-Wheeler, 2002): fragmentación física, fragmentación de la actividad, fragmentación social y fragmentación de la propiedad. Al respecto, dado que el territorio presenta una fragmentación natural, independientemente de las actividades humanas (Ntuhinyurwa & de Vries, 2021a), la interpretación más extendida de la FT se relaciona con los aspectos físicos (Louwsma & Lemmen, 2015). Pero incluso la fragmentación física, puede abarcar cinco dimensiones que cubren (Latruffe & Piet, 2014): número, tamaño y forma de las parcelas, así como su distancia respecto a las instalaciones agrícolas y la distancia entre parcelas. Respecto a sus

causas, Aslam y Fazal (2025) señalan que la FT es producto del aumento de la población y la escasez de tierras, no la propiedad heredable. De igual manera, las tendencias de la FT están determinadas por las decisiones que los propietarios toman en el mercado de tierras y éstas a su vez dependen de las circunstancias económicas, demográficas y políticas (van Dijk, 2003).

A su vez, los efectos de la FT sobre la productividad agrícola son divergentes. Por un lado, se identifican desventajas que socavan la eficiencia operativa y el uso adecuado de las propiedades (Niroula & Thapa, 2005): impide la aplicación uniforme de mano de obra y fertilizantes a todas las parcelas, reduce la eficiencia en el uso de los insumos, restringe la mecanización agrícola, incrementa los costos y dificulta el desarrollo de infraestructura agrícola, limita la prestación eficiente de servicios de apoyo y adopción de nuevas tecnologías; y, por último, se pierden tierras productivas en redes innecesarias de caminos, linderos y similares. Por el contrario, la FT puede ayudar a los agricultores a aliviar los cuellos de botella estacionales de mano de obra, mitigar los riesgos y aumentar sus niveles de seguridad alimentaria (Aslam & Fazal, 2025). Por ello, debido a sus efectos positivos, la fragmentación puede ser deseable o incluso necesaria. Por ejemplo, se considera una respuesta perfectamente lógica y acertada tanto en términos económicos como ecológicos en determinados contextos (King & Burton, 1982). Dado estos efectos opuestos, es difícil formular hipótesis inequívocas sobre el efecto de una dimensión física particular de la FT en el rendimiento de la explotación (Latruffe & Piet, 2014).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. MEDICIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN DE LA TIERRA

Debido a la naturaleza multidimensional y compleja de la FT, no existe un estándar o indicadores internacionales reconocidos para medirlo (Yuge Wang et al., 2023). De hecho, en vista de la variedad de indicadores y formas de fragmentación se han identificado hasta 40 escenarios hipotéticos de fragmentación diferentes (Ntihinyurwa & de Vries, 2021b). Así, los índices para medir la FT pueden ser clasificados en 3 grupos (Janus & Ertunç, 2020). El primero comprende índices basados únicamente en el número y tamaño de las parcelas en las explotaciones. El segundo grupo incluye índices que verifican la forma de las parcelas. El último grupo son índices que tienen en cuenta la dispersión espacial de las parcelas en relación con las instalaciones de la explotación agrícola.

De este modo, dada la información disponible en la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2024, la presente investigación emplea métricas correspondientes al primer grupo. En particular, se utiliza el Índice de Januszewski (IJ), el cual también fue estimado para el Perú por Escobal y Armas (2015) para desarrollar una tipología de la pequeña y mediana agricultura familiar a partir de información de la ENA 2014. El IJ se calcula mediante la siguiente expresión (Latruffe & Piet, 2014):

$$IJ_i = \frac{\sqrt{A_i}}{\sum_{k=1}^{k_i} \sqrt{a_k}} \quad (1)$$

Donde:

- $i$  es un subíndice que denota las unidades agropecuarias (UA)
- $k = 1, \dots, k_i$  es un subíndice que denota las parcelas de la UA  $i$
- $a_k$  es el área de la parcela  $k$
- $A_i = \sum_{k=1}^{k_i} a_k$  es el área total de la UA  $i$

El IJ varía entre 0 a 1. El valor 1 indica ausencia de fragmentación (la propiedad consta de una sola parcela) y el índice disminuye a medida que aumenta la fragmentación (Looga et al., 2018). El IJ tiene tres propiedades (Demetriou et al., 2013): la fragmentación aumenta (el valor del índice disminuye) cuando el número de parcelas aumenta; la fragmentación aumenta cuando el tamaño promedio de las parcelas

disminuye; y la fragmentación disminuye a medida que aumenta el área de las parcelas grandes y se reduce la de las parcelas pequeñas.

El segundo indicador para medir la FT corresponde al número de parcelas de la UA (NP), el cual se define como (Latruffe & Piet, 2014):

$$NP_i = k_i \quad (2)$$

Donde  $k_i$  representa el número de parcelas de la UA  $i$ , siguiendo la misma notación empleada en la ecuación del IJ. En este sentido, la presente investigación utiliza el IJ como medida principal de la FT, mientras que el NP se emplea como una medida alternativa para evaluar la robustez de los resultados.

### 3.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos fueron extraídos de la ENA 2024, disponible en la sección de Microdatos de la página web del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI, 2025). Para estimar la productividad agrícola, primero se calculó el Valor Bruto de la Producción (VBP) mediante los rendimientos (kg/ha) y precios (S/), corrigiendo los registros con valores extremos, criterio también aplicado en estimaciones previas (Escobal & Armas, 2015). En cultivos no comercializados, se priorizaron los precios del autoconsumo y de las semillas. Ante la ausencia de información de precios a nivel de UA, se realizó la imputación mediante medianas geográficas escalonadas (provincial, departamental y nacional) por tipo de cultivo. El VBP incluye la producción de cultivos cosechados, derivados y subproductos agrícolas. Además, considerando que la FT puede incrementar el abandono de tierras de cultivo (Zheng, 2023), la productividad agrícola se operacionalizó mediante dos indicadores: los ratios VBP/superficie cosechada y VBP/superficie total. Estos indicadores permiten determinar si el efecto sobre la productividad es mayor cuando se mide respecto a la superficie total que respecto a la superficie cosechada.

También se incluyen variables de control para evitar el sesgo por variable omitida, seleccionadas siguiendo el enfoque de estudios previos. De esta manera, en la Tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables.

**TABLA 1.**  
**Operacionalización de las variables**

| Variable                        | Indicador                                                                                         | Pregunta en la ENA 2024                                                                                         | Literatura asociada                                                          |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Productividad agrícola          | $Y_1$ = VBP agrícola por hectárea cosechada de la UA (Soles/Ha)                                   | Cap. 200: Secc. A+B+C+D / Cantidades: P219, P229D, P229H.<br>Precios: P220, P229E, P229I.<br>Denominador: P217. | Mugizi (2025), Nilsson (2019), Latruffe y Piet (2014) y Ansoms et al. (2008) |
|                                 | $Y_2$ = VBP agrícola por hectárea total de la UA (Soles/Ha)                                       | Cap. 200: Secc. B+C+D / Cap. 100 Cantidades y Precios igual a $Y_1$<br>Denominador: P104.                       |                                                                              |
| Fragmentación de la tierra      | $IJ$ = Índice de Januszewski                                                                      | Basada en superficie de parcelas en Cap. 100A_03, P105                                                          | Aslam & Fazal (2025)<br>Looga et al. (2018)                                  |
|                                 | $NP$ = Número total de parcelas de la UA                                                          | Cap. 100, P102                                                                                                  | Latruffe y Piet (2014) y Van Hung et al. (2007)                              |
| $X_3$ = Edad                    | Edad en años.                                                                                     | Cap. 1100, P1104.                                                                                               | Ali et al. (2019) y Latruffe y Piet (2014)                                   |
| $X_4$ = Edad <sup>2</sup>       | Edad al cuadrado                                                                                  |                                                                                                                 | Ali et al. (2019)                                                            |
| $X_5$ = Mano de obra 1/         | Gasto en mano de obra en S/ por Ha.                                                               | Cap. 1000, P1001A_2A + P1001A_2B.                                                                               | Ali et al. (2019) y Latruffe y Piet (2014)                                   |
| $X_6$ = Tamaño del hogar        | Número total de miembros del hogar                                                                | Cap. 1100, P1100                                                                                                | Ansoms et al. (2008)                                                         |
| $X_7$ = Nivel educativo         | 0: Prim. Incompleta o -<br>1: Primaria completa<br>2: Secundaria completa<br>3: Superior completa | Cap. 1100, P1105.                                                                                               | Looga et al. (2018), Ali et al. (2019) y Nilsson (2019)                      |
| $X_8$ = Jefatura femenina       | 1: Mujer.<br>0: Hombre.                                                                           | Cap. 1100, P1103.                                                                                               | Mugizi (2025), Ali et al. (2019) y Nilsson (2019)                            |
| $X_9$ = Uso de fertilizantes 2/ | 1: Usa<br>0: No usa                                                                               | Cap. 300, P301A_14.                                                                                             | Mugizi (2025), Nilsson (2019) y Rahman y Rahman (2009)                       |

**TABLA 1. CONT.**  
**Operacionalización de las variables**

| Variable                                   | Indicador                                               | Pregunta en la ENA 2024                 | Literatura asociada                           |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| $X_{10}$ = Uso de semillas certificadas 3/ | 1: Usa<br>0: No usa                                     | Cap. 200A, P214                         | Mugizi (2025) y Nilsson (2019)                |
| $X_{11}$ = Asistencia técnica              | 1: Recibió<br>0: No recibió                             | Cap. 700, P704.                         | Mugizi (2025)                                 |
| $X_{12}$ = Uso de Plaguicidas 4/           | 1: Usa<br>0: No usa                                     | Cap. 300, P301A_15.                     | Rahman & Rahman (2009)                        |
| $X_{13}$ = Riego 5/                        | 1: Usa riego tecnificado<br>0: No usa                   | Cap. 100, P121 (Cód. 1, 2, 3, 4, 5, 6). | Nilsson (2019)                                |
| $X_{14}$ = Derechos de propiedad 6/        | 1: Tiene título de al menos una parcela.<br>0: No tiene | Cap. 100, P112 (Código 1).              | Nilsson (2019)                                |
| $X_{15}$ = Tamaño de la UA                 | Superficie total (Ha).                                  | Cap. 100, P104_SUP_ha.                  | Ansoms et al. (2008) y Latruffe y Piet (2014) |
| $X_{16}$ = Acceso al mercado 7/ 8/         | Nro. de canales de venta (Escala de 0 a 3)              | Cap. 200, P223 (Recodificado).          | Nilsson (2019)                                |

**Notas:** Ansoms et al. (2008) analizan el efecto del tamaño sobre la productividad incorporando la fragmentación en el modelo. Nilsson (2019) evalúa el efecto de la consolidación e incluye indicadores de fragmentación. Los estudios citados operacionalizan las variables de la siguiente manera: 1/ Latruffe y Piet (2014) ratios de mano de obra y Nilsson (2019) horas. 2/ Mugizi (2025) y Rahman y Rahman (2009) cantidad de fertilizantes y Nilsson (2019) gasto en fertilizantes. 3/ Nilsson (2019) gasto en semillas mejoradas. 4/ Rahman y Rahman (2009) cantidad de mg/ml de ingredientes activos por explotación. 5/ Nilsson (2019) gasto total en riego. 6/ Nilsson (2019) porcentaje de parcelas con derechos documentados. 7/ Nilsson (2019) porcentaje de la producción agrícola comercializada. 8/ Canales considerados: mercado local, regional, exterior, agroindustria y mercados de Lima.

**Fuente:** Elaboración propia. UA: Unidad agropecuaria. VBP: Valor bruto de la producción

### 3.3. ESPECIFICACIÓN ECONOMETRICA

Similar a estudios previos (Ansoms et al., 2008; Latruffe & Piet, 2014; Looga et al., 2018; Olarinre & Omonona, 2018), se emplea el análisis de regresión de mínimos cuadrados ordinarios de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Modelo 1:

$$\ln Y_{1i} = \beta_0 + \beta_1 IJ_i + \beta_2 IJ_i^2 + \sum_{k=3}^{16} \beta_k X_{ki} + \delta_d + \varepsilon_i \quad (3)$$

Modelo 2:

$$\ln Y_{2i} = \beta_0 + \beta_1 IJ_i + \beta_2 IJ_i^2 + \sum_{k=3}^{16} \beta_k X_{ki} + \delta_d + \varepsilon_i \quad (4)$$

Modelo 3:

$$\ln Y_{1i} = \beta_0 + \beta_1 NP_i + \beta_2 NP_i^2 + \sum_{k=3}^{16} \beta_k X_{ki} + \delta_d + \varepsilon_i \quad (5)$$

Modelo 4:

$$\ln Y_{2i} = \beta_0 + \beta_1 NP_i + \beta_2 NP_i^2 + \sum_{k=3}^{16} \beta_k X_{ki} + \delta_d + \varepsilon_i \quad (6)$$

Las variables dependientes  $Y_1$  y  $Y_2$  son el logaritmo de la productividad agrícola por hectárea (sobre superficie cosechada y superficie total, respectivamente). La variable explicativa principal es el nivel de FT, medido mediante el IJ y el NP y se incluye sus términos cuadráticos en sus respectivos modelos para capturar posibles relaciones no lineales. Además, las variables de control están agrupadas en un vector  $X_{ki}$ . Asimismo, se incorporan efectos fijos departamentales  $\delta_d$  a fin de controlar factores no observados dentro de cada departamento. El subíndice  $i$  denota la unidad agropecuaria y  $\varepsilon_i$  es el término de error.

La variable Tamaño de la UA ( $X_{15}$ ) se expresa en logaritmo para reducir su asimetría. Con el mismo propósito, la variable gasto en mano de obra ( $X_5$ ), fue sometida a una transformación de seno hiperbólico inverso, debido a la presencia de una proporción considerable de valores iguales a cero. La muestra está integrada por 34 056 unidades agropecuarias (personas naturales) activas, excluyéndose aquellas sin actividad agrícola en los últimos 12 meses, así como las empresas agropecuarias (personas jurídicas).

## 4. RESULTADOS

Las estadísticas descriptivas presentadas en la Tabla 2, revela importantes características de la agricultura peruana. En principio, se aprecia un agricultor con una edad media de 54 años y bajo nivel educativo. El tamaño promedio de la UA es de 8.05 hectáreas, asociado a la presencia de explotaciones principalmente de pequeña escala. También se observa una diferencia entre la productividad por área cosechada de S/ 11 297.77 y la productividad por área total de S/ 5 156.51. Esta brecha sugiere que una parte considerable de la superficie agrícola presenta menor uso productivo. En el caso de la FT, el promedio del IJ es de 0.64 y el NP alcanza el 4.37, valores que reflejan un grado moderado de fragmentación de las UA, en comparación a otros contextos internacionales. Por ejemplo, en Estonia se reporta un IJ de 0.626 (Sikk & Maasikamäe, 2015), mientras que Konya - Turquía presenta menor nivel de FT, con un IJ de 0.71 (Ertunç, 2020). En contraste, en la región de Bretaña – Francia se identificó mayores niveles de FT, con

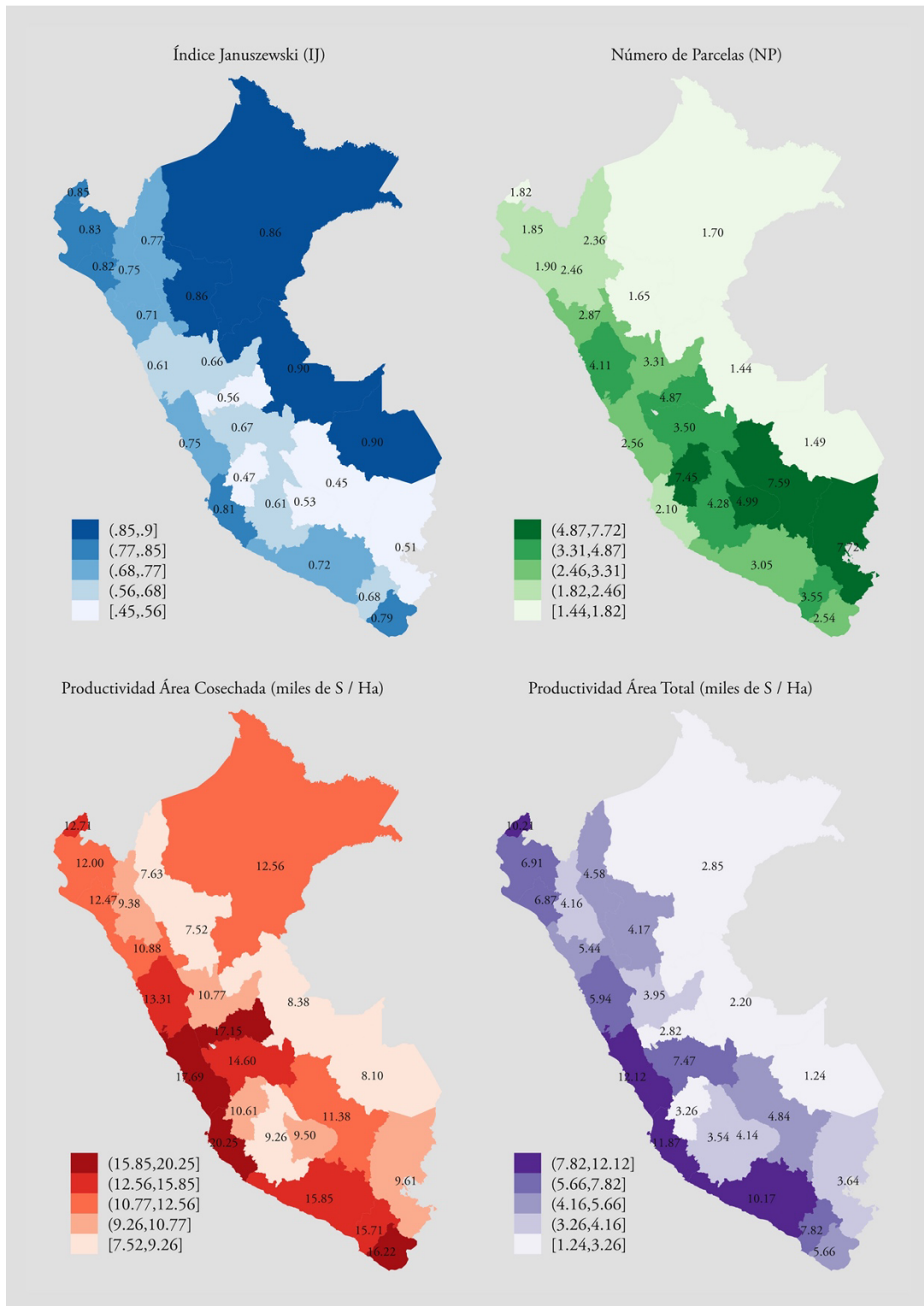
un IJ de 0.29 (Latruffe & Piet, 2014). Por último, la Figura 1 presenta la distribución departamental de los niveles de fragmentación y productividad en el Perú, permitiendo visualizar su heterogeneidad territorial.

**TABLA 2.**  
**Estadísticas descriptivas**

| Variable                       | Media     | Error estándar |
|--------------------------------|-----------|----------------|
| Productividad A. Cosechada     | 11 297.77 | 73.834         |
| Productividad A. Total         | 5 156.51  | 77.798         |
| Índice de Januszewski (IJ)     | 0.64      | 0.002          |
| Número de Parcelas (NP)        | 4.37      | 0.038          |
| Edad                           | 53.97     | 0.160          |
| Mano de obra (S/ por Ha)       | 2 888.51  | 383.798        |
| Tamaño del hogar               | 2.89      | 0.014          |
| Nivel educativo:               |           |                |
| Prim. incompleta o menos       | 0.39      | 0.004          |
| Primaria completa              | 0.32      | 0.004          |
| Secundaria completa            | 0.22      | 0.005          |
| Superior completa              | 0.07      | 0.002          |
| Jefatura femenina              | 0.31      | 0.004          |
| Uso de fertilizantes           | 0.57      | 0.005          |
| Uso de semilla certificada     | 0.05      | 0.002          |
| Asistencia técnica             | 0.03      | 0.001          |
| Uso de plaguicidas             | 0.63      | 0.005          |
| Riego tecnificado              | 0.21      | 0.004          |
| Derechos de prop. de la tierra | 0.19      | 0.004          |
| Tamaño de la UA (Ha)           | 8.05      | 0.112          |
| Acceso al mercado:             |           |                |
| 0 canales                      | 0.30      | 0.004          |
| 1 canal                        | 0.52      | 0.005          |
| 2 canales                      | 0.16      | 0.003          |
| 3 o más canales                | 0.02      | 0.001          |
| Número de observaciones (n)    | 34 056    |                |
| Población expandida (N)        | 2 117 796 |                |
| Grados de libertad             | 3 970     |                |

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la ENA 2024. Estimaciones con factores de expansión.

**FIGURA 1.**  
**Fragmentación y productividad agrícola en departamentos del Perú, 2024**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la ENA 2024. Los valores corresponden a promedios departamentales. La Provincia Constitucional del Callao no mostrado en los mapas y presenta los siguientes valores: IJ = 1; NP = 1; Productividad por área cosechada = 4.64; y Productividad por área total = 0.73 (miles de soles por hectárea).

La Tabla 3 detalla los resultados inferenciales. En principio, se destaca que los Modelos 2 y 4, especificados con la productividad por superficie total como variable dependiente, presentan un mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) frente a los Modelos 1 y 3, que emplean la productividad por superficie cosechada. No obstante, el poder explicativo relativamente bajo refleja la complejidad inherente de modelar el comportamiento de pequeños agricultores (Das et al., 2025). Asimismo, entre los Modelos 1 y 2 se observa un incremento de los coeficientes de la FT: el IJ pasa de -0.479 a -2.259, mientras que el término cuadrático del IJ aumenta de 0.420 a 1.301. De manera similar, aunque en el Modelo 3 el NP no presenta significancia estadística, en el Modelo 4 sus coeficientes sí son significativos. Esta diferencia sugiere que la FT no solo afecta productividad agrícola, sino que probablemente también induce al abandono o subutilización de tierras. En esta línea, la evidencia identifica que la propiedad de cada parcela adicional se asocia con un aumento de 0.5 % en la tasa de abandono de tierras de cultivo (Zheng, 2023).

Además, independientemente del indicador utilizado (IJ o NP), las estimaciones confirman una relación no lineal en forma de “U”. En el Modelo 2, el IJ muestra un coeficiente de -2.259, mientras que el coeficiente de su término cuadrático es de 1.301, sugiriendo que la productividad es mayor en los extremos de fragmentación o consolidación. De hecho, el Modelo 4 también llega a conclusiones similares en términos de significancia y dirección del efecto. En el caso de las variables de control, como el nivel educativo y el acceso al mercado presentan efectos positivos y crecientes. Además, el uso de semilla certificada y recibir asistencia técnica emergen como factores críticos para elevar la productividad.

No obstante, la evidencia de una relación no lineal entre la FT y la productividad agrícola sugiere la posible existencia de un punto de quiebre. En este contexto, se emplea un modelo de regresión umbral, similar a estudios previos (Das et al., 2025). Para tal efecto, la productividad respecto a la superficie total ( $Y_2$ ) se considera como variable dependiente, y la FT (medida mediante el IJ), se incorpora tanto como variable explicativa principal y como variable umbral. Las estimaciones del modelo de regresión umbral se presentan en las 2 últimas columnas de la Tabla 3, mientras que en la Figura 2 se ilustra el umbral identificado. Este proceso se replica para cada región natural del Perú (costa, sierra y selva) y las estimaciones de las variables de interés son presentadas en la Tabla 4.

**TABLA 3.**  
**Estimación de modelos a nivel Nacional**

| Variable                          | Modelo    |           |          |           | Modelo de regresión umbral<br>(Umbral IJ: 0.84) |                           |
|-----------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------------------------------------------|---------------------------|
|                                   | (1)       | (2)       | (3)      | (4)       | Régimen 1:<br>Fragmentado                       | Régimen 2:<br>Consolidado |
| Índice de Januszewski             | -0.479*** | -2.259*** |          |           | -0.914***                                       | 5.070***                  |
|                                   | (0.143)   | (0.263)   |          |           | (0.074)                                         | (0.714)                   |
| Índice de Januszewski al cuadrado | 0.420***  | 1.301***  |          |           |                                                 |                           |
|                                   | (0.110)   | (0.199)   |          |           |                                                 |                           |
| Número de parcelas                |           |           | -0.001   | 0.021***  |                                                 |                           |
|                                   |           |           | (0.002)  | (0.004)   |                                                 |                           |
| Número de parcelas al cuadrado    |           |           | 0.0001   | -0.0003** |                                                 |                           |
|                                   |           |           | (0.000)  | (0.00001) |                                                 |                           |
| Edad                              | 0.007*    | 0.023***  | 0.006*   | 0.026***  | 0.024***                                        | 0.029**                   |
|                                   | (0.003)   | (0.004)   | (0.003)  | (0.005)   | (0.005)                                         | (0.011)                   |
| Edad al cuadrado                  | -0.000*   | -0.000*** | -0.000*  | -0.000*** | -0.000***                                       | -0.000*                   |
|                                   | (0.000)   | (0.000)   | (0.000)  | (0.000)   | (0.000)                                         | (0.000)                   |
| Mano de obra                      | 0.007***  | 0.003     | 0.006*** | 0.002     | 0.000                                           | 0.015                     |
|                                   | (0.002)   | (0.003)   | (0.002)  | (0.003)   | (0.003)                                         | (0.009)                   |
| Tamaño del hogar                  | 0.003     | 0.032***  | 0.001    | 0.035***  | 0.031***                                        | 0.016                     |
|                                   | (0.004)   | (0.007)   | (0.004)  | (0.007)   | (0.007)                                         | (0.016)                   |
| Primaria completa                 | -0.001    | 0.084***  | 0.001    | 0.079***  | 0.081***                                        | 0.092                     |
|                                   | (0.013)   | (0.022)   | (0.013)  | (0.022)   | (0.021)                                         | (0.067)                   |
| Secundaria completa               | 0.071***  | 0.156***  | 0.074*** | 0.142***  | 0.134***                                        | 0.232**                   |
|                                   | (0.018)   | (0.030)   | (0.018)  | (0.030)   | (0.030)                                         | (0.079)                   |

TABLA 3. CONT.  
Estimación de modelos a nivel Nacional

| Variable                   | Modelo    |           |           |           | Modelo de regresión umbral<br>(Umbral IJ: 0.84) |                           |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------------------|---------------------------|
|                            | (1)       | (2)       | (3)       | (4)       | Régimen 1:<br>Fragmentado                       | Régimen 2:<br>Consolidado |
| Superior completa          | 0.103***  | 0.219***  | 0.109***  | 0.209***  | 0.220***                                        | 0.167*                    |
|                            | (0.023)   | (0.040)   | (0.023)   | (0.039)   | (0.046)                                         | (0.076)                   |
| Jefatura femenina          | -0.009    | -0.101*** | -0.005    | -0.104*** | -0.066***                                       | -0.227***                 |
|                            | (0.012)   | (0.019)   | (0.012)   | (0.019)   | (0.020)                                         | (0.047)                   |
| Uso de fertilizantes       | 0.131***  | 0.402***  | 0.128***  | 0.410***  | 0.424***                                        | 0.315***                  |
|                            | (0.013)   | (0.023)   | (0.013)   | (0.023)   | (0.020)                                         | (0.076)                   |
| Uso de semilla certificada | 0.145***  | 0.446***  | 0.148***  | 0.445***  | 0.403***                                        | 0.425**                   |
|                            | (0.032)   | (0.060)   | (0.032)   | (0.061)   | (0.051)                                         | (0.135)                   |
| Asistencia técnica         | 0.232***  | 0.513***  | 0.236***  | 0.500***  | 0.461***                                        | 0.444***                  |
|                            | (0.031)   | (0.052)   | (0.031)   | (0.052)   | (0.045)                                         | (0.114)                   |
| Uso de plaguicidas         | 0.017     | 0.087***  | 0.017     | 0.089***  | 0.014                                           | 0.330***                  |
|                            | (0.014)   | (0.023)   | (0.014)   | (0.024)   | (0.023)                                         | (0.073)                   |
| Riego tecnificado          | 0.053***  | -0.046*   | 0.052***  | -0.033    | -0.003                                          | -0.084                    |
|                            | (0.014)   | (0.022)   | (0.014)   | (0.023)   | (0.021)                                         | (0.099)                   |
| Derechos de propiedad      | -0.036*   | 0.070*    | -0.039*   | 0.062*    | 0.083**                                         | -0.017                    |
|                            | (0.016)   | (0.030)   | (0.016)   | (0.030)   | (0.031)                                         | (0.070)                   |
| Tamaño de la UA            | -0.108*** | -0.413*** | -0.109*** | -0.415*** | -0.405***                                       | -0.433***                 |
|                            | (0.004)   | (0.008)   | (0.004)   | (0.008)   | (0.009)                                         | (0.018)                   |
| 1 Canal                    | 0.059***  | 0.462***  | 0.060***  | 0.472***  | 0.434***                                        | 0.533***                  |
|                            | (0.014)   | (0.024)   | (0.014)   | (0.023)   | (0.023)                                         | (0.070)                   |

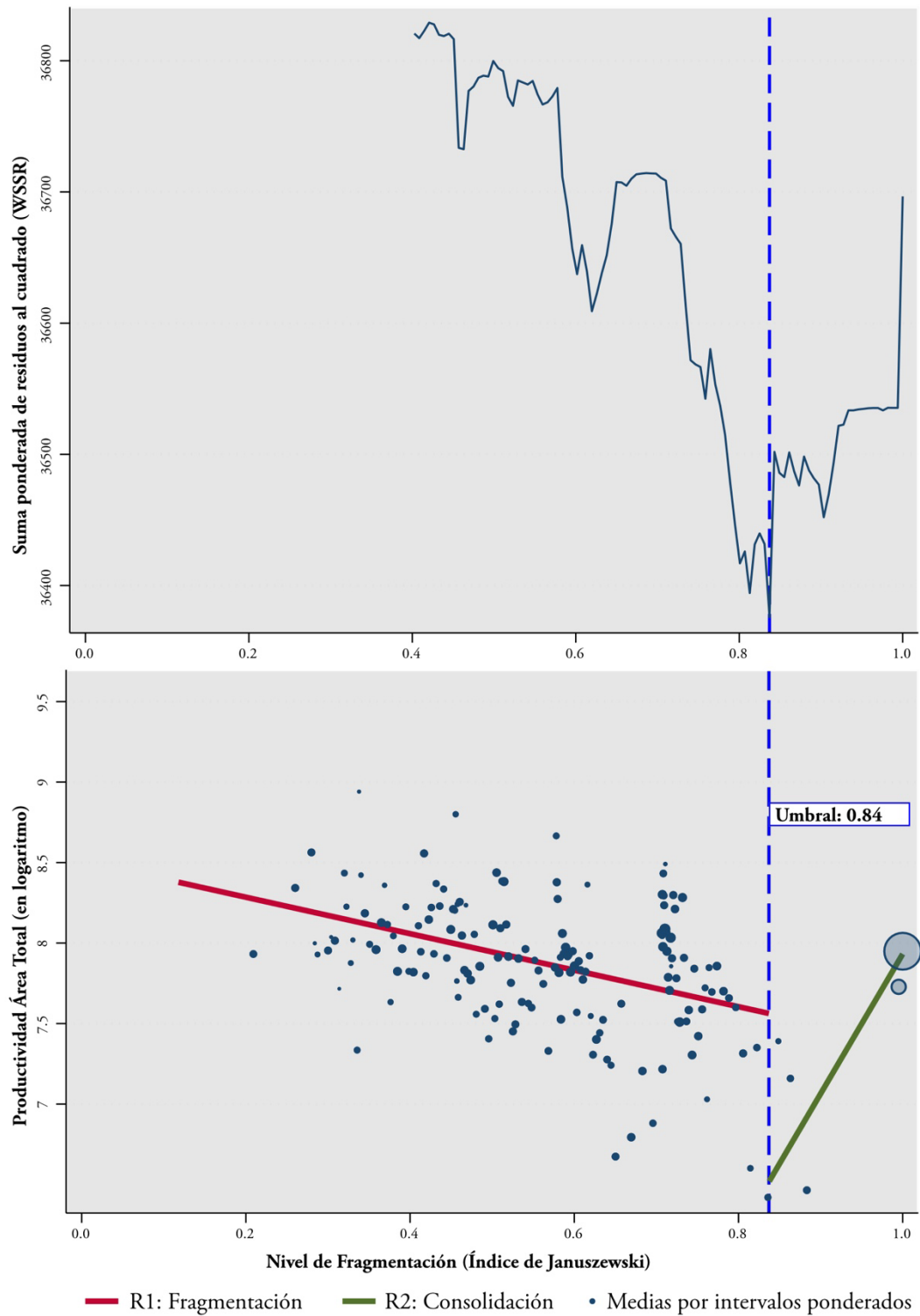
**TABLA 3. CONT.**  
**Estimación de modelos a nivel Nacional**

| Variable               | Modelo    |           |           |           | Modelo de regresión umbral<br>(Umbral IJ: 0.84) |                           |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------------------|---------------------------|
|                        | (1)       | (2)       | (3)       | (4)       | Régimen 1:<br>Fragmentado                       | Régimen 2:<br>Consolidado |
| 2 Canales              | 0.196***  | 0.858***  | 0.199***  | 0.877***  | 0.778***                                        | 1.075***                  |
|                        | (0.019)   | (0.030)   | (0.018)   | (0.030)   | (0.029)                                         | (0.083)                   |
| 3 o más Canales        | 0.381***  | 1.424***  | 0.388***  | 1.432***  | 1.355***                                        | 1.514***                  |
|                        | (0.041)   | (0.053)   | (0.041)   | (0.053)   | (0.045)                                         | (0.138)                   |
| Constante              | 8.634***  | 8.043***  | 8.551***  | 6.997***  | 7.961***                                        | 1.475*                    |
|                        | (0.096)   | (0.167)   | (0.077)   | (0.137)   | (0.153)                                         | (0.726)                   |
| Observaciones          | 34 056    | 34 056    | 34 056    | 34 056    | 25 736                                          | 8 320                     |
| Población estimada     | 2 117 796 | 2 117 796 | 2 117 796 | 2 117 796 |                                                 |                           |
| Sub población estimada |           |           |           |           | 1 677 345                                       | 440 451                   |
| R-cuadrado             | 0.156     | 0.339     | 0.154     | 0.335     | 0.349                                           | 0.378                     |
| F (Wald)               | 73.70     | 184.61    | 72.37     | 178.72    | 186.84                                          | 71.91                     |
| G.L. diseño            | 3970      | 3970      | 3970      | 3970      |                                                 |                           |
| Sup-F observado        |           |           |           |           | 431.9489                                        |                           |
| p-valor del bootstrap  |           |           |           |           | 0.0220                                          |                           |

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la ENA 2024. Estimaciones con factores de expansión. Errores estándar en paréntesis. Todos los modelos incluyen efectos fijos departamentales.

Nivel de significancia: \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

FIGURA 2.  
Fragmentación de la tierra y productividad agrícola con efecto umbral



**Nota:** Los puntos representan medias por intervalos (bins) ponderadas por factores de expansión muestral. El tamaño de los marcadores es proporcional a la cantidad de observaciones en cada bin.

**TABLA 4.**  
**Estimaciones por regiones naturales**

| Variable              | $Y_2$     | $Y_2$     | R1:<br>Fragmentado     | R2:<br>Consolidado |
|-----------------------|-----------|-----------|------------------------|--------------------|
| <b>COSTA</b>          |           |           | <b>Umbral IJ: 0.90</b> |                    |
| IJ                    | -5.842*** |           | -1.873***              | 30.609***          |
|                       | (1.306)   |           | (0.330)                | (2.803)            |
| IJ <sup>2</sup>       | 3.452***  |           |                        |                    |
|                       | (0.867)   |           |                        |                    |
| NP                    |           | 0.031     |                        |                    |
|                       |           | (0.055)   |                        |                    |
| NP <sup>2</sup>       |           | 0.004     |                        |                    |
|                       |           | (0.006)   |                        |                    |
| Observaciones         | 7 482     | 7 482     | 4 098                  | 3 384              |
| R-cuadrado            | 0.393     | 0.389     | 0.383                  | 0.447              |
| p-valor del bootstrap |           |           | 0.0100                 |                    |
| <b>SIERRA</b>         |           |           | <b>Umbral IJ: 0.62</b> |                    |
| IJ                    | -2.132*** |           | -0.636***              | 0.228              |
|                       | (0.294)   |           | (0.130)                | (0.157)            |
| IJ <sup>2</sup>       | 0.982***  |           |                        |                    |
|                       | (0.234)   |           |                        |                    |
| NP                    |           | 0.037***  |                        |                    |
|                       |           | (0.004)   |                        |                    |
| NP <sup>2</sup>       |           | -0.001*** |                        |                    |
|                       |           | (0.000)   |                        |                    |
| Observaciones         | 20 397    | 20 397    | 13 618                 | 6 779              |
| R-cuadrado            | 0.359     | 0.375     | 0.361                  | 0.390              |
| p-valor del bootstrap |           |           | 0.1357                 |                    |
| <b>SELVA</b>          |           |           | <b>Umbral IJ: 0.81</b> |                    |
| IJ                    | -0.285    |           | -0.199                 | 2.075*             |
|                       | (1.298)   |           | (0.283)                | (0.851)            |
| IJ <sup>2</sup>       | -0.172    |           |                        |                    |
|                       | (0.819)   |           |                        |                    |
| NP                    |           | 0.198**   |                        |                    |
|                       |           | (0.067)   |                        |                    |
| NP <sup>2</sup>       |           | -0.027*   |                        |                    |
|                       |           | (0.011)   |                        |                    |
| Observaciones         | 6 177     | 6 177     | 3 243                  | 2 934              |
| R-cuadrado            | 0.286     | 0.285     | 0.356                  | 0.318              |
| p-valor del bootstrap |           |           | 0.2016                 |                    |

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la ENA 2024. Estimaciones con factores de expansión. Errores estándar en paréntesis. Nivel de significancia: \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001.

## 5. DISCUSIÓN

Las estimaciones de la Tabla 3 muestran que, tanto los términos lineales del IJ y el NP como sus términos cuadráticos son significativos. Esta relación en forma de “U”, es consistente con estudios en otros contextos, como Estonia (Looga et al., 2018) y en la región francesa de Bretaña (Latruffe & Piet, 2014). En particular, Latruffe & Piet (2014) señalan que la FT tiende a afectar negativamente el rendimiento agrícola, en línea con la literatura previa y las predicciones teóricas; sin embargo, también evidencian que, bajo ciertas condiciones, la FT puede tener efectos positivos sobre el rendimiento, lo cual igualmente resulta consistente con dichos marcos teóricos. El análisis sistemático de estudios previos sobre la FT y el desempeño agrícola, muestra que aproximadamente el 12% de estos, reportan efectos tanto positivos como negativos (Aslam & Fazal, 2025). Una posible explicación de esta situación es que el efecto de la FT varía según el contexto socioeconómico y geográfico (Aslam & Fazal, 2025): en regiones con alta mecanización y acceso al mercado puede reducir la eficiencia y aumentar los costos; mientras que en áreas con infraestructura limitada o que dependen de la agricultura de subsistencia puede tener un efecto positivo.

Así, la estimación del Modelo de regresión umbral (Tabla 3) identifica dos regímenes separados en un valor del IJ de 0.84. Este hallazgo se alinea con lo identificado en Estonia, donde el análisis reveló un umbral en un IJ de 0.78 (Looga et al., 2018). De este modo, en el régimen de mayor fragmentación ( $IJ \leq 0.84$ ) el efecto de la FT es de -0.914, que implica que ante un aumento de 0.01 en el IJ (equivalente a una ligera reducción en la FT) genera una reducción de 0.914% en la productividad. Este resultado podría atribuirse, al menos parcialmente, a la compleja orografía y diversidad climática del Perú (Castro et al., 2021). En particular, la literatura temprana señala que en zonas montañosas los agricultores valoran trabajar en varias ecozonas para cultivar una amplia variedad de productos y utilizan las diferencias de altitud para planificar las labores agrícolas durante un período más prolongado (Bentley, 1987). Esta explicación es consistente con el denominado efecto de optimización del patrón de cultivos, donde la dispersión espacial de las parcelas permite una mejor correspondencia entre los cultivos y los suelos, así como con las condiciones climáticas locales, un uso más eficiente de la mano de obra y la mitigación de riesgos (Latruffe & Piet, 2014).

En este contexto, respecto al mecanismo asociado a la diversificación de cultivos, en Camerún los agricultores que poseen más de siete parcelas tienen más probabilidades de diversificar sus cultivos, cultivando más de un cultivo adicional, en comparación con quienes poseen menos parcelas (Ndip et al., 2023). Así, la diversificación de cultivos es una estrategia para reducir los riesgos de la producción agrícola, maximizar las ganancias a corto plazo, adaptarse a los precios de mercado inestables y lidiar con la heterogeneidad de los tipos de suelos (Yu et al., 2022). Asimismo, en cuanto al mecanismo de mitigación de riesgos, la evidencia internacional muestra que la FT mitiga significativamente las pérdidas de cultivos por lluvias anómalas, entre un 3% a un 5.3% (K. L. Nguyen, 2025).

Desde luego, un aspecto relevante que permite aprovechar la diversidad geográfica y climática para favorecer la productividad es el factor humano. Al respecto, considerando los bajos niveles de educación formal de los PA (solo 29% tiene secundaria o superior completa) y una edad promedio de 54 años, es probable que esta situación se sustente en el conocimiento empírico. En efecto, la literatura ha destacado la importancia del conocimiento ecológico tradicional en los sistemas agroecológicos en el Perú, particularmente en la gestión del agua, del calendario agrícola y las técnicas agrícolas (Saylor et al., 2017). De igual manera, la experiencia en décadas recientes destaca el papel crucial del conocimiento local y autóctono en los esfuerzos de adopción de tecnología agrícola en el Perú (Cozzens, 2025), lo que sugiere que esta adaptación a las condiciones geográficas puede estar mediada por este tipo de conocimiento.

En la misma línea, hallazgos para el cultivo de arroz en Nigeria muestran que la adopción de semillas mejoradas, tecnologías modernas y una organización más eficiente del trabajo a lo largo del ciclo productivo puede compensar las ineficiencias asociadas a la FT, generando incluso ganancias de productividad (Olarinre & Omonona, 2018). Por otro lado, un mecanismo que mitiga el efecto adverso de la FT sobre la eficiencia de la producción agrícola es la gestión conjunta de tierras fragmentadas. En China, esta práctica, mediante la cooperación de los hogares en distintas etapas del proceso productivo, reduce el desperdicio de insumos, las desventajas de escala y las dificultades de mecanización derivadas de la FT (Yuge Wang et al., 2023).

En contraste, en el régimen de menor fragmentación ( $IJ > 0.84$ ) el efecto de la FT es positivo, con un estimador de 5.070. Este resultado indica que un aumento de 0.01 en el IJ (equivalente a una ligera reducción en la FT) genera un incremento de un 5.070% en la productividad agrícola. Este hallazgo es consistente con la evidencia internacional que documenta efectos adversos de la FT sobre la productividad agrícola. En Vietnam, por ejemplo, una reducción del 10% en la FT incrementa la producción por hectárea entre 0.4% y 1.15% (H. Q. Nguyen & Warr, 2020); mientras que la elasticidad respecto al número de parcelas es de -0.32 (Van Hung et al., 2007). De manera similar, en China se encuentra que la FT reduce los rendimientos a través de cambios en la productividad marginal de la mano de obra, los fertilizantes y capital (Lu et al., 2018). En Ruanda, se estima que la fusión de todas las parcelas de un hogar incrementaría el rendimiento en un 7% (Ali et al., 2019), y un aumento de una unidad el número de parcelas, reduce la productividad en un 0.07% (Ansoms et al., 2008). Por último, este patrón también se observa en Bangladesh, donde un aumento del 1% en la FT reduce 0.05% la producción de arroz (Rahman & Rahman, 2009) y en el caso de Tanzania los efectos se presentan tanto en cultivos permanentes como estacionales (Mugizi, 2025).

Así, la situación de este régimen de menor fragmentación sugiere que prevalecen las desventajas asociadas a la FT. A medida que aumenta la distancia entre parcelas, se incrementa el costo del transporte y de los insumos, dificulta la mecanización agrícola y reduce la eficiencia técnica (Aslam & Fazal, 2025). Por ejemplo, un aumento de una desviación estándar en el número de parcelas, el índice Simpson o el tiempo mínimo total de desplazamiento daría lugar a aumentos de costos del 7,1 %, 15,1 % y 12,2 %, respectivamente (Yahui Wang et al., 2020). En India un cambio de una desviación estándar en el Índice de Simpson y en la distancia entre parcelas provoca un aumento de los costos en 9.8% y 0.67%, respectivamente (Deininger et al., 2017). En esta misma línea, Eder (2025) encuentra que un aumento en el número de parcelas y la distancia promedio entre ellas, reduce la eficiencia técnica en 1.6% y 3.0%, respectivamente. De hecho, se ha identificado que la FT es una barrera clave que limita el uso de maquinaria agrícola (Huo et al., 2022). En conjunto, estos hallazgos previos refuerzan la evidencia de que una mayor FT deteriora el desempeño productivo agrícola.

Respecto a las estimaciones por regiones naturales de la Tabla 4, se observan distintos umbrales de IJ, aunque el p-valor del bootstrap solo es significativo en la costa. En la Sierra, el coeficiente del IJ es significativo únicamente en el Régimen 1 (fragmentado), con un coeficiente de -0.636, lo que indica que un aumento de 0.01 en el IJ (equivalente a una ligera reducción en la FT) genera una reducción de 0.636% en la productividad. Este hallazgo sugiere que en la sierra predomina el efecto de optimización del patrón de cultivos (Latruffe & Piet, 2014), mediante la programación de cultivos y el aprovechamiento de múltiples ecozonas (Bentley, 1987). Este argumento es consistente con los altos gradientes altitudinales de los Andes, que determinan una mayor variación climática dentro de espacios geográficos relativamente pequeños y una gran agrobiodiversidad (Castro et al., 2021). En contraste, en la Selva el efecto de la FT se limita al Régimen 2 (consolidado), donde un aumento de 0.01 en el IJ (equivalente a una ligera reducción en la FT) genera un incremento de 2.075% en la productividad. En esta región, la FT probablemente limite la mecanización e incremente el costo del transporte y de los insumos (Aslam & Fazal, 2025), una explicación consistente con un contexto donde predomina el transporte fluvial. En particular, en la región amazónica la evidencia señala que las condiciones de transporte y la accesibilidad física pueden afectar las prácticas de uso de la tierra (Salonen et al., 2012). Así, esta heterogeneidad regional resalta la importancia de los factores geográficos y climáticos en el análisis de los efectos de la FT.

De este modo, los hallazgos de esta investigación sugieren que las políticas orientadas a la organización del territorio agrícola en el Perú no deberían aplicarse de forma uniforme, sino considerando los distintos regímenes identificados. La evidencia en contextos poco mecanizados (característica también observada en gran parte del Perú), ha determinado que el impacto estimado de una posible consolidación es modesto, lo que sugiere que los costos de los programas para reducir la fragmentación pueden superar los beneficios (Ali et al., 2019). En este escenario, una estrategia posiblemente más pertinente es aprovechar la diversificación agrícola como una forma de reducir los riesgos de mercado, así como de mejorar la eficiencia de la organización de la explotación y el uso de los recursos mediante las economías de alcance (de Roest et al., 2018).

Además, la disyuntiva entre fragmentación y consolidación resulta relevante para aquellos PA con un IJ cercano a 0.84. Su ubicación alrededor del umbral, implica que probablemente no logran los beneficios de la dispersión de parcelas ni las ventajas de eficiencia en el uso de insumos, la mecanización y el desarrollo de infraestructura agrícola. De hecho, las explotaciones medianas son menos eficientes (Foster & Rosenzweig, 2022) y en Chile son los principales contribuyentes a la FT en términos absolutos (Villavicencio-Pinto, 2025). En este sentido, las estimaciones sugieren que la estrategia de consolidación sería más ventajosa para estos PA, debido a que en el Régimen 2 la productividad es más sensible a la FT que en el Régimen 1, situación reflejada en la semielasticidad de 5.070, frente a -0.914 si se optara por la estrategia de fragmentación.

Asu vez, las implicancias políticas no solo deben ser evaluados en términos netamente productivos, sino también desde el punto de vista de la economía normativa. En concreto, la decisión de modificar la estructura territorial de un país mediante la fragmentación o consolidación, es parte de las denominadas reformas agrarias; y como tal, involucran cuestiones de carácter moral (Lipton, 2009). Como señala Borrero (2025), el contexto determina el tipo de reforma más adecuada, su grado de implementación y su viabilidad política. Esta consideración refuerza la necesidad de políticas diferenciadas.

De este análisis se desprenden nuevas líneas de investigación. En principio, es conveniente que futuros estudios profundicen el análisis a nivel de regiones naturales o departamentos. En segundo lugar, una revisión de la literatura ha demostrado que los índices de fragmentación existentes (entre ellos el IJ) son deficientes (Demetriou et al., 2013). En este sentido, es necesario el uso de otras medidas de fragmentación y desempeño agrícola (Aslam & Fazal, 2025). Finalmente, también corresponde ampliar el estudio de los efectos de la FT sobre otras dimensiones, como la seguridad alimentaria (Ntihinyurwa & de Vries, 2021a) o la adopción de prácticas agrícolas sostenibles (Das et al., 2025).

## 6. CONCLUSIONES

La relación entre la fragmentación de la tierra y la productividad agrícola no es lineal, sino que presenta un umbral en un valor del Índice de Januszewski de 0.84. Para los agricultores del Régimen 1 ( $IJ \leq 0.84$ ), mayores niveles de fragmentación incrementan la productividad agrícola. En este Régimen 1, la fragmentación puede actuar como un mecanismo de adaptación a la compleja orografía y diversidad climática del país. La gestión de este complejo contexto es facilitada por el conocimiento empírico de los agricultores y la diversificación de cultivos, situación que favorece la productividad agrícola.

En contraste, en el Régimen 2 ( $IJ > 0.84$ ) los hallazgos revelan que mayores niveles de fragmentación reducen la productividad agrícola. En este Régimen 2, la dispersión de las parcelas incrementa el costo del transporte y de los insumos, dificulta la mecanización agrícola y reduce la eficiencia técnica, factores que perjudican la productividad agrícola.

Además, las estimaciones por regiones naturales sugieren efectos heterogéneos. Solo en la costa se observa la existencia de un umbral en un valor del Índice de Januszewski de 0.90, mientras que en la sierra y selva no hay evidencia estadística de la existencia de umbrales. Específicamente, en la sierra la fragmentación tiene un efecto positivo sobre la productividad agrícola, mientras que en la selva su efecto es negativo.

De este modo, el presente artículo contribuye a un campo de investigación que permanece aun escasamente analizado en Perú y Latinoamérica, al aportar evidencia sobre la organización del territorio agrícola como un factor relevante para comprender las diferencias en productividad agrícola y orientar políticas territoriales.

## REFERENCIAS

Ali, D. A., Deininger, K., & Ronchi, L. (2019). Costs and Benefits of Land Fragmentation: Evidence from Rwanda. *The World Bank Economic Review*, 33(3), 750-771. <https://doi.org/10.1093/wber/lhx019>

- Ansoms, A., Verdoodt, A., & Ranst, E. Van. (2008). *The Inverse Relationship between Farm Size and Productivity in Rural Rwanda* (2008.09; Institute of Development Policy and Management-Discussion Paper). <https://hdl.handle.net/2078.5/34497>
- Aslam, M., & Fazal, S. (2025). Exploring the impact of land fragmentation on the performance of agriculture: a systematic review. *Discover Agriculture*, 3(1), 55. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00207-6>
- Bentley, J. W. (1987). Economic and Ecological Approaches to Land Fragmentation: In Defense of a Much-Maligned Phenomenon. *Annual Review of Anthropology*, 16, 31-67. <https://doi.org/10.1146/annurev.an.16.100187.000335>
- Borrero, H. (2025). Land Inequality, Farm Size, and Productivity: Insights From Peruvian Agriculture. *Agricultural Economics*, 56(5), 839-849. <https://doi.org/10.1111/agec.70036>
- Castro, A., Davila Arriaga, C., Laura, W., Cubas Saucedo, F., Avalos, G., López, C., Villena, D., Valdez, M., Urbíola, J., Trebejo, I., Menis, L., & Marin Sanchez, D. E. (2021). *Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional*. SENAMHI. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1336>
- Cozzens, T. (2025). *Andean Laboratories: Agrarian Reform, Agricultural Innovation, and Armed Conflict in Peru, 1950-2005*. University of Oklahoma. <https://shareok.org/handle/11244/341541>
- Das, G., Lufeng, L., Xiaohong, Y., Hailian, Z., Tunio, R. A., & Khan, N. (2025). Land fragmentation and green farming: livelihood strategies and resource endowment in sustainable agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, June, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1533063>
- de Roest, K., Ferrari, P., & Knickel, K. (2018). Specialisation and economies of scale or diversification and economies of scope? Assessing different agricultural development pathways. *Journal of Rural Studies*, 59, 222-231. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.04.013>
- Deininger, K., Monchuk, D., Nagarajan, H. K., & Singh, S. K. (2017). Does Land Fragmentation Increase the Cost of Cultivation? Evidence from India. *The Journal of Development Studies*, 53(1), 82-98. <https://doi.org/10.1080/00220388.2016.1166210>
- Demetriou, D., Stillwell, J., & See, L. (2013). A new methodology for measuring land fragmentation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 39, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.02.001>
- Duffy, M. (2009). Economies of Size in Production Agriculture. *Journal of Hunger & Environmental Nutrition*, 4(3-4), 375-392. <https://doi.org/10.1080/19320240903321292>
- Eder, A. (2025). The Effect of Land Fragmentation on Risk and Technical Efficiency of Austrian Crop Farms. *Journal of Agricultural Economics*, 76(2), 391-404. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12626>
- Ertunç, E. (2020). Analysis of the effect of land consolidation projects in terms of land fragmentation and parcel shapes: the case of Konya, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(10), 350. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05344-4>
- Escobal, J., & Armas, C. (2015). El uso de encuestas y censos agropecuarios para desarrollar una tipología de la pequeña y mediana agricultura familiar en el Perú. In *Agricultura Peruana: Nuevas miradas desde el Censo Agropecuario* (pp. 15-86). GRADE. [https://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/LIBROGRADE\\_CENAGRO.pdf](https://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/LIBROGRADE_CENAGRO.pdf)
- Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R. (2022). Are There Too Many Farms in the World? Labor Market Transaction Costs, Machine Capacities, and Optimal Farm Size. *Journal of Political Economy*, 130(3), 636-680. <https://doi.org/10.1086/717890>
- Gáfaró, M., Ibáñez, A. M., Sánchez-Ordóñez, D., & Ortiz, M. C. (2025). Farm size and income distribution of Latin American agriculture: new perspectives on an old issue. *Oxford Open Economics*, 4((Supplement\_1)), i148-i166. <https://doi.org/10.1093/ooec/odae024>

- Hartvigsen, M. (2014). Land reform and land fragmentation in Central and Eastern Europe. *Land Use Policy*, 36, 330-341. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.08.016>
- Huo, Y., Ye, S., Wu, Z., Zhang, F., & Mi, G. (2022). Barriers to the Development of Agricultural Mechanization in the North and Northeast China Plains: A Farmer Survey. *Agriculture*, 12(2), 287. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020287>
- INEI. (2025). *Microdatos*. <https://proyectos.inei.gob.pe/microdatos/>
- Janus, J., & Ertunç, E. (2020). The impact of differences in land fragmentation parameters on the planning, implementation, and evaluation of land consolidation projects. Case studies of Turkey and Poland. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105813. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105813>
- King, R., & Burton, S. (1982). Land fragmentation: notes on a fundamental rural spatial problem. *Progress in Human Geography*, 6(4), 475-494. <https://doi.org/10.1177/030913258200600401>
- Latruffe, L., & Piet, L. (2014). Does land fragmentation affect farm performance? A case study from Brittany, France. *Agricultural Systems*, 129, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.005>
- Lipton, M. (2009). *Land Reform in Developing Countries: Property rights and property wrongs*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203876251>
- Looga, J., Jürgenson, E., Sikk, K., Matveev, E., & Maasikamäe, S. (2018). Land fragmentation and other determinants of agricultural farm productivity: The case of Estonia. *Land Use Policy*, 79, 285-292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.021>
- Louwsma, M., & Lemmen, C. (2015). Relevance of leased land in land consolidation. *FIG Working Week - From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World*, 17-21. [https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig2015/papers/ts07i/TS07I\\_louwsma\\_lemmen\\_7597.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2015/papers/ts07i/TS07I_louwsma_lemmen_7597.pdf)
- Lowder, S., Arslan, A., Cabrera Cevallos, C. E., O'Neill, M., & De La O Campos, A. P. (2025). *A global update on the number of farms, farm size and farmland distribution: Background paper for The State of Food and Agriculture 2025* (No. 25-14; FAO Agricultural Development Economics). <https://doi.org/10.4060/cd7373en>
- Lu, H., Xie, H., He, Y., Wu, Z., & Zhang, X. (2018). Assessing the impacts of land fragmentation and plot size on yields and costs: A translog production model and cost function approach. *Agricultural Systems*, 161, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.001>
- Mugizi, F. M. P. (2025). Land fragmentation and agricultural productivity in Tanzania. In J. Bański (Ed.), *Agricultural Land Use: Structural Transformations, Environment Challenges, Planning and Policy*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781032672779-6>
- Namdar-Irani, M., Sotomayor, O., Rodrigues, M., Rodríguez, A., & Wander, P. (2020). *Tendencias estructurales en la agricultura de América Latina: Desafíos para las políticas públicas* (No. 201; Recursos Naturales y Desarrollo). <https://hdl.handle.net/11362/46519>
- Ndip, F. E., Molua, E. L., Mvodo, M.-E. S., Nkendah, R., Choumbou, R. F. D., Tabetando, R., & Akem, N. F. (2023). Farm Land Fragmentation, Crop diversification and Livelihood Security in Cameroon, a Congo Basin Country. *Land Use Policy*, 130, 106663. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106663>
- Nguyen, H. Q., & Warr, P. (2020). Land consolidation as technical change: Economic impacts in rural Vietnam. *World Development*, 127, 104750. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104750>
- Nguyen, K. L. (2025). Can land fragmentation mitigate the impact of weather shocks? Evidence from rural Vietnam. *Land Use Policy*, 158, 107725. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107725>

- Nilsson, P. (2019). The Role of Land Use Consolidation in Improving Crop Yields among Farm Households in Rwanda. *The Journal of Development Studies*, 55(8), 1726-1740. <https://doi.org/10.1080/00220388.2018.1520217>
- Niroula, G. S., & Thapa, G. B. (2005). Impacts and causes of land fragmentation, and lessons learned from land consolidation in South Asia. *Land Use Policy*, 22, 358-372. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2004.10.001>
- Ntihinyurwa, P. D., & de Vries, W. T. (2021a). Farmland Fragmentation, Farmland Consolidation and Food Security: Relationships, Research Lapses and Future Perspectives. *Land*, 10(2), 129. <https://doi.org/10.3390/land10020129>
- Ntihinyurwa, P. D., & de Vries, W. T. (2021b). Land Use Policy Farmland fragmentation concourse: Analysis of scenarios and research gaps. *Land Use Policy*, 100, 104936. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104936>
- Olarinre, A. A., & Omonona, B. T. (2018). Effect of Land Fragmentation on the Productivity of Rice Farmers in Osun State, Nigeria. *Applied Tropical Agriculture*, 23(1), 105-111.
- Rahman, S., & Rahman, M. (2009). Impact of land fragmentation and resource ownership on productivity and efficiency: The case of rice producers in Bangladesh. *Land Use Policy*, 26(1), 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.01.003>
- Sabates-Wheeler, R. (2002). Consolidation initiatives after land reform: responses to multiple dimensions of land fragmentation in Eastern European agriculture. *Journal of International Development*, 14, 1005-1018. <https://doi.org/10.1002/jid.905>
- Salonen, M., Toivonen, T., Cohalan, J.-M., & Coomes, O. T. (2012). Critical distances: Comparing measures of spatial accessibility in the riverine landscapes of Peruvian Amazonia. *Applied Geography*, 32(2), 501-513. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.06.017>
- Saylor, C. R., Alsharif, K. A., & Torres, H. (2017). The importance of traditional ecological knowledge in agroecological systems in Peru. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 150-161. <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1285814>
- Sikk, K., & Maasikamäe, S. (2015). Impact of agricultural landholding size on the land fragmentation. In *Research for Rural Development*. [https://lufb.llu.lv/conference/Research-for-Rural-Development/2015/LatviaResearchRuralDevel21st\\_volume2-301-306.pdf](https://lufb.llu.lv/conference/Research-for-Rural-Development/2015/LatviaResearchRuralDevel21st_volume2-301-306.pdf)
- Srinivasan, S. V., Saborío, M., & Morales Opazo, C. (2022). *Agricultural transformation: trends in farm size, crop diversification and mechanization in Nicaragua and Peru*. Estudios técnicos de la División de Economía del Desarrollo Agrícola de la FAO. <https://doi.org/10.4060/cc1723en>
- van Dijk, T. (2003). Scenarios of Central European land fragmentation. *Land Use Policy*, 20(2), 149-158. [https://doi.org/10.1016/S0264-8377\(02\)00082-0](https://doi.org/10.1016/S0264-8377(02)00082-0)
- Van Hung, P., Macaulay, T. G., & Marsh, S. P. (2007). The economics of land fragmentation in the north of Vietnam. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 51(2), 195-211. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2007.00378.x>
- Villavicencio-Pinto, E. (2025). Beyond the agro-export boom: The challenges of land concentration and fragmentation in Chile. *Land Use Policy*, 157, 107624. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107624>
- Wang, Yahui, Li, X., Lu, D., & Yan, J. (2020). Evaluating the impact of land fragmentation on the cost of agricultural operation in the southwest mountainous areas of China. *Land Use Policy*, 99, 105099. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105099>
- Wang, Y., Yu, F., Guo, Y., Li, M., & Meng, Q. (2023). Can farmers' combined-tillage promote the agricultural production efficiency? - Evidence from land fragmentation. *Ciência Rural*, 53(6), e20220003. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220003>

- Wegerif, M. C. A., & Guereña, A. (2020). Land Inequality Trends and Drivers. *Land*, 9(4), 101. <https://doi.org/10.3390/land9040101>
- Yu, P., Fennell, S., Chen, Y., Liu, H., Xu, L., Pan, J., Bai, S., & Gu, S. (2022). Positive impacts of farmland fragmentation on agricultural production efficiency in Qilu Lake watershed: Implications for appropriate scale management. *Land Use Policy*, 117, 106108. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106108>
- Zheng, L. (2023). Reducing land fragmentation to curb cropland abandonment: Evidence from rural China. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 71(3-4), 355-373. <https://doi.org/10.1111/cjag.12335>

## ORCID

Sebastian Rolando Ayala-Beas

<https://orcid.org/0000-0003-0565-9704>

