

EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO Y DE LA OFERTA DEL TOMATE INDUSTRIAL EN PANAMÁ (1969-2023)¹

Jaime Espinosa-Tasón²; Liliam M. Marquínez-Batista³; Roberto Quiroz⁴

RESUMEN

El tomate industrial es un cultivo estratégico para la agroindustria panameña, pero enfrenta desafíos estructurales y tecnológicos que comprometen su sostenibilidad. Este estudio analiza la evolución del rendimiento y de la oferta nacional de tomate industrial en Panamá entre 1969 y 2023, considerando fases tecnológicas homogéneas. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño longitudinal de tendencia, utilizando series históricas de rendimiento, superficie cosechada, producción y número de productores, a partir de informes del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) y del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Se identificaron tres fases: hibridación (1969-1984), ralentización productiva (1985-2004) e intensificación (2005-2023). Se estimaron indicadores de rendimiento, variabilidad, desplazamiento de la oferta y brechas tecnológicas. Los resultados muestran un incremento sostenido del rendimiento medio nacional, con un repunte marcado en la fase de intensificación. En contraste, la superficie cosechada y el número de productores disminuyeron de forma significativa, lo que redujo la oferta total. A pesar de los avances, persiste una brecha entre el rendimiento observado y el potencial alcanzable con el paquete tecnológico disponible. Se concluye que, aunque la innovación ha mejorado la eficiencia a nivel de productor, no ha sido suficiente para sostener la oferta del cultivo. Se recomienda cerrar la brecha de adopción tecnológica, fortalecer la extensión y mitigar la contracción estructural del sector mediante estrategias de integración y apoyo a productores.

Palabras clave: Adopción de tecnología, cambio estructural, fitomejoramiento, oferta y demanda, transferencia de tecnología.

¹Recepción: 29 de septiembre de 2025. Aceptación: 26 de octubre de 2025.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria Azuero (CIA Azuero), miembro del SIN-SENACYT. Ph.D. Economía Agraria.

e-mail: jaimespinoza@idiap.gob.pa; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3114-3365>

³IDIAP, CIA Chiriquí. M.Sc. Socioeconomía Ambiental. e-mail: marquinezliliam@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-0079-1450>

⁴IDIAP, CIA Chiriquí, miembro del SIN-SENACYT. Ph.D. Nutrición (Bioquímica y fisiología vegetal). e-mail: raquirozguerra@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8401-2700>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

EVOLUTION OF THE YIELD AND SUPPLY OF INDUSTRIAL TOMATOES IN PANAMA (1969-2023)

ABSTRACT

Industrial tomatoes are a strategic crop for Panama's agro-industry, but they face structural and technological challenges that threaten their sustainability. This study analyzes the evolution of yield and national supply of industrial tomato in Panama from 1969 to 2023, organized into homogeneous technological phases. We employed a quantitative approach with a longitudinal trend design, using historical series on yield, harvested area, production, and number of growers from official reports of the Ministry of Agricultural Development (MIDA) and the Panamanian Institute of Agricultural Innovation (IDIAP). Three phases were identified: hybridization (1969-1984), productivity slowdown (1985-2004), and intensification (2005-2023). We estimated indicators of yield, variability, supply shifts, and technology gaps. Results show a sustained increase in national average yield, with a pronounced upturn during the intensification phase. By contrast, harvested area and the number of growers declined significantly, leading to a contraction in total supply. Despite technological advances, a gap remains between observed yields and attainable yields under the available technology package. We conclude that innovation has improved producer-level efficiency, but has not been sufficient to sustain aggregate supply. Public policies should prioritize closing the technology adoption gap, strengthening extension services, and mitigating the sector's structural contraction through integration strategies and targeted support to producers.

Keywords: Plant breeding, structural change, supply and demand, technology transfer, technology adoption.

INTRODUCCIÓN

En Panamá, el cultivo de tomate para procesamiento se estableció a fines de la década de 1940, cuando la empresa Nestlé instaló una planta receptora en Natá (provincia de Coclé). El proyecto inició con 15 agricultores y 185 t entregadas; para 1985 ya se compraban 27,743 t a 677 productores, con un movimiento estimado de cuatro millones de balboas, mostrando la rápida relevancia económica alcanzada por la cadena en menos de 40 años. Durante los primeros años se registraron brotes severos de marchitez causada por *Fusarium* y, más tarde, por *Ralstonia solanacearum* (sin. *Pseudomonas solanacearum*).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

La primera se controló con cultivares tolerantes importados, mientras que la segunda se mitigó temporalmente trasladando siembras a suelos no infestados (De León, 1987).

Hacia finales de los 60, la marchitez bacteriana infestaba \approx 90% de las áreas aptas de Coclé, provocando pérdidas importantes y poniendo en duda la viabilidad de la industria; la procesadora incluso evaluó suspender la compra local y relocalizar la planta. En respuesta, el entonces Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (hoy IDIAP) lanzó un programa de mejoramiento para resistencia a la marchitez bacteriana. Entre 1966 y 1982 se evaluaron líneas extranjeras y se hibridaron fuentes locales con germoplasma asiático. Para 1985, 92% de las siembras empleaban materiales multirresistentes, de modo que la marchitez bacteriana dejó de ser el principal obstáculo en la región productora (De León, 1987).

El periodo siguiente, de mediados de los 80, a inicios de los 2000, se caracterizó por relativa estabilidad del rendimiento. Aunque se introdujeron variedades como/ IDIAP-T5, T6 y T8, el avance fue limitado por factores externos, incluidos eventos ENOS (p. ej., el episodio cálido de 1997-1998) y la incidencia de begomovirus transmitidos por *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), vector ampliamente distribuido en América Tropical (Engel et al., 1998). Estas condiciones restringieron el potencial de rendimiento e incrementaron la variabilidad interanual.

Un segundo hito ocurrió en 2005, cuando el Gobierno de Panamá, la Asociación de Productores de Tomate y Nestlé acordaron un plan de competitividad. Con la adopción del paquete tecnológico del IDIAP-alta densidad, riego por goteo, nuevas variedades y fertilización basada en análisis de suelo y foliares-el rendimiento promedio pasó de 32 t.ha⁻¹ a 68 t.ha⁻¹ entre 2006-2008; algunos productores superaron 90 t.ha⁻¹ con el cultivar IDIAP-T9, evidenciando la transición hacia un crecimiento intensivo sustentado en innovación público-privada (Guerra et al., 2016).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

En la última década, ensayos multilocales del IDIAP confirman avances del programa de mejoramiento. Nuevas líneas mutantes derivadas de cultivares comerciales alcanzaron un rendimiento cercano a 70 t.ha^{-1} en fincas de productores, superando con holgura el promedio nacional (Jaén-Villarreal et al., 2024). Esta tendencia sugiere que los materiales orientados a purés y salsas que el instituto prevé liberar podrían ampliar aún más la frontera productiva (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2025). El impulso varietal se ha acompañado de esfuerzos de extensión, incentivos públicos y adopción masiva de riego por goteo desde 2005, consolidando un paquete que integra genética, manejo del agua y densidades altas (Guerra et al., 2016).

Sin embargo, los avances tecnológicos y los factores externos han pesado sobre la industria. Un estudio de Herrera Ballesteros (2025) indica que las reformas comerciales tras la adhesión a la Organización Mundial del Comercio (OMC), incluidas la reducción arancelaria a un techo de 15% y nuevas normas de competencia, tuvieron efectos estructurales en la agricultura panameña, reduciendo la presencia de productores locales y la contribución del sector primario al Producto Interno Bruto (PIB). A este contexto de presión competitiva se suman retos fitosanitarios: un relevamiento nacional reportó 42% de incidencia de begomovirus en plantaciones comerciales de tomate, patógeno estrechamente asociado a colapsos de rendimiento (Herrera-Vásquez et al., 2016).

Pese a la abundante evidencia sobre rentabilidad a nivel de finca, faltan evaluaciones que midan el cambio agregado de la innovación sobre la oferta nacional. Para cubrir este vacío, el presente estudio propone un método empírico sencillo y reproducible basado en dos insumos disponibles: (i) series históricas de rendimiento y superficie cosechada y (ii) el desplazamiento de la oferta inducido por la innovación. Mostramos que es posible cuantificar el cambio tecnológico aun con información parcial sobre adopción y costos, aportando una herramienta útil para formuladores de políticas y actores de la cadena del tomate industrial. En consecuencia, el objetivo es analizar la evolución del rendimiento y de la oferta nacional de tomate industrial en Panamá entre 1969 y 2023, con base en fases tecnológicas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Este trabajo comprende una investigación de enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo-explicativo. Se sigue un diseño longitudinal de tendencia que examina el periodo 1969-2023 para caracterizar la trayectoria de los cultivares y estimar la variación de la oferta o desplazamiento tecnológico del tomate industrial panameño.

Se analizan variables registradas como series de tiempo anuales, es decir, con un valor por cada año dentro del periodo evaluado. Las variables principales son rendimiento ($t.ha^{-1}$), producción ($t.año^{-1}$), superficie cosechada (ha), productores (núm.) y rendimiento potencial de cultivares predominantes ($t.ha^{-1}$). Las fuentes de datos analizados comprenden artículos científicos, informes técnicos y memorias de mejoramiento del IDIAP del periodo comprendido entre 1985 y 2024; series históricas de los cierres agrícolas de la Dirección de Estadística del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA) del periodo 1990-2023 (Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá [MIDA], 2024a; MIDA, 2024b).

Delimitación de fases tecnológicas

Para comprender y analizar la evolución de la productividad (rendimiento) del tomate industrial en Panamá, el período 1969-2023 fue segmentado en fases tecnológicas distintivas. Esta delimitación se realizó mediante un análisis combinado de:

1. Evidencia documental: Se revisaron y sintetizaron fuentes de literatura técnica y científica nacional relevante (p. ej.; Herrera, 1988; Qvistgaard, 1990; MIDA, 2024a; MIDA, 2024b), lo que permitió identificar hitos en la adopción de cultivares, prácticas de manejo y tecnologías de cultivo a lo largo del tiempo.
2. Análisis de patrones empíricos: Se examinó la serie histórica de datos de rendimiento medio nacional de tomate industrial, buscando puntos de inflexión y cambios notorios en la tendencia y variabilidad del rendimiento. Estos patrones se interpretaron a la luz de la evidencia documental para identificar períodos caracterizados por regímenes tecnológicos homogéneos. Para una representación visual de la dispersión absoluta de los



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

rendimientos, el centro y cualquier valor atípico potencial se graficaron con diagramas de caja (box-plot).

Los años de quiebre se determinaron al coincidir con cambios significativos en el cultivar predominante y/o en el paquete de manejo tecnológico asociado, lo que asegura la homogeneidad tecnológica dentro de cada fase y permite una comparación robusta del progreso tecnológico y del rendimiento entre los períodos definidos. La descripción detallada de estas fases, incluyendo sus criterios principales y las fuentes que los sustentan, se presenta y discute en la sección de resultados 3,1 Trayectoria genética y productiva.

Indicadores del progreso productivo

Se calcularon, en cada periodo tecnológico definido, los indicadores de media aritmética (μ), mediana, diferencia de medias ($\Delta\mu$), porcentaje de cambio y pendiente de regresión lineal ordinaria (MCO), resumidos en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores del cambio de rendimiento, fórmulas e interpretación.

Indicador	Fórmula	Indica
1. Media Aritmética (μ)	$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$	Valor promedio del rendimiento en un período dado.
2. Mediana	Valor central de la serie de rendimiento ordenada.	Medida de tendencia central que es menos sensible a valores extremos o atípicos.
3. Diferencia de medias ($\Delta\mu$)	$\Delta\mu = \mu_{fase\ i} - \mu_{fase\ i-1}$	Incremento o disminución absoluta de rendimiento ($t.ha^{-1}$) entre fases.
4. Porcentaje de cambio de medias	$\left(\frac{\mu_{fase\ i} - \mu_{fase\ i-1}}{\mu_{fase\ i-1}} \right) * 100$	Ganancia o pérdida relativa (%) en el rendimiento promedio entre fases.
5. Pendiente de regresión lineal MCO	Pendiente de $Y=a+b \cdot \text{año}$, donde Y es el rendimiento.	Tasa de cambio promedio del rendimiento ($t.ha^{-1}$) a lo largo del tiempo dentro de una fase.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Además, para caracterizar la variabilidad relativa anual asociada a la producción nacional, la expansión de la superficie cosechada y el rendimiento, se calcularon los coeficientes de variación ($CV =$ desviación típica/media) dentro de cada fase. Estos indicadores fueron seleccionados para permitir una cuantificación robusta del progreso productivo y una comparación objetiva entre las distintas fases tecnológicas.

Desplazamiento proporcional de la oferta

El análisis se basa en el modelo de excedente económico, frecuentemente utilizado para medir los efectos de las innovaciones tecnológicas en el sector agrario (Alston et al., 1995; Masters et al., 1996; Maredia et al., 2000). El principio fundamental es que una mejora tecnológica, como la adopción de una nueva variedad de cultivo o una práctica agrícola más eficiente, aumenta la productividad. Este modelo postula que una mejora en la productividad se representa como un desplazamiento positivo de la curva de oferta.

Para el propósito de este estudio, se estima el desplazamiento de la oferta ($j_{obs,f}$) para cada fase tecnológica, definido como el desplazamiento proporcional de la oferta en unidades de rendimiento. Este indicador refleja el aumento relativo de la cantidad ofrecida debido al avance tecnológico; representa un desplazamiento físico de la curva, suficiente para comparar el progreso tecnológico entre fases.

$$j_{obs,f} = \frac{\sum_{t \in f} \Delta Y_t}{\bar{Y}_f} \quad [1]$$

donde,

f = Fase tecnológica

t = Año agrícola dentro de la fase

$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ incremento interanual de rendimiento nacional ($t.ha^{-1}$)

\bar{Y}_f = Rendimiento medio de la fase f ($t.ha^{-1}$)

Si bien este análisis asocia las ganancias de rendimiento principalmente a la genética vegetal, es importante reconocer que cada nuevo cultivar fue liberado como parte de un paquete tecnológico integral, que incluyó nuevas densidades de siembra, esquemas de fertilización y mejoras en el manejo agronómico. Por tanto, el coeficiente refleja el



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

impacto genético, y también el efecto conjunto del paquete tecnológico sobre la oferta agrícola, con implicaciones directas en la reducción del costo marginal de producción y en la rentabilidad del cultivo.

Además del desplazamiento efectivo $j_{obs,f}$ se estimó la brecha contrafactual del desplazamiento potencial pleno ($j_{pot,f}$) que expresa el porcentaje de expansión posible de la oferta, tomando como base el rendimiento medio real de la fase, si se capturara íntegramente el potencial de rendimiento experimental.

$$j_{pot,f} = \frac{Y_{pot,f} - \bar{Y}_f}{\bar{Y}_f} \quad [2]$$

donde

f = Fase tecnológica

$Y_{pot,f}$ = Rendimiento medio potencial (o de referencia experimental) del paquete predominante en la fase f

\bar{Y}_f = Rendimiento medio observado en la fase f

$j_{pot,f}$ = proporción en que la oferta se podría haber desplazado si se capturaba totalmente el potencial de rendimiento

Los valores de $Y_{pot,f}$ se tomaron de ensayos de rendimientos potenciales reportados por el IDIAP (Lasso et al., 2002; Him et al., 2004; Jaén-Villarreal et al., 2024).

RESULTADOS

Trayectoria genética y productiva

El potencial de rendimiento del tomate industrial panameño, desde 1969 hasta 2024, muestra un notable incremento, pasando de 12 t.ha⁻¹ a potenciales superiores a las 80 t.ha⁻¹. El Cuadro 2, presenta los rendimientos potenciales obtenidos en ensayos del IDIAP o validaciones en fincas bajo manejo óptimo para cada cultivar.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Cuadro 2. Cronología del rendimiento potencial de los cultivares predominantes de tomate industrial en Panamá (1969-2024).

Período de predominio	Cultivar o líneas principales	Rendimiento potencial reportado (t.ha ⁻¹)	Fuente
1969-1974	Roma VF	12	De León (1987)
1975-1979	Rossol VFN	18 - 20	De León (1987)
1980-1984	L-1-12	28 - 34	De León (1987)
1983-1985	Taiwán x 1-12 #5 y recombinantes	28 - 34	De León (1987); Herrera (1988)
1986-1991	Dina; Entero Grande /Chico	35 - 40	Herrera (1988); Qvistgaard (1990)
1992-1997	L-4A; IDIAP T-5, T-6	45 - 50	Lasso et al. (2002)
1998-2004	IDIAP T-7 / T-8	55 - 80	Him et al. (2004); Guerra et al. (2016)
2005-2013	IDIAP T-9	68 - 91	Guerra et al. (2016)
2014-2024	IDIAP-T8	55 - 80	Guerra et al. (2016); Jaén-Villarreal et al. (2024)

Es importante destacar que los datos del Cuadro 2 que representan el rendimiento potencial bajo condiciones óptimas, no corresponden al rendimiento medio nacional. La evolución de este último, que refleja las condiciones reales de campo, es más compleja debido al impacto directo e indirecto que generan los eventos causados por el Niño y la Oscilación del Sur (ENOS), como se puede observar en la Figura 1. La dinámica del rendimiento a lo largo del tiempo revela una segmentación en tres fases principales.

Para una visualización estadística de la distribución del rendimiento medio nacional en cada una de estas fases tecnológicas, la Figura 2 a través de un gráfico de caja y bigotes, muestra las características principales de cada período.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

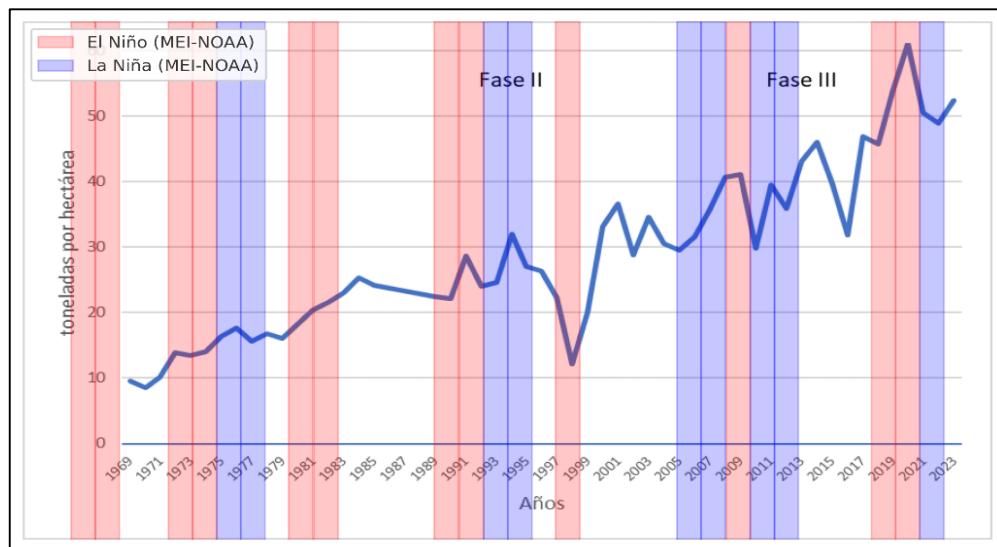


Figura 1. Evolución del rendimiento medio nacional de tomate industrial por fase tecnológica con franjas que indican eventos ENOS, Panamá 1969-2023.

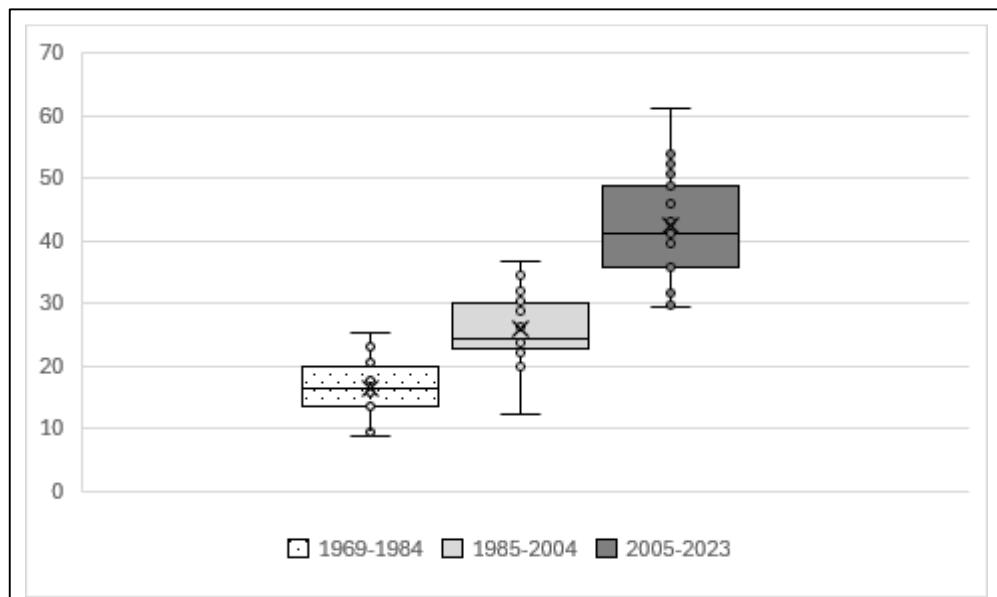


Figura 2. Distribución del rendimiento medio nacional de tomate industrial por fases tecnológicas, Panamá (1969-2023).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

El progreso del rendimiento medio nacional se ha desarrollado en tres fases principales, con características distintivas:

Fase I (1969-1984): Corresponde a la fase de hibridación de materiales provenientes de Carolina del Norte, Guyana Francesa y Hawái con Roma VF. De estos cruces nacen las variedades 1-12 y otras líneas nacionales. Se desarrolla la hibridación entre materiales nacionales e hibridación de materiales nacionales con material procedente de Taiwán. Caracterizada por los rendimientos más bajos, con una mediana y un promedio concentrado alrededor de 16 t.ha⁻¹. La caja es relativamente compacta, indicando una menor dispersión de los datos en esta fase inicial (Figura 2).

Fase II (1985-2004): Se generan e introducen nuevas variedades como Dina, Entero Grande, L-4A, IDIAP-T-5, T-6, T-7 y T-8; se observa un ligero aumento en el rendimiento promedio; la mediana es alrededor de 25 t.ha⁻¹, pero la distribución de los datos sigue siendo relativamente contenida, lo que indica un estancamiento con poca variabilidad en los rendimientos. Eventos climáticos como el niño 1997-98 y la alta incidencia de begomovirus, afectaron enormemente el rendimiento, lo que se evidencia en una pronunciada caída durante esta fase.

Fase III (2005-2023): Esta fase evidencia un salto significativo en el rendimiento medio. La adopción de variedades como IDIAP-T-9 y el posterior dominio de IDIAP-T-8 con alta densidad de siembra, riego por goteo y manejo integrado de plagas impulsaron el rendimiento medio, cuya distribución se centra ahora en un rango significativamente superior, con la mediana y el promedio superando las 40 t.ha⁻¹. La caja (Figura 2) se sitúa en un rango de valores mucho más altos que las fases anteriores, y aunque puede presentar una mayor dispersión absoluta (caja más ancha), esto se da sobre una base de productividad considerablemente elevada, reflejando la adopción de tecnologías más intensivas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

El análisis de los indicadores productivos por fase (Cuadro 3) confirma y cuantifica las tendencias observadas en la Figura 1 y la Figura 2. Se evidencia un aumento sostenido en el rendimiento promedio del tomate industrial a lo largo del tiempo. La proximidad entre la media y la mediana en todas las fases indica una distribución relativamente simétrica de los rendimientos dentro de cada período.

Cuadro 3. Indicadores del rendimiento medio nacional de tomate industrial por fases tecnológicas, Panamá (1969-2023).

Fase	Años	Media (t.ha ⁻¹)	Mediana (t.ha ⁻¹)	Δμ (entre fases)	% cambio de μ	Pendiente MCO (t.ha ⁻¹)
I (1969-1984)	16	16,30	16,20			0,96
II (1985-2004)	20	25,96	24,35	9,66	59%	0,41
III (2005-2023)	19	42,29	41,11	16,33	63%	1,24

Los resultados muestran una dinámica cambiante en la tasa de incremento de la productividad. En la Fase I, el rendimiento mostró una pendiente de crecimiento de cerca de $1 \text{ t.ha}^{-1.\text{año}^{-1}}$, indicando un progreso inicial. Sin embargo, durante la Fase II, se observa una desaceleración significativa en la tasa de crecimiento, con una pendiente de tan solo $0.41 \text{ t.ha}^{-1.\text{año}^{-1}}$, lo que refleja un progreso anual más lento en la mejora del rendimiento, a pesar del incremento total en el promedio de la fase. Finalmente, la Fase III presenta una recuperación y aceleración marcada, con una pendiente de $1.24 \text{ t.ha}^{-1.\text{año}^{-1}}$. Este valor, que representa la tasa de crecimiento anual más alta de todos los períodos, es un claro indicador del impacto de la adopción de nuevas tecnologías, marcando un efectivo punto de inflexión en la productividad del tomate industrial panameño.

Desplazamiento y brecha potencial de la oferta

En esta sección, se analiza cómo la evolución del rendimiento del tomate industrial se traduce en coeficientes de desplazamiento de la oferta, que cuantifican la conversión del potencial productivo en oferta efectiva. Es crucial entender este análisis dentro del contexto de la contracción general observada en la oferta total del sector.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Para cada fase tecnológica f se calcularon dos indicadores clave: (i) el coeficiente de desplazamiento efectivo de la oferta, $j_{obs,f}$, que mide la oferta alcanzada con las prácticas predominantes y los rendimientos reales; y (ii) el coeficiente de desplazamiento potencial pleno, $j_{pot,f}$, que representa la oferta máxima que se obtendría si se hubiera logrado el rendimiento experimental de referencia $Y_{pot,f}$. La diferencia entre estos dos, Δj_f , constituye la brecha no aprovechada y su versión porcentual indica la fracción del potencial que aún resta por transformar en producción. El Cuadro 4 resume estos coeficientes de crecimiento de la oferta, derivados del rendimiento, que nos permiten comparar el crecimiento real de la oferta (por unidad de superficie) con el crecimiento potencial, y así identificar brechas. Aunque la oferta total del sector pueda estar contrayéndose (debido a la salida de productores o una menor superficie cosechada), estos coeficientes de desplazamiento muestran cómo se está comportando la oferta por unidad de rendimiento o cuánto se está extrayendo de cada hectárea o del potencial tecnológico.

Cuadro 4. Coeficientes de desplazamiento de la oferta y distancia al potencial experimental en cada fase.

Fase	$j_{obs,f}$	$Y_{pot,f}$	$j_{pot,f}$	Δj_f	Brecha %
I (1969-1984)	0,97	32	0,96	-0,01	≈ 0 % (sin brecha)
II (1985-2004)	0,24	60	1,31	1,07	81%
III (2005-2023)	0,54	80	0,89	0,35	40%

$j_{obs,f}$ = desplazamiento efectivo de la oferta; $Y_{pot,f}$ = rendimiento potencial de referencia;

$j_{pot,f}$ = desplazamiento potencial pleno; $\Delta j_f = j_{pot,f} - j_{obs,f}$; Brecha % = $(\Delta j_f / j_{pot,f}) \times 100$.

Se observan tres patrones claros. En la fase I el desplazamiento observado (0,97) prácticamente agotó el potencial (0,96), indicando que la adopción de L-1-12 y el riego por surcos convirtieron en producción casi todo el rendimiento experimental disponible. La fase II contrasta drásticamente; sólo se logró un desplazamiento de 0,24 frente a un potencial de 1,31; el 81% del margen potencial permaneció inexplorado debido a la contracción extensiva y a los choques climáticos y fitosanitarios. Finalmente, en la fase III el paquete tecnológico IDIAP-T-9/T-8 intensivo elevó j_{obs} a 0,54, pero aún deja un 40% del potencial por alcanzar, lo que subraya la necesidad de cerrar la brecha de adopción y manejo para sostener la oferta nacional (Cuadro 4).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Dinámica extensiva-intensiva y ajuste estructural de la oferta

La trayectoria del rendimiento, la superficie y la producción del tomate industrial, que se muestra en la Figura 3, confirma una transición del crecimiento extensivo al intensivo, cuando la superficie deja de expandirse e incluso se contrae, sólo la innovación varietal y el manejo intensivo logran sostener la oferta; sin embargo, en las últimas dos décadas, dichas mejoras fueron insuficientes para revertir la tendencia descendente de la producción nacional.

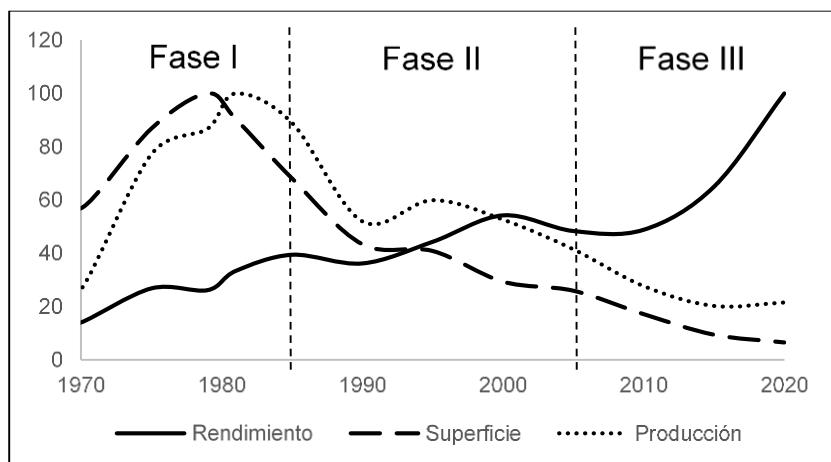


Figura 3. Evolución indexada de rendimiento, superficie y producción, 1970-2020 (año 0 = 100).

El rendimiento se volvió progresivamente más estable; su variabilidad relativa disminuyó de 28% a 20% (Figura 4). En cambio, la superficie cosechada mostró la variabilidad inversa de 23% en la fase I a 47% en la fase III. La producción refleja ambas dinámicas, con un máximo de variación (39%) en la fase inicial y un valor mínimo (27%) en la fase intermedia.

La relación es lineal y positiva con un coeficiente de correlación de 0,97 entre el número de productores y la superficie total cosechada. La visualización de los datos a lo largo del tiempo en esta figura muestra una clara trayectoria: mientras que años como 1995, 1996 y 1997 se ubican en la parte superior derecha del gráfico (mayor número de productores y mayor superficie), los años posteriores, incluyendo 2001, 2009, 2013, 2020



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

y 2023, se desplazan consistentemente hacia la parte inferior izquierda, reflejando una disminución simultánea tanto del número de productores como de la superficie total cosechada (Figura 5).

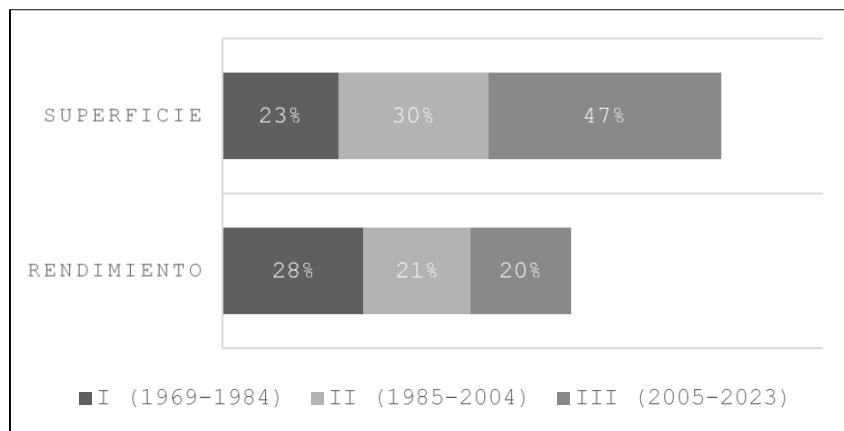


Figura 4. Variabilidad relativa (coeficiente de variación) de la superficie y el rendimiento.

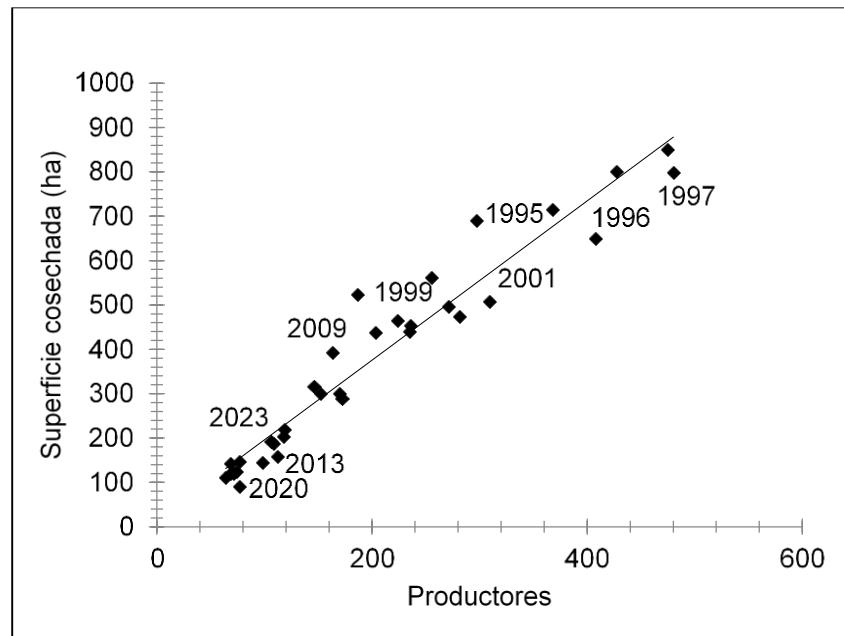


Figura 5. Relación entre el número de productores y la superficie cosechada del tomate industrial en Panamá, con trayectoria temporal, 1991-2023.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Por otra parte, el análisis del cociente entre la producción media y el número de productores por año, utilizado como un proxy de la escala o intensidad productiva individual, se presenta en la Figura 6. Se muestra una tendencia ascendente en este indicador a lo largo del periodo 1991-2023. Es importante destacar que esta tendencia de aumento en la cantidad promedio de tomates que cada productor es capaz de producir en un año se observa en un contexto donde la producción total anual del sector ha disminuido. Este contraste sugiere una mejora en la capacidad productiva individual de los productores más competitivos y una intensificación de la producción por parte de ellos, en un sector que, a nivel agregado, se está contrayendo.

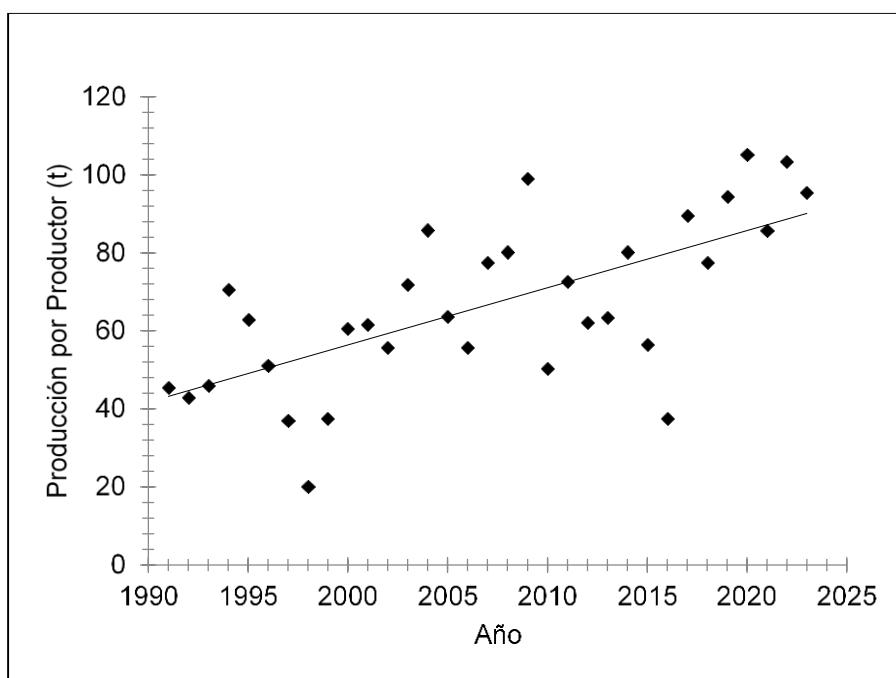


Figura 6. Tendencia de la producción media por productor de tomate industrial en Panamá en el periodo 1991-2023.

El análisis de los datos revela una compleja dinámica en el sector tomatero industrial de Panamá. Se ha evidenciado una transición de un modelo de crecimiento extensivo a uno intensivo, caracterizado por una disminución significativa y correlacionada tanto del número de productores como de la superficie total cosechada. Aunque se observa una mejora en la producción media por productor, lo que sugiere una mayor eficiencia o



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

escala a nivel individual, esta tendencia no ha sido suficiente para contrarrestar la contracción general del sector y la disminución de la producción nacional total. Estos hallazgos plantean interrogantes fundamentales sobre la sostenibilidad y las presiones estructurales que enfrenta la actividad, aspectos que serán explorados y contextualizados en la siguiente sección de Discusión.

DISCUSIÓN

La trayectoria productiva del tomate industrial panameño, con sus fases de crecimiento y el subsecuente ajuste estructural, se alinea notablemente con la teoría de la espiral tecnológica (Technology Treadmill) propuesta por Cochrane (1958) y revisitada por Levins & Cochrane (1996). A medida que las innovaciones genéticas y de manejo, como la densidad de siembra, el riego por goteo y la fertilización, impulsaron rendimientos por hectárea significativamente mayores, los productores que adoptaron estas tecnologías lograron ventajas competitivas. Sin embargo, este progreso ha venido acompañado de una reducción en la superficie cultivada y en el número total de agricultores, como se observa en Panamá, donde el aumento de la eficiencia por productor no ha logrado compensar la contracción extensiva del sector. Este fenómeno, donde la mejora tecnológica impulsa la producción por unidad, pero simultáneamente contribuye a la consolidación y exclusión de productores menos adaptados o con menores recursos, es un patrón reconocido en la agricultura global (Thompson et al., 2024).

El análisis de Houser & Stuart (2019) sobre las respuestas de los agricultores a los impactos del cambio climático refuerza cómo la lógica de la espiral tecnológica impulsa la intensificación incluso frente a desafíos externos. Su estudio, que muestra cómo los agricultores aumentan la aplicación de nitrógeno para asegurar rendimientos frente a eventos de fuertes lluvias, ilustra cómo las presiones económicas llevan a prácticas intensivas. En el caso panameño, la persistencia de la disminución de la producción total a pesar de los mayores rendimientos por superficie valida la noción de una espiral acelerada donde los productores están bajo una presión constante para optimizar la producción. Sin embargo, esta optimización no se traduce en un crecimiento o mantenimiento de la oferta total, lo que subraya que la eficiencia técnica no siempre resuelve los problemas estructurales de un sector.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Por último, el trabajo de Hansen (2019) sobre la diferenciación como una posible salida a la espiral tecnológica ofrece un contrapunto relevante a la situación observada en Panamá. Si bien la competencia basada en precios es central en la hipótesis original, la diferenciación de productos (por ejemplo, a través de la agricultura orgánica o de especialidades) busca permitir a los productores capturar primas de precio y así escapar de la carrera implacable por la reducción de costos. En el contexto del tomate industrial de Panamá, la disminución general del sector, incluso con el aumento de rendimiento, sugiere que las opciones de diferenciación pueden ser limitadas o insuficientes para contrarrestar las presiones estructurales, o que las presiones son tan abrumadoras que la intensificación tecnológica y el aumento de rendimiento no pueden evitar la contracción general. Esto abre una línea de investigación sobre si la adopción de estrategias de diferenciación podría ofrecer una vía para la resiliencia y la sostenibilidad del sector, más allá de la mera eficiencia productiva.

Una evaluación monetaria del excedente económico, que requeriría elasticidades de oferta y demanda, precios y costos de investigación, se deja como línea de investigación posterior cuando tales datos estén disponibles.

Implicaciones para la política

La comparación entre los rendimientos observados y los potenciales revela que los esfuerzos futuros no deberían centrarse sólo en generar nuevas variedades (el potencial ya supera 80 t.ha⁻¹), sino en cerrar la brecha de adopción y manejo (p. ej. riego eficiente, monitoreo de mosca blanca, densidad óptima) que impide convertir ese potencial en producción efectiva. Programas de extensión focalizados y contratos que remuneren contenido de sólidos podrían reducir el desfase intensivo y frenar la pérdida extensiva de superficie.

En términos de política, la adhesión a la OMC subraya la necesidad de estrategias que combinen innovación genética y agronómica con esquemas de integración vertical (contratos más estables, seguros climáticos y diferenciación de producto) para evitar que los avances intensivos queden neutralizados por la erosión extensiva.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

El sector del tomate industrial en Panamá ejemplifica un monopsonio, con Nestlé (a través de Maggi) actuando como el único comprador de la totalidad de la producción de los agricultores. Esta situación le otorga a Nestlé una ventaja para establecer los precios y las cantidades de compra, resultando para los agricultores en una producción ajustada a la demanda de la empresa.

Las reglas de la OMC sobre subsidios o medidas antidumping podrían ofrecer un marco para que el gobierno panameño negocie mejores condiciones o implemente políticas de apoyo a los productores, como precios mínimos garantizados o subsidios a la producción, para mitigar los efectos del monopsonio y fomentar la sostenibilidad del sector agrícola.

CONCLUSIONES

- Este estudio ha cuantificado la notable evolución del rendimiento y la oferta del tomate industrial en Panamá a lo largo de 55 años, identificando tres fases tecnológicas distintas que reflejan la adaptación del sector a desafíos fitosanitarios y presiones de mercado. Se ha demostrado un incremento significativo en el rendimiento promedio por hectárea, impulsado por la adopción de paquetes tecnológicos innovadores, fruto de la colaboración público-privada en investigación y desarrollo.
- A pesar de las ganancias en productividad a nivel de campo, el análisis revela una dinámica de espiral tecnológica (Technology Treadmill), donde el aumento de la eficiencia ha llevado una contracción simultánea de la superficie cultivada y del número de productores. Esta intensificación de la producción por unidad de superficie ha permitido la sostenibilidad de la industria para los actores restantes, pero disminuyendo la posibilidad de los productores menos competitivos y una menor oferta nacional total. La brecha persistente entre el rendimiento observado y el potencial genético de los cultivares subraya que el desafío actual no es solo la disponibilidad de tecnología, sino su adopción y manejo efectivos por parte de los agricultores.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

- Las implicaciones de política derivadas de estos hallazgos son claras: las intervenciones futuras no deben centrarse únicamente en la introducción de nuevas variedades, sino en programas que faciliten el cierre de la brecha de adopción y manejo. Además, es crucial explorar mecanismos que promuevan la integración vertical, la estabilidad contractual y la gestión de riesgos para los productores, mitigando así la erosión de la base productiva y asegurando la competitividad y la resiliencia a largo plazo del sector del tomate industrial en Panamá.

REFERENCIAS

- Alston, J. M., Norton, G. W., & Pardey, P. G. (1995). *Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*. International Service for National Agricultural Research. <https://hdl.handle.net/10568/136536>
- Cochrane, W. W. (1958). *Farm Prices: Myth and Reality*. University of Minnesota Press. https://books.google.com/books/about/Farm_Prices.html?id=O8IGDHM4Ut0C
- De León, G. (1987). Proceso para la obtención de resistencia de tomate a *Pseudomonas solanacearum* en Panamá. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (05), 11-15. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6708>
- Engel, M., Fernández, O., Jeske, H., & Frischmuth, T. (1998). Molecular characterization of a new whitefly-transmissible bipartite geminivirus infecting tomato in Panama. *Journal of General Virology*, 79, 2313-2317. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9780034/>
- Guerra M., J. A., Villarreal Núñez, J. E., Herrera Vásquez, J. A., Aguilera Cogley, V., & Osorio Burgos, O. (2016). Manual técnico: Manejo integrado del cultivo de tomate industrial. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. <http://www.idiap.gob.pa/agricola/>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Hansen, H. O. (2019). The Agricultural Treadmill-A Way Out Through Differentiation? An Empirical Analysis of Organic Farming and the Agricultural Treadmill. *Journal of Tourism, Heritage & Services Marketing (JTHSM)*, 5(2), 20-26.
<https://ssrn.com/abstract=3747761>

Herrera, A. P. de, (1988). *Estudio de seguimiento en costos de producción, rentabilidad y utilización de insumos agropecuarios en la producción de tomate industrial en época seca - Los Santos*. IDIAP - Boletín Técnico # 20. Panamá, 1988.

Herrera Ballesteros, V. H. (2025). Impacto de la globalización en el sector primario de Panamá: Una mirada ambispectiva. *Cuadernos Nacionales*, (36), 78-94.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/cuadernos_nacionales/article/view/6829

Herrera-Vásquez, J. A., Ortega, D., Romero, A. B., Davino, S., Mejía, L. C., Panno, S., & Davino, M. (2016). Begomoviruses infecting tomato crops in Panama. *Journal of Phytopathology*, 164(2), 102-113. <https://doi.org/10.1111/jph.12436>

Him, P. V., de Gutiérrez, G. T., García, N., & Castillo, A. (2004). Nueva alternativa para la producción industrial de tomate. IDIAP T-7. Azuero, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (16), 121-121. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/425>

Houser, M., & Stuart, D. (2020). An accelerating treadmill and an overlooked contradiction in industrial agriculture: Climate change and nitrogen fertilizer. *Journal of Agrarian Change*, 20(2), 215-237. <https://doi.org/10.1111/joac.12341>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2025, 20 de junio). El IDIAP presenta al Comité Nacional de Semillas los cultivares IDIAP-TM Salsa-25 e IDIAP-TM Ejido-25 para la agroindustria nacional [Publicación de estado en Facebook]. Facebook.
<https://www.facebook.com/idiap/posts/1487318455573991>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Jaén-Villarreal, J. E., González Cepero, M. C., Camargo Buitrago, I., Gordón Mendoza, R., Sáez Cigarruista, A. E., & Centella Pereira, F. A. (2024). Adaptabilidad y estabilidad de mutantes de tomate en Los Santos, Panamá. *Agronomía Costarricense*, 48(1), 27-38. <https://doi.org/10.15517/rac.v48i1.59124>

Lasso, R., Him, P. V., de Gutiérrez, G. T., Herrera, C., García, N., & Castillo, A. (2002). Cultivar de tomate: "L-4 A". *Ciencia Agropecuaria*, (12), 224-224.
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/443>

Levins, R. A., & Cochrane, W. W. (1996). The treadmill revisited. *Land Economics*, 72(4), 550-553. <https://doi.org/10.2307/3146915>

Maredia, M. K., Byerlee, D., & Anderson, J. R. (2000). Ex post evaluation of economic impacts of agricultural research programs: a tour of good practice.
<https://hdl.handle.net/10947/503>

Masters, W.A., B. Coulibaly, D. Sanogo, M. Sidibé, & A. Williams. (1996). *The Economic Impact of Agricultural Research: A Practical Guide*. Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN.
<https://sites.tufts.edu/willmasters/research/impact/>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá. (2024a). Históricos de los Rubros Agrícolas 1992-2019. <https://mida.gob.pa/direcciones/direccion-de-agricultura/>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá. (2024b). Cierres Agrícolas. 2014-2023.
<https://mida.gob.pa/direcciones/direccion-de-agricultura/>

Qvistgaard P., C. (1990). *Industrial tomatoes in Panama: a comparative analysis of its competitive potential in the United States market for Panamanian producers*. Thesis. Oregon State University. <http://hdl.handle.net/1957/19150>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Thompson, P. B., Bischof, J., Powell-Palm, M. J., Smith, K., & Tiersch, T. R. (2024). Biopreservation in agriculture and food systems: a summary of ethical issues. *Journal of Law, Medicine & Ethics*, 52(3), 666-678.
<https://doi.org/10.1017/jme.2024.149>

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro sincero reconocimiento al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) por su valioso apoyo institucional en la realización de este estudio. Extendemos un agradecimiento a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por el apoyo brindado a través del Sistema Nacional de Investigación de Panamá (SNI).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)