

INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, UNA INVERSIÓN RENTABLE: IMPACTO ECONÓMICO DE TECNOLOGÍAS DE IDIAP EN SEIS RUBROS PRODUCTIVOS¹

Liliam M. Marquínez-Batista²; Jaime Espinosa-Tasón³; Mariana Cruz-Chu⁴; Luis Hertentains-Caballero⁵; Román Gordón-Mendoza⁶; Rodrigo A. Morales-Araúz⁷; Ismael Camargo-Buitrago⁸; Evelyn Quirós-McIntire⁹; Luis A. Barahona-Amores¹⁰; Arnulfo Gutiérrez-Gutiérrez¹¹; Roberto Rodríguez-Chávez¹²; Emigdio Rodríguez-Quiel¹³; Francisco González-Guevara¹⁴; José L. Jorge-Ramos¹⁵; José A. Guerra-Murillo¹⁶; Nilso García¹⁷; Roberto Quiroz¹⁸

RESUMEN

Los fondos públicos destinados a investigación agropecuaria suelen ser limitados, en parte por la falta de evidencias robustas que demuestren su rentabilidad. Este estudio constituye la primera evaluación integral en Panamá del impacto económico de tecnologías generadas por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en los rubros agrícolas: arroz, maíz, papa, poroto, tomate y pasturas mejoradas. El objetivo fue generar evidencia que respalde la importancia de invertir en investigación agropecuaria. Se analizaron series históricas de rendimientos (1975-2024), estadísticas oficiales, informes técnicos y registros de inversión estatal. La metodología incluyó un análisis contrafactual (“con y sin investigación”), estimación de tasas de adopción, atribución de beneficios a la investigación (de 25% a 45%) y el uso de indicadores como Valor Actual Neto (VAN) y Relación Beneficio-Costo (B/C), ajustados por inflación y tasas de descuento. Los resultados muestran que los beneficios superaron ampliamente la inversión. En 2024, los beneficios totales fueron B/. 184 millones, de los cuales B/. 71,6 millones corresponden a investigación. Con una tasa de descuento del 10%, el VAN fue de B/. 354 millones (B/.138 atribuibles a la investigación) y la relación B/C indicó que por cada balboa invertido retornaron 22,1, de los cuales 9,24 se explican por la investigación. El mayor impacto se estimó en arroz y pasturas mejoradas, mientras que maíz, papa, poroto y tomate, aunque menores en escala, aportaron a la diversificación y seguridad alimentaria. En conclusión, la inversión en investigación agropecuaria en Panamá es rentable y estratégica, al mejorar productividad y sustentabilidad agrícola.

Palabras clave: Atribución, contrafactual, inversión estatal, rentabilidad, tasas de adopción.

¹Recepción: 03 de octubre de 2025. Aceptación: 20 de octubre de 2025. Parte de la tesis doctoral en Ciencias Agropecuarias del primer autor, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá (FCA-UP).

²FCA-UP. e-mail: marquinezliliam@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-0079-1450>

³Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). e-mail: jaime.espinosa@diap.gob.pa; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3114-3365>

⁴Consultora Internacional. e-mail: mcruzchu@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8645-2141>

⁵IDIAP. e-mail: lahertentains@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-7941-4685>

⁶IDIAP. e-mail: gordon.roman@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8433-2357>

⁷IDIAP. e-mail: rodrigoamoralesa@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7230-4578>

⁸IDIAP. e-mail: camargo.ismael@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4199-0621>

⁹IDIAP. e-mail: evelynitzel26@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9754-1393>

¹⁰IDIAP. e-mail: alberline@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5824-7688>

¹¹IDIAP. e-mail: arnulfoquierrezqu@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6003-9802>

¹²Janson Hydroponics, Inc. e-mail: rorocha22@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0009-7356-4601>

¹³IDIAP. e-mail: emigdiorodríguezq@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-9997-7670>

¹⁴IDIAP. e-mail: frankgo1219@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-2094-9569>

¹⁵Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). e-mail: jjorge01@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-8365-0234>

¹⁶IDIAP. e-mail: guerra.joseangel@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4114-0814>

¹⁷IDIAP. e-mail: nmg31200@yahoo.es; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0005-2263-3583>

¹⁸IDIAP. 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](#)

AGRICULTURAL RESEARCH, A PROFITABLE INVESTMENT: ECONOMIC IMPACT OF IDIAP TECHNOLOGIES IN SIX PRODUCTIVE SECTORS

ABSTRACT

Public funding for agricultural research is often constrained by a lack of robust evidence on its returns. This study provides the first comprehensive assessment in Panama of the economic impact of technologies developed by the Panamanian Institute of Agricultural Innovation (IDIAP) in rice, maize, potatoes, beans, tomatoes, and improved pastures. The objective was to quantify the return on investment in agricultural research. We analyzed historical series (yield, harvested area, production, and number of producers) from 1975 to 2024, along with official statistics, technical reports, and public investment records. Methods included a with- and without-research counterfactual, adoption-rate estimation, benefit attribution to research (25–45%), and calculation of Net Present Value (NPV) and Benefit–Cost ratio (B/C), deflated and discounted. Results show that total benefits far exceeded public investment. In 2024, total benefits were B/. 184 million, of which B/. 71.6 million are attributable to research. At a 10% discount rate, NPV reached B/. 354 million (B/. 138 million attributable to research), and the B/C indicated that each balboa invested yielded 22.1, 9.24 of which is attributable to research. The most significant impacts were estimated for rice and improved pastures, while maize, potato, common bean, and tomato contributed to diversification and food security on a smaller scale. We conclude that investing in agricultural research in Panama is profitable and strategic, enhancing sectoral productivity and sustainability.

Keywords: Attribution, counterfactual, public investment, returns, adoption-rate estimation.

INTRODUCCIÓN

La inversión estatal en investigación y desarrollo agropecuarios (I+D) enfrenta restricciones presupuestarias debido a la limitada evidencia sobre sus retornos económicos (Daigneault et al., 2016; Borja-Bravo et al., 2020). En este contexto, los estudios de impacto resultan fundamentales para orientar la política agropecuaria y respaldar la asignación de recursos públicos.

La investigación genera conocimiento y tecnología, mientras que la innovación los convierte en soluciones aplicadas que involucran a múltiples actores (Anandajayasekeram, 2022; Toillier et al., 2021; World Bank, 2012). Esta relación explica por qué la inversión en I+D fortalece los sistemas agroalimentarios (Alston et al., 2020; CGIAR, 2021; Hall et al., 2006).



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

A escala global, el gasto en I+D asciende a USD 2,4 billones, de los cuales entre USD 65 y 100 mil millones corresponden a tecnologías agropecuarias (Organización de Estados Iberoamericanos [OEI] & Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2023; Investigación y Desarrollo Mundial (R&D World), 2024; Stads et al., 2016). Los retornos económicos varían entre 20% y 50% (European Commission, 2015), con altos beneficios en países desarrollados (Fan et al., 2004; Fan et al., 2008; López et al., 2017; Mogues et al., 2015). En contraste, los países de ingresos medios y bajos invierten apenas 0,53% del PIB, frente a la media mundial de 2,63% (Naciones Unidas, 2024).

En América Latina y el Caribe, la inversión pública en I+D agropecuarios es desigual. Panamá invierte por debajo del promedio regional y muy por debajo de países líderes como Brasil, Uruguay, Argentina, México, Costa Rica y Chile (Stads et al., 2016). Esta brecha limita la generación de evidencia sistemática sobre los retornos de la investigación.

La institucionalización de evaluaciones de impacto se asocia con mayores niveles de inversión en I+D. Corea del Sur y Estados Unidos destinan más del 5% del PIB y cuentan con sistemas de medición robustos, mientras que en muchos países en desarrollo estas prácticas siguen siendo incipientes (OEI & UNESCO, 2023; Pratt et al., 2023). Aunque existen metodologías consolidadas, su aplicación sistemática sigue siendo limitada (Alston et al., 1995; World Bank Group & Independent Evaluation Group, 2012; Lan et al., 2018).

Pese a la capacidad demostrada en la generación de tecnologías agropecuarias, Panamá no cuenta con evaluaciones exhaustivas de sus beneficios económicos. Esta ausencia contribuye a que la I+D sea percibida como gasto y no como inversión estratégica.

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto económico de la adopción de tecnologías desarrolladas por el IDIAP en seis rubros agrícolas prioritarios: pasturas mejoradas, poroto (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*), arroz (*Oryza sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), con el fin de aportar evidencia científica que respalde la asignación eficiente de recursos públicos en investigación agropecuaria.



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

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito de análisis

Para evaluar el impacto de las tecnologías generadas por el IDIAP, se emplearon series históricas de rendimientos promedios de los principales rubros agrícolas nacionales: arroz, variedades de maíz, maíz híbrido, papa, poroto y tomate industrial. En el área de producción animal se incluyó el rubro de pasturas mejoradas, dado su efecto en la productividad de la ganadería de cría y ceba. El periodo de estudio abarcó de 1975 a 2024.

Fuentes de datos

Las fuentes de información combinaron estadísticas oficiales y documentos técnicos institucionales. En particular, se utilizaron los anuarios estadísticos de siembra y cosecha publicados por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA, 1990-2024), considerados la principal referencia nacional en materia de producción agrícola. Complementariamente, se revisaron artículos científicos, informes técnicos y resultados de investigación generados por el IDIAP, que sintetizan la experiencia acumulada de los programas en diversos rubros productivos.

Para el análisis económico, los datos de inversión y gasto público en investigación y desarrollo agropecuario del IDIAP se obtuvieron de los registros oficiales publicados en la Gaceta Oficial de la República de Panamá y de información institucional. Estos datos incluyen recursos asignados a programas, proyectos y actividades de generación y transferencia de tecnologías.

La combinación de estadísticas oficiales, documentación técnica e información financiera permitió construir series históricas consistentes de rendimientos, identificar los cambios tecnológicos en los sistemas productivos del país y valorar económicamente el impacto de la investigación agropecuaria.

Bases para evaluar los beneficios de programas con flujos sucesivos de variedades

Los programas de mejoramiento genético exitosos, como los considerados en este estudio, no se limitan a liberar una sola variedad en un momento específico, sino que constituyen procesos continuos de innovación que generan nuevas variedades a lo largo del



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

tiempo. El modelo de adopción ilustrado en la Figura 1 muestra cómo la difusión acumulada de variedades mejoradas (VMs) resulta de la introducción secuencial de distintas generaciones de éstas.

Este enfoque permite distinguir dos fuentes principales de beneficios. La primera corresponde a los incrementos iniciales de productividad derivados de la adopción temprana de variedades mejoradas, que suelen manifestarse de manera rápida y significativa. La segunda proviene de los beneficios adicionales generados cuando variedades más recientes sustituyen a las anteriores.

Aunque estos beneficios incrementales son menos visibles en el corto plazo, en el largo plazo representan una proporción considerable del impacto atribuido al mejoramiento genético. Por tanto, al analizar programas de liberación continua de variedades, es fundamental reconocer ambos tipos de beneficios. De lo contrario, se corre el riesgo de sobreestimar los impactos de la investigación (Maredia & Byerlee, 1999).

Estimación del Impacto Tecnológico

Muchos estudios sobre el mejoramiento genético de cultivos parten de la premisa implícita de que, en ausencia del programa evaluado, los rendimientos de las variedades utilizadas por los agricultores se habrían mantenido constantes (línea punteada inferior en la Figura 2). Este supuesto resulta poco realista, ya que en la práctica suelen existir fuentes alternativas de variedades mejoradas.

En este estudio, la comparación se estableció entre los rendimientos efectivamente alcanzados por los agricultores y los rendimientos estimados bajo un escenario sin programa de mejoramiento genético, también denominado contrafactual (Gittinger, 1982; Heisey & Morris, 2002; Marshall & Brennan, 2001). El modelo conceptual (Figura 2) ilustra la evolución del rendimiento promedio observado en el país frente a la trayectoria contrafactual.

Si bien no es posible conocer con certeza qué habría ocurrido en ausencia del programa, se aplicó un criterio analítico para aproximar los posibles incrementos de rendimiento bajo dicho escenario. Para ello, los rendimientos hipotéticos sin la intervención



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

del IDIAP se estimaron mediante una función logística (Griliches, 1957; Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], 1988), modificada para obtener los valores asintóticos en $t \cdot \text{ha}^{-1}$:

$$Y = Y_{max} * \frac{L}{1 + A * \exp^{k*t}} + Y_0$$

dónde: Y es el rendimiento estimado, Y_0 corresponde al rendimiento promedio previo al inicio del programa, Y_{max} al rendimiento promedio máximo alcanzado por los agricultores, L es el valor asintótico (fijado en 0,5), A es una constante relacionada con el inicio de la adopción y k es la constante relacionada con la tasa de adopción.

Se asumió un valor asintótico equivalente al 50% del rendimiento promedio máximo alcanzado por las variedades mejoradas, límite superior recomendado para este tipo de análisis (Alston et al., 1995; Evenson & Gollin, 2002; Maredia & Raitzer, 2010). Los rendimientos máximos ($t \cdot \text{ha}^{-1}$) variaron según cada rubro.

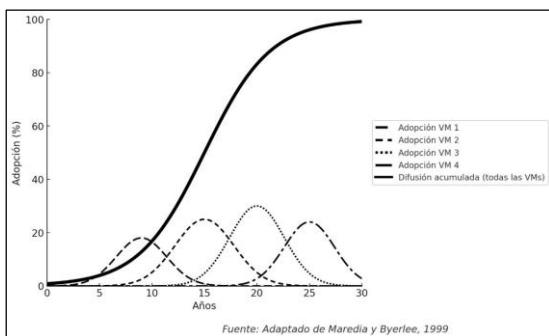


Figura 1. Modelo estilizado de difusión de variedades mejoradas: la curva acumulada refleja la adopción total a lo largo del tiempo, mientras que las curvas individuales representan la adopción de variedades liberadas en distintos momentos.

Nota: VM=variedad mejorada. Fuente: Adaptado de Maredia & Byerlee (1999).

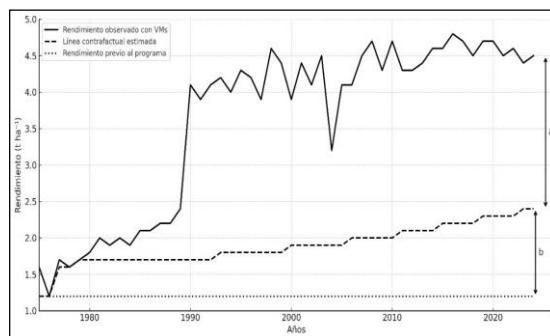


Figura 2. Evolución del rendimiento de los cultivos evaluados con y sin programa de mejoramiento genético.

Nota: a = rendimiento atribuido a la mejora tecnológica versus el contrafactual; $a+b$ = rendimiento atribuido a la mejora tecnológica, con respecto al rendimiento de los productores previo a la implementación del programa de mejoramiento genético.



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

Estimación de los Beneficios

Los beneficios económicos asociados a la adopción de VMs dependen directamente de los incrementos de productividad que generan cuando son cultivadas por los agricultores. En términos generales, dichos incrementos se miden como mejoras en el rendimiento, expresadas en unidades adicionales de producto cosechado por superficie cultivada (área señalada con la flecha “a” en la Figura 2). De esta manera, los beneficios totales respecto al rendimiento previo a la implementación de programas de mejoramiento corresponden a la suma de las áreas “a + b”.

Las tasas de adopción anuales se estimaron para cada rubro a partir de datos discretos. En el caso de las pasturas mejoradas, se construyó un continuo de adopción con base en los censos agropecuarios. El análisis consideró únicamente el escenario de producción de carne en sistemas con pasturas mejoradas frente a pastos naturales. Se asumió un ciclo de 300 días de ceba por año y los rendimientos reportados por Pinzón et al. (1990): 252 kg/300 días para pasto mejorado (Cuadro 1) y 31.5 kg para pasto natural (*Hiparrhenia rufa* sin fertilización). El precio utilizado fue de USD 1.90 por kilogramo de peso vivo en época lluviosa (Corrales, 2021).

Para los demás cultivos, las tasas de adopción se obtuvieron mediante entrevistas a expertos utilizando la herramienta ADOPT, desarrollada por CSIRO (Kuehne et al., 2017). Posteriormente, se generó un continuo de adopción y se calcularon los beneficios económicos empleando los precios históricos reportados en las estadísticas oficiales del MIDA.

Efecto Inflación y Deflación

Para eliminar el efecto de la inflación, se aplicó el método de inflación histórica acumulada (Hulten, 1979), considerando las tasas anuales registradas entre 1975 y 2024, con 1975 como año base (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2025). Se calculó un factor acumulado que refleja el incremento del nivel de precios y que permitió convertir beneficios e inversiones nominales a valores constantes.

El factor acumulado se estimó de manera recursiva como:

$$\text{Factor acumulado} = (1 + \text{tasa de inflación por año}) * (\text{factor acumulado del año anterior})$$



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

Una vez obtenido dicho factor, los valores nominales de beneficios e inversión de cada año se dividieron entre el factor correspondiente, expresando los resultados en balboas constantes del año base, bajo el supuesto de precios invariables.

$$\text{Valor balboas constantes} = \frac{\text{Valor nominal}}{(1 + i)^n}$$

Atribución del Impacto Tecnológico a la Investigación y Desarrollo (I+D)

El enfoque metodológico descrito permite identificar el cambio en rendimientos atribuible al progreso tecnológico; sin embargo, asignar dicho impacto a una sola fuente institucional es complejo. En este estudio se asumió que el IDIAP constituye el principal agente de generación de tecnologías agrícolas en el país, y por tanto se le otorga un rol central en los cambios observados.

Se reconoce, sin embargo, que la evolución de los rendimientos también depende de factores complementarios: políticas públicas, programas de crédito y subsidios, participación privada en insumos y semillas, comercio agrícola y el accionar de agentes de extensión y productores. Por ello, el impacto estimado debe entenderse como un efecto agregado en el que el IDIAP ha jugado un papel predominante, aunque no exclusivo.

Para reflejar esta realidad, se atribuyó solo una fracción de los beneficios directamente a la investigación pública. La literatura recomienda porcentajes entre 30% y 50% cuando no existe información precisa (Alston et al., 2000; Pehu & O’Kane, 2017). En este estudio se adoptaron valores diferenciados: 45% para pasturas, 40% para arroz y maíz de variedades locales, 35% para papa, tomate y poroto, y 25% para maíz híbrido importado, potenciado mediante adaptación tecnológica.

Los beneficios atribuibles a la investigación se contrastaron con la inversión pública en I+D agropecuarios registrada como Ct, aplicando el método del VAN con tasas de descuento de 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% y 15,0%. De esta forma se obtiene una medida del retorno económico de la investigación, integrando beneficios y costos públicos.



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

Las fórmulas empleadas fueron (Maredia & Raitzer, 2010):

$$VAN = \sum_t \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

$$VTB = \sum_{t=s}^n \sum_{i=1}^z \frac{B_{it} a_{it}}{(1 + r)^t}$$

$$VTC = \sum_{t=f}^j \frac{C_t}{(1 + r)^t}$$

$$VAN = \sum_{t=f}^n \frac{B_{it} a_{it} - C_t}{(1 + r)^t}$$

$$RBC = \frac{\sum_{t=s}^n \sum_{i=1}^z \frac{B_{it} a_{it}}{(1 + r)^t}}{\sum_{t=f}^j \frac{K_t}{(1 + r)^t}}$$

Donde:

VTB = Valor total del beneficio estimado (en balboas de 1975)

t = año (1975 año base del estudio, igual a 0)

s = año donde inicia el periodo de beneficio para el rubro productivo i

n = año donde termina el periodo del beneficio para el rubro productivo i

i = rubro productivo: 1=pasto, 2=arroz, 3=maíz, 4=porotos, 5=papa, 6=tomate

z = número total de cultivos productivos que reportan beneficios en el año t

B = Valor del beneficio estimado (en balboas de 1975)

a = coeficiente de atribución: a=1 para beneficio al país; 0,25 < a < 0,45 para IDIAP

r = tasa real de descuento

VTC=Valor total de los costos

C_t = Costo de la inversión (en balboas de 1975)

K = Inversión total del Estado Panameño en IDIAP

f = primer año de inversión del Estado Panameño en IDIAP

j = último año considerado en la inversión de fondos del Estado en IDIAP

VAN= Valor Actual Neto

RBC = Relación Beneficio - Costo



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

Resumen de las tecnologías generadas para los seis rubros productivos evaluados

Los avances tecnológicos en los seis rubros productivos evaluados se vinculan directamente con la identificación de problemas productivos y la implementación de soluciones promovidas por el IDIAP (Cuadro 1). El desarrollo de variedades mejoradas, junto con tecnologías de manejo agronómico y la introducción de pasturas de mayor calidad, fueron estrategias clave para superar limitantes como plagas, enfermedades, deficiencias en la fertilización, escasez de semilla y deficiencias de manejo agronómico.

En conjunto, el cuadro muestra cómo la combinación de innovación genética, prácticas agronómicas mejoradas y tecnologías de manejo contribuyó de manera decisiva a elevar la productividad agrícola y ganadera del país durante el periodo de análisis.

Cuadro 1. Comparativo de variedades liberadas y tecnologías conexas generadas por IDIAP para seis cultivos.

Cultivo/ Variedades principales	Atributos mejorados	Tecnologías conexas	Limitantes solucionadas
Pasturas mejoradas <i>Brachiaria brizantha</i> (CIAT 664, 6298), <i>B. humidicola</i> (CIAT 679), <i>B. dictyoneura</i> (CIAT 6133), <i>Arachis pintoi</i> (Porvenir), <i>B. decumbens</i> (Señal), <i>B. rugulosa</i> (Tanner)	Alta productividad de biomasa, tolerancia a sequía y suelos ácidos, digestibilidad, proteína, tolerancia a pastoreo. Rendimiento potencial: 1,031 kg/ha/día carne; 0,692 kg/animal/día Pasturas naturales: 0,15 kg/animal/día.	Fertilización NPK, manejo de suelos ácidos, uso de leguminosas, ensilaje, heno.	Sequía, encharcamiento, manejo deficiente, bajos índices productivos, baja capacidad de carga.
Arroz IDIAP 38, IDIAP 145-05, IDIAP 54-05, IDIAP 52-05, IDIAP FL 069-18, IDIAP FL 148-18, IDIAP FL Alanjeña-22, 38, 5205, IDIAP FL 106-11, IDIAP FL 137-11, IDIAP FL 72-17, Oryzica 1	Calidad molinera, tolerancia a plagas y enfermedades, ciclos cortos-intermedios. Rendimiento potencial: Experimental: 9 t·ha ⁻¹ ; Productores: 3,8 (secano), 5,7 (riego).	Semilla certificada, fertilización balanceada, riego, control de plagas y enfermedades.	<i>Pyricularia oryzae</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Burkholderia glumae</i> , enfermedades fúngicas y bacterianas en follajes y panículas, complejo ácaro-hongos-bacterias, virosis.



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

Cont.

Maíz IDIAP-MV-1102, IDIAP-MV-1104, IDIAP-MQ-09, IDIAP-MQ-18, IDIAP-MV-1816, IDIAP-ProA-04, Guararé 8128	Tolerancia a sequía, alto β-caroteno, proteína mejorada, adaptación a densidades altas. Rendimiento potencial: Híbridos: 9,9 t·ha ⁻¹ ; Variedades: 5,8 t·ha ⁻¹	Siembra mecanizada, aumento en las densidades de siembra, fertilización, fechas adecuadas de siembra, arreglos topológicos.	Estrés hídrico y térmico, reducción de afectación por complejo del achaparramiento transmitido por chicharrita <i>Dalbulus maydis</i> .
Poroto Barries, Primavera, Renacimiento, IDIAP R2, IDIAP R3, IDIAP C1, IDIAP NUA 24, IDIAP NUA 11, IDIAP NUA 45, IDIAP NUA 336, IDIAP P-09-11, IDIAP P-13-38, IDIAP CS 2-2-22, IDIAP P-3-16-22	Biofortificación (Fe, Zn), tolerancia a plagas y enfermedades, calidad de grano. Rendimiento potencial: Mejoradas: 2,5 t·ha ⁻¹ ; Tradicionales: 1,6 t·ha ⁻¹	Labranza mínima, fertilización, riego inicial, manejo post cosecha.	<i>Thanatephorus cucumberis</i> , <i>Phaeoisariopsis griseola</i> , <i>Thanatephorus cucumberis</i> , calor.
Papa IDIAP-92, IDIAFRIT, Granola, Kondor, Atlantic, Amigo, IDIAP Roja-17	Resistencia/tolerancia a plagas y enfermedades, rendimientos, consumo fresco e industria, mejor almacenamiento de tubérculos semilla, siembra continua. Rendimiento potencial: Mejoradas: 50 t·ha ⁻¹ ; Tradicionales: 20–25 t·ha ⁻¹	Fertilización, control químico de enfermedades y plagas de artrópodos, manejo de densidad de tallos, manejo de tubérculos semillas, almacenamiento controlado.	Escasez de tubérculos semilla, ciclo anual de siembra limitado, <i>Phytophthora infestans</i> , <i>Globodera rostochiensis</i> , <i>G. pallida</i> , infecciones por <i>R. solanacearum</i> , virosis, <i>Liriomyza spp.</i>
Tomate IDIAP T-7, IDIAP T-8, IDIAP T-9; Entero Chico y Entero Grande	Firmeza de frutos, sólidos solubles (Brix 5–7), vida de anaquel (30–40 días), tolerancia a la marchitez bacteriana. Rendimiento potencial: Mejoradas: 80 t·ha ⁻¹ ; Tradicionales: 54–68 t·ha ⁻¹ ; Criollos <45 t·ha ⁻¹	Fertilización, fertirriego, densidad 37,000 plantas/ha, manejo post cosecha.	Calor, <i>Ralstonia solanacearum</i> , virosis, nemátodos, <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Helicoverpa armigera</i> .

Fuente: Morales, et al., (1994); Montenegro & Pinzón (1998); Pinzón & Montenegro (2002); Pinzón et al. (2005); Espino & Victoria (2002); Hertentains et al. (2008); Gutiérrez & Muñoz (2009); Rodríguez & Lorenzo (2009); Camargo et al. (2014); Rodríguez et al. (2015); Guerra et al. (2016); MIDA (2017); Urbina (2018); Gordón-Mendoza et al. (2016, 2020); Arosemena-Jaén et al. (2023); IDIAP (2024b); Guerra-Martínez & De Gracia-Gálvez (2023).



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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Enfrentando la variabilidad climática con variedades mejoradas

La incorporación de información climática es fundamental para interpretar la dinámica de los rendimientos agrícolas en Panamá, ya que los eventos extremos asociados a El Niño y La Niña han incidido históricamente en reducciones o aumentos de productividad, particularmente en arroz, maíz y pasturas.

La evolución del Índice Multivariado El Niño-Oscilación del Sur (MEI-ENOS) entre 1980 y 2024, se presenta en la Figura 3, con base en la serie oficial de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2024). Se muestran los valores mensuales (línea gris) y la media móvil de seis meses (línea negra continua), que permite identificar con mayor claridad las fases cálidas (El Niño) y frías (La Niña), delimitadas por los umbrales de +0,5 y -0,5 unidades de anomalía.

En los últimos 10 años, se observa una marcada variabilidad climática, con años de lluvias extremas ya sea en exceso o en déficit, de modo que los promedios históricos prácticamente no se cumplen (Figura 3), pues cada año se ubica por encima o por debajo de la media histórica registrada. En este sentido, el uso de variedades mejoradas, más tolerantes a sequías o excesos hídricos, constituye una estrategia clave para enfrentar la variabilidad climática y favorecer la adaptación a los impactos sobre la seguridad alimentaria y la sostenibilidad productiva.

Uno de los objetivos centrales de los programas de mejoramiento genético del IDIAP ha sido desarrollar variedades con mayor tolerancia a los efectos directos e indirectos de los extremos climáticos, considerando que la irregularidad de las lluvias constituye uno de los factores más determinantes para alcanzar rendimientos competitivos (Gordón-Mendoza, 2020).

Los bajos rendimientos de ciertos cultivos coinciden con la presencia de eventos extremos del El Niño y La Niña, que modifican las condiciones de lluvia y temperatura en la región. Esta relación sugiere un efecto de la variabilidad climática sobre la productividad. Aunque se reconoce que otros factores agrícolas y socioeconómicos también influyen, no



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

fueron considerados en este análisis. Por ello, la asociación presentada debe interpretarse como una evidencia parcial y no como una relación causal única.

El análisis de rendimientos entre 1975 y 2024 confirma una estrecha asociación con los eventos El Niño y La Niña (Figura 4), que modifican la precipitación y la temperatura en Centroamérica, afectando tanto sistemas de secano como de riego (Magaña Rueda, 1999; Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2015; NOAA, 2024). De manera consistente, las variedades mejoradas superaron a las tradicionales incluso en años de clima extremo, evidenciando su mayor tolerancia.

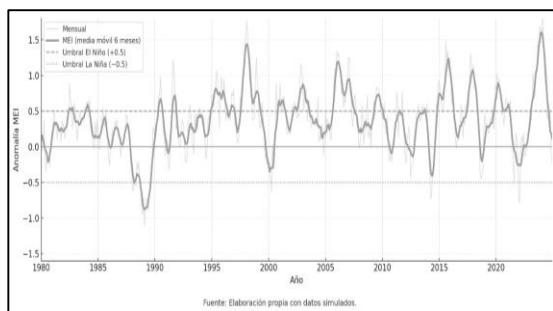


Figura 3. Índice Multivariado ENOS (MEI) simulado para el periodo 1980-2024.

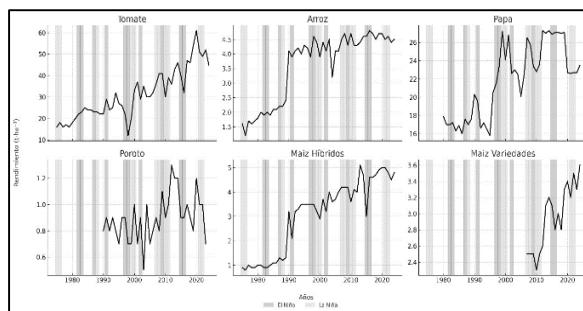


Figura 4. Evolución de los rendimientos de los cultivos evaluados frente a la variabilidad climática.

En tomate, las caídas más marcadas se registraron durante los eventos Niño (1997-1998, 2015-2016), cuando la sequía y el estrés térmico redujeron significativamente la producción, mientras que las fases neutrales permitieron repuntes. El arroz mostró vulnerabilidad tanto a déficits como a excesos de lluvia, con descensos durante los Niños fuertes (1982-83, 1997-98, 2015-16) y en la Niña 2010-12.

En papa, los picos de rendimiento coincidieron con condiciones más húmedas posteriores a episodios Niña (1999-2001, 2010-12). Por ejemplo, en la década de los 90, los episodios de El Niño y La Niña, generaron mayor susceptibilidad del cultivo a plagas y enfermedades (Magaña Rueda, 1999; NOAA, 2024), época en que los rendimientos de papa en las tierras altas de Panamá, se vieron seriamente afectados



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

por la invasión de la mosquita minadora (*Liriomyza* spp.), que ocasionó pérdidas de hasta un 35% (Morales et al., 1994).

El poroto presentó gran inestabilidad, con mínimos durante Niño (1982-83, 1997-98) y mejor desempeño bajo condiciones de Niña, coherente con la alta sensibilidad de las leguminosas al déficit hídrico (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016). En maíz híbrido, la adopción tecnológica elevó los rendimientos promedio, aunque persistieron caídas en años críticos (1997-98, 2010-12, 2015-16). En contraste, el maíz de variedades locales mantuvo niveles menores y mayor vulnerabilidad a la sequía.

En conjunto, los resultados confirman que la variabilidad climática asociada al ENOS ha sido un factor determinante en la trayectoria de los rendimientos, condicionando tanto su nivel como su estabilidad interanual. Esta evidencia refuerza la necesidad de diseñar estrategias de adaptación diferenciadas por cultivo, que integren prácticas de manejo del agua, diversificación genética y el uso sistemático de pronósticos climáticos. En este marco, Gordón-Mendoza (2020) destaca, por ejemplo, que, en el caso del maíz, la selección adecuada de las fechas de siembra constituye una de las decisiones más críticas para mitigar los efectos adversos de la variabilidad climática sobre la producción agrícola.

Análisis económico

El análisis económico de la inversión pública en investigación agropecuaria a través del IDIAP muestra beneficios significativos y sostenidos para el país. Entre 1975 y 2024, el gasto anual en investigación osciló entre B/. 50,000 y B/. 9,4 millones, con un promedio de B/. 3,5 millones (Figura 5). En términos relativos, la inversión destinada al IDIAP representó, en valores constantes, el 0,5% del PIB agropecuario y apenas el 0,02% del PIB nacional en el período analizado.

Estas cifras confirman la baja intensidad de inversión en I+D agropecuarios en Panamá, en línea con los indicadores internacionales que señalan rezagos en la región. En contraste, los países que cuentan con sistemas consolidados de evaluación de



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

impactos y fuerte compromiso con la I+D destinan más del 5% del PIB agropecuario a investigación (FAO, 2016; Pratt et al., 2023). Esta brecha refleja la necesidad de fortalecer la inversión pública para potenciar los retornos demostrados en productividad y seguridad alimentaria.

Beneficios obtenidos por la adopción de las tecnologías generadas por IDIAP para seis rubros productivos

A pesar de que la inversión pública en investigación agropecuaria ha sido relativamente modesta en términos fiscales, los beneficios derivados de la adopción de tecnologías resultaron ampliamente superiores. Hacia 1985, apenas una década después de la creación del IDIAP, los beneficios anuales ya alcanzaban B/. 21 millones. Veinte años más tarde superaban los B/. 100 millones y, en la actualidad, rondan los B/. 184 millones. De este total, B/. 71,6 millones se atribuyen directamente a la investigación (Figura 6), lo que confirma la alta rentabilidad económica de la investigación agropecuaria en Panamá.

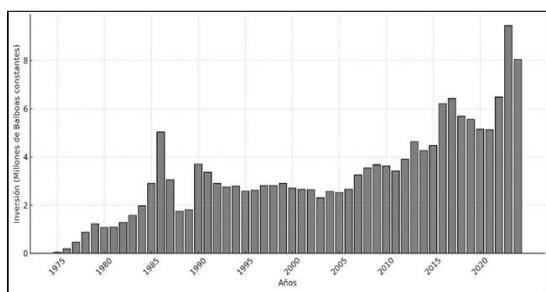


Figura 5. Inversión anual del Estado destinada al IDIAP (1975-2024).

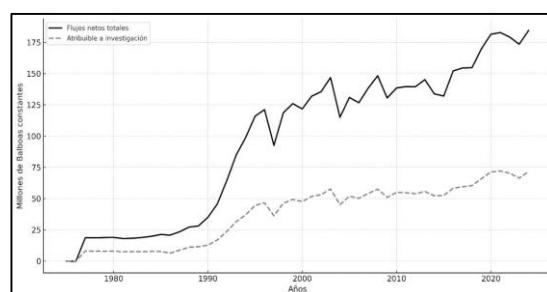


Figura 6. Flujos netos descontados obtenidos por la adopción de las tecnologías generadas por IDIAP para seis rubros productivos.

Indicadores Económicos con variaciones con las tasas de descuento

La literatura en evaluación de proyectos señala que la tasa de descuento es un factor crítico en la valoración, al reflejar el costo de oportunidad de los recursos y el riesgo asociado a la inversión (Boardman et al., 2018; Castillo & Zhangallimbae, 2021; Lilford, 2023). Con el fin de analizar la sensibilidad de los resultados, en este estudio se aplicaron tasas de descuento desde 0% hasta 15% (Figura 7), evaluando el comportamiento de dos indicadores económicos: la Relación B/C y el VAN. Los resultados muestran que, aun bajo



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

escenarios de descuento más exigentes, la investigación agropecuaria mantiene una rentabilidad positiva, lo que refuerza su justificación como política pública de inversión.

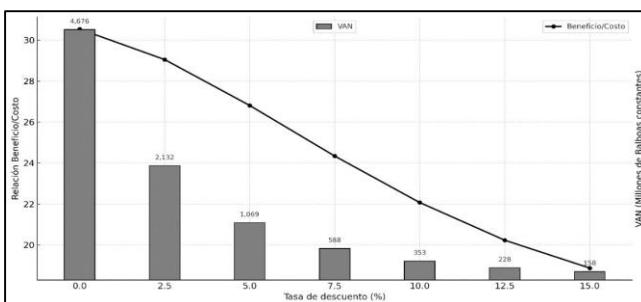


Figura 7. Sensibilidad de indicadores económicos por las variaciones en las tasas de descuento en la evaluación de tecnologías agropecuarias del IDIAP (1975-2024).

El análisis de sensibilidad muestra que, aunque ambos indicadores disminuyen progresivamente a medida que aumenta la tasa de descuento, el VAN se mantiene positivo y la Relación B/C supera la unidad en todos los escenarios. Para la discusión, se utilizaron los resultados con una tasa de descuento del 10%, dado que la literatura recomienda tasas moderadas (10-12%) en evaluaciones agrícolas (Bullard et al., 2002; Chizmar et al., 2020).

Con una tasa de 10%, se obtuvo un VAN de B/. 354 millones y una Relación B/C de 22.1 (Cuadro 2), implicando que, por cada balboa invertido por el Estado panameño en el IDIAP, se recibe más de veinte en retorno. Estos resultados son consistentes con la evidencia internacional, que reporta tasas internas de retorno entre 30% y 60% y relaciones B/C superiores a 10 en proyectos de investigación agrícola en América Latina, África y Asia (Morris & Heisey, 2003; Maredia & Raitzer, 2010; Fuglie et al., 2024).

Cuadro 2. Indicadores económicos de rentabilidad de seis rubros productivos en Panamá.

Indicador	Total	Atribuible a investigación
VAN (Valor Actual Neto, 10%)	B/. 354 millones	B/. 139 millones
Relación B/C (10%)	22.1	9.2

Nota: Cálculos basados en una tasa de descuento del 10%. Valores en balboas constantes de 1975.

El análisis de atribución confirma que, incluso bajo supuestos conservadores, la investigación agrícola en Panamá es altamente rentable. El VAN atribuible a investigación



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

se mantuvo en B/. 139 millones y la Relación B/C en 9,2, lo que demuestra que la parte del impacto directamente vinculada a la I+D supera ampliamente la inversión realizada.

En América Latina y el Caribe, diversos estudios reportan relaciones beneficio-costo superiores a 10 (Alston et al., 2000). Experiencias en Brasil, México y Asia documentan retornos que multiplican varias veces la inversión inicial en programas de arroz, maíz y frijol (Morris & Heisey, 2003; Maredia & Raitzer, 2010; Fuglie et al., 2024). Maredia & Raitzer (2010) señalan además que la investigación agrícola suele generar retornos sociales más altos que otras alternativas de gasto público, dado que los impactos se sustentan tanto en el aumento de rendimientos como en la sostenibilidad de la adopción. Esta conclusión coincide con el caso panameño, donde la amplia adopción de variedades mejoradas en arroz, maíz, papa, poroto, tomate y pasturas mejoradas explica gran parte de los beneficios observados.

Finalmente, Alston et al. (2000) recomiendan aplicar supuestos conservadores en la evaluación económica para evitar sobreestimaciones. En este sentido, la restricción metodológica empleada en este estudio que limitó el contrafactual al 50% del rendimiento promedio de las variedades mejoradas refuerza la validez de los resultados al reducir el riesgo de sesgos positivos en las estimaciones.

Beneficios segregados por rubros productivos

Los beneficios brutos generados por las tecnologías del IDIAP (Cuadro 3) muestran trayectorias diferenciadas entre los rubros evaluados (Figuras 8-13).

Pasturas mejoradas. Los beneficios totales se consolidaron rápidamente, pasando de cerca de B/. 19 millones en los primeros años a más de B/. 100 millones anuales en la actualidad (Figura 8). De este total, se atribuyen a la investigación B/. 53.9 millones (45%), una estimación conservadora frente a la literatura que sugiere rangos de 50-65% (Monjardino et al., 2022). Estos resultados ratifican la elevada rentabilidad de la inversión en forrajes, dado que las mejoras en calidad y productividad repercuten directamente en el desempeño de los sistemas ganaderos (Paul et al., 2020; Duncan et al., 2020).



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

Cuadro 3. Beneficios anuales por rubro productivo y parte atribuible a I+D (valores constantes).

Rubro productivo	Rango de beneficios anuales (B/. millones)	Supuesto de atribución a I+D	Rango de Beneficios atribuibles (B/. millones)
Pasturas mejoradas	19.0 - 120.0	45%	9.0 - 54.0
Arroz	4.0 - 69.0	40%	1.5 - 28.0
Maíz	3.0 - 23.0	25%	0.8 - 6.0
Papa	0.1 - 4.0	35%	< 0.1 - 2.5
Poroto	1.2 - 4.0	35%	< 0.1 - 0.6
Tomate	1.2 - 4.0	35%	0.1 - 0.6

Notas: Rangos anuales según texto principal y Figuras 8–13. Atribución aplicada: Pasturas 45%; Arroz 40%; Maíz 25%; Papa/Poroto/Tomate 35%. Valores en balboas constantes; para pasturas se reporta “≥ 100” y el valor atribuible aproximado (\approx 53.9). Referencias de atribución: Alston et al. (2000); Maredia & Raitzer (2010); Pehu & O’Kane (2017).

Arroz. Desde las décadas de 1970 y 1990, las variedades liberadas por el IDIAP han aportado de manera decisiva a la productividad. Sin embargo, la irrupción del ácaro *S. spinki* entre 2004 y 2006 redujo la producción en más del 60%, evidenciando la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas ante limitantes. La rápida respuesta con materiales resistentes a plagas como el ácaro *S. spinki*, *Rhizoctonia solani*, *Magnaporthe oryzae* permitió recuperar la producción y, desde 2010, los beneficios anuales fluctúan entre B/. 49,6 y 54 millones, de los cuales entre B/. 19,9 y 21,9 millones son atribuibles a la investigación (Figura 9). Este patrón confirma el papel estratégico del mejoramiento genético en la gestión de riesgos (Morris & Heisey, 2003).

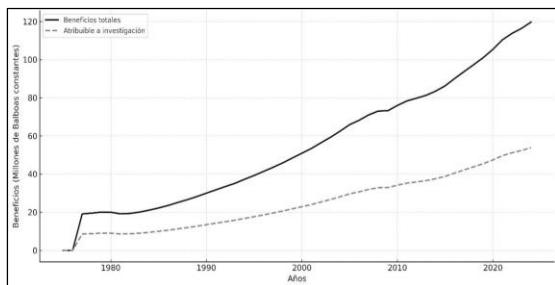


Figura 8. Beneficios obtenidos por las tecnologías generadas por IDIAP: pasturas mejoradas

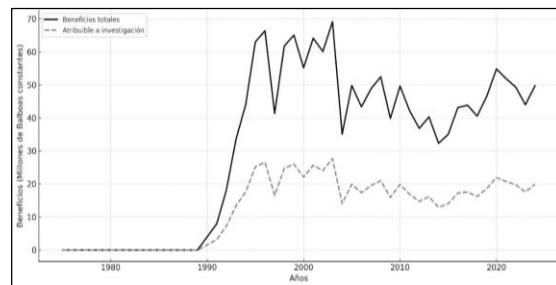


Figura 9. Beneficios obtenidos por las tecnologías generadas por IDIAP: arroz

Maíz. La introducción de híbridos y variedades, junto con innovaciones agronómicas (densidad de siembra, fertilización), ha sostenido un crecimiento desde 2009,



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

con beneficios anuales entre B/. 19,5 y 23 millones, de los cuales B/. 4,9 a 5,4 millones corresponden a investigación (Figura 10). Sin embargo, el mayor potencial de los híbridos conlleva costos adicionales en semillas y manejo, lo que requiere un cálculo cuidadoso de los beneficios netos (Maredia & Raitzer, 2010; Fuglie et al., 2024).

Papa. Este cultivo ha generado beneficios anuales en el rango de B/. 0,1 a 7 millones, con alrededor del 35% atribuible a la investigación (< 0,1 - 2,5 millones) (Figura 11). Aún con desafíos importantes debido a la variabilidad climática y la presión de plagas, como es el caso de la mosquita minadora (*Liriomyza* spp.) en la década de 1990. La literatura señala que las pérdidas llegaron hasta un 35% y los costos se incrementaron por el uso intensivo de insecticidas (Morales et al., 1994). Esta situación evidencia que, pese a las adversidades, las tecnologías generadas para este cultivo han permitido mantener su productividad y aportar significativamente a la economía y seguridad alimentaria nacional.

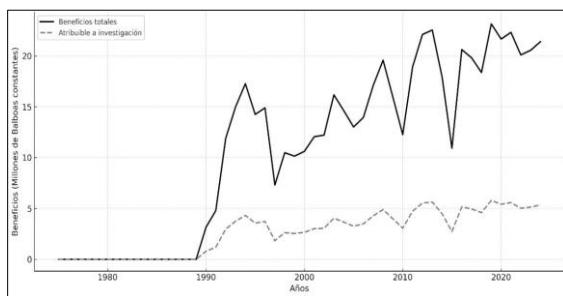


Figura 10. Beneficios obtenidos por las tecnologías generadas por IDIAP: maíz

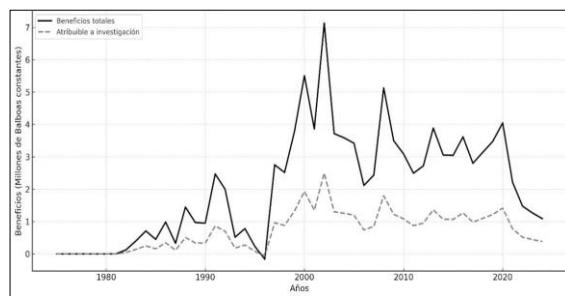


Figura 11. Beneficios obtenidos por las tecnologías generadas por IDIAP: papa

Poroto. Los beneficios han oscilado entre B/. < 0,1 - 1,7 millones por año, con aproximadamente 35% atribuible a la investigación (< 0,1 - 0,6 millones) (Figura 12). En 2003 se registraron valores negativos, ya que los rendimientos fueron inferiores al contrafactual debido a condiciones climáticas extremas. Aun así, la investigación ha permitido introducir materiales más resistentes a plagas y enfermedades, en línea con evaluaciones de Duncan et al. (2020).

Tomate. Con beneficios anuales similares a los del poroto (0,2 - 1,7 millones), de los cuales cerca del 35% corresponde a investigación (0,1 - 0,6 millones), este rubro



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

enfrenta alta variabilidad interanual y caídas durante eventos Niño severos (Figura 13). Sin embargo, la liberación de materiales con mayor vida de anaquel y resistencia genética a enfermedades, principalmente la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, permite reducir pérdidas, estabilizando los rendimientos, consolidando su adopción en campo y contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la diversificación de ingresos para pequeños productores (IDIAP, 2024a).

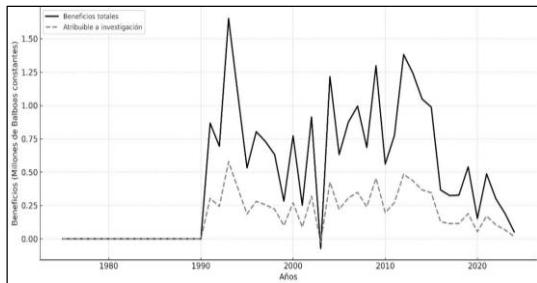


Figura 12. Beneficios obtenidos por las tecnologías generadas por IDIAP: poroto

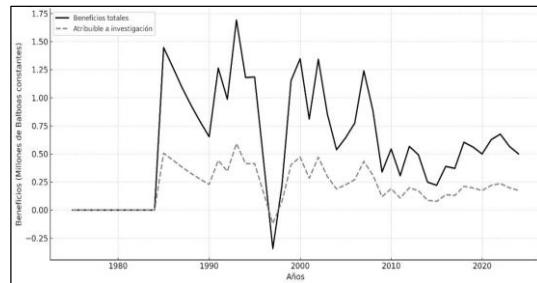


Figura 13. Beneficios obtenidos por las tecnologías generadas por IDIAP: tomate

En conjunto, los resultados confirman que, aunque arroz y pasturas concentran la mayor parte de los beneficios económicos, los cultivos de menor escala papa, poroto y tomate cumplen un papel relevante en la diversificación productiva, la seguridad alimentaria y la resiliencia de los agricultores. Estos hallazgos son consistentes con la literatura internacional, que documenta retornos sociales elevados y sostenidos de la investigación agrícola incluso bajo supuestos conservadores (Maredia & Raitzer, 2010; Kramer et al., 2020; Fuglie et al., 2024).

CONCLUSIONES

- La evidencia muestra que los recursos asignados por el Estado panameño al IDIAP han sido históricamente bajos y con marcada variabilidad, representando apenas una fracción del Producto Interno Bruto Agropecuario (PIB-Agr). Esta limitación ha restringido la capacidad institucional para responder de manera sostenida a los desafíos tecnológicos del sector.
- Aun con una inversión modesta, la investigación desarrollada ha generado beneficios económicos significativos. El análisis de seis de los más de 30 rubros productivos en los



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

que el IDIAP ha innovado, evidencia retornos que superan ampliamente la inversión, como lo confirman los indicadores de VAN y Relación B/C. Estos resultados respaldan la necesidad de incrementar y estabilizar el financiamiento destinado al IDIAP, reconociendo la investigación agropecuaria como política estratégica para fortalecer la productividad, la competitividad y la seguridad alimentaria del país.

- Es el primer esfuerzo sistemático y documentado para medir el impacto económico de la investigación agropecuaria en Panamá. A partir de esta experiencia, resulta indispensable establecer mecanismos institucionales de evaluación periódica y estandarizada de la inversión en I+D agropecuarios, que generen evidencia verificable y actualizada para orientar la formulación de políticas y la asignación eficiente de recursos en el sector.

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>
- Alston, J. M., Marra, M. C., Pardey, P. G., & Wyatt, T. J. (2000). Research returns redux: a meta-analysis of the returns to agricultural R&D. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 44(2), 185-215.
<https://ageconsearch.umn.edu/record/117834/files/1467-8489.00107.pdf>
- Alston, J. M., Pardey, P. G., & Rao, X. (2020). *The Payoff to Investing in CGIAR Research*.
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.337029>
- Anandajayasekeram, P. (2022). The role of agricultural R&D within the agricultural innovation systems framework. In *Innovation in small-farm agriculture* (pp. 75-87). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003164968>
- Arosemena-Jaén, E., Turmel, M. S., Tomita, K., & Navarro, M. (2023). Reposición de macronutrientes con aplicaciones de molibdeno en pastura con leguminosas nativas. *Ciencia Agropecuaria*, (37), 177-203.
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/622/518>



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

Banco Interamericano de Desarrollo. (2025). Mapa de Información Económica de la República de Panamá (MINERPA). <https://minerpa.com.pa/>

Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., & Weimer, D. (2018). Cost-benefit analysis: Concepts and practice (5th ed.). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/bca.2020.18>

Borja-Bravo, M., Cuevas-Reyes, V., & Velez-Izquierdo, A. (2020). Impacto económico de la adopción de tecnología para la producción de frijol en condiciones de temporal en el norte centro de México. *CienciaUAT*, 14(2), 104-116.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582020000100104

Bullard, S. H., Gunter, J. E., Doolittle, M. L., & Arano, K. G. (2002). Discount rates for nonindustrial private forest landowners in Mississippi: How high a hurdle? *Southern Journal of Applied Forestry*, 26(1), 26-31.
<https://scholarworks.sfasu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1066&context=forestry>

Camargo-Buitrago, I., Quirós-McIntire, E. I., & Zachrisson, B. (2014). *Las variedades mejoradas de arroz del Idiap: un aporte al desarrollo del sector arrocero panameño*. Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá, 140 p. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
[https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/MIC_arroz_\(IDIAP\).pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/MIC_arroz_(IDIAP).pdf)

Castillo, J. G., & Zhangallimbay, D. (2021). La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para el Ecuador. *Rev. CEAPL*, (134), 77-98.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/91cab4af-bbd4-41c5-b263-3e217bd549eb/content>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: dinámicas, tendencias y variabilidad climática*. <https://hdl.handle.net/11362/3955>

CGIAR System Organization. (2021). *CGIAR 2030 research and innovation strategy: Transforming food, land, and water systems in a climate crisis*. Montpellier, France: CGIAR System Organization. <https://hdl.handle.net/10568/110918>



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

Chizmar, S., Castillo, M., Pizarro, D., Vasquez, H., Bernal, W., Rivera, R., ... & Cubbage, F. (2020). A discounted cash flow and capital budgeting analysis of silvopastoral systems in the Amazonas region of Peru. *Land*, 9(10), 353. <https://doi.org/10.3390/land9100353>

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/entities/publication/8a41fe98-9f6c-41a5-a179-72d903c76800/full>

Corrales Ojo, G. (2021). *Análisis de la variación de precios de bovinos comercializados en subastas ganaderas de Panamá 2016-2020* (Tesis de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Universidad de Panamá). <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/6650>

Daigneault, A., Brown, P., & Gawith, D. (2016). Dredging versus hedging: Comparing hard infrastructure to ecosystem-based adaptation to flooding. *Ecological Economics*, 122, 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.11.023>

Duncan, A. J., Peters, M., Schultze-Kraft, R., Thornton, P. K., Teufel, N., Hanson, J., & McIntire, J. (2020). The impact of CGIAR centre research on use of planted forages by tropical smallholders. In *The Impact of the International Livestock Research Institute* (pp. 450-479). Wallingford UK: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781789241853.0450>

European Commission. (2015). *The Value of Research*. Directorate-General for Research and Innovation. RISE Group. https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/60_rise-value_of_research-june15_1.pdf

Evenson, R., & Gollin, D. (2002). The Green Revolution: an end of century perspective. https://www.researchgate.net/publication/228855381_The_Green_Revolution_An_end_of_century_perspective

Fan, S., Jitsuchon, S., & Methakunnavut, N. (2004). The importance of public investment for reducing rural poverty in middle-income countries: The case of Thailand. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/96c9ad4c-5427-4eed-acd2-bae6d9f28148/content>



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

Fan, S., Yu, B., & Jitsuchon, S. (2008). Does allocation of public spending matter in poverty reduction? Evidence from Thailand. *Asian Economic Journal*, 22(4), 411-430.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8381.2008.00284.x>

Fuglie, K. O., Hertel, T. W., Lobell, D. B., & Villoria, N. B. (2024). Agricultural productivity and climate mitigation. *Annual Review of Resource Economics*, 16(1), 21-40.
<https://doi.org/10.1146/annurev-resource-101323-094349>

Gittinger, J. P. (1982). *Economic analysis of agricultural projects (completely revised and expanded)* (No. Ed. 2, pp. xxi+-505pp).

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/584961468765021837/pdf/multi0page.pdf>

Gordon-Mendoza, R., Franco-Barrera, J. H., & Camargo-Buitrago, I. (2016). Impacto de la tecnología generada en el cultivo de maíz para la Región de Azuero. *Ciencia Agropecuaria*, (24), 1-18.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/106>

Gordón-Mendoza, R. (2020). Variabilidad climática y su efecto sobre la producción de maíz. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá: Calle Carlos Lara, Panamá.* <http://www.idiap.gob.pa/download/variabilidad-climatica-y-su-efecto-sobre-la-produccion-de-maiz/?wpdmdl=4596>

Gordón-Mendoza, R., Franco-Barrera, J. E., Núñez-Cano, J. I., Sáez-Cigarruista, A. E., Ramos-Manzané, F. P., Jaén-Villarreal, J. E., & San Vicente-García, F. M. (2020). Evaluación y selección de variedades de maíz para sistemas de agricultura familiar de Panamá, 2017-2019. *Ciencia Agropecuaria*, (31), 99-126.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/303/241>

Guerra Murillo, J.A., Villarreal Núñez, J.E., Herrera Vásquez, J.A., Aguilera, V.A. & Osorio, O. (2016). Manual técnico Manejo integrado del cultivo de tomate industrial. <http://www.idiap.gob.pa/download/manual-tecnico-manejo-integrado-del-cultivo-de-tomate-industrial/?wpdmdl=3309>



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

Guerra-Martínez, P., & De Gracia-Gálvez, M. S. (2023). Factibilidad bioeconómica por simulación de tres escenarios de ceba intensiva de acabado en pastoreo. *Ciencia Agropecuaria*, (37), 7-34.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/614>

Gutiérrez, A. G., & Muñoz, J. (2009). Interacción genotipo por ambiente de siete variedades de papa en la zona papera de Chiriquí, Panamá. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 12-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5512046>

Griliches, Z. (1957). Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica*, 25(4), 501-522. <https://www.jstor.org/stable/1905380>

Hall, A., Janssen, W., Pehu, E., & Rajalahti, R. (2006). *Enhancing Agricultural Innovation: How to Go beyond the Strengthening of Research Systems*. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/492901468197385434>

Heisey, P. W., & Morris, M. L. (2002). Practical challenges to estimating the benefits of agricultural R&D: The case of plant breeding research.
<https://doi.org/10.22004/AG.ECON.19828>

Hertentains, L. A., Troetsch, O. A., & Santamaría, E. E. (2008). Potencial de *Brachiaria brizantha* CIAT 6298 en la producción de carne de cebú y otros cruces en Bugaba, Chiriquí. *Ciencia Agropecuaria*, (20), 1-13.
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/190>

Hulten, C. R. (1979). *On the “importance” of productivity change*. *The American Economic Review*, 69(1), 126-136.
<https://www.jstor.org/stable/1802503#:~:text=https%3A//www.jstor.org/stable/1802503>

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (1995). Plan operativo anual 1995. 158p. Panamá.



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

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2024a). *Disponibilidad de germoplasma resistente a diferentes patógenos plagas a nivel nacional*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Disponibilidad_de_germoplasma_resistente_IDIAP.pdf

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). (2024b). Informe técnico anual del proyecto de arroz. IDIAP.

Investigación y Desarrollo Mundial (R&D World). (2024). 2024 Global R&D Funding Forecast. <https://www.rdworldonline.com/research-development-2024-global-rd-investment-forecast/>

Kramer, B., Rusconi, R., & Glauber, J. W. (2020). Five years of regional risk pooling: An updated cost-benefit analysis of the African risk capacity. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/e62a4a72-79c3-4778-997c-77b13836ec2e/content>

Kuehne, G., Llewellyn, R., Pannell, D. J., Wilkinson, R., Dolling, P., Ouzman, J., & Ewing, M. (2017). Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. Agricultural systems, 156, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.007>

Lan, L., Sain, G., Czaplicki, S., Guerten, N., Shikuku, K. M., Grosjean, G., & Läderach, P. (2018). Farm-level and community aggregate economic impacts of adopting climate smartagricultural practices in three mega environments. Plos one, 13(11), e0207700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207700>

Lilford, E. (2023). Natural resources: Cost of capital and discounting–Risk and uncertainty. *Resources Policy*, 80, 103242. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103242>

López, C. A., Salazar, L., & De Salvo, C. P. (2017). Public Expenditures, Impact Evaluations and Agricultural Productivity: Summary of the Evidence from Latin America and the Caribbean. <http://dx.doi.org/10.18235/0000627>



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

Magaña Rueda, V. O. (1999). Los impactos de El Niño en México. Centro de Ciencia de la Atmósfera UNAM, México. (pp. 229). <https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2022/09/EINino.pdf>

Maredia, M.K, & Byerlee, D. (eds). (1999). The Global Wheat Improvement System: Prospects for Enhancing Efficiency in the Presence of Research Spillovers. Mexico, DF (Mexico). CIMMYT. 160 p. series: CIMMYT Research Report No. 5. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20001616818>

Maredia, M. K., & Raitzer, D. A. (2010). Estimating overall returns to international agricultural research in Africa through benefit-cost analysis: a “best-evidence” approach. *Agricultural Economics*, 41(1), 81-100. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2009.00427.x>

Marshall, G. R., & Brennan, J. P. (2001). Issues in benefit-cost analysis of agricultural research projects. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 45 (2), 195–213. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.00139>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá. (2017). Resuelto N° OAL-004-ADM-2015. Certificado de Registro Cultivar Comercial IDIAP Roja-17. 22 de enero de 2015.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (1990-2024). *Cierres agrícolas anuales de Panamá*. MIDA. <https://mida.gob.pa/direcciones/direccion-de-agricultura/cierres-agricolas/>

Mogues, T., Fan, S., & Benin, S. (2015). Public investments in and for agriculture. *The European Journal of Development Research*, 27(3), 337-352. <https://doi.org/10.1057/ejdr.2015.40>

Monjardino, M., Loi, A., Thomas, D. T., Revell, C. K., Flohr, B. M., Llewellyn, R. S., & Norman, H. C. (2022). Improved legume pastures increase economic value, resilience and sustainability of crop-livestock systems. *Agricultural Systems*, 203, 103519. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103519>

Montenegro, R., & Pinzón, B. R. (1998). Persistencia de la asociación *Digitaria swazilandensis* y *Arachis pintoi* CIAT 17434 bajo dos periodos de descanso. *Ciencia Agropecuaria*, (9), 105-116.



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

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/460>

Morales Araúz, R.A., Atencio, F. A., Lara, J.A. & Muñoz, Jorge A. (1994). La mosquita minadora (*Liriomyza* spp.), Diptera: Agromyzidae en Panamá. Monografía #1. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 1994. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Morales-1994-Liriomyza.pdf>

Morris, M. L., & Heisey, P. W. (2003). Estimating the benefits of plant breeding research: methodological issues and practical challenges. Agricultural Economics, 29, 241-252. <https://iaes.cgiar.org/sites/default/files/pdf/108.pdf>

Naciones Unidas. Consejo Económico y Social. (2024). *Cooperación mundial en ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo: Informe del Secretario General (E/CN.16/2024/3)*. Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 27º período de sesiones, Ginebra, 15-19 de abril de 2024. <https://docs.un.org/en/E/CN.16/2024/>

National Oceanic and Atmospheric Administration (2024). *Cold & Warm Episodes by Season (1950-present)*. Climate Prediction Center.

https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) & Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO. (2023). El Estado de la Ciencia: Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos [Publicación].

<https://www.rICYT.org/wp-content/uploads/2023/12/EL-ESTADO-DE-LA-CIENCIA-2023.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Cambio climático y seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe. https://www.sica.int/documentos/cambio-climatico-y-seguridad-alimentaria-y-nutricional-america-latina-y-el-caribe-fao-2016_1_106985.html

Paul, B. K., Koge, J., Maass, B. L., Notenbaert, A., Peters, M., Groot, J. C., & Tittonell, P. (2020). Tropical forage technologies can deliver multiple benefits in Sub-Saharan Africa. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 22. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00626-3>



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

Pehu, E., & O'Kane, M. (2017). Inception Report of the *Evaluation of the Independent Science and Partnership Council* (ISPC). Rome, Italy: Independent Evaluation Arrangement (IEA) of CGIAR. https://iaes.cgiar.org/sites/default/files/pdf/Inception-Report_Evaluation-of-ISPC-1.pdf

Pinzón, B., Cubillos, G., González, J., & Montenegro, R. (1990). Efecto del período de descanso y la dosis de nitrógeno sobre la producción de praderas de pasto faragua (*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf). Evolución de la pradera y características del suelo. *Ciencia Agropecuaria*, (6), 39-58.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/516>

Pinzón, B., & Montenegro, R. (2002). Potencial de producción de carne en pasturas de *Brachiaria* solas y asociadas con la leguminosa *Arachis pintoi*. 1994-1996. *Ciencia Agropecuaria*, (11), 129-157.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/378>

Pinzón, B., Montenegro, R., & Santamaría, E. (2005). Repuesta de *Brachiaria decumbens* cv. señal a la aplicación fraccionada de nitrógeno en condiciones de Gualaca, Panamá. 2001-2003. *Ciencia Agropecuaria*, (18), 95-103.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/245>

Pratt, A. N., Stads, G. J., de los Santos, L., & Muñoz, G. (2023). *Unlocking Innovation: Assessing the Role of Agricultural R&D in Latin America and the Caribbean*. <http://dx.doi.org/10.18235/0005006>

Rodríguez, E. Q., & Lorenzo, E. (2009). Manual técnico: tecnologías para el manejo integrado del cultivo de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en Panamá. Panamá. PA. IDIAP. <http://www.idiap.gob.pa/download/manual-tecnico-tecnologias-para-el-manejo-integrado-del-cultivo-de-frijol-poroto/?wpdmld=1286>

Rodríguez, E., Lorenzo, E., & Guevara, F. G. (2015). IDIAP-R2 comparado con las variedades criollas de frijol poroto en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (22), 59-69. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/164>



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

Stads, G. J., Beintema, N., Pérez, S., Flaherty, K., & Falconi, C. (2016). Investigación agropecuaria en Latinoamérica y el Caribe. *Un análisis de las instituciones, la inversión y las capacidades entre países*. ASTI/BID.
<http://dx.doi.org/10.18235/0006519>

Toillier, A., Guillonnet, R., Bucciarelli, M., & Hawkins, R. (2020). *Developing capacities for agricultural innovation systems: lessons from implementing a common framework in eight countries*. Rome, FAO and Paris, Agrinatura.
https://capacity4dev.europa.eu/library/report-developing-capacities-agricultural-innovation-systems_en

World Bank Group & Independent Evaluation Group. (2012). *World Bank Group impact evaluations: relevance and effectiveness*. Washington, DC: World Bank Publications. <http://documents.worldbank.org/curated/en/206961468154467890>

World Bank. (2012). *Agricultural innovation systems: An investment sourcebook*. Agricultural and Rural Development. © World Bank.
<http://hdl.handle.net/10986/2247>

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro reconocimiento al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y, en particular, al equipo técnico que durante más de cincuenta años ha contribuido con esfuerzo y compromiso a la generación de tecnologías que fortalecen la base científica y productiva del sector agropecuario del país. Agradecemos igualmente a los productores que, al confiar en los procesos de investigación y adoptar las tecnologías desarrolladas por el IDIAP en condiciones reales de producción, han permitido validar su impacto en la productividad y la sostenibilidad. Este trabajo es fruto de la convergencia entre ciencia, práctica en el campo y respaldo humano, que en conjunto hacen posible el avance hacia una agricultura más resiliente y competitiva.



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