



Desempeño productivo y económico del sistema intercalado maíz-maní en el valle del río Carrizal, Ecuador

productive and economic performance of the maize-peanut intercropping system in the Carrizal river valley, Ecuador

Autores

¹Gema Mendoza Mendoza

✉ gema.mendoza.41@espam.edu.ec



¹Ronaldo Pincay Castro

✉ ronaldo.pincay.41@espam.edu.ec



¹Saskia Guillen Mendoza

✉ sguillen@espam.edu.ec



²George Cedeño-García

✉ george.cedeno@utm.edu.ec



³Benny Avellán Cedeño

✉ benny.avellan@iniap.gob.ec



^{1*}Galo Cedeño García

✉ gcedeno@espam.edu.ec



¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Manabí, Ecuador.

²Universidad Técnica de Manabí Extensión Santa Ana, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

³Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Estación Experimental Portoviejo. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Mendoza Mendoza, G., Pincay Castro, R., Guillen Mendoza, S., Cedeño-García, G., Avellán Cedeño, B., Cedeño García, G. (2026). Desempeño productivo y económico del sistema intercalado maíz-maní en el valle del río Carrizal, Ecuador. *La Técnica*, 16(2), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v16i2.8429>

Recibido: Mayo 15, 2026

Aceptado: Junio 23, 2026

Publicado: Julio 01, 2026

Resumen

Los sistemas intercalados de producción vienen siendo cada vez más utilizados como alternativa sostenible frente a los monocultivos. En este contexto, el objetivo del trabajo fue evaluar el desempeño productivo y económico de sistemas intercalados maíz-maní en el valle del río Carrizal, Ecuador. Se evaluaron cuatro tratamientos, que fueron: T1 (50.000 plantas de maíz + 125.000 de maní), T2 (62.500 plantas de maíz + 125.000 de maní), T3 (62.500 plantas de maíz en monocultivo) y T4 (200.000 plantas de maní en monocultivo). Las principales variables registradas fueron rendimiento de grano de maíz (RGM) y de maní (RGm). Los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk, $P>0,05$) y homocedasticidad (Levene, $P>0,05$), verificándose el cumplimiento de los supuestos paramétricos. Se realizaron dos análisis de varianza separados, uno con los tratamientos que tenían maíz (T1, T2 y T3) y otro entre los tratamientos que tenían maní (T1, T2 y T4). Además, se realizó el análisis de rentabilidad económica (RE) de la asociación maíz-maní. El RGM y RGm fueron significativamente afectados ($P<0,05$) por los tratamientos evaluados. El mayor RGM por hectárea fue logrado por los tratamientos T2 y T3, mientras que el mayor RGm por planta individual fue en T1. Por otra parte, el mayor RGm, tanto por hectárea como por planta individual, fue conseguido por el monocultivo de maní (T4) con respecto a los tratamientos intercalados con maíz (T1 y T2). La mayor RE fue alcanzada por los tratamientos intercalados maíz-maní (T1 y T2) con retornos mayores a 0,79 dólares por cada dólar invertido. El sistema intercalado maíz-maní representa una alternativa eficiente al integrar productividad y rentabilidad.

Palabras clave: cultivo intercalado, sistema maíz-maní, productividad, beneficio económico.

Abstract

Intercropping production systems have increasingly been adopted as a sustainable alternative to monocropping. In this context, the objective of this study was to evaluate productive and economic performance of maize-peanut intercropping systems in the Carrizal River valley, Ecuador. Four treatments were assessed: T1 (50,000 maize plants + 125,000 peanut plants), T2 (62,500 maize plants + 125,000 peanut plants), T3 (62,500 maize plants in monoculture), and T4 (200,000 peanut plants in monoculture). The main variables recorded were maize grain yield (MGY) and peanut grain yield (PGY). Data were subjected to normality (Shapiro-Wilk, $P>0.05$) and homoscedasticity (Levene, $P>0.05$) tests, confirming compliance with parametric assumptions. Two separate analyses of variance were conducted: one including the maize treatments (T1, T2, and T3) and another including the peanut treatments (T1, T2, and T4). Additionally, an economic profitability analysis (EP) of the maize-peanut association was performed. MGY and PGY were significantly affected ($P<0.05$) by the evaluated treatments. The highest MGY per hectare was achieved by treatments T2 and T3, whereas the highest MGY per individual plant was observed in T1. Conversely, the highest PGY, both per hectare and per individual plant, was obtained under peanut monoculture (T4) compared to the intercropping treatments (T1 and T2). The highest economic profitability was achieved by the maize-peanut intercropping systems (T1 and T2), with returns exceeding 0.79 USD per dollar invested. Overall, the maize-peanut intercropping system represents an efficient alternative by integrating productivity and profitability.

Keywords: intercropping, maize-peanut system, productivity, economic return.



Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo estratégico a escala global por su contribución a la seguridad alimentaria, la alimentación animal, la agroindustria y la producción de biocombustibles. Actualmente, ya es el cultivo con mayor volumen de producción y se ha proyectado que en las próximas décadas será el cultivo más comercializado, con un crecimiento constante del 37% (Erenstein et al., 2022; Vieira et al., 2025). Por su parte, el cultivo de maní destaca por su elevado contenido de proteínas y aceites de calidad, su amplia demanda agroindustrial y su contribución a la salud e ingresos de productores en países en desarrollo. Asimismo, su capacidad de fijación biológica de nitrógeno mejora la fertilidad del suelo, favoreciendo la diversificación y eficiencia de los sistemas agrícolas (Gelaye et al., 2025; Mendes et al., 2025).

En Ecuador, los cultivos de maíz y maní se cultivan principalmente como monocultivos intensivos de secano, lo cual los hace más vulnerables al cambio climático (López et al., 2021; Mera et al., 2021; Matailo et al., 2023). En este escenario, la baja productividad sigue siendo la problemática principal, que guarda relación directa con la degradación del suelo, provocada por la quema anual de rastrojos como práctica de preparación del suelo para monocultivos, que ha conllevado la pérdida de fertilidad, disminución de la materia orgánica, desbalances nutricionales y problemas de compactación (Sánchez y Fernández, 2020; Zambrano et al., 2024; Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2025; Parambil-Peedika et al., 2025).

En este contexto, estudios previos han concluido que la intensificación de los monocultivos contribuye significativamente a la degradación del suelo y a la pérdida de biodiversidad al simplificar los agroecosistemas y someterlos a una presión productiva continua (Jing et al., 2025; Zhang et al., 2025). La diversidad funcional del sistema radical y de los residuos orgánicos incorporados al suelo se ve seriamente disminuida por los monocultivos, lo que reduce el contenido de materia orgánica, afecta la estructura del suelo y favorece procesos de compactación, erosión y desequilibrios en los ciclos de nutrientes (Li et al., 2022; Hewelke et al., 2026). Asimismo, la homogeneidad de los monocultivos limita la diversidad de microorganismos, insectos y otros organismos, aumentando la vulnerabilidad del sistema a plagas y enfermedades y promoviendo una mayor dependencia de insumos químicos, lo que intensifica aún más la pérdida de biodiversidad y la degradación de los servicios ecosistémicos (Elouattassi et al., 2023; Altieri et al., 2024; Hu et al., 2025).

Ante esta situación, la siembra de cultivos intercalados ha sido propuesta como alternativa para optimizar el uso de recursos y diversificar la producción, favoreciendo el control biológico de plagas, la mejora de la fertilidad del suelo y la eficiencia en el

aprovechamiento de nutrientes, agua y luz, lo que se traduce en mayores rendimientos y estabilidad económica del sistema (Li et al., 2021; Rakotomalala et al., 2023; Khashi et al., 2025).

En esta línea, trabajos previos demostraron que el sistema de producción intercalado maíz-maní representa una estrategia agrícola sostenible que optimiza productividad y conservación del suelo, contribuyendo significativamente al aumento del rendimiento de ambos cultivos, debido a la complementariedad en el uso de nutrientes y la reducción de la competencia por recursos (Chen et al., 2021; Zhao et al., 2022). Además, esta práctica favorece la fertilidad del suelo al incorporar nitrógeno a través del maní, disminuye la incidencia de plagas y enfermedades y contribuye a la diversificación de la producción, lo que aumenta la rentabilidad y reduce riesgos económicos para el agricultor, al no depender de un solo rubro (Dong et al., 2022).

En este escenario, la evidencia científica sobre el desempeño del sistema intercalado maíz-maní, específicamente, en el litoral ecuatoriano y de manera particular las zonas productoras del valle del río Carrizal, es aún limitada, ya que los estudios disponibles se han orientado primordialmente al manejo de monocultivos bajo paquetes tecnológicos rígidos. Existe un vacío científico específico sobre el comportamiento ecofisiológico interactivo entre el maíz y el maní, su respuesta a las densidades de siembra bajo arreglos intercalados y la cuantificación de los efectos productivos debido a la competencia interespecífica bajo las condiciones locales, por lo que esta brecha de conocimiento restringe la adopción de otras tecnologías alternativas y limita el diseño de estrategias de manejo adaptadas al contexto ecuatoriano. Por tales motivos, generar información científica local contribuye a resolver esta limitación al generar información experimental local bajo dos ciclos agrícolas consecutivos, promoviendo sistemas agrícolas más resilientes, productivos y ambientalmente sostenibles.

Por lo anteriormente descrito, el objetivo de la investigación fue evaluar el desempeño productivo y económico de sistemas intercalados maíz-maní en el valle del río Carrizal, Ecuador.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo se desarrolló durante las épocas lluviosas de los años 2024 y 2025 (enero-mayo), en el campus experimental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, localizada en el valle del río Carrizal, Manabí, Ecuador. El sitio experimental se sitúa en las coordenadas geográficas 0°49'17.26" S y 80°10'47.55" O, a una altitud de 15 msnm. Presenta una temperatura y precipitación promedio anual de 26,1 °C y 1003,80 mm. En la figura 1, se ilustra el diagrama ombrotérmico de la zona experimental.

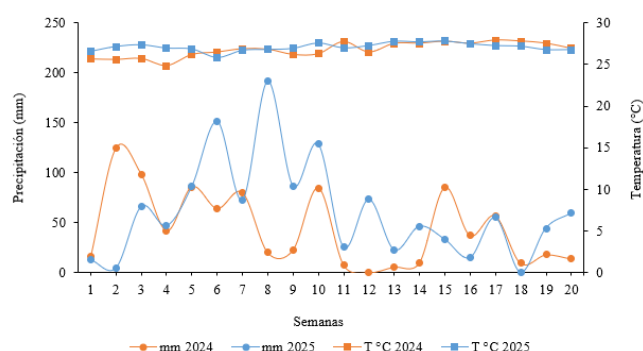


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de las temporadas lluviosas 2024 y 2025. Valle del río Carrizal, Ecuador.

Material vegetal

Como material de maíz se utilizó un híbrido comercial de maíz amarillo duro con potencial de rendimiento promedio de ocho toneladas. Como material de maní se usó la variedad INIAP 380. Ambos cultivares están ampliamente adaptados a zonas semisecas de Manabí.

Tratamientos, diseño y unidad experimental

Los tratamientos y densidades de siembra fueron seleccionados con base a la literatura previa sobre la densidad del maíz en monocultivo, se ajustó al rango recomendado para híbridos comerciales de grano en condiciones tropicales de secano (Tang et al., 2018; Zhang et al., 2026); la densidad del maní en monocultivo correspondió a la recomendación técnica para la variedad INIAP 380 en la costa ecuatoriana (Matailo-Ramírez et al., 2023); las densidades de los tratamientos intercalados se definieron reduciendo la población de maíz entre un 20 y 0% respecto al monocultivo, manteniendo la población de maní con el fin de evaluar el efecto de la competencia intra e interespecífica sobre los comportamientos de rendimiento, conforme a los arreglos reportados por Chen et al. (2021) y Zhang et al. (2024) en sistemas de maíz-maní bajo condiciones semiáridas.

Los tratamientos evaluados fueron: T1) 50.000 plantas de maíz + 125.000 plantas de maní, T2) 62.500 plantas de maíz + 125.000 plantas de maní, T3) 62.500 plantas de maíz en monocultivo y T4) 200.000 plantas de maní en monocultivo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos, siete repeticiones y 28 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 6 m x 10 m (60 m²).

El arreglo de siembra en T1 fue de dobles hileras de maíz distanciadas a 1,0 m y 0,10 m entre plantas, con una planta por sitio + callejones de 3 m de maní, con distancias de siembra de 0,50 m entre hileras y 0,20 m entre plantas, con dos plantas por sitio. En el T2, el arreglo de siembra en maíz fueron dobles hileras distanciadas a 1 m y a 0,16 m entre plantas, con dos plantas por sitio + callejones de 3 m de maní, con distancias de siembra de 0,50 m entre hileras y 0,20 m entre plantas, con dos plantas por sitio. En T3, la siembra del monocultivo de maíz fue

de 0,80 m entre hileras x 0,20 m entre plantas, con una planta por sitio. En T4, la siembra del monocultivo de maní fue de 0,50 m entre hileras x 0,20 m entre plantas, con dos plantas por sitio. En la figura 2, se muestra los sistemas de siembra maíz-maní evaluados.

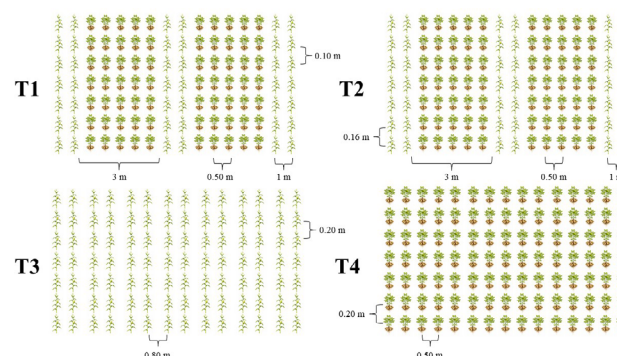


Figura 2. Sistemas intercalados maíz-maní y monocultivos de maíz y maní.

Registro de variables respuesta en maíz

Se registraron la longitud, diámetro y biomasa de mazorcas, además de la biomasa de 100 granos, lo cual se realizó al momento de la cosecha. La longitud de la mazorca se midió en cm, para lo cual se utilizó una cinta métrica para medir la mazorca desde la base hasta el ápice. El diámetro de la mazorca fue medido en mm en el tercio medio, con la ayuda de un calibrador. La biomasa de los granos por mazorca se registró al momento del desgrane, para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar y se registró la biomasa de los granos en g con ayuda de una balanza analítica de precisión. La biomasa de 100 granos fue registrado al momento de desgrane, donde de cada parcela experimental se tomaron al azar 100 granos y su biomasa se registró en g con la ayuda de una balanza de precisión.

El rendimiento se estimó con la biomasa de los granos cosechados por cada parcela transformado a kg ha⁻¹ y ajustado a una humedad de grano del 13%.

Para uniformizar la biomasa de los grano se empleó la ecuación [1]:

$$BU(13\%) = \frac{Ba(100-Ha)}{100-Hd} \quad [1]$$

Donde:

BU = biomasa uniformizada (kg)

Ba = biomasa actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada (13%)

Para expresar el rendimiento en kg ha⁻¹ se utilizó la ecuación [2]:

$$Rendimiento (kg ha^{-1}) = \frac{BU(10000 m^2)}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}} \quad [2]$$



Registro de variables respuesta en maní

Se registró el número de vainas y granos por planta al momento de la cosecha, para lo cual se tomaron cinco plantas al azar del centro de la unidad experimental, a las cuales se les contabilizaron las vainas y granos, respectivamente. También se cuantificó la biomasa de 100 vainas y 100 granos, para lo cual del centro de cada parcela se tomaron 100 vainas al azar, a las cuales se les registró el dato en g con ayuda de una balanza analítica de precisión. Seguidamente, se realizó el desgrane de las vainas y se tomaron 100 granos al azar, a los cuales también se les registró la biomasa en g con balanza analítica de precisión.

El rendimiento de granos se registró en kg, para lo cual el rendimiento de cada parcela útil fue ajustado al 9% de humedad (*Codex Alimentarius Commission*, 1995) y transformado a kg ha⁻¹, con las ecuaciones [1] y [2] ya descritas para maíz.

Análisis de datos

Los datos fueron previamente sometidos a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk, $P>0,05$) y homocedasticidad (Levene, $P>0,05$), cumpliéndose los supuestos paramétricos en todas las variables evaluadas. El procesamiento estadístico se realizó con el software InfoStat versión 2020.

Los datos fueron analizados a través del ANOVA y la separación de medias con prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). Se realizaron dos ANOVA, uno con los tratamientos T1, T2 y T3, donde se analizó maíz, y otro con los tratamientos T1, T2 y T4, donde se analizó maní.

Se optó por realizar dos ANOVA independientes, debido a que los tratamientos evaluados no fueron comunes para ambos cultivos, lo que impidió un análisis factorial único. Esta estrategia estadística ha sido empleada en estudios similares de sistemas intercalados donde los tratamientos se definieron por la presencia/ausencia y densidad de cada especie (Chen et al., 2021; Zhang et al., 2024).

La rentabilidad económica de los tratamientos fue estimada con las expresiones algebraicas aplicadas por Ayvar-Serna et al. (2020), basados en la teoría económica, donde el costo total (CT) se obtuvo de sumar los costos fijos (CF) más costos variables (CV) de cada cultivo ($CT=CF+CV$). Para estimar el ingreso total (IT), se calculó el ingreso obtenido por la venta de la producción de maíz y maní, empleando la fórmula: $IT=PV*Ren$, donde: PV es el precio de venta del producto, y Ren es el rendimiento por hectárea. El ingreso neto (IN) resultó de restar el ingreso total menos el costo total ($IN=IT-CT$). La relación beneficio-coste o ganancia por dólar invertido (RBC) se obtuvo dividiendo el ingreso neto entre el costo total ($RBC=IN/CT$).

Los precios de venta utilizados correspondieron al valor referencial del mercado durante el período de cosecha de cada campaña: maíz a 0,31 USD kg⁻¹ y maní a 1,54 USD kg⁻¹. La estructura de costos de producción incluyó costos fijos (preparación del suelo, semilla, mano de obra permanente) y costos variables (insumos agroquímicos, fertilizantes, mano de obra eventual), calculados para cada tratamiento de forma independiente.

Manejo específico del experimento

Antes de la siembra, tanto las semillas de maíz como de maní fueron tratadas y protegidas del ataque temprano de insectos, con el insecticida coformulado Imidacloprid + Thiodicarb, en dosis de 25 mL kg⁻¹ de semilla.

Durante la ejecución del experimento se presentó afectación de gusano cogollero en maní (*Stegasta bosqueella*), por lo que fue necesario realizar controles con el insecticida Spinetoram, en dosis de 0,1 L ha⁻¹ y después con el insecticida coformulado a base de Tiamethoxam + Lambdaialotrina, en dosis de 0,3 L ha⁻¹. Además, se detectó daño superior al 10% por cutzu (*Phyllophaga* sp.), el mismo que se controló con la aplicación en drench del insecticida Benfuracarb, en dosis de 1 L ha⁻¹.

En maíz se realizaron dos controles de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). El primero con Spinetoram, en dosis de 0,1 L ha⁻¹, y el segundo con Tiamethoxam + Lambdaialotrina, en dosis de 0,3 L ha⁻¹. Además, se realizó un control de manchas foliares con el fungicida coformulado a base de azoxistrobina + tridemorph en dosis de 0,5 L ha⁻¹.

El manejo de arvenses en preemergencia en maní fue realizado con los herbicidas Pendimetalin + Linuron en dosis de 2,5 y 1,0 L ha⁻¹ de cada producto. Mientras que, para el manejo posemergente, se realizó con los herbicidas selectivos Imazetapir + Haloxifop, en dosis de 1 L ha⁻¹ de cada producto.

En maíz, el control preemergente de arvenses fue realizado con los herbicidas Pendimetalin + Terbutrina en dosis de 2,5 y 2,0 L ha⁻¹ de cada producto. El control posemergente de arvenses fue realizado con un herbicida comercial selectivo coformulado con Mesotrione (75 g L⁻¹) y Nicosulfuron (30 g L⁻¹), en dosis de 1,25 L ha⁻¹.

La fertilización de todos los tratamientos fue realizada con 600 kg ha⁻¹ de formulaciones comerciales denominadas inicio, desarrollo y producción. La formulación de inicio (15% N-15% P₂O₅-15% K₂O-7% CaO-1% MgO-4% S-7% Si-0,15% Mo-0,1% Mn-0,1% Zn-0,1% B) se aplicó en dosis de 200 kg ha⁻¹; fue colocado a la emergencia (VE) de ambos cultivos en banda superficial. La formulación de desarrollo (20% N-20% K₂O-10% S-2% MgO-0,5% B-0,02% Fe-0,02% Zn) se aplicó en

dosis de 200 kg ha⁻¹, a los 20 días después de la emergencia. La formulación de producción (22% N-11% K₂O-20% S-0,1% Zn) fue aplicada en dosis de 200 kg ha⁻¹ a los 40 días después de la emergencia.

Resultados y discusión

Resultados maíz

Los componentes de rendimiento del maíz fueron influenciados de forma significativa ($P<0,05$) por los tratamientos evaluados, en ambas temporadas de siembra, donde T2 y T3 se agruparon en un mismo rango de significancia con relación a T1, que logró los promedios estadísticamente más elevados (tabla 1). En 2024, T1 logró aumentos de la longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, biomasa de los granos por mazorca y biomasa de 100 granos del 10,94; 8,86; 7,36 y 10,39% con relación a los tratamientos T2 y T3. Tendencia similar ocurrió para el 2025, donde T1 incrementó en un 9,39; 7,98; 7,86 y 11,30% la longitud, diámetro, biomasa de la mazorca y la biomasa de 100 granos, con relación a T2 y T3, respectivamente (tabla 1).

Estos datos revelaron que el maíz establecido a menor densidad, como T1 (50.000 plantas ha⁻¹), permitió aumentar el tamaño de la mazorca y la biomasa de los granos, posiblemente por menor competencia entre plantas, a diferencia de T2 y T3 que se establecieron a mayor densidad (62.500 plantas ha⁻¹), donde la competencia por recursos podría ser mayor (tabla 1).

Tabla 1. Efecto de tratamientos intercalados maíz-maní sobre el crecimiento y componentes de rendimiento de maíz.

Tratamientos	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (mm)	Biomasa de granos por mazorca (g)	Biomasa de 100 granos (g)
Año 2024				
T1	20,38 a ^{1/}	50,46 a	158,81 a	37,52 a
T2	18,12 b	45,79 b	146,39 b	33,38 b
T3	18,17 b	46,18 b	147,85 b	33,86 b
<i>p</i> -valor	0,0004	0,0420	0,0019	0,0263
C.V. %	12,06	13,70	10,56	14,89
Año 2025				
T1	21,19 a	51,28 a	164,76 a	40,63 a
T2	19,14 b	46,90 b	150,24 b	35,85 b
T3	19,25 b	47,48 b	153,38 b	36,22 b
<i>p</i> -valor	0,0020	0,0021	0,0411	0,0356
C.V. %	11,96	10,87	12,10	13,23

^{1/}Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). T1= 50.000 plantas de maíz + 125.000 de maní, T2= 62.500 plantas de maíz + 125.000 de maní, T3= 62.500 plantas de maíz en monocultivo.

El mayor tamaño y biomasa de las mazorcas y granos de maíz logrados en T1 con respecto a T2 y T3 pueden deberse a la menor densidad de siembra en el T1 (50.000 plantas ha⁻¹), que pudo haber generado menor competencia entre plantas,

lo cual provocó mayor crecimiento y llenado de las mazorcas y granos. Lo contrario ocurrió en T2 y T3, donde la mayor densidad de siembra (62.500 plantas ha⁻¹) pudo haber afectado el tamaño y biomasa de las mazorcas por la mayor competencia intraespecífica entre plantas (tabla 1).

En este contexto, el aumento de la densidad intensifica la competencia intraespecífica por luz, agua y nutrientes, generando sombreo en el dosel y reduciendo la fotosíntesis por planta; lo que podría limitar la producción de fotoasimilados y afectar la relación fuente-sumidero, disminuyendo el desarrollo de la mazorca y la cantidad de granos. Lo anterior se asemeja a lo descrito por Tang et al. (2018), Ye et al. (2023) y Xie et al. (2025), quienes reportaron que al aumentar la densidad de siembra disminuyeron significativamente la longitud de la mazorca, el perímetro de la mazorca, el número de granos por mazorca y la biomasa de 1000 granos.

El rendimiento de los granos fue afectado de manera significativa ($P<0,05$) por los tratamientos evaluados, donde T2 y T3 se agruparon en un mismo rango de significancia, tanto en las temporadas 2024 como 2025 (figura 3). Los tratamientos T2 y T3 produjeron un aumento de rendimiento de 0,955 y 1,182 kg con respecto a T1 para el año 2024, mientras que, para el año 2025, el incremento de rendimiento provocado por T2 y T3 fue de 1,000 y 1,454 kg sobre T1, respectivamente (figura 3).

Estos resultados indicaron que, aun cuando T2 y T3 alcanzaron valores promedio más bajos de longitud, diámetro y biomasa de la mazorca con respecto a T1, la mayor densidad de población (62.500 plantas ha⁻¹) provocó un mayor aumento en el rendimiento de grano, posiblemente por la mayor cantidad de mazorcas y granos por superficie de siembra (tabla 2 y figura 3).

Tabla 2. Efecto de tratamientos intercalados maíz-maní sobre los componentes del rendimiento, de maní.

Tratamientos	Número de vainas por planta	Número de granos por planta	Peso de 100 vainas (g)	Peso de 100 granos (g)
Año 2024				
T1	20,17 a ^{1/}	70,12 a	129,64 a	56,54 a
T2	21,05 a	68,74 a	133,92 a	58,04 a
T4	26,16 b	81,48 b	142,14 b	66,28 b
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0004	0,0046	0,0402
C.V. %	4,91	5,40	6,70	9,33
Año 2025				
T1	19,74 a	68,64 a	128,62 a	58,43 a
T2	20,46 a	67,50 a	129,58 a	56,45 a
T4	24,39 b	77,03 b	141,31 b	68,10 b
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0047	0,0002	0,0015
C.V. %	5,28	5,75	6,73	6,88

^{1/}Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). T1= 50.000 plantas de maíz + 125.000 de maní, T2= 62.500 plantas de maíz + 125.000 de maní, T4= 200.000 plantas de maní en monocultivo.



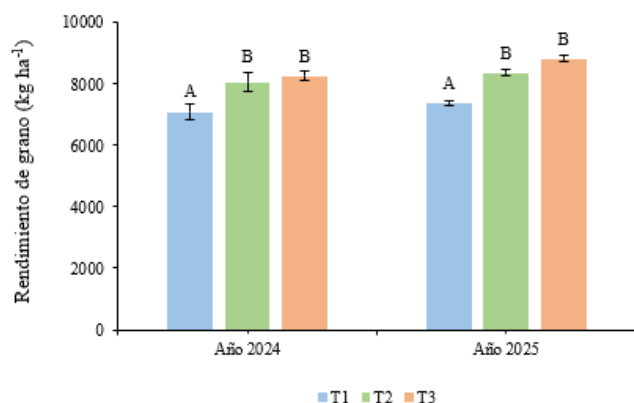


Figura 3. Efecto de tratamientos intercalados maíz-maní sobre el rendimiento de maíz. T1= 50.000 plantas de maíz + 125.000 de maní, T2= 62.500 plantas de maíz + 125.000 de maní, T3= 62.500 plantas de maíz en monocultivo. Barras con letras distintas difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

En cuanto al mayor rendimiento de maíz logrado por T2 y T3, que en promedio provocaron un aumento de más de 1.000 kg con respecto a T1, puede explicarse por la mayor producción de mazorcas, debido a la mayor población de plantas por superficie de siembra. En esta línea, los resultados fueron comparables a los informados por Tang et al. (2018), quienes reportaron mayor rendimiento de grano por superficie a medida que aumenta la población de plantas, pero con una disminución del rendimiento individual de las plantas.

En el mismo contexto, Liu et al. (2017) reportaron que un incremento de la densidad elevó el rendimiento total en un 12%, pero redujo el rendimiento por planta en un 16,35%. Por su parte, un metaanálisis de Zhang et al. (2026) concluyó que, de forma general, el rendimiento de grano de maíz aumentó hasta en un 6,7% en densidades mayores, pero el número de granos y la biomasa de granos por mazorca disminuyeron un 13,3 y 6%, con relación a densidades más bajas.

Resultados Maní

Los sistemas de siembra evaluados incidieron significativamente ($P<0,05$) sobre los componentes de rendimiento del maní, donde claramente se evidenció una mayor producción de vainas y granos en el tratamiento de monocultivo (T4) con respecto a los sistemas intercalados de producción maíz-maní (T1-T2) que se agruparon en un mismo rango de significancia, en ambas temporadas analizadas (tabla 2). La reducción observada en el rendimiento del maní bajo asociación fue superior al 30% en ambos tratamientos intercalados respecto al monocultivo, lo

que representó una limitación relevante para la sostenibilidad productiva del componente maní dentro del sistema asociado.

Con respecto al tratamiento de monocultivo (T4), la producción de vainas y granos por planta disminuyó en un 22,22 y 14,79% con respecto a T1 y T2 para la temporada 2024, mientras que para el año 2025, la reducción fue del 17,59 y 11,63%, respectivamente (tabla 2). En cuanto a la biomasa de 100 vainas y 100 granos, se produjo una tendencia similar, donde el tratamiento de monocultivo (T4) logró los mayores valores promedio con respecto a los tratamientos intercalados con maíz T1 y T2. En este sentido, la reducción en la biomasa de 100 vainas y 100 granos fue del 7,29 y 13,56% con respecto a T4 para la campaña de 2024, mientras que para el 2025 la disminución en biomasa de 100 vainas y 100 granos fue del 8,64 y 15,65% para T1 y T2, con relación al tratamiento de monocultivo (T4), respectivamente (tabla 2).

El rendimiento de vainas y granos fue significativamente ($P<0,05$) influenciado por los tratamientos evaluados, donde el tratamiento de monocultivo (T4) logró los mayores rendimientos en ambas temporadas de siembra evaluadas, con relación a los tratamientos intercalados con maíz (T1-T2), que alcanzaron menor productividad y se agruparon en un mismo rango estadístico (figura 4). En el año 2024, el monocultivo de maní (T4) logró aumentos del 37,95 y 36,56% en rendimiento de vainas y granos, con respecto al promedio de los tratamientos T1 y T2, respectivamente. Del mismo modo ocurrió para el año 2025, donde el incremento de rendimiento de vainas y granos en el monocultivo de maní fue del 35,03 y 34,40% con relación a la media de los tratamientos T1 y T2, respectivamente (figura 4).

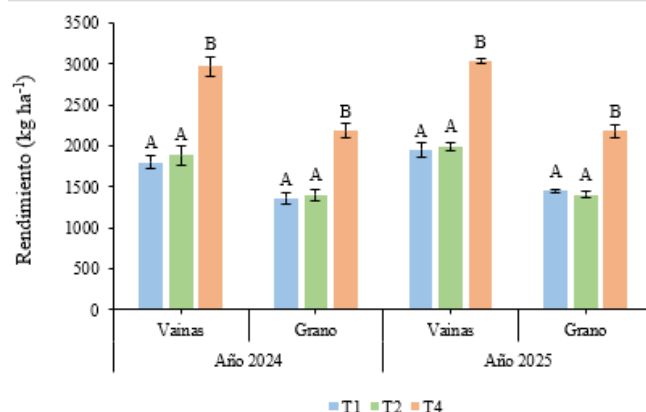


Figura 4. Efecto de tratamientos intercalados maíz-maní sobre el rendimiento de vainas y granos de maní. T1= 50.000 plantas de maíz + 125.000 de maní, T2= 62.500 plantas de maíz + 125.000 de maní, T4= 200.000 plantas de maní en monocultivo. Barras con letras distintas difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Los resultados obtenidos en maní, revelaron que la sombra parcial ejercida por las franjas intercaladas de maíz en T1 y T2, afectó marcadamente los componentes de rendimiento del maní, lo cual evidenció que este cultivo fue más sensible a la competencia por luz. No obstante, se planteó como hipótesis, fundamentada en Xia et al. (2019); Zhao et al. (2022); Liu et al. (2023); Zhang et al. (2024) y Zhang et al. (2025a) quienes manifestaron que la competencia asimétrica a favor del maíz en la captura de luz, agua y nutrientes sería el principal mecanismo responsable de esta respuesta.

Por otra parte, cabe destacar que los resultados alcanzados no evidenciaron que las franjas de maní produjeran algún efecto negativo sobre los componentes de rendimiento ni sobre el rendimiento del maíz, dado que, al comparar T2 (62.500 plantas de maíz + 125.000 de maní) con T3 (62.500 plantas de maíz en monocultivo) fueron estadísticamente iguales, lo cual demuestra que el maní fue una especie ideal para intercalar con maíz.

En esta línea, diversos estudios han demostrado que el intercalado maíz-maní no compromete el rendimiento del maíz e incluso puede aumentarlo, debido a la dominancia del maíz en la captura de luz y su mayor competitividad por nutrientes. Además, la fijación biológica de nitrógeno por el maní disminuyó la competencia por este nutriente, lo cual permitió mantener el potencial productivo del maíz (Inal et al., 2007; Zhang et al., 2024; Wang et al., 2025).

Los resultados logrados en maní evidenciaron que el tratamiento de monocultivo (T4) logró el mayor potencial de rendimiento de grano (+35%) con respecto a los tratamientos intercalados maíz-maní (T1-T2), que presentaron menores valores promedio en producción de vainas y granos por planta y por superficie de siembra. Esta respuesta podría explicarse principalmente por la competencia asimétrica a favor del maíz, que domina la captura de luz, agua y nutrientes.

En este sentido, varios estudios han expuesto que la sombra parcial ejercida por el maíz puede disminuir la fotosíntesis del maní, mientras que la mayor capacidad del maíz para absorber nutrientes y agua puede contribuir a limitar el crecimiento del cultivo de maní. Estos efectos combinados pueden alterar la morfología de la planta y disminuir la formación de vainas y granos, provocando una disminución significativa del rendimiento del maní dentro del sistema intercalado (Xia et al., 2019; Zhao et al., 2022; Liu et al., 2023; Zhang et al., 2024; Zhang et al., 2025).

Los hallazgos de esta investigación se asemejan a los encontrados por Xia et al. (2019), quienes reportaron rendimientos de grano de maní en monocultivo superiores a 2,500 kg ha⁻¹, mientras que en los tratamientos de maní intercalados con maíz el rendimiento del maní fue significativamente más bajo. Resultados cercanos también fueron reportados por Liu et al. (2023), quienes informaron de rendimientos de grano en monocultivo de maní superiores a 4.000 kg ha⁻¹, en comparación con rendimientos

promedios de 2.000 kg ha⁻¹ de granos de maní intercalados con maíz. Por su parte, Zhang et al. (2024) concluyeron que, con relación al monocultivo de maní, el cultivo intercalado con maíz disminuyó el rendimiento del maní en un 56,3%.

El mayor rendimiento en el monocultivo de maní (T4) con respecto a los tratamientos intercalados maíz-maní (T1 y T2) también puede explicarse por la mayor cantidad de plantas por hectárea presentes en el monocultivo T4 (200.000 plantas ha⁻¹), que presentó un 38% más de población de plantas que T1 y T2 (125.000 plantas ha⁻¹).

Resultados económicos

Los resultados económicos indicaron que en ambas temporadas de siembra evaluadas (2024-2025), los tratamientos intercalados de maíz-maní lograron los mayores beneficios económicos con relación a los monocultivos tradicionales de maíz y maní (tabla 3). En la temporada 2024, T1 y T2 lograron un retorno económico del 79 y 87% por cada dólar invertido, con relación a los monocultivos de maíz (T3) y maní (T4), que alcanzaron un retorno del 42 y 68%, respectivamente. Situación similar ocurrió para el año 2025, donde los tratamientos intercalados de maíz-maní (T1 y T2) produjeron la mayor rentabilidad con el 88 y 90% de retorno por cada dólar invertido, mientras que los monocultivos tradicionales de maíz (T3) y maní (T4) solo lograron un retorno económico del 52 y 68%, en su respectivo orden (tabla 3).

Los datos económicos conseguidos demostraron que, aunque efectivamente los monocultivos tradicionales de maíz (T3) y maní (T4) tienden a lograr mayor rendimiento, en términos económicos son los tratamientos intercalados maíz-maní (T1-T2) los que logran el mayor margen de ganancia económica, posiblemente debido a que el rendimiento combinado de ambos cultivos potencia el retorno económico por la venta de ambos productos (tabla 3).

Los resultados económicos evidenciaron que los sistemas intercalados maíz-maní (T1 y T2) superaron consistentemente a los monocultivos en términos de ingresos netos (IN) y la relación beneficio/costo (RBC) en ambas campañas (2024 y 2025), lo que confirmó una mayor eficiencia económica del uso combinado del suelo (tabla 3).

Este comportamiento puede explicarse por varios factores agronómicos y económicos. En primer lugar, la complementariedad interespecífica entre el maíz (gramínea) y el maní (leguminosa) permite un uso más eficiente de recursos como la luz, el agua y los nutrientes. El maní, al fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con rizobios, contribuye indirectamente a la nutrición del sistema, reduciendo la dependencia de fertilizantes nitrogenados y, por tanto, los costos variables (CV). Este fenómeno ha sido ampliamente reportado en sistemas de cultivo asociados, donde las leguminosas mejoran la eficiencia del sistema productivo (Li et al., 2023; Yan et al., 2023; Zhang et al., 2024).



Tabla 3. Análisis económico de los diferentes sistemas de producción maíz-maní.

Tratamientos	Ren ₁ (maíz)	Ren ₂ (maní)	PV ₁ (maíz)	PV ₂ (maní)	IT= PV*R	IT ₂ = PV*R	IT= IT ₁ +IT ₂	CT= CF+CV	IN= IT-CT	RBC= IN/ CT
Año 2024										
T1	7.090	1.364	0,31	1,54	2.197,96	2.099,79	4.297,75	2.400	1.897,75	0,79
T2	8.045	1.409	0,31	1,54	2.493,84	2.169,78	4.663,62	2.500	2.163,62	0,87
T3	8.272	---	0,31	---	2.564,29	---	---	1.800	764,29	0,42
T4	---	2.182	---	1,54	3.359,66	---	---	2.000	1.359,66	0,68
Año 2025										
T1	7.363	1.454	0,31	1,54	2.282,50	2.239,78	4.522,28	2.400	2.122,28	0,88
T2	8.363	1.409	0,31	1,54	2.592,47	2.169,78	4.762,25	2.500	2.262,25	0,90
T3	8.817	---	0,31	---	2.733,36	---	---	1.800	933,36	0,52
T4	---	2.182	---	1,54	3.359,66	---	---	2.000	1.359,66	0,68

T1= 50.000 plantas de maíz + 125.000 de maní, T2= 62.500 plantas de maíz + 125.000 de maní, T3= 62.500 plantas de maíz en monocultivo, T4= 200.000 plantas de maní en monocultivo. Ren1= rendimiento de grano de maíz kg ha⁻¹; Ren2= rendimiento de grano de maní kg ha⁻¹; PV1= precio de venta maíz (USD kg⁻¹); PV2= precio de venta maní (USD kg⁻¹); IT1= ingresos totales maíz (USD ha⁻¹); IT2= ingresos totales maní (USD ha⁻¹); CT= costos totales; CF= costos fijos; CV= costos variables; IN= ingresos netos; RBC= Relación beneficio/costo.

Además, el sistema intercalado genera una diversificación de fuentes económicas, lo cual incrementa el ingreso total y reduce el riesgo económico frente a fluctuaciones de precios o rendimientos. En los resultados de esta investigación, incluso cuando el monocultivo de maíz (T3) presentó rendimientos superiores, sus ingresos netos fueron considerablemente menores debido a la ausencia del componente adicional del maní (tabla 3). Este patrón coincidió con lo reportado por varios autores, quienes destacaron que los sistemas intercalados tendieron a maximizar el valor económico por unidad de superficie más que el rendimiento individual de cada cultivo (Chen et al., 2021; Yan et al., 2023; Han et al., 2024).

Conclusión

Desde el punto de vista del diseño productivo, T1 (50.000 plantas de maíz + 125.000 de maní) muestra un desempeño superior en los componentes de rendimiento individual de las plantas de maíz. Esto sugiere que una menor población de maíz favorece la expresión de sus características productivas individuales, probablemente debido a una menor competencia intraespecífica entre plantas.

En contraste, el maní como monocultivo (T4) presentó mejores componentes de rendimiento por planta, lo que indica que este cultivo es más sensible a la competencia interespecífica en sistemas intercalados con maíz.

Desde el enfoque económico, los sistemas intercalados maíz-maní, especialmente el tratamiento T2 (62.500 plantas de maíz

+ 125.000 de maní), generaron los mayores ingresos totales, ingresos netos y relación beneficio/costo en ambos años de evaluación. Esto demuestra que, aunque el monocultivo de maíz o maní puede maximizar el rendimiento individual de cada cultivo, la combinación de ambos optimiza el uso de los recursos y mejora la rentabilidad global del sistema.

El sistema intercalado maíz-maní una alternativa productiva al integrar adecuadamente productividad y rentabilidad, contribuyendo a sistemas agrícolas más eficientes y sostenibles en el valle del río Carrizal.

Agradecimientos

Los autores agradecemos al Fondo de Investigación de Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable-FIASA, por haber financiado la totalidad de esta investigación, a través del proyecto “Generación de tecnologías climáticamente inteligentes para potenciar la producción agrícola de secano en Manabí” código FIASA-CA-2023-002, que se ejecuta en la provincia de Manabí, Ecuador.

Conflictos de interés

Los autores declaramos no tener conflictos de interés

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de este trabajo, los autores utilizaron la herramienta ChatGPT con el propósito de diseñar una de las figuras contenidas y mejorar gramática y ortografía de este manuscrito. Después de usar esta herramienta, los autores

revisaron y editaron cuidadosamente el contenido según fue necesario y asumen la plena responsabilidad del contenido de la publicación.

Referencias bibliográficas

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Dinelli, G. and Negri, L. (2024). Towards an agroecological approach to crop health: reducing pest incidence through synergies between plant diversity and soil microbial ecology. *Sustainable Agriculture*, 2(6), 1-6. <https://doi.org/10.1038/s44264-024-00016-2>
- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A. y Cuevas-Apresa, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Chen, F., Sun, Z., Zhang, L., Feng, L., Zheng, J., Bai, W., Gu, C., Wang, Q., Xu, Z. and van der Werf, W. (2021). Maize/peanut intercropping increases land productivity: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 270, 108208. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108208>
- Codex Alimentarius Commission (1995). Codex standard for peanuts (CXS 200-1995). Food and Agriculture Organization of the United Nations y World Health Organization. https://workspace.fao.org/sites/codex/Standards/CXS%20200-1995/CXS_200e.pdf
- Dong, Q., Zhao, X., Zhou, D., Liu, Z., Shi, X., Yuan, Y., Jia, P., Liu, Y., Song, P., Wang, X., Jiang, C., Liu, X., Zhang, H., Zhong, C., Guo, F., Wan, S., Yu, H. and Zhang, Z. (2022). Maize and peanut intercropping improves the nitrogen accumulation and yield per plant of maize by promoting the secretion of flavonoids and abundance of *Bradyrhizobium* in rhizosphere. *Frontiers in Plant Science*, 13, 957336. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.957336>
- Elouattassi, Y., Ferioun, M., El Ghachtouli, N., Derraz, K. and Rachidi, F. (2023). Agroecological concepts and alternatives to the problems of contemporary agriculture: Monoculture and chemical fertilization in the context of climate change. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 117(2), 41-98. <https://doi.org/10.36253/jaeid-14672>
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K. A. and Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. *Food Security*, 14(5), 1295-1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
- Gelaye, Y. and Luo, H. (2024). Optimizing peanut (*Arachis hypogaea* L.) production: Genetic insights, climate adaptation, and efficient management practices—A systematic review. *Plants*, 13(21), 2988. <https://doi.org/10.3390/plants13212988>
- Han, F., Javed, T., Hussain, S., Guo, S., Guo, R., Yang, L., Liu, X., Cai, T., Zhang, P., Jia, Z., Shah, A. A., Chen, X. and Ren, X. (2024). Maize/peanut rotation intercropping improves ecosystem carbon budget and economic benefits in the dry farming regions of China. *Journal of Environmental Management*, 353, 120090. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120090>
- Hewelke, E., Weber, J., Mielnik, L., Spaccini, R., Gozdowski, D., Podlasiński, M., Ćwieląg-Piasecka, I., Jamróz, E., Jerzykiewicz, M., Perzanowska, A., Bogużas, V., Skinulienė, L. and Dębicka, M. (2026). Effect of 55 years of different soil management on soil physical properties and stability of soil organic matter. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 396, 110005. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.110005>
- Hu, J., Wan, L., Wang, Y., Dai, K., Butterbach-Bahl, K. and Lin, S. (2025). The decrease of soil microbial community diversity and network complexity results in the increase of soil-borne diseases with monocultural years in greenhouse tomato production systems. *Environmental Microbiology Reports*, 17(4), e70165. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.70165>
- Inal, A., Gunes, A., Zhang, F. and Cakmak, I. (2007). Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots, *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(5), 350-356. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2007.03.016>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2025). Módulo de Información Ambiental y Tecnificación Agropecuaria – MIATA – ESPAC 2024. Quito: INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Jing, H., Liu, Y. and Hou, J. (2025). Impacts of agricultural intensification on biodiversity: Habitat loss, agrochemical use, water depletion, and soil degradation, *Journal of Environmental Management*, 395, 128036. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128036>
- Khashi u Rahman, M., Saati-Santamaría, Z. and García-Fraile, P. (2025). Intercropping of non-leguminous crops improves soil biochemistry and crop productivity: a meta-analysis, *New Phytologist*, 246(3), 961-971. <https://doi.org/10.1111/nph.70037>
- Li, P., Liu, J., Saleem, M., Li, G., Luan, L., Wu, M. and Li, Z. (2022). Reduced chemodiversity suppresses rhizosphere microbiome functioning in the mono-cropped agroecosystems. *Microbiome*, 10, 108. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01287-y>
- Li, X., Yu, R. and Li, L. (2021). Intercropping sustainably increases yields and soil fertility, *Frontiers of Agricultural*



- Science and Engineering*, 8(4), 659-661. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2021418>
- Li, Y., Wang, L., Zhao, B., Liu, P., Zhang, J., Dong, S. and Shi, D. (2023). Crop productivity, economic advantage, and photosynthetic characteristics in a corn-peanut intercropping system. *Agronomy*, 13(2), 509. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020509>
- Liu, X., Ma, X., Dou, P., Huang, K., Wang, X., Zhang, D., Kong, F. and Yuan, J. (2017). Effects of planting density on stem traits and yield of summer maize in central Sichuan hills. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 25(3), pp. 356–364. <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.160822>
- Liu, Z., Nan, Z., Lin, S., Meng, W., Xie, L., Yu, H., Zhang, Z. and Wan, S. (2023). Organ removal of maize increases peanut canopy photosynthetic capacity, dry matter accumulation, and yield in maize/peanut intercropping. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1266969. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1266969>
- López, G., Gaiser, T., Ewert, F. and Srivastava, A. (2021). Effects of recent climate change on maize yield in Southwest Ecuador. *Atmosphere*, 12(3), 299. <https://doi.org/10.3390/atmos12030299>
- Matailo-Ramírez, L., Luna Romero, Á. E., Chabla Carrillo, J. E. y Gálvez Palomeque, P. A. (2023). Modelización del rendimiento con Aquacrop-FAO en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.), Ecuador. *Manglar*, 20(1), 51-58. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.006>
- Mendes, N. M., Nunes, Y. C., de Lima, E. P., Chehadi, A. C., Otoboni, A. M., Miola, V. F. B., Barbalho, S. M. y Fornari, L. L. (2025). Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) in food industry and their benefits for human health: A review of the current literatura. *Journal of Food Composition and Analysis*, 143, 107574. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107574>
- Mera, J. L. A., Vines, L. M. G., Murillo, D. M. S. y Chilán, G. R. M. (2021). The monoculture of corn (*Zea mays*) and its impact on soil fertility. *International Journal of Chemical & Material Sciences*, 4(1), 7-12. <https://doi.org/10.31295/ijcms.v4n1.1649>
- Parambil-Peedika, A., Laing, A., Gathala, M. K., Cariappa, A. A. G. and Krishna, V. V. (2025). Agroecological impacts of crop residue burning: A qualitative systematic review of direct and inferred evidence. *Science of the Total Environment*, 994, 179963. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179963>
- Rakotomalala, A. A. N. A., Ficiciyan, A. M. and Tschamtké, T. (2023). Intercropping enhances beneficial arthropods and controls pests: A systematic review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 356, 108617. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108617>
- Sánchez Arizo, V. H. y Fernández Sastre, J. (2020). El efecto de los paquetes tecnológicos en la productividad del maíz en Ecuador. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 51(203), 85-110. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2020.203.69527>
- Tang, L., Ma, W., Noor, M. A., Li, L., Hou, H., Zhang, X. and Zhao, M. (2018). Density resistance evaluation of maize varieties through new “Density–Yield Model”. *Scientific Reports*, 8, 17281. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35275-w>
- Vieira, R. A., Uhdre, R., Scapim, C. A. and van Becaere, G. (2025). Global corn area from 1960 to 2030: Patterns, trends and implications. *Journal of Agricultural Science*, 163(3), 295-306. <https://doi.org/10.1017/S002185962500019X>
- Wang, J., Zhang, H., Yu, H., Wang, X., Zhao, X., Li, S., Liu, X. y Zhou, D. (2025). Maize/peanut strip intercropping improves yield stability and potassium use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 169, 127682. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127682>
- Xia, H., Wang, L., Xue, Y., Kong, W., Xue, Y., Yu, R., Xu, H., Wang, X., Wang, J., Liu, Z. and Guo, X. (2019). Impact of increasing maize densities on agronomic performances. *Agronomy*, 9(3), 150. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030150>
- Xie, L., Su, B.-J., Zhang, Y.-N., Zhang, D.-S., Han, J.-J., Li, H.-M., Feng, W.-J., Du, T.-Q., Cui, F.-Z. y Xue, J.-F. (2025). Optimizing plant density and row spacing enhances growth, yield and quality of waxy maize on the Loess Plateau, *Plants*, 14(18), 2902. <https://doi.org/10.3390/plants14182902>
- Yan, Z., Wang, J., Liu, Y., You, Z., Zhang, J., Guo, F., Gao, H., Li, L. y Wan, S. (2023). Maize/peanut intercropping reduces carbon footprint size. *Agronomy*, 13(5), 1343. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051343>
- Ye, D., Chen, J., Yu, Z., Sun, Y., Gao, W., Wang, X., Zhang, R., Zaib-Un-Nisa, Su, D. and Muneer, M. A. (2023). Optimal plant density improves sweet maize fresh ear yield. *Agronomy*, 13(11), 2830. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112830>

- Zambrano Montesdeoca, J. L., Palacios Cedeño, N. M., Bravo Sánchez, D. M. y Alava Mendoza, M. J. (2024). Producción de maní y su impacto en la economía del Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 30(4), 323-338. <https://doi.org/10.31876/rcs.v30i4.43000>
- Zhang, J., Wang, X., Li, Y., Yu, Z., Zhang, R., Yin, B. and Wang, H. (2026). A meta-analysis of the effects of increased planting density on maize yield in Northeast China. *Plants*, 15(4), 544. <https://doi.org/10.3390/plants15040544>
- Zhang, Y., Sun, Z., Feng, C., Du, G., Feng, L., Bai, W., Zhang, Z., Zhang, D., Yang, J., Li, C., Yang, S., Cai, Q., Dong, Z., Zhang, X., Li, X., van der Werf, W. and Zhang, L. (2025a). Intercropping maize and peanut under semi-arid conditions is a zero-sum game. *Field Crops Research*, 326, 109833. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109833>
- Zhang, L., Wei, S., Xiang, H. and Yu, X. (2025b). Monocropping degrades soil quality index. *Agronomy*, 15(6), 1461. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061461>
- Zhang, Y., Zhao, F., Sun, Z., Bai, W., Zhang, Z., Feng, C. and Cai, Q. (2024). Effects of maize/peanut intercropping on yield and nitrogen uptake. *Agriculture*, 14(6), 893. <https://doi.org/10.3390/agriculture14060893>
- Zhao, X., Dong, Q., Han, Y., Zhang, K., Shi, X., Yang, X., Yuan, Y., Zhou, D., Wang, K., Wang, X., Jiang, C., Liu, X., Zhang, H., Zhang, Z. and Yu, H. (2022). Maize/peanut intercropping improves nutrient uptake. *BMC Microbiology*, 22, 14. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02425-6>

Declaración de contribución a la autoría según CRediT

Saskia Guillén contribuyó a la conceptualización y metodología, **Galo Cedeño** contribuyó a la administración, supervisión del proyecto, redacción y preparación del borrador original. **Gema Mendoza** y **Ronaldo Pincay** desarrollaron la Investigación y Registro de datos, **George Cedeño** contribuyó a la Redacción, Revisión y Edición final del manuscrito, **Benny Avellán** realizó Curación y Análisis formal de los datos.

