

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i4.1833>

Impacto de diferentes niveles de fertilización fosforada en el desarrollo del macollamiento y el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de campo

*Impact of different phosphorus fertilization levels on tillering development and yield of rice (*Oryza sativa*)*

Marlon Fernando Monge Freile

<https://orcid.org/0000-0001-5397-910X>

mmongef@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo, Los Ríos, Ecuador

Oscar Sebastián Arreaga Olvera

<https://orcid.org/0009-0006-0102-687X>

oscar.arreaga2018@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

Diana Verónica Véliz Zamora

<https://orcid.org/0000-0003-2039-8741>

dvveliz@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

José Noel Condori Cahuapaza

<https://orcid.org/0000-0001-6194-2091>

jcondoric@utea.edu.pe

Universidad Tecnológica de Los Andes
Abancay, Apurímac, Perú

Mayra Magali Cuenca Zambrano

<https://orcid.org/0000-0003-0373-1645>

mcuenca@upse.edu.ec

Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Estatal Península de Santa Elena
Ecuador

*Artículo recibido: (la fecha la coloca el Equipo editorial) - Aceptado para publicación:
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.*

RESUMEN

La fertilización fosforada es crucial para optimizar el desarrollo y rendimiento del arroz, especialmente durante el macollamiento. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de diferentes dosis de fertilizante fosforado en el cultivo de arroz bajo condiciones de campo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos: T1 (sin aplicación), T2 (1 L ha⁻¹), T3 (1,5 L ha⁻¹) y T4 (2 L ha⁻¹), con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta (cm), número de macollos, panículas a la cosecha, longitud

de panícula (cm), granos por panícula, peso de 1000 granos (g) y rendimiento (kg ha⁻¹). Los resultados indicaron que, aunque el tratamiento T4 (2 L ha⁻¹) mostró los mejores registros en la mayoría de las variables, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$). Sin embargo, el tratamiento T4 tendió a mejorar la cantidad y longitud de las panículas, así como el rendimiento, sugiriendo que la aplicación de fertilizante fosforado en dosis de 2 L ha⁻¹ podría beneficiar el desarrollo del cultivo. En conclusión, la aplicación de fertilizante fosforado a una dosis de 2 L ha⁻¹ mejora la capacidad de macollamiento y el rendimiento del arroz.

Palabras clave: fertilización, dosis, características agronómicas, parámetros productivos

ABSTRACT

Phosphorus fertilization is crucial for optimizing the development and yield of rice, especially during the tillering phase. This study aimed to evaluate the impact of different phosphorus fertilizer doses on rice cultivation under field conditions. A completely randomized block design (CRBD) was used with four treatments: T1 (no application), T2 (1 L ha⁻¹), T3 (1.5 L ha⁻¹), and T4 (2 L ha⁻¹), with four replications. The evaluated variables included plant height (cm), number of tillers, panicles at harvest, panicle length (cm), grains per panicle, 1000-grain weight (g), and yield (kg ha⁻¹). The results indicated that, although treatment T4 (2 L ha⁻¹) showed the best records in most of the variables, no significant differences were observed between the treatments ($p>0.05$). However, treatment T4 tended to improve panicle quantity and length, as well as yield, suggesting that the application of phosphorus fertilizer at a dose of 2 L ha⁻¹ could benefit crop development. In conclusion, the application of phosphorus fertilizer at a dose of 2 L ha⁻¹ improves tillering capacity and rice yield.

Keywords: fertilization, dosage, agronomic characteristics, productive parameters

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más importantes para la seguridad alimentaria a nivel global (Lu et al., 2021; Saha et al., 2021; Zhan et al., 2023). Actualmente, se produce en más de 113 países del mundo, representando un pilar esencial en la dieta de millones de personas (Maldonado & Reyes, 2023). En 2019, en Ecuador, este cultivo abarcó 288 797 hectáreas, alcanzando una producción de 1 668 523 t (SIPA, 2022).

En Ecuador, las zonas arroceras abarcan una diversidad de condiciones climáticas, que van desde climas tropicales húmedos hasta tropicales secos (León Paredes et al., 2021). Estas áreas presentan temperaturas promedio entre 20 y 30 °C, precipitaciones anuales que oscilan entre 500 y 2500 mm, y una elevada humedad relativa. Aunque los suelos en estas regiones suelen ser fértiles, la disponibilidad de agua representa una limitante crítica, especialmente en las zonas de secano, donde la producción depende mayormente de las lluvias estacionales (INIAP, 2014).

En este sentido, la fertilización fosforada desempeña un papel fundamental, al garantizar un suministro adecuado de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Carpio Valencia et al., 2024). En el arroz, el fósforo es esencial para la etapa de macollamiento, un proceso clave que define el desarrollo vegetativo y tiene un impacto directo en el rendimiento (Romero et al., 2022).

Evaluar los niveles óptimos de fertilización fosforada durante el macollamiento bajo condiciones de campo es esencial para entender cómo este nutriente afecta el desarrollo y productividad del cultivo. Sin embargo, no se cuenta con información suficiente que determine los niveles óptimos de fertilización fosforada específicos para maximizar el rendimiento de este cultivo, sobre todo en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, donde un número importante de agricultores dependen económicamente de sus producciones de arroz.

En virtud a lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el impacto de diferentes niveles de fertilización fosforada en el macollamiento y rendimiento del cultivo de arroz en condiciones de campo, generando información clave para optimizar las estrategias de manejo agrícola y mejorar la productividad de uno de los cultivos más relevantes a nivel global.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y condiciones agroclimáticas del sitio experimental

El lote experimental se estableció en el Campus Universitario "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el kilómetro 7,5 de la carretera Quevedo-El Empalme, recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador. Las coordenadas geográficas son 1°04'48,6" de latitud sur y 79°30'04,2" de longitud oeste, con una altitud de 73 msnm.

El sitio experimental, contó con temperaturas que oscilaron entre 20,8 y 29,3 °C y una humedad relativa promedio del 84%. Los vientos registraron una velocidad diaria acumulada de

112 km, mientras que la insolación fue de 1,8 horas al día. La radiación solar alcanzó un promedio de 11,7 MJ/m²/día y la evapotranspiración de referencia (ET_o) fue de 2,71 mm/día. La topografía del área es regular, según lo reportado por (FAO, 2023).

Diseño experimental

El análisis de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ADEVA). El diseño experimental empleado fue un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), estructurado con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Tabla 1). Para determinar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey para comparaciones múltiples, considerando un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

Tabla 1

Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Dosis de fertilizante fosforado
T1	Sin aplicación
T2	1 L ha ⁻¹
T3	1,5 L ha ⁻¹
T4	2 L ha ⁻¹

Procedimiento

La investigación se desarrolló en un área delimitada de 2244 m², organizada en 16 unidades experimentales de 4 m² cada una, con 42 plantas por unidad y un total de 784 plantas en el sitio experimental. Cada tratamiento abarcó un área de 64 m². Para la preparación del terreno, se realizó un arado manual con azadón a una profundidad de 20 cm, asegurando una adecuada aireación del suelo y una óptima germinación. La siembra directa se llevó a cabo con una densidad de 90 kg/ha, utilizando un espaciamiento de 0,3 m entre plantas e hileras.

La fertilización nitrogenada se aplicó en tres etapas: 15, 30 y 45 días después de la siembra, con una dosis de 200 kg/ha, favoreciendo el crecimiento vegetativo y el desarrollo foliar. La fertilización fosforada empleó el producto “Más Raíz” (20% P₂O₅), aplicado de forma foliar a los 60, 75 y 90 días después de la siembra, según los niveles establecidos.

El control de malezas se realizó manualmente en el área experimental, complementado con el uso de Gramoxone (Paraquat 25%) en las zonas circundantes. En cuanto al manejo fitosanitario, se aplicaron 500 cc/ha de Cipermetrina para el control de insectos a los 15, 45 y 80 días después de la siembra, y 0,75 L ha⁻¹ de Copper sulphate pentahydrate como fungicida a los 30, 50 y 80 días.

Variables evaluadas

Altura de planta (cm)

Se midieron aleatoriamente 10 plantas por unidad experimental en intervalos de 30, 45, 60 y 80 días después de la siembra. Para cada medición, se utilizó un metro y se registró la distancia

desde la base del tallo hasta la hoja bandera. Los valores obtenidos se expresaron como un promedio en centímetros.

Número de macollos por planta

Esta variable fue evaluada durante un periodo de 80 días, registrando continuamente el número de macollos presentes en las plantas. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas dentro del área útil de cada unidad experimental, y se contabilizó el número de macollos generados por cada una.

Panículas a la cosecha

La cuantificación de las panículas se realizó sobre las mismas plantas seleccionadas para la evaluación de macollos, con la diferencia de que en esta etapa se contabilizaron solo las panículas efectivas.

Longitud de la panícula (cm)

Se seleccionaron al azar cinco panículas de cada parcela experimental y se midió la longitud desde el nudo ciliar hasta el apéndice, excluyendo las aristas. La longitud promedio se registró en centímetros.

Granos por panícula

Se tomó una muestra de cinco panículas seleccionadas aleatoriamente por unidad experimental, se contaron los granos en cada una y se calculó el promedio por tratamiento.

Peso de 1000 granos (g)

Se recolectaron 1000 granos de cada parcela experimental, los cuales fueron pesados con una balanza de precisión para obtener su peso total.

Rendimiento (kg ha⁻¹)

El rendimiento se calculó en base al peso de los granos obtenidos de la parte cosechable de cada área experimental, ajustado por un contenido de humedad del 14%. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula de normalización:

$$Pu (14\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Donde:

Pu= peso uniformizado (Kg)

Pa= Peso actual (kg)

Ha= Humedad actual (%)

Hd= Humedad deseada

Una vez ajustado el peso, se calculó la producción en una parcela de 2 x 2 metros (4 m²), con el objetivo de extrapolar estos datos al rendimiento por hectárea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta (cm)

Según el ADEVA, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable altura de planta ($p < 0,05$), con un coeficiente de variación que osciló entre 10,73% y 15,75%. El tratamiento T3 alcanzó registros destacados en cada una de las evaluaciones, sin embargo, no se diferenció estadísticamente de los demás tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2

Altura de plantas (cm) de arroz en condiciones de campo. Campus Universitario La María-UTEQ. Cantón Mocache, provincia de Los Ríos Ecuador, año 2023

Tratamientos	Altura de planta (cm)			
	30 días	45 días	60 días	80 días
T1: Sin aplicación	42,92 ^a	58,49 ^a	78,77 ^a	90,41 ^a
T2: 1 L ha ⁻¹	40,04 ^a	61,14 ^a	80,63 ^a	94,21 ^a
T3: 1,5 L ha ⁻¹	43,46 ^a	62,17 ^a	90,88 ^a	101,22 ^a
T4: 2 L ha ⁻¹	42,16 ^a	54,54 ^a	77,75 ^a	88,44 ^a
\bar{x}	42,14	59,08	82,00	93,57
C.V. (%)	11,15	15,75	15,19	10,73

Leyenda. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente según Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : promedio. C. V.: Coeficiente de variación.

Los resultados obtenidos en esta investigación sobre la altura de planta coinciden en ciertos aspectos con los hallazgos de otros estudios, pero también presentan algunas diferencias significativas. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, el tratamiento T3 (1,5 L ha⁻¹) presentó los mejores valores en cada uno de los tiempos de medición, alcanzando una altura de 101,22 cm a los 80 días, lo que sugiere un efecto positivo en el crecimiento de la planta, aunque sin alcanzar una diferencia estadística significativa frente a los otros tratamientos. Estos resultados difieren de los obtenidos por Bueno (2021), quien evaluó la aplicación de fertilizantes edáficos y foliares y reportó promedios superiores a los hallados en este estudio, pero coinciden en que los tratamientos con fertilizantes pueden tener un efecto positivo sobre la altura de las plantas de arroz.

Número de macollos por planta

Según el ADEVA, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable número de macollos por planta ($p \leq 0,05$), con un coeficiente de variación de 18,86%. El tratamiento T4 (31,80 macollos) presentó el mayor promedio, seguido de T2 (29,20 macollos), T3 (28,65 macollos) y T1 (25,20 macollos), sin embargo, todos los tratamientos fueron estadísticamente similares (Tabla 3).

Tabla 3

Número de macollos por plantas de arroz en condiciones de campo. Campus Universitario La María-UTEQ. Cantón Mocache, provincia de Los Ríos Ecuador, año 2023

Tratamientos	Número de macollos por planta
T1: Sin aplicación	25,20 ^a
T2: 1 L ha ⁻¹	29,20 ^a
T3: 1,5 L ha ⁻¹	28,65 ^a
T4: 2 L ha ⁻¹	31,80 ^a
\bar{x}	28,71
C.V. (%)	18,86

Leyenda. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente según Tukey ($p>0,05$). \bar{x} : promedio. C. V.: Coeficiente de variación.

En cuanto al número de macollos por planta, los resultados mostraron que no existieron diferencias estadísticas significativas, lo que sugiere que las aplicaciones de los diferentes tratamientos no influyeron de manera notoria. El tratamiento T4 (2 L ha⁻¹) alcanzó el mayor promedio (31,80 macollos), seguido de T2 (29,20 macollos) y T3 (28,65 macollos), sin embargo, los valores fueron estadísticamente similares. Estos resultados son superiores a los reportados por Rodríguez (2017), quien investigó la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en condiciones de riego y encontró promedios inferiores, lo que indica que las dosis de fertilizante fosforado utilizadas en este estudio podrían haber favorecido el aumento en la formación de macollos.

Panículas a la cosecha

Según el ADEVA, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable panículas a la cosecha ($p\leq 0,05$), con un coeficiente de variación de 12,50%. El tratamiento T4 (22,08 panículas) presentó el mayor promedio, seguido de T3 (21,17 panículas), T2 (19,83 panículas) y T1 (18,50 panículas), pero todos los tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí (Tabla 4).

Respecto a las panículas a la cosecha, los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas, aunque el tratamiento T4 (22,08 panículas) mostró el mayor promedio. Estos resultados coinciden en términos generales con los obtenidos por Díaz Almea y Contreras-Miranda (2022), Rodríguez (2017) y Bueno (2021), aunque no fueron superiores a los reportados por Celi et al., (2020). A pesar de no haber diferencias significativas, se sugiere que la aplicación de dosis de fertilizante fosforado podría haber favorecido la producción de panículas, aunque el efecto no fue lo suficientemente marcado como para generar diferencias estadísticas entre tratamientos.

Longitud de la panícula (cm)

En cuanto a la longitud de panícula, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p\leq 0,05$), con un coeficiente de variación de 6,34%. El tratamiento T4

(27,51 cm) alcanzó la mayor longitud promedio de panícula, seguido de T3 (26,88 cm), T2 (26,69 cm) y T1 (24,46 cm), sin embargo, las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas (Tabla 4).

En cuanto a la longitud de panícula, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas, aunque T4 (27,51 cm) alcanzó el mayor valor promedio. Este comportamiento es consistente con los resultados obtenidos por Rodríguez (2017) y Bueno (2021), quienes también observaron un aumento en la longitud de la panícula con el uso de ciertos tratamientos, pero sin llegar a ser estadísticamente diferente entre ellos. Los resultados de este estudio coinciden en cuanto a que la longitud de las panículas no se vio significativamente afectada por los tratamientos aplicados.

Granos por panícula

Para la variable granos por panícula, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$), con un coeficiente de variación de 7,38%. El tratamiento T4 (124,08 granos) presentó el mayor promedio de granos por panícula, seguido de T3 (123,34 granos), T2 (122,33 granos) y T1 (116,08 granos), siendo todos los tratamientos estadísticamente similares entre sí (Tabla 4).

Tabla 4

Panículas a la cosecha, longitud de panículas (cm) y granos por panículas en plantas de arroz en condiciones de campo. Campus La María-UTEQ. Cantón Mocache, Los Ríos Ecuador, año 2023

Tratamientos	Panículas a la cosecha	Longitud de panícula (cm)	Granos por panícula
T1: Sin aplicación	18,50 ^a	24,46 ^a	116,08 ^a
T2: 1 L ha ⁻¹	19,83 ^a	26,69 ^a	122,33 ^a
T3: 1,5 L ha ⁻¹	21,17 ^a	26,88 ^a	123,34 ^a
T4: 2 L ha ⁻¹	22,08 ^a	27,51 ^a	124,08 ^a
\bar{x}	20,40	26,39	121,46
C.V. (%)	12,50	6,34	7,38

Leyenda. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente según Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : promedio. C. V.: Coeficiente de variación.

Los resultados de granos por panícula también mostraron que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, a pesar de que T4 (124,08 granos) presentó el mayor promedio. Estos resultados fueron ligeramente inferiores a los encontrados por Zambrano (2019), quien reportó un promedio de 125,15 granos por panícula, pero inferiores a los de Rodríguez (2017), quien alcanzó aproximadamente 150 granos por panícula en su estudio sobre microorganismos promotores del crecimiento vegetal. Estos resultados sugieren que, aunque las dosis fertilizantes utilizadas en este estudio pudieron haber influido positivamente en la cantidad

de granos por panícula, los efectos no fueron lo suficientemente grandes como para superar los valores encontrados en otros estudios.

Peso de 1000 granos (g)

Según el ADEVA, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable peso de 1000 granos ($p \leq 0,05$), con un coeficiente de variación de 7,94%. El tratamiento T4 (35,03 g) presentó el mayor promedio de peso de 1000 granos, seguido de T3 (34,67 g), T2 (34,10 g) y T1 (32,85 g), pero todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Tabla 5).

Tabla 5

Peso de 1000 granos (g) en el cultivo de arroz en condiciones de campo. Campus Universitario La María-UTEQ. Cantón Mocache, provincia de Los Ríos Ecuador, año 2023

Tratamientos	Peso de 1000 granos (g)
T1: Sin aplicación	32,85 ^a
T2: 1 L ha ⁻¹	34,10 ^a
T3: 1,5 L ha ⁻¹	34,67 ^a
T4: 2 L ha ⁻¹	35,03 ^a
\bar{x}	34,16
C.V. (%)	7,94

Leyenda. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente según Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : promedio. C. V.: Coeficiente de variación.

El peso de 1000 granos, una variable clave en la productividad del arroz, mostró que los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas, aunque T4 (35,03 g) tuvo el mayor promedio. Estos resultados son superiores a los reportados por Rodríguez (2017), Bueno (2021) y Zambrano (2019) cuyos valores oscilaron entre 29,45 g y 31 g.

Rendimiento (kg ha⁻¹)

De acuerdo con el análisis de varianza (ADEVA), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en relación con el rendimiento ($p \leq 0,05$), presentando un coeficiente de variación del 19,63%. Aunque T4 (10657,19 kg ha⁻¹) y T3 (10043,72 kg ha⁻¹) mostraron los mayores rendimientos, no se diferenciaron significativamente de T2 (9265,83 kg ha⁻¹) ni de T1 (7882,41 kg ha⁻¹), todos los tratamientos fueron estadísticamente similares (Tabla 6).

Tabla 6

Rendimiento (kg ha^{-1}) en el cultivo de arroz en condiciones de campo. Campus Universitario La María-UTEQ. Cantón Mocache, provincia de Los Ríos Ecuador, año 2023

Tratamientos	Rendimiento (kg ha^{-1})
T1: Sin aplicación	7882,41 ^a
T2: 1 L ha^{-1}	9265,83 ^a
T3: 1,5 L ha^{-1}	10043,72 ^a
T4: 2 L ha^{-1}	10657,19 ^a
\bar{x}	9462,29
C.V. (%)	19,63

Leyenda. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente según Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} :

promedio. C. V.: Coeficiente de variación.

Finalmente, el rendimiento no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, a pesar de que T4 ($10657,19 \text{ kg ha}^{-1}$) y T3 ($10043,72 \text{ kg ha}^{-1}$) presentaron los mejores valores. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Zambrano (2019) (30), quien reportó un rendimiento de $3823,01 \text{ kg ha}^{-1}$ bajo el uso de fertilizantes orgánicos, y también a los de Díaz Almea y Contreras-Miranda (2022), quienes aplicaron biol, té de estiércol y ácido húmico. Aunque el rendimiento en este estudio fue más alto, no se encontró una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, lo que sugiere que otros factores podrían haber influido en la variabilidad del rendimiento y demás variables en este estudio.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación indican que la aplicación de fertilizante fosforado a una dosis de 2 L ha^{-1} mejora la capacidad de macollamiento y rendimiento en el cultivo de arroz, aunque no se encontraron diferencias significativas en las características agronómicas y productivas evaluadas. A pesar de ello, el tratamiento con 2 L ha^{-1} mostró una tendencia a mejorar la cantidad y longitud de las panículas, así como el rendimiento, sugiriendo un beneficio en el desarrollo del cultivo.

REFERENCIAS

- G. Bueno, «Efecto en el rendimiento de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) mediante el uso de dos fertilizantes edáficos y un fertilizante foliar», Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 2021.
- L. E. Carpio Valencia, G. E. García Vásquez, A. J. Coello Micles, F. J. Franco Morante, y O. I. Brunis Velásquez, «Evaluación de programas de fertilización sobre el comportamiento agronómico de híbridos de maíz (*Zea mays* L.)», *Conocimiento Global*, vol. 9, n.º 3, pp. 243–262, 2024, doi: 10.70165/cglobal.v9i3.464.
- R. Celi, E. Mosquera, J. Hurtado, y I. Ampuño, «INIAP - IMPACTO: Nueva variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano cristalino para consumo de la costa ecuatoriana», INIAP, Estación Experimental Litoral Sur, Programa de Arroz, 2020.
- Y. M. Díaz Almea y J. A. Contreras-Miranda, «Response of rice (*Oryza sativa* L.) crop to the application of biol, manure tea and humic acid», *Manglar*, vol. 19, n.º 1, pp. 85–90, 2022, doi: 10.17268/manglar.2022.011.
- FAO, «Tierras y Aguas. CLIMWAT», 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/es/>.
- INIAP, «Arroz», 2014. [En línea]. Disponible en: <https://tecnologia.iniap.gob.ec/arroz/>.
- J. E. León Paredes, C. G. Triviño Gilces, M. E. Martínez Soto, y A. M. Casassa Padrón, «Diagrama causal del efecto biocontrolador de la bacteria *Pasteuria* sp. sobre el nematodo fitoparásito *Hirschmanniella* spp. en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)», *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, vol. 5, n.º 38, pp. 70–85, 2021, doi: 10.29018/issn.2588-1000vol5iss38.2021pp70-85.
- W. Lu, K. N. Addai, y J. N. Ng'ombe, «Impact of improved rice varieties on household food security in Northern Ghana: A doubly robust analysis», *Journal of International Development*, vol. 33, n.º 2, pp. 342–359, 2021, doi: 10.1002/jid.3525.
- I. D. Maldonado y D. M. Reyes, «Optimización financiera del uso de drones en cultivos extensivos: Caso de estudio cultivo de arroz en el municipio de Trinidad, Casanare, Colombia», *Espacios*, vol. 44, n.º 3, pp. 87–104, 2023, doi: 10.48082/espacios-a23v44n03p07.
- M. Rodríguez, «Respuesta del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) a la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal bajo condiciones de riego, en Vinces-Ecuador», Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2017.
- O. D. Romero, L. A. Torres, O. M. Castro, y T. R. Alvarado, «Fertilização específica do local no cultivo do arroz», *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, vol. 5, n.º 4, pp. 4251–4266, 2022, doi: 10.34188/bjaerv5n4-065.

- I. Saha, A. Durand-Morat, L. L. Nalley, M. J. Alam, y R. Nayga, «Rice quality and its impacts on food security and sustainability in Bangladesh», *PLoS ONE*, vol. 16, n.º 12, e0261118, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0261118.
- SIPA, «Reportes dinámicos», Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2022. [En línea]. Disponible en: <https://sipa.agricultura.gob.ec/>.
- D. Zambrano, «Efectos de la aplicación de tres abonos orgánicos comerciales en las características agronómicas y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)», Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 2019.
- P. Zhan, W. Zhu, T. Zhang, y N. Li, «Regional inequalities of future climate change impact on rice (*Oryza sativa* L.) yield in China», *Science of The Total Environment*, vol. 898, 165495, 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165495.