

DOSIS ÓPTIMA DE NITRÓGENO PARA LA VARIEDAD DE ARROZ IDIAP FL ALANJEÑA-22¹

**Luis A. Barahona-Amores²; Rubén D. Samaniego-Sánchez³;
Rubén E. Rodríguez-Navarro⁴**

RESUMEN

Para optimizar la eficiencia del uso de nitrógeno (N), hay que enfocar su manejo en base a una sincronización adecuada de su balance en el suelo con la demanda de la planta. Este estudio tuvo como objetivo determinar la dosis óptima de nitrógeno para la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22, para un manejo eficiente de la fertilización nitrogenada. El ensayo se realizó en Tonosí, Los Santos, Panamá, durante los meses de agosto a diciembre de los ciclos agrícolas 2021 y 2022. Se evaluaron seis dosis que van de 0 a 250 kg N/ha con P y K constante, utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas. Se evaluó altura de planta, acame, días a floración y maduración, reacción a enfermedades, NDVI, clorofila, %N foliar, cobertura vegetal y rendimiento de grano. Se realizaron análisis de varianza y separación de medias con DMS, análisis de correlación y análisis de regresión no lineal con los modelos Cuadrático (MC), Cuadrático Plateau (CP) y Lineal Plateau (LP). Se encontró diferencia en las variables con respecto a las dosis de N, exceptuando los días a floración y maduración. Las dosis de 100, 150, 200 y 250 kg N/ha mostraron mayor altura de planta, acame, pircularia, pircularia al cuello, manchado de grano, NDVI, clorofila, %N y % cobertura, mientras que no existió diferencia en rendimiento a partir de 100 kg N/ha. La dosis óptima encontrada difiere con el modelo de regresión utilizado, con valores de 101, 136 y 182 kg N/ha con el LP, CP y MC, respectivamente. El modelo CP tuvo una mejor precisión para calcular la dosis óptima de N, con datos más cercanos a cero en la diferencia de los valores observados menos los esperados y un R^2 de 0,97, con respecto a los otros modelos, indicando así que la dosis óptima económica de N para la variedad IDIAP FL Alanjeña-22 es de 126 kg N/ha.

Palabras clave: Clorofila, fertilización, NDVI, regresión, rendimiento.

¹Recepción: 13 de febrero de 2025. Aceptación: 06 de marzo de 2025.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria Azuero (CIA Az). M.Sc. Manejo de suelos y agua. e-mail: alberline@gmail.com;
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5824-7688>

³IDIAP, CIA Az. M.Sc. Agricultura ecológica. e-mail: rubensama15@gmail.com;
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9910-5678>

⁴IDIAP, CIA Az. Tec. Cultivos agroexportables. e-mail: rbrodriguez@gmail.com;
ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0006-5485-7116>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

OPTIMAL NITROGEN DOSE FOR THE IDIAP FL-ALANJEÑA-22 RICE VARIETY

ABSTRACT

To optimize the efficiency of nitrogen (N) use, its management must be focused on an adequate synchronization of its balance in the soil with the demand of the plant. This study aimed to determine the optimal nitrogen dose for the IDIAP FL Alanjeña-22 rice variety, for efficient management of nitrogen fertilization. The trial was carried out in Tonosí, Los Santos, Panama, during the months of August to December of the 2021 and 2022 agricultural cycles. Six doses ranging from 0 to 250 kg N/ha with constant P and K were evaluated, using a randomized complete block design with three replications. Plant height, lodging, days to flowering and maturation, reaction to diseases, NDVI, chlorophyll, foliar %N, plant cover, and grain yield were evaluated. Variance analysis and mean separation with DMS, correlation analysis and nonlinear regression analysis were performed with the Quadratic (MC), Quadratic Plateau (CP) and Linear Plateau (LP) models. Statistical differences were found in the variables with respect to the N doses, except for the days to flowering and ripening. The doses of 100, 150, 200 and 250 kg N/ha showed greater plant height, lodging, blast, neck blast, grain spotting, NDVI, chlorophyll, %N and % cover, while there was no difference in yields from 100 kg N/ha. The optimal dose found differs with the regression model used, with values of 101, 136 and 182 kg N/ha with LP, CP and MC, respectively. The CP model had a better accuracy in calculating the optimal N dose, with data closer to zero in the difference between the observed values minus the expected values and an R^2 of 0.97, compared to the other models, thus indicating that the optimal economic dose of N for the IDIAP FL Alanjeña-22 variety is 126 kg N/ha.

Keywords: Chlorophyll, fertilization, NDVI, regression, yield.

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño, donde el consumo anual per cápita es de más de 70 kg/año. En consecuencia, su producción tiene una gran importancia a nivel social, político, económico y en especial en lo relacionado a la seguridad alimentaria del país (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009).

Para el año 2024, se sembraron alrededor de 86 717 ha, de las cuales el 84% fue bajo el sistema de secano y solo un 16% bajo riego. El rendimiento promedio fue de 4,4



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

t/ha, con una producción total de 374 443 toneladas. El costo de producción por hectárea para esta zafra estuvo en B/. 2 700,00 donde el 21% corresponde al uso de fertilizantes (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2024).

El nitrógeno (N) es el elemento mineral más abundante en la mayoría de los cultivos y el principal factor limitante en la producción de arroz (Gu & Yang, 2022). De los fertilizantes químicos sintetizados de nitrógeno, el 16% se aplica al arroz (Ladha et al., 2016). Las fuentes amoniacales son las más utilizadas en este cultivo, dentro de estas la urea se destaca por ser más económica, accesible al agricultor y con alto contenido de nitrógeno (Scivittaro et al., 2010), al igual que han proporcionado respuestas agronómicas favorables en comparación a otras fuentes de N (Ribeiro Barzan et al., 2022).

El ciclo del N en el campo de arroz es complejo y hay muchos factores que influyen en las reacciones de oxidación/reducción (Coskun et al., 2017). Para optimizar la eficiencia del uso de N en el cultivo de arroz, hay que enfocar su manejo en base a una sincronización adecuada del balance de N en el suelo con la demanda de N por la planta (Dobermann & Fairhurst, 2005). Benintende et al. (2011), reportan valores promedio de nitrógeno absorbido durante todo el ciclo del cultivo para tres cultivares de arroz de 119 kg N/ha. En Uruguay, reportan para el cultivo de arroz absorción de 170 kg/ha de N (Deambrosi & Méndez, 2007). Diversos estudios en Panamá han reportado absorción de N en distintas variedades de arroz que van desde 144 hasta 233 kg/ha de N (Villarreal Barrera, 2018; Barahona Amores et al., 2018; Barahona Amores et al., 2019). Varios investigadores han evaluado la respuesta del cultivo de arroz a distintas dosis de N aplicados, reportando dosis óptimas de 44 kg/ha en la variedad IDIAP 2503, 71 kg/ha en la variedad Colombia XXI, 73 kg/ha en las variedades IDIAP-2503 e IDIAP 3003, 84 kg/ha para la variedad CR-5272 (Villarreal-Núñez et al., 2007); 120 kg/ha en la variedad CR 1113 (Quirós-Herrera & Ramírez-Martínez, 2006); 160 kg/ha en la variedad IN-15 (Zamora, 2012) y 180 kg/ha en la variedad NutriZinc (Zamora Laguna & Díaz Sevilla, 2022).

El objetivo de este trabajo fue determinar la dosis óptima física y económica de nitrógeno en la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22, en condiciones de secano, para un manejo eficiente de la fertilización nitrogenada.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica

El estudio se realizó en el Instituto Profesional Técnico Agropecuario de Tonosí (IPTAT), ubicado en el corregimiento de El Cacao, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos, entre los 7°26'03" de latitud Norte y los 80°24'37" longitud Oeste (Figura 1). Los suelos fueron clasificados como Typic Udifluvents, textura franca con régimen de humedad y temperatura Údico, e Isohipertérmico (MIDA, 2015), y dentro de la zona de vida correspondiente a Bosque Húmedo Tropical (Holdridge, 1978).

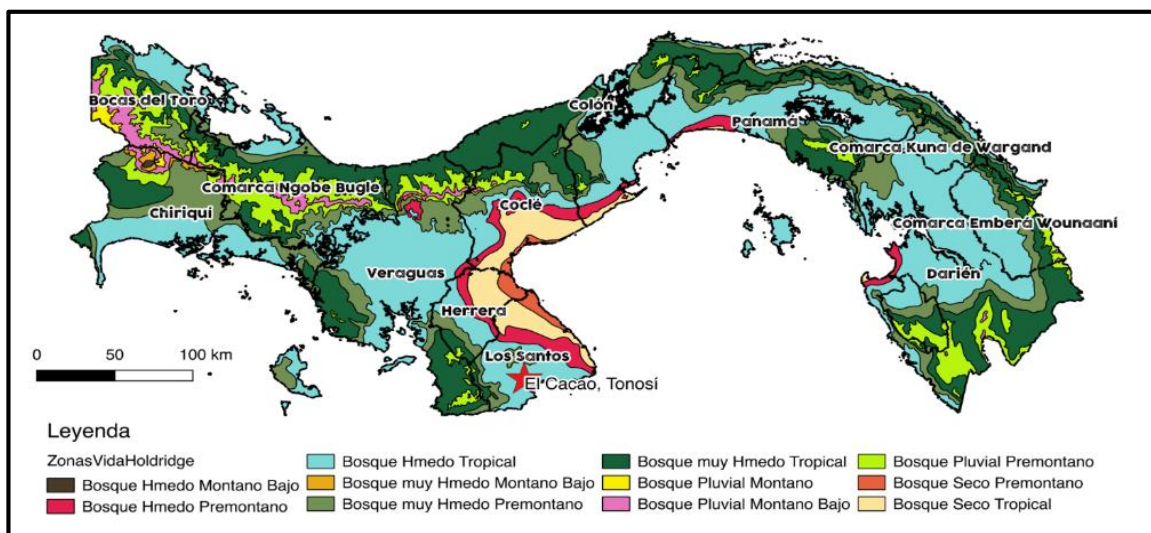


Figura 1. Localización geográfica del estudio de dosis óptima de nitrógeno de acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1978).

Características edafoclimáticas

El contenido de nutrientes según los niveles críticos establecidos por Name & Cordero (1987), presenta niveles altos de calcio (Ca) y magnesio (Mg); niveles medios de potasio (K), fósforo (P), manganeso (Mn), hierro (Fe) y de cobre (Cu); además unos niveles bajos de aluminio (Al) y zinc (Zn). En cuanto a sus características físico-químicas, presenta una textura franco arcillosa, con una coloración en seco pardo amarillo claro, pH poco ácido, una capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) media, con una baja saturación de aluminio y una elevada saturación de bases, la cual está dominada por la saturación de calcio (71,2%) y un nivel bajo de materia orgánica (Cuadro 1).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para el 2021, durante el desarrollo del experimento, la precipitación acumulada fue de 813 mm, donde se presentaron periodos de estrés hídrico debido a una escasa precipitación en el mes de septiembre (83 mm), con una temperatura media de 25,7° C, humedad relativa media de 58% y una radiación promedio de 147 watt/m². Para el 2022 la precipitación acumulada fue de 1310 mm, con una temperatura media de 26,1° C, humedad relativa media de 57% y una radiación promedio de 155 watt/m² (Cuadro 2).

Cuadro 1. Características fisicoquímicas del suelo utilizado en el estudio de dosis óptima de nitrógeno, El Cacao, Tonosí.

P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
mg kg ⁻¹		Cmol(+) kg ⁻¹			mg kg ⁻¹			
40,0	104,5	15,5	5,8	0,2	18,9	53,6	1,8	4,3
Textura	color	CICE		pH	Al	bases	M.O.	
		Cmol(+) kg ⁻¹		1:2.5	% saturación		%	
FRA	Pardo A. C	21,7		6,4	0,92	99,08	0,4	

Fuente: Resultados del Laboratorio de fertilidad de suelos del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), 2021.

Cuadro 2. Variables climáticas durante el desarrollo del ensayo de dosis óptima de nitrógeno. El Cacao, Tonosí.

Año	Mes	HR	VV	Rad	Tmin	Tmax	Tmedia	ppt	ppt acum
		%	(m/s)	(w/m ²)	°C			(mm)	
2021	Agosto	60	0,4	145	22,9	31,2	25,5	187	
	Septiembre	60	0,3	147	23,2	31,9	25,6	83	
	Octubre	62	0,4	142	23,3	32,9	25,6	294	813
	Noviembre	59	0,4	134	22,6	32,3	25,3	216	
	Diciembre	48	0,8	168	23,0	33,7	26,6	33	
2022	Agosto	61	0,3	140	22,2	30,1	26,2	246	
	Septiembre	59	0,3	157	21,9	30,3	26,1	263	
	Octubre	61	0,3	139	22,0	30,0	26,0	320	1310
	Noviembre	62	0,3	134	21,4	29,7	25,6	471	
	Diciembre	40	1,0	205	21,0	32,5	26,8	10	

Nota: HR= humedad relativa, VV= velocidad del viento, Rad= radiación solar, Tmin= temperatura mínima, Tmax= temperatura máxima, Tmedia= temperatura media, ppt= precipitación, ppt acum= precipitación acumulada. Fuente: adaptado de Batista et al. (2021, 2022).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Material genético

Se utilizó la variedad IDIAP FL Alanjeña-22, la cual presenta la floración a los 82 días y maduración a los 109 días después de germinado, por lo que se considera una variedad de ciclo precoz (Cuadro 3). Con altura de planta de 99 cm, capacidad de producir 15 hijos productivos en promedio; tiene un hábito de crecimiento intermedio. Presenta tolerancia a Piricularia al follaje y Cuello de la panícula, Escaldado de la hoja, Helmintosporiosis, Manchado del grano, Espiga erecta y Bacteriosis. Tolerante al acaro *Steneotarsonemus spinki*. Tiene un potencial de rendimiento medio de 5,4 t·ha⁻¹ en condiciones de secano (Quiros McIntire et al., 2022).

Cuadro 3. Etapas fenológicas de la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22 en días y tiempo termal.

Etapa	Fenología	ddg	°C-día	%CC
V ₁	primera hoja verdadera	3 ± 1	54 ± 5	9 ± 2
V ₄	inicio macollamiento	18 ± 1	258 ± 5	20 ± 2
V ₈	máximo macollamiento	36 ± 3	648 ± 7	72 ± 4
V ₁₀ -R ₀ (IP)	Primordio	47 ± 3	889 ± 8	86 ± 3
V ₁₃ -R ₂	embuchamiento	67 ± 4	1231 ± 6	92 ± 1
R ₄	floración	82 ± 4	1479 ± 8	93 ± 2
R ₆	grano lechoso	93 ± 4	1656 ± 9	90 ± 1
R ₇	grano pastoso	96 ± 3	1700 ± 10	88 ± 2
R ₉	maduración	109 ± 4	1930 ± 16	65 ± 5

Nota: ddg= días después de germinado, °C·día= Tiempo termal acumulado, %CC= porcentaje de cobertura vegetal.

Tratamientos

Se evaluaron seis dosis de nitrógeno por hectárea, utilizando Urea (46% N) como fuente, la cual se aplicó de manera fraccionada 20% a los 0 días (el abono de fondo), 25% a los 20 días después de germinado (inicio de macollamiento), 30% a los 40 días después de germinado (macollamiento activo) y 25% a los 50 días después de germinado (inicio de primordio floral), como se muestra en el Cuadro 4.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 4. Dosis de nitrógeno a evaluadas en el experimento

Tratamiento	Dosis N kg/ha
1 (testigo)	0
2	50
3	100
4	150
5	200
6	250

Arreglo en campo y manejo

La unidad experimental fue una parcela de 10 hileras de 5 m de longitud, separada a 0.20 m una de la otra (10 m²), con una separación de 0.5 m entre tratamientos. La parcela efectiva estuvo constituida por las seis hileras centrales a las que se eliminaron 0,50 m de borde en cada extremo (4,8 m²). La densidad de siembra fue 100 kg/ha semilla. Se empleó una fertilización básica de 80 kg/ha de P₂O₅ utilizando la fórmula 0-40-0-30(Ca) y 80 kg/ha de K₂O utilizando KCl como fuente de K (0-0-60), en donde el total del P y K se aplicó en su totalidad a la siembra. El manejo agronómico en cuanto a control de malezas, insectos y enfermedades se realizó de acuerdo con las tecnologías generadas por el IDIAP para el manejo integrado del cultivo de arroz (Camargo et al., 2014). El sistema utilizado fue en seco (dependiente de las lluvias).

Diseño experimental

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar, con seis tratamientos y tres repeticiones, de acuerdo con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + Rep_i + Trat_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} es valor del carácter estudiado; μ es la media general; Rep_i es el efecto de la repetición; $Trat_j$ = efecto de la dosis de N y ε_{ij} es el error experimental.

VARIABLES DE ESTUDIO

Se midió cobertura vegetal en etapa de hoja bandera (V_{13}) con la aplicación canopeo; el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) en etapa V_{13} , utilizando un dron con cámara multiespectral (DJI phantom multiespectral); la concentración foliar



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de N en V_{13} , por el método Kjeldahl descrita por Villarreal y Name (1996); contenido de clorofila en V_{13} (clorofilómetro Minolta SPAD 502®); contenido de N en suelo (medidor portátil ZD tester); se midió altura de planta, acame, piricularia (BI), piricularia al cuello (NBI) y manchado de grano (GID) según el sistema de evaluación estándar para arroz (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1983); producción de biomasa seca y rendimiento grano paddy limpio y seco al 14% humedad.

Análisis estadístico

Para las variables agronómicas y de reacción a enfermedades, se realizó un análisis de varianza y de encontrar diferencias se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), utilizando un alfa de 0,05. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat versión 2020 profesional (Balzarini et al., 2008).

Se determinó el nivel óptimo físico de N, utilizando los modelos de regresión Lineal-Plateau, Cuadrático-Plateau y Cuadrático (Cuadro 5), tomando como referencia los trabajos realizados por Gordón et al. (2004). Para la dosis óptima económica (DOE) se utilizó la metodología CNRT (Crop Nutrient Response Tool), descrita por Ron (2013), tomando como referencia para este cálculo una Tasa mínima de retorno de 15%, el valor por kg de arroz paddy B/.0,54 y el costo por kg de N aplicado en campo de B/.1,72 lo que da una relación de precios de B/.3,75. En el cálculo de la DOE para los modelos Cuadrático-Plateau y Cuadrático se utilizó la ecuación $DOE = (R-B)/(2C)$, en donde R es la relación de precios; B es la pendiente inicial o coeficiente lineal (β_1) y C es la curvatura o coeficiente cuadrático (β_2). Para el modelo Lineal-Plateau se calculó el intervalo de confianza al 95%, utilizando el límite inferior como DOE según Bachmaier (2012), ya que para este modelo el óptimo económico es igual a la transición de la línea recta creciente a la horizontal (óptimo físico), a menos que la relación de precios sea mayor que el gradiente de la línea recta creciente lo que, sin embargo, normalmente no se aplica.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 5. Modelos de regresión utilizados para el cálculo de la dosis óptima de nitrógeno en la variedad IDIAP FL Alanjeña-22.

Modelo lineal-Plateau	Modelo cuadrático	Modelo cuadrático-Plateau
$Y = \beta_0 + \beta_1 X$ si $X < C$ $Y = P$ si $X > C$	$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$	$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$ si $X < C$ $Y = P$ si $X > C$
Donde: Y= Rendimiento (kg/ha) β_0 = intercepto β_1 = coeficiente lineal X= dosis N (kg/ha) C= dosis crítica de cambio P= rendimiento Plateau	Donde: Y= Rendimiento (kg/ha) β_0 = intercepto β_1 = coeficiente lineal β_2 = coeficiente cuadrático X= dosis N (kg/ha)	Donde: Y= Rendimiento (kg/ha) β_0 = intercepto β_1 = coeficiente lineal β_2 = coeficiente cuadrático X= dosis N (kg/ha) C= dosis crítica de cambio P= rendimiento Plateau

Fuente: adaptado de Gordón et al. (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

Se encontró respuesta a la aplicación de dosis de nitrógeno en altura de planta, vigor, acame, piricularia al cuello y follaje, manchado de grano, contenido de clorofila, NDVI, contenido de nitrógeno en suelo y follaje, cobertura vegetal, producción de biomasa y rendimiento de grano. Mientras que, para días a floración, días a maduración y la interacción entre las dosis de N y los años, sin diferencia (Cuadro 6).

Las mayores alturas de planta se encontraron con las dosis de 150, 200 y 250 kg N/ha, donde partir de los 150 kg N/ha, esta altura sobrepasa el tamaño promedio reportado por Quirós McIntire et al. (2022) para esta variedad (99 cm). Estos resultados coinciden con los reportados por Pérez & Dorta (2003) y los de Zamora & Díaz (2022), donde a medida que aumentaban la dosis de N se incrementaba la altura de la planta de arroz, pero difieren con Espinoza Larreta (2014), sin diferencia en alturas de planta en arroz utilizando distintas dosis de N aplicadas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 6. Valores medios, significancia del análisis de varianza combinado (2 años) y separación de medias por DMS (α 0,05).

kg N/ha	Altura	flor	Mat	Acame	BI	NBI	GID	NDVI	SPAD	N foliar	N suelo	CC	Biomasa	Rend
	cm	días			Escala 0-9			unidad	%	mg/kg	%	t/ha		
0	92	83	113	1,0	2,0	1,7	2,5	0,50	27,1	1,2	31,0	57,5	4,5	2,2
50	94	82	112	1,0	2,0	1,8	2,5	0,54	32,3	1,9	33,0	72,7	8,2	4,0
100	98	81	111	1,0	1,5	1,8	2,7	0,71	35,3	2,7	41,3	88,3	14,3	5,5
150	104	81	111	1,2	1,8	2,3	3,2	0,73	37,9	2,8	41,3	92,0	17,1	5,6
200	106	80	110	1,5	2,7	2,8	2,8	0,82	39,0	2,8	40,7	93,7	19,6	5,5
250	108	81	111	2,2	2,8	3,0	3,0	0,83	39,9	2,9	40,3	94,7	20,4	5,5
Media	100,3	81,2	111,2	1,3	2,1	2,3	2,8	0,7	35,3	2,4	37,9	83,1	14,0	4,7
CV%	1,4	0,6	0,5	15,7	8,2	12,2	10,7	4,7	6,2	7,7	6,0	1,7	5,3	2,7
P-valor	<0,01	0,061	0,063	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DMS	2,5	3,0	3,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,1	4,0	0,7	4,2	2,5	1,4	0,2

Nota: flor= días a floración, Mat= días a maduración, BI= pircularia, NBI= pircularia al cuello, GID= manchado de grano, NDVI= índice diferencial de vegetación normalizado, SPAD= contenido de clorofila, CC= cobertura vegetal, Rend= rendimiento de grano, CV= coeficiente de variación, P-valor= probabilidad, DMS= diferencia mínima significativa.

Independientemente de la cantidad de nitrógeno que se aplicó, el tiempo que tardó la planta en completar su ciclo de desarrollo fue el mismo, con valores similares para días a floración que van de 80 a 83 y días a maduración entre 110 y 113. Estos datos coinciden con los reportados por Quirós McIntire et al. (2022), donde reporta días a floración de 82 ± 4 y días a maduración de 109 ± 4 para la IDIAP FL Alanjeña-22. Resultados similares reportan Gabrielli & Pintos (2013), quienes no encontraron diferencia en los días a floración con diferentes dosis de N aplicadas al cultivo de arroz.

En dosis de 0 hasta 150 kg N/ha, el acame estuvo ausente, mientras que dosis altas (200 y 250 kg N/ha), mostraron plantas acamadas. Dobermann & Fairhust (2005) y Riveros & Rodríguez (2010), indican que aplicaciones excesivas de N provocan volcamiento causado por la producción de tallos largos y delgados, mientras que Solís Vera (2024), menciona los excesos de N en arroz provoca un crecimiento excesivo acarreado problemas de acame. Gutiérrez (2011), reporta que los tratamientos con mayor dosis de N presentaron menor resistencia al acame en el cultivo de arroz.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En cuanto la reacción a Piricularia al follaje (BI), los menores valores se presentaron en dosis de 100 a 150 kg N/ha, siendo diferente a los observados en dosis bajas (0 y 50 kg N/ha) y altas (200 y 250 kg N/ha). Huichuan et al. (2017), mencionan que, en condiciones de alta disponibilidad de nitrógeno, la severidad de Piricularia aumenta, mientras que Martínez et al. (2022), indican que dentro de los factores más determinantes en la incidencia y severidad de patógenos como la Piricularia está el desbalance nutricional.

A partir de los 150 kg N/ha, los valores de Piricularia al cuello (NBI), fueron superior a los presentados con las dosis más bajas. Estos resultados difieren con los reportados por Gutiérrez (2011), quien encontró similitud en valores de Piricularia al cuello utilizando distintos niveles de fertilización nitrogenada en arroz.

En manchado de grano (GID), la utilización de altas dosis de nitrógeno (superior a 150 kg N/ha), mostraron los valores más elevados. Pinciroli et al. (2004) y Gutiérrez (2011), encontraron que mayores niveles de N implicaban mayor incidencia en el manchado de granos en arroz. Córdoba (2024), reportan similitudes significativas por manchado de grano, pero observaron los mayores valores del manchado en la dosis alta de nitrógeno.

Los mayores valores de NDVI se presentaron con dosis desde 100 hasta 250 kg N/ha, siendo estos valores distintos a los observados en las dosis bajas (0 y 50 kg N/ha) (Figura 2a). Se determinó que a mayores valores de NDVI se presentó mayor rendimiento de grano (Figura 2b). Marchesi & Castillo (2016), reportan que el NDVI tomado después del primordio floral es un buen indicador para determinar el rendimiento en el cultivo de arroz, mientras que Barrero Mendoza & Castilla Lozano (2019), encontraron una alta correlación entre el NDVI y la cantidad de N aplicado. Coincidiendo con Córdoba (2024), quien reporta que a dosis altas de nitrógeno se observó valores mayores NDVI siendo significativamente diferente a dosis medias y bajas aplicadas al cultivo de arroz.

Los valores del clorofilómetro fueron superiores en las dosis de 150 a 250 kg N/ha, con lecturas entre 38 y 40 unidades SPAD, mostrando una correlación positiva con los valores NDVI ($r: 0,87$), contenido foliar de N ($r: 0,84$) y con rendimiento ($r: 0,89$). Trabajos realizados por Hernández & Luna (2014) y Pocojeski et al. (2015), encontraron una



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

correlación positiva entre el contenido de N en las hojas de arroz y la lectura del clorofilómetro. Garcés & Castilla (2015), igualmente encontraron que a mayor cantidad de N mayor valores SPAD, sin embargo, consideran que 35 es un valor mínimo en el cual se debe planificar la fertilización nitrogenada (valor obtenido en este estudio a dosis de 100 kg N/ha), y que valores por debajo del mínimo (35 unidades SPAD) pueden llevar a la planta de arroz a un estado de estrés afectando su potencial de producción.

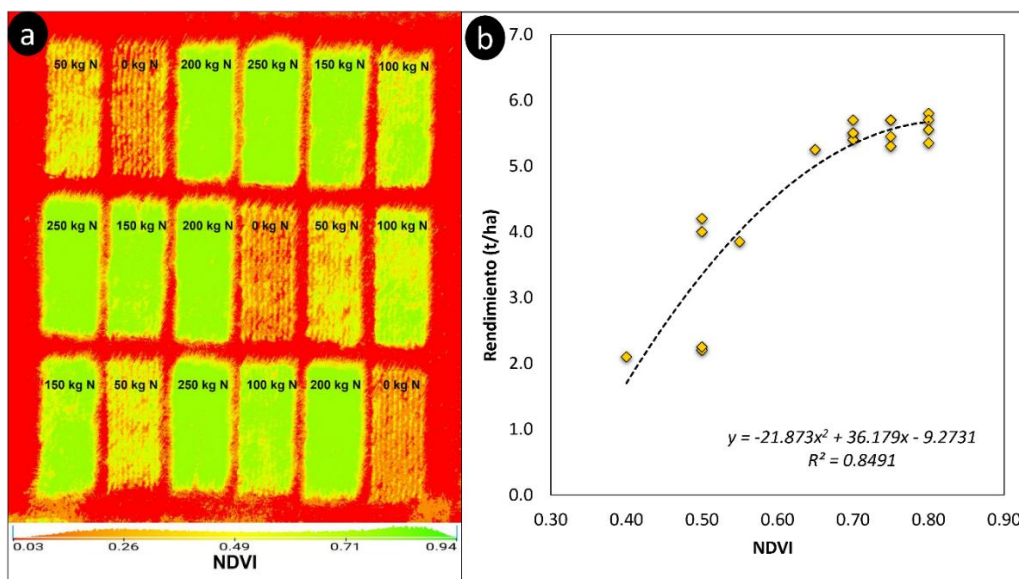


Figura 2. Orthomosaico con valores de NDVI en distintas dosis de N aplicado (a) y regresión de los rendimientos de granos según valores NDVI en etapa de hoja bandera (V₁₃).

El contenido de N foliar fue mayor en las dosis desde 100 kg N/ha hasta 250 kg N/ha con valores entre 2,7 y 2,9%, con respecto a las dosis de 0 a 50 kg N/ha (1,2 y 1,9%, respectivamente). Villarreal-Núñez et al. (2007), mencionan diferencia en el contenido foliar de N respecto a dosis crecientes de N evaluadas. Molina & Rodríguez (2012), encontraron que las dosis superiores a 80 kg N/ha presentaron valores por encima de 2,5%. El rango óptimo de contenido de N en la etapa de hoja bandera esta entre 2,2 y 3,0%, con un nivel crítico para la deficiencia <2,0% de nitrógeno (Dobermann & Fairhurst, 2005).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La cobertura vegetal a partir de los 150 kg N/ha fue mayor al 90%, siendo estadísticamente superior a las dosis de 0 hasta 100 kg N/ha. Córdoba (2024), reporta que con dosis altas y medias de nitrógeno se obtuvieron mayores porcentajes de cobertura vegetal siendo diferente que a dosis bajas, similar a lo reportado por Castillo y Silva (2020), donde a dosis media y alta (100 y 150 kg N/ha), presentaron mayor cobertura vegetal en arroz, superior a las observadas con dosis bajas (0 y 50 kg N/ha). Elevadas dosis de N pueden producir un sombreado entre sus hojas por el crecimiento vegetativo excesivo, lo cual puede incrementar el número de hijos improductivos (Dobermann & Fairhurst, 2005).

La producción de biomasa se incrementó con las dosis crecientes de nitrógeno, donde el testigo (0 kg N/ha) obtuvo 4,5 t/ha y la mayor dosis evaluada (250 kg N/ha) produjo 20,4 t/ha, mostrando una correlación positiva ($r: 0,82$). Pérez & Dorta (2003) y Alfonso et al. (2012), expresan que a mayor dosis de nitrógeno aplicado aumentaba la producción de biomasa en distintas variedades de arroz, sin representar un aumento en el rendimiento.

Hubo respuesta significativa en el rendimiento a la aplicación de nitrógeno, con un rendimiento medio de 5,7 t/ha con 150 kg N/ha, siendo similar a los obtenidos en las dosis de 100, 200 y 250 kg N/ha, indicando que a partir de los 100 kg N/ha no se incrementaron los rendimientos con mayores aplicaciones de N. Diversos autores han encontrado respuestas a los rendimientos máximos en arroz con dosis de N que varían desde 60 kg/ha (Pérez & Dorta, 2003), 80 kg/ha (Villarreal-Núñez et al., 2007), 100 kg/ha (Garcés & Castilla, 2015; Arias Badilla et al., 2020), 120 kg/ha (Hernández & Luna, 2014; Zamora & Díaz, 2022), 140 kg/ha (Flores, 2017) y 180 kg/ha (González & Brenes, 2021). Estos resultados reafirman lo descrito por Dobermann & Fairhurst (2005), quienes describen que la respuesta del rendimiento de arroz a la fertilización nitrogenada depende de la variedad utilizada, tipo de suelo, condiciones climáticas, tipo de fertilizante, época de aplicación, sistema de cultivo y método de aplicación.

Análisis de Regresión

La dosis óptima de nitrógeno obtenidas variaron según el modelo de regresión utilizado, las cuales estuvieron en 101 kg N/ha con el modelo Lineal Plateau, 136 kg N/ha con el modelo Cuadrático Plateau y 182 kg N/ha con el modelo Cuadrático. Resultados



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

similares fueron reportados en maíz por Gordon et al. (2004) y Pagani et al. (2008), donde obtuvieron dosis óptimas de nitrógeno menores, medias y mayores utilizando los modelos Lineal Plateau, Cuadrático Plateau y Cuadrático respectivamente.

Los coeficientes de determinación (R^2), fueron similares en los tres modelos evaluados, presentando un buen ajuste que explica más del 95% de la variación del rendimiento en función de las dosis de nitrógeno (Figura 3), indicando que bajo este parámetro cualquiera de los tres modelos podrían ser empleados para calcular la dosis de nitrógeno. Esto sugiere que utilizar el coeficiente de determinación como criterio de selección para elegir el mejor modelo es limitado, tal como lo mencionan Rebolledo Robles (1998) y Martin et al. (2016).

A fin de evaluar la aptitud de los tres modelos para describir los conjuntos de datos, se realizó un análisis de residuales (diferencia entre los valores predichos y observados), para cada uno de ellos (Cuadro 7), tal como lo describe Gordon et al. (2004) y Pagani et al. (2008), observando que el modelo Cuadrático Plateau presenta los valores cercanos a cero (-3,6) en relación a los otros modelos, lo que indica que bajo este parámetro es el modelo con mayor precisión, como lo describen Cerrato & Blackmer (1990).

Por otro lado, a cada modelo de regresión se le estimó su varianza (Cuadro 7), observando que al contrario de lo que ocurre con los valores de los R^2 , las varianzas muestran notables diferencias, donde al igual con lo ocurrido con el parámetro de los residuos, el modelo Cuadrático Plateau mostró una varianza menor, respecto al modelo Lineal Plateau y Cuadrático. Según lo indica Rebolledo Robles (1998), es lógico concluir que mientras más pequeño es el valor de la varianza de un determinado modelo de regresión, mejor es el ajuste del modelo a los datos experimentales, menor es el sesgo y mejor es la explicación que dicho modelo hace del fenómeno que se está estudiando. Balzarini et al. (2008), indican que la comparación de modelos alternativos de regresión no lineal se basa en varios criterios y que en general se busca que el valor de la varianza sea lo menor posible.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

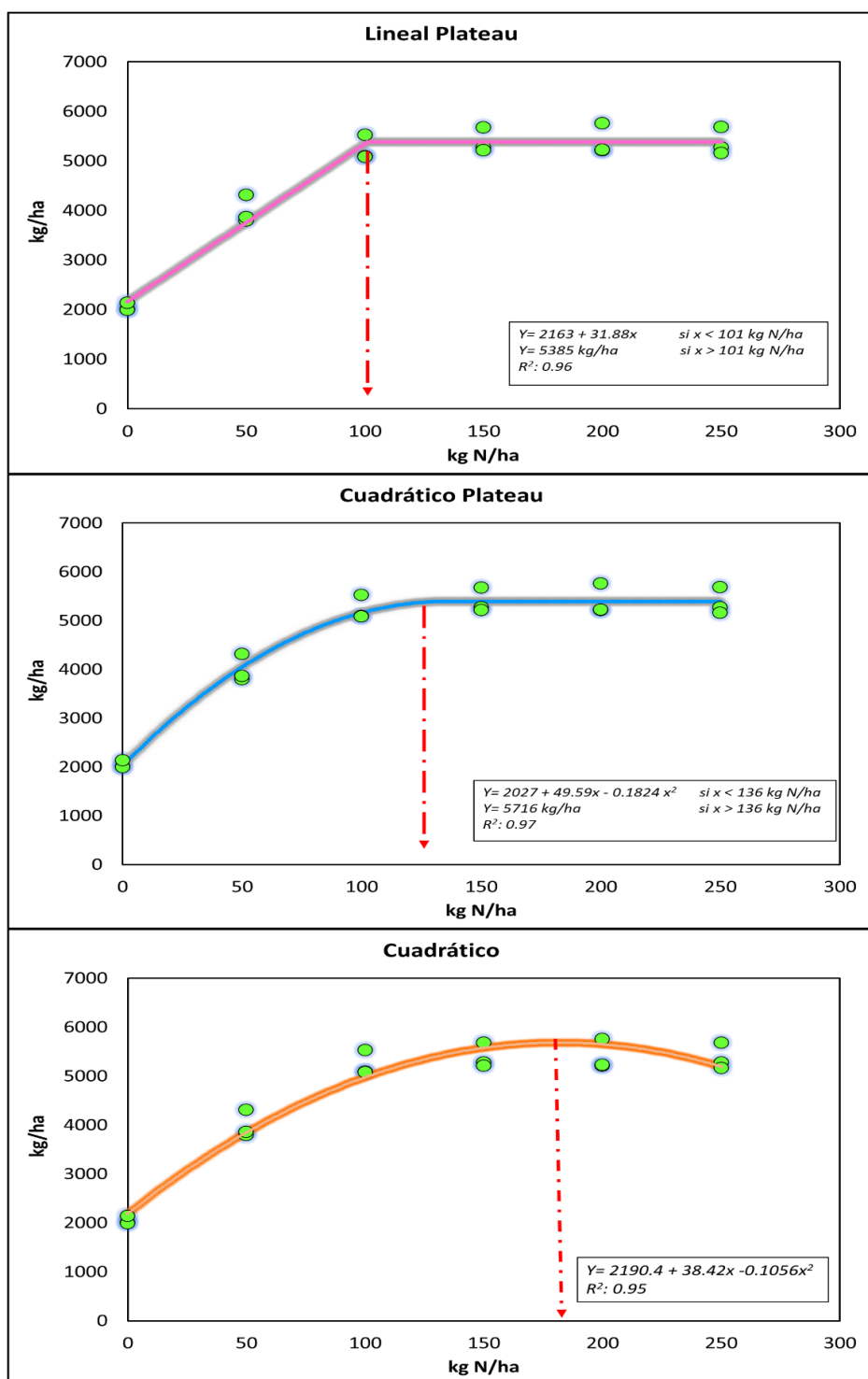


Figura 3. Regresión y ajuste de los modelos utilizados para el cálculo de la dosis óptima de nitrógeno en la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 7. Parametros evaluados en los modelos de regresion utilizados para el el cálculo de la dosis optima de nitrógeno en la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22.

Modelo	Coeficientes de regresión									
	β_0	β_1	β_2	Rend máximo		R^2	Σe	σ^2	DOF	DOE
				físico	Eco					
Lineal Plateau	2163	31,9		5385	4896	0,96	-35	67852	101	86
Cuadrático Plateau	2027	49,6	-0,1824	5716	5380	0,97	-3,6	47227	136	126
Cuadrático	2190	38,4	-0,1056	6011	5648	0,95	17,7	87327	182	164

Bajo los criterios de análisis de residuos y estimación de la varianza, se selecciona el modelo Cuadrático Plateau para las dosis optimas, por ser el de mayor precisión, el cual determinó la dosis optima física en 136 kg N/ha con un rendimiento máximo de 5716 kg/ha de grano y una dosis optima económica de 126 kg N/ha con un rendimiento máximo de 5380 kg/ha de grano (Cuadro 7). Cerrato & Blackmer (1990), Gordón et al. (2004) y Pagani et al. (2008), identificaron que el modelo Cuadrático Plateau tenían mejor precisión y representaron mejor la relación entre las dosis de nitrógeno y el rendimiento. Contrario a esto Salvagiotti et al. (2011), prefieren el modelo Cuadrático sobre el Cuadrático Plateau para estimar la respuesta del rendimiento a la fertilización nitrogenada, mientras que Martín et al. (2016), indican que el modelo discontinuo Lineal Plateau resulta más adecuado en el sistema de recomendación de dosis óptimas de fertilizantes nitrogenados, por ser conservador.

CONCLUSIONES

- Las altas dosis de nitrógeno aplicadas tuvieron un efecto negativo en el cultivo del arroz en lo referente a la incidencia de enfermedades y en el acame.
- Los modelos de regresión utilizados difieren en determinar las dosis optimas, siendo el modelo Cuadrático Plateau el que presentó una mejor precisión.
- La dosis optima económica de nitrógeno para la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22 para un suelo entisol, en condiciones de secano es de 126 kg N/ha, estimada con el modelo Cuadrático Plateau.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

REFERENCIAS

- Alfonzo, N., España, M., López, M., Cabrera-Bisbal, E., & Abreu, P. (2012). Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del occidente del estado guárico. *Agronomía Trop.*, 61(3), 215-220. <https://ve.scielo.org/pdf/at/v61n3-4/art04.pdf>
- Arias Badilla, I., Esquivel, E., & Campos, R. (2020). Evaluación de la densidad de siembra y nivel de fertilización en arroz, para las variedades Palmar-18, Lazarroz FL y NayuribeB FL, en Parrita (Pacífico Central), Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 33(3), 13-24. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v33n3/0379-3982-tem-33-03-13.pdf>
- Balzarini M. G., González L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J. A., & Robledo C. W. (2008). InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10346/Manual_INFOSTAT_2008.pdf
- Barahona Amores, L. A., Villarreal Núñez, J. E., González carrasco, W., & Quiros McIntire, E. (2019). Absorción de nutrientes en arroz en un suelo inceptisol bajo riego en Coclé, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 407-424. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33997>
- Barahona Amores, L. A., Villarreal Núñez, J., Samaniego Sánchez, R., & Quiros McIntire, E. (2018). Absorción de nutrientes de dos variedades de arroz en un suelo entisol bajo secano en Tonosí-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (28), 56-74. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/6/4>
- Barrero Mendoza, O., & Castilla Lozano, L. (2019). Valiosos aportes del uso de drones en la evaluación de la nutrición y el rendimiento del arroz. *Revista Arroz*, 67(541), 26-34. https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_541.pdf



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Bachmaier, M. (2012). Sources of inaccuracy when estimating economically optimal N fertilizer rates. *Agricultural Sciences*, 3(3), 331-338.

<http://doi.org/10.4236/as.2012.33037>

Batista, A., Ávila, A., Batista, E., & Domínguez, J. (2021). *Boletín de las variables climáticas en la Región de Azuero*. Red Agroclimática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.

Batista, A., Ávila, A., Batista, E., & Domínguez, J. (2022). *Boletín de las variables climáticas en la Región de Azuero*. Red Agroclimática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.

Benintende, S., Benintende, M., Battista, J. D., Saluzzio, M., Sánchez, C., Sterren, M., & Faccendini, N. (2011). Estimación de la mineralización y fijación biológica del nitrógeno en suelos inundados para optimizar su utilización en cultivo de arroz y minimizar el daño ambiental. *Rev. Ciencia, Docencia y Tecnología*, 1(1), 1-15.

https://www.revistacdyt.uner.edu.ar/suplemento/wp-content/uploads/file/trabajos-completos/2091_benintende_final10.pdf

Camargo Buitrago, I., Quiros McIntire, E., & Zachisson Salamina, B. (2014). *Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

<http://www.idiap.gob.pa/download/innovacion-tecnologica-para-el-manejo-integrado-del-cultivo-de-arroz-en-panama/?wpdmdl=1838>

Castillo, G., & Silva, B. (2020). *Eficiencia de uso y respuesta en rendimiento a diferentes dosis de N del cultivar de arroz para sobre distintos antecesores invernales*. [tesis de grado, Universidad De La República].

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29120/1/CastilloRia%C3%B1oGustavo.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1983). *Sistema de evaluación estándar para arroz*. Cooperación IRRI-CIAT.

<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/90822293-f0cb-4f15-a871-e160a5d2ca3f/content>

Cerrato, M., & Blackmer, A. (1990). Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, 82(1), 138-143.

<https://doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200010030x>

Cordoba, V. (2024). *Evaluación de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno en líneas avanzadas de arroz bajo riego para mejorar la sostenibilidad de la producción*. [Tesis de maestría no publicada]. Universidad de Panamá.

Coskun, D., Britto, D., Shi, W., & Kronzucker, H. (2017). How Plant Root Exudates Shape the Nitrogen Cycle. *Journal Plant Science*, 22(8), 661-673.

<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.05.004>

Deambrosi, E., & Méndez, R. (2007). *Respuesta de cultivares de arroz de tipo Indica a densidades de siembra y aplicaciones de nitrógeno en la zona este de Uruguay*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2909/1/18429240309122449.pdf>

Dobermann, A., & Fairhurst, T. (2005). Manejo del nitrógeno en arroz. *Rev. Informaciones agronómicas*, (58), 1-6. <https://es.scribd.com/document/623219996/Manejo-Del-Nitrogeno-en-Arroz>

Espinoza Larreta, P. D. (2014). *Efecto de la aplicación de dosis altas y bajas de nitrógeno en combinación con cuatro niveles de ácidos húmicos de degradación lenta en arroz*. [Tesis de grado, Universidad De Guayaquil].

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d68301ac-4daa-4f79-bf3a-7a7e18c61e4f/content>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Flores, Jhen (2017). *Efecto de cuatro niveles de nitrógeno, en tres densidades de siembra directa al voleo del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) cv INIA 507 la conquista, bajo riego en la provincia de Tocache San Martín*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria De La Selva].

<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/64a2fc8e-20b7-418d-b543-16838250715f/content>

Gabrielli, A. L., & Pintos, F. G. (2013). *Respuesta a nitrógeno del cultivar inia olimar según tipo de riego y sistematización*. [Tesis de grado, Universidad De La República].

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4206/1/Tesis-Gabrielli-Pintos-2013.pdf>

Garcés, G., & Castilla, L. (2015). Uso del clorofilometro (índice de verdor) como estrategia en la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz. *Revista Arroz*, 63(517), 34-43.

https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_517_F4dAKTE.pdf

González, L., & Brenes, K. (2021). *Evaluación de tres niveles de nitrógeno en tres densidades de siembra para el genotipo de arroz (Oryza sativa) Milyang23 en el Valle de Sébaco-Matagalpa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/18626/1/18626.pdf>

Gordón, R., Franco, J., & González, A. (2004). Determinación de la dosis física y económica de nitrógeno para el cultivo de maíz con tres modelos de respuesta, Azuero, Panamá, 2000-2002. *Ciencia Agropecuaria*, (15), 1-16.

<http://www.idiap.gob.pa/download/ciencia-agropecuaria-15-2004/?wpdmdl=947>

Gu, J., & Yang, J. (2022). Nitrogen (N) transformation in paddy rice field: Its effect on N uptake and relation to improved N management. *Journal Crop and Environment*, 1(1), 7-14. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.03.003>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Gutiérrez, V. (2011). *Evaluación de cinco niveles de nitrógeno en tres densidades de siembra, sobre el comportamiento agronómico, productivo e industrial del cultivo de arroz (oryza sativa, l) material promisorio "LP-5"*. [Tesis de grado, Tecnológico De Costa Rica].

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4022/Evaluaci%C3%B3n%20de%20cinco%20niveles%20de%20nitr%C3%B3geno%20en%20tres%20densidades%20de%20siembra%2C%20sobre%20el%20comportamiento%20agron%C3%B3mico%2C%20productivo%20e%20industrial%20del%20cultivo%20de%20arroz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández León, F., & Luna Santa, J. (2014). La importancia del clorofilómetro (SPAD) en el cultivo del arroz. *Revista Arroz*, 62(512), 38-42. https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_512_aprobada_1.pdf

Holdridge, L. R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícola. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>

Huichuan, H., Thuy, T., Xiahong, H., Antoine, G., Stéphane, B., Elsa, B., & Jean-Benoit, M. (2017). Increase of Fungal Pathogenicity and Role of Plant Glutamine in Nitrogen Induced Susceptibility (NIS) To Rice Blast. *Frontiers in Plant Science*, 8(265), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00265>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2009). *Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá: hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad*. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18962/BVE21108059e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ladha, J. K., Tirol-Padre, A., Reddy, C. K., Cassman, K. G., Verma, S., Powlson, D. S., Van Kessel, C., Ritcher, D., Chakraborty, D. & Pathak, H. (2016). Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Journal Scientific Reports*, 6, 1-9. <https://doi.org/10.1038/srep19355>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Marchesi, C., & Castillo, J. (2016). *Índice verde (ndvi), indicador del status nitrogenado del cultivo*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9876/1/SAD-766p21-24.pdf>

Martín, G., Pérez, A., Rivera, R., Bustamante, C., Viñals, R., & Varela, M. (2016). Comparación de dos modelos de respuesta a dosis de nitrógeno en maíz y café. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 155-164. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2631.8322>

Martínez Bautista, A., Osorio Hernández, E., & Patishtan, J. (2022). Incremento de la patogenicidad de hongos en arroz bajo condiciones de desbalance nutricional. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2006-2019.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2726

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2015). *Estudio, diseño y construcción del proyecto integral y multipropósito para el desarrollo agropecuario del Valle de Tonosí, provincia de Los Santos*. Hidalgo e Hidalgo constructores.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2024). *Cierre Agrícola: Año agrícola 2023-2024*. Dirección de Agricultura.
<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2024/09/CierreAgricola2023-2024.pdf?csrt=6949662859158490282>

Molina, E., & Rodríguez, J. (2012). Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. cfx 18 en Guanacaste. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 39-51. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v36n1/a03v36n1.pdf>

Name, B., & Cordero, A. (1987). Alternativas para uso y manejo de suelos ácidos en Panamá. *Compendio de los resultados de Investigación presentados en la II Jornada Científica*. Santiago, Panamá: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Name, B., & Villarreal, J. (2004). *Compendio de resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. https://www.researchgate.net/publication/279192667_Compendio_de_Resultados_de_Investigacion_del_Programa_de_Suelos_del_IDIAP
- Pagani, A., Echeverría, H., Sainz, H., & Barbieri, P. (2008). Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el sudeste Bonaerense. *Ciencia Del Suelo*, 26(2), 183-193. <https://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v26n2/v26n2a09.pdf>
- Pérez, D., & Dorta, P. (2003). *Determinación de la dosis óptima de nitrógeno para las variedades de arroz fonaiap 1, zeta 15 y fedearroz 50 en epoca de lluvias*. [Tesis de grado, Universidad Central De Venezuela]. https://www.researchgate.net/publication/48223664_Determinacion_de_la_dosis_optima_de_nitrogeno_para_las_variedades_de_arroz_FONAIAP_1_ZETA_15_Y_FEDEARROZ_50_en_epoca_de_lluvias
- Pincirolí, M., Sisterna, M., Bezus, R., & Vidal, A. (2004). Manchado del grano de arroz: efecto de la fertilización nitrogenada. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105(2), 88-96. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15680/Documento_completo_pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pocojeski, E., Silva, L. S., Kaefer, S., Moro, V. J., & Griebeler, G. (2015). Uso do clorofilômetro no monitoramento nutricional de arroz irrigado com vistas ao manejo da adubação nitrogenada. *Rev. Ceres, Viçosa*, 62(3), 310-318. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562030011>
- Quiros McIntire, E., Barahona Amores, L., & Camargo García, V. (2022). *IDIAP Alanjeña-22: Tecnología varietal para los sistemas de secano y riego de Panamá*. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP_FL_ALANJE%C3%91A_22.pdf



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Quirós-Herrera, R., & Ramírez-Martínez, C. (2006). Evaluación de la fertilización nitrogenada en arroz inundado. *Rev. Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 179-188. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5158/4958>
- Rebolledo Robles, H. H. (1998). Estimación de diferentes modelos de regresión a experimentos de fertilización y su comparación con fines de generar recomendaciones optimas económicas. I. Casos con un factor. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 247-258. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316308.pdf>
- Ribeiro Barzan, R., Sandoval Contreras, H. A., & Osorio García, N. A. (2022). Fuentes y dosis de nitrógeno en el crecimiento inicial de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano. *Rev. Acta Agronómica*, 71(4), 405-409. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n4.92480>
- Riveros, G., & Rodríguez, N. (2010). La fisiología de la planta y la productividad del cultivo. En Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina* (págs. 100-117). Editado por Victor Degiovanni; Cesar Martinez y Francisco Motta. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf
- Ron, M. d. (2013). Descubriendo la herramienta CNRT (Crop Nutrient Response Tool). *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 9, 21-25. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2013/03/21.pdf>
- Salvagiotti, F., Castellarín, J., Ferraguti, F., & Pedrol, H. (2011). Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región Pampeana Norte. *Ciencia Del Suelo*, 29(2), 199-212. https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_29n2/Salvagiotti%20et%20al%20pags%20199-.pdf



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Scivittaro, W., GonçalvesII, D. R., ValeII, M. L., & RicordiIII, V. G. (2010). Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. *Rev. Ciência do Solo, Cienc. Rural*, 40(6), 1283-1289. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000600007>

Solís Vera, Jhon (2024). *Prácticas agronómicas empleadas para prevenir el acame en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. [Tesis de grado, Universidad Técnica De Babahoyo].

<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16153/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villarreal Barrera, A. M. (2018). *Respuesta a cuatro niveles de nitrógeno y curvas de absorción de nutrimentos para la variedad de arroz UP80FL, bajo condiciones de secano en dos localidades*. [Tesis de maestría, Universidad De Panamá]. <https://up-rid.up.ac.pa/1598/1/ana%20villarreal.pdf>

Villarreal, J., & Name, B. (1996). *Técnicas analíticas del laboratorio de suelos del IDIAP*. Instituto De Investigación Agropecuaria de Panamá.

Villarreal-Núñez, J., Name-Tuñon, B., Smith, J., & Quirós-Valdez, E. (2007). Dosis óptima para la fertilización nitrogenada del arroz, en la región central de Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 18(1), 115-127.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5042/4849>

Zamora Laguna, E. J., & Díaz Sevilla, O. G. (2022). *Evaluación de cuatro niveles de nitrógeno y tres dosis de siembra en arroz (Oryza sativa L.) var. NutreZinc en el Valle de Sébaco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria].

<https://repositorio.una.edu.ni/4491/1/tnf04z25.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Zamora, J. (2012). *Efectos de densidades de siembra y niveles de nitrógeno, en el rendimiento de la línea promisorio de arroz Go-38426 en condiciones de riego*. [Tesis de grado, Universidad Tecnica de Babahoyo].

<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/967/T-UTB-FACIAG-AGR-000173.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)