

## CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES PARA CUATRO VARIEDADES DE ARROZ<sup>1</sup>

**Luis A. Barahona-Amores<sup>2</sup>; Rubén D. Samaniego-Sánchez<sup>3</sup>;  
Rubén E. Rodríguez-Navarro<sup>4</sup>**

### RESUMEN

La fertilización constituye un factor importante en la obtención de un alto rendimiento. La respuesta a la fertilización depende de la variedad, fertilidad del suelo, clima y manejo de plagas. El objetivo fue determinar la absorción y extracción de macro y micronutrientes en cuatro variedades de arroz según etapa fenológica. Se realizó en Tonosí, provincia de Los Santos, Panamá, durante los meses de agosto a diciembre en los ciclos agrícolas 2020, 2021 y 2022 bajo secano. Se utilizaron las variedades IFL 72-17, IFL 069-18, IFL 148-18 e IFL Alanjeña-22, con parcelas de 200 m<sup>2</sup> y una densidad de 120 kg/ha de semilla. Se realizaron muestreos foliares cada 15 días a partir de la germinación por triplicado, utilizando un marco de 0,25 m x 0,25 m. Se determinó la extracción de nutrientes en follaje y granos. Se realizó un análisis de regresión para determinar la extracción de nutrientes por etapa de cultivo, el cual mostró que la ecuación cuadrática es la que mejor se ajusta a la tendencia de los datos, con coeficientes de determinación que van de 0,72 a 0,96. La variedad IFL 148-18 y la IFL 72-17 necesitan mayor cantidad de nutrientes para producir una tonelada de grano en comparación con la IFL 069-18 y la IFL Alanjeña-22. El orden de importancia de los nutrientes basado en la cantidad total absorbida fue K>N>Ca>P>Mg>Fe>Zn>Mn>Cu y la etapa de máximo embuchamiento coincide como la de mayor demanda en la mayoría de los nutrientes. Se concluye que las variedades difieren en su capacidad de absorción de nutrientes. La mayor absorción de macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio) se produce durante el período vegetativo, cuando la planta está creciendo y desarrollando su estructura. Por otro lado, la mayor absorción de micronutrientes (hierro, zinc, cobre, manganeso) se produce durante el período reproductivo, cuando la planta está produciendo flores y granos.

**Palabras clave:** Extracción, fenología, fertilización, rendimiento, suelo.

<sup>1</sup>Recepción: 06 de mayo de 2025. Aceptación: 18 de agosto de 2025.

<sup>2</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria de Azuero (CIA-Azuero). M.Sc. Manejo de suelos y agua. e-mail: [alberline@gmail.com](mailto:alberline@gmail.com);

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5824-7688>

<sup>3</sup>IDIAP, CIA-Azuero. M.Sc. Agricultura ecológica. e-mail: [rubensama15@gmail.com](mailto:rubensama15@gmail.com);

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9910-5678>

<sup>4</sup>IDIAP, CIA-Azuero. Tec. Cultivos agroexportables. e-mail: [rbrodriguez@gmail.com](mailto: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/)

## NUTRIENT ABSORPTION CURVES FOR FOUR RICE VARIETIES IN PANAMA

### ABSTRACT

Fertilization is a key factor in achieving high rice yields, and crop response depends on varietal characteristics, soil fertility, climatic conditions, and pest management. The objective of this study was to quantify the absorption and extraction of macro- and micronutrients across phenological stages in four rice varieties. The study was conducted under rainfed conditions in Tonosí, Los Santos Province, Panama, during the 2020, 2021, and 2022 cropping seasons. The varieties evaluated were IFL 72-17, IFL 069-18, IFL 148-18, and IFL Alanjeña-22, established in 200 m<sup>2</sup> plots with a seeding rate of 120 kg ha<sup>-1</sup>. Leaf sampling was performed every 15 days from germination, in triplicate, using a 0.25 m × 0.25 m quadrat. Nutrient extraction in foliage and grain was determined, and regression analysis was used to describe nutrient extraction as a function of crop development stage. Quadratic models provided the best fit to the data, with coefficients of determination (R<sup>2</sup>) ranging from 0.72 to 0.96. Varieties IFL 148-18 and IFL 72-17 required greater nutrient uptake per ton of grain produced compared with IFL 069-18 and IFL Alanjeña-22. Based on total absorption, the relative importance of nutrients was K > N > Ca > P > Mg > Fe > Zn > Mn > Cu. The maximum grain-filling stage coincided with the period of highest demand for most nutrients. Results indicate that rice varieties differ in their nutrient absorption capacity. Macronutrient uptake (N, P, K, Ca, Mg) was greatest during the vegetative stage, whereas micronutrient uptake (Fe, Zn, Cu, Mn) peaked during the reproductive stage.

**Keywords:** Extraction, phenology, fertilization, yield, soil.

### INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño, donde el consumo anual per cápita es de más de 65 kg/año, siendo el tercer país más consumidor de arroz per cápita en América, solo por debajo de Cuba con 108 kg/año y Surinam con 68 kg/año (Rice observatory, 2025).



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 Panamá, 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 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).

La fertilización constituye un factor importante en la obtención de un alto rendimiento. La respuesta a la fertilización depende de la variedad, fertilidad del suelo, clima y manejo de plagas (Molina & Rodríguez, 2012). Una curva de absorción representa gráficamente la extracción de un nutriente e indica las cantidades absorbidas por la planta a lo largo de su ciclo fenológico (Barahona Amores et al., 2019).

Un estudio de absorción es un buen punto de partida para estimar la cantidad de nutrientes que se debe reponer al campo para mantener la fertilidad. Si se desea mantener la sostenibilidad del sistema, se debe al menos reponer al suelo las mismas cantidades de nutrientes que salen directamente del campo en la biomasa del cultivo (Bertsch Hernández, 2009).

Se han realizado varios trabajos sobre curvas de absorción de nutrientes de arroz en Panamá para distintas variedades como la VIOAL-3189 e IDIAP L7 (Name & Villarreal, 2004), la FCA 97116 (Dominguez, 2011), la UP 80 FL (Villarreal Barrera, 2018), IDIAP FL 106-11 (Barahona Amores et al., 2018), IDIAP FL 137-11 (Barahona Amores et al., 2019), presentando diferentes extracciones de nutrientes según la variedad, el manejo y el tipo de suelo.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la absorción de macro y micronutrientes en cuatro variedades de arroz según etapa fenológica, en un suelo Entisol bajo condiciones de secano, para mejorar la eficiencia en la fertilización.

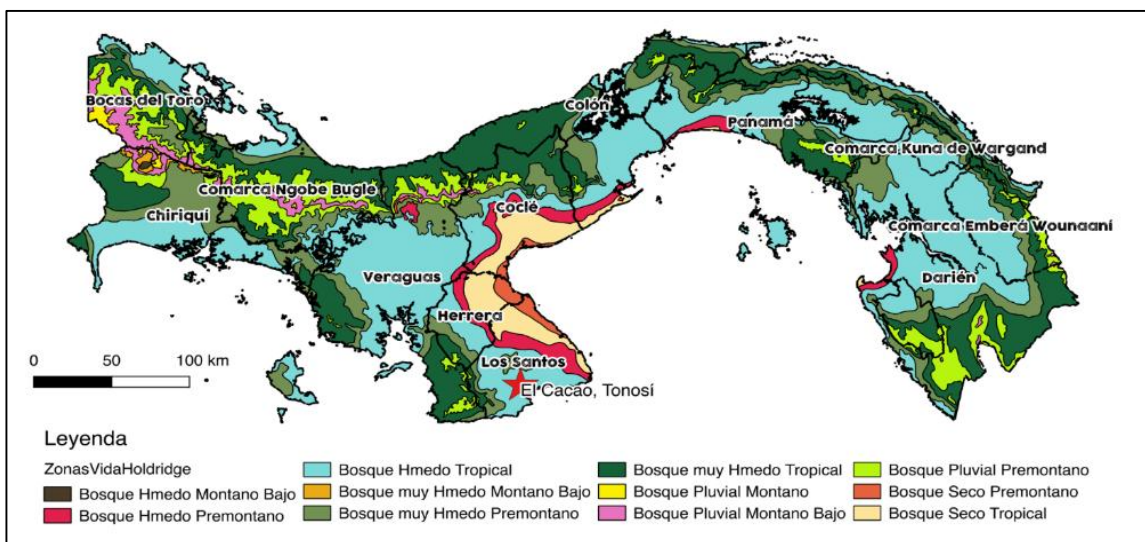


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## 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 Údico y temperatura Isohipertérmico (MIDA, 2015), clasificado dentro de la zona de vida correspondiente a Bosque Húmedo Tropical (Holdridge, 1978).



**Figura 1. Localización geográfica del estudio de curva de absorción de nutrientes en arroz 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 cobre (Cu); además unos niveles bajos de aluminio (Al) y zinc (Zn). En cuanto a sus características fisicoquímicas, 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/)

**Cuadro 1. Características fisicoquímicas del suelo utilizado en el estudio de curva de absorción de nutrientes, El Cacao, Tonosí.**

P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
<i>mg kg<sup>-1</sup></i>		<i>cmol(+) kg<sup>-1</sup></i>			<i>mg kg<sup>-1</sup></i>			
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.		
		<i>cmol(+) kg<sup>-1</sup></i>	1:2.5	<i>% saturación</i>		<i>%</i>		
FRA	10 YR 5/4	21,7	6,4	0,92	99,08	0,4		

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

Para el 2020, durante el desarrollo del experimento, la precipitación acumulada fue de 896 mm, con una temperatura media de 27,2° C, humedad relativa media de 62% y una radiación promedio de 141 watt/m<sup>2</sup>. Para el 2021 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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup> (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Variables climáticas durante el desarrollo del ensayo de curva de absorción de nutrientes. El Cacao, Tonosí. 2020, 2021 y 2022.**

Año	Mes	HR	VV	Rad	Tmin	Tmax	Tmedia	Ppt	ppt acum
		<i>%</i>	<i>(m/s)</i>	<i>(w/m<sup>2</sup>)</i>	<i>°C</i>		<i>(mm)</i>		
2020	Agosto	65,9	0,4	103	26,9	32,0	28,7	129	<b>896</b>
	Septiembre	63,5	0,3	140	24,4	34,0	27,1	214	
	Octubre	64,3	0,6	153	24,3	33,7	26,6	158	
	Noviembre	65,3	0,5	127	24,2	32,7	26,5	310	
	Diciembre	49,4	1,0	185	23,3	34,9	26,9	85	
2021	Agosto	59,7	0,4	145	22,9	31,2	25,5	187	<b>813</b>
	Septiembre	60,3	0,3	147	23,2	31,9	25,6	83	
	Octubre	61,8	0,4	142	23,3	32,9	25,6	294	
	Noviembre	59,3	0,4	134	22,6	32,3	25,3	216	
	Diciembre	47,8	0,8	168	23,0	33,7	26,6	33	
2022	Agosto	60,6	0,3	140	22,2	30,1	26,2	246	<b>1310</b>
	Septiembre	59,3	0,3	157	21,9	30,3	26,1	263	
	Octubre	61,2	0,3	139	22,0	30,0	26,0	320	
	Noviembre	61,8	0,3	134	21,4	29,7	25,6	471	
	Diciembre	40,4	1,0	205	21,0	32,5	26,8	10	

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. (2020, 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 utilizaron en el experimento las variedades del IDIAP denominadas IDIAP FL 72-17, IDIAP FL 069-18, IDIAP FL 148-18 y la IDIAP FL Alanjeña-22, cuyas características se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Características de las variedades de arroz utilizadas en el estudio de absorción de nutrientes.**

Variedad	MM	IP	flor	Mat	Rend
		Días después de siembra			t/ha
IDIAP FL 72-17	43	57	87	117	5,7
IDIAP FL 069-18	41	53	84	116	5,3
IDIAP FL 148-18	38	50	81	110	5,1
IDIAP FL Alanjeña-22	36	47	82	109	5,4

MM= máximo macollamiento, IP= inicio de primordio, flor= floración, Mat= maduración, Rend= rendimiento. (Fuente: Adaptado de Quirós & Barahona, 2017; Quirós Mcl. et al., 2018a; Quirós Mcl. et al., 2018b; Quirós Mcl. et al., 2022).

## Arreglo en campo y manejo

El ensayo se realizó en los ciclos agrícolas del 2020, 2021 y 2022, de agosto a diciembre. Se utilizaron parcelas de 200 m<sup>2</sup> para cada variedad (10 m x 20 m); la siembra se realizó sobre suelo seco en hileras separadas cada 0,2 m, con una densidad de siembra de 120 kg/ha de semilla seca. Se utilizó una fertilización básica de 120 kg/ha de N, 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O, en donde el total del P y K se aplicó al momento de la siembra con base en la fórmula compuesta de 12-24-12 y el N se fraccionó en tres partes iguales a los 30, 45 y 55 días después de la siembra (urea 46%). 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 secano (dependiente de las lluvias).

## Muestreo en campo

Los muestreos de campo para la elaboración de las curvas de absorción se realizaron con base en la metodología descrita por Bertsch Hernández (2009). Se muestreó cada 15 días, y se aseguró que coincidieran con las etapas fenológicas más importantes del cultivo de arroz. Cada muestreo se realizó por triplicado, en cada réplica se utilizó un marco de 0,25 m x 0,25 m. Las muestras se dividieron en follaje y granos, para determinar



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 extracción de nutrientes en cada una de ellas. Se pesaron las muestras húmedas, luego se llevaron al horno a 70° C por 48 hr y se tomó el peso seco para calcular la producción de biomasa seca total (kg/ha). Para la producción de grano se utilizó un marco de 1 m<sup>2</sup> y se calculó la productividad de grano limpio y seco al 14% de humedad (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1983).

### **Análisis de laboratorio**

El contenido de nutrientes se determinó según la metodología descrita por Villarreal & Name (1996). Las muestras secas se molieron y pasaron por un tamiz No. 20 (1 mm de abertura en la malla), posteriormente se almacenaron en sobres de papel a temperatura ambiente. El N se determinó mediante el método Kjeldahl. Se utilizó el proceso de mineralización vía húmeda y se determinó el P por Mehlich 1 y formación del complejo fosfomolibdico utilizando un espectrofotómetro de luz visible. El K, Cu, Fe, Zn y Mn sus extracciones fueron realizadas por el método de Mehlich 1, mientras que el Ca, Mg con la solución extractora KCl. Las cuantificaciones de estos elementos fueron realizadas por Absorción Atómica, mediante fuente continua.

### **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de regresión no lineal con el modelo cuadrático para determinar la extracción de cada elemento por etapa fenológica, siendo este modelo el que presento un mejor ajuste ( $R^2$ ), en este tipo de análisis (Barahona Amores et al., 2018). Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat versión 2020 profesional (Di Rienzo et al., 2008).

Modelo cuadrático

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

Donde:

Y= absorción de nutriente (kg/ha)

$\beta_0$ = intercepto de la curva

$\beta_1$ = coeficiente lineal

$\beta_2$ = coeficiente cuadrático

X= variable independiente (etapa de muestreo)



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



### VARIABLES DE ESTUDIO

Se midió absorción de nutrientes por etapa fenológica por ha (follaje y panícula), absorción de nutrientes total por sección de la planta por ha (follaje y panícula), absorción total de nutrientes por ha (follaje + panícula), producción de biomasa seca y rendimiento grano paddy limpio y seco al 14% humedad.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de regresión no lineal, utilizando un modelo cuadrático, mostró un buen ajuste en las curvas de absorción de los nutrientes. Las ecuaciones correspondientes se presentan en el Cuadro 4, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) que van de 0,72 para P, hasta 0,96 para Cu. La absorción media de nutrientes fue mayor para el K con 270 kg/ha. En orden decreciente, se registraron los siguientes valores: N 209 kg/ha; Ca 101 kg/ha; P 67 kg/ha; Mg 17 kg/ha; Mn 0,95 kg/ha; Fe 0,69 kg/ha; Zn 0,64 kg/ha; y Cu 0,15 kg/ha. Estos resultados coinciden con los reportados por Barahona Amores et al. (2018), quienes determinaron que el orden de extracción de nutrientes para dos variedades de arroz bajo condiciones de secano fue  $K > N > Ca > P > Mg > Fe > Zn > Mn > Cu$ .

**Cuadro 4. Ecuaciones de regresión, coeficiente de determinación y absorción de nutrientes por variedad.**

Nutriente	Modelo cuadrático	$R^2$	Absorción (kg/ha)				Media
			I FL 72-17	I FL 069-18	I FL 148-18	I FL Alanjeña-22	
N	$Y = -0,03x^2 + 5,2x - 81$	0,92	241	202	213	181	209
P	$Y = -0,001x^2 + 0,6x - 8,4$	0,72	72	66	68	64	67
K	$Y = -0,05x^2 + 8,4x - 137$	0,85	311	260	275	234	270
Ca	$Y = -0,008x^2 + 1,8x - 31$	0,88	105	101	102	95	101
Mg	$Y = -0,003x^2 + 0,47x - 7,9$	0,91	19	17	17	15	17
Mn	$Y = 0,1^{-04}x^2 + 0,002x + 0,01$	0,93	0,95	0,95	0,96	0,92	0,95
Fe	$Y = -0,3^{-03}x^2 + 0,07x - 1,2$	0,73	0,72	0,69	0,70	0,66	0,69
Zn	$Y = -0,8^{-04}x^2 + 0,01x - 0,2$	0,89	0,72	0,63	0,63	0,58	0,64
Cu	$Y = -0,5^{-05}x^2 + 0,002x - 0,03$	0,96	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15
<i>Biomasa (t/ha)</i>			15,9	14,4	14,9	14,8	15,0
<i>Rendimiento de grano (t/ha)</i>			5,7	5,3	5,1	5,4	5,4
<i>Índice de cosecha (%)</i>			36	37	34	36	36



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 variedad IDIAP FL 72-17 presentó la mayor absorción de nutrientes, con una producción de biomasa (materia seca) de 15,9 t/ha, un rendimiento de grano de 5,7 t/ha y un Índice de cosecha de 36%, mientras que la variedad menos exigente en nutrientes fue la IDIAP FL Alanjeña-22, con una producción de biomasa de 14,8 t/ha, un rendimiento de grano de 5,4 t/ha y un índice de cosecha de 36%. Estos resultados coinciden con lo reportado por Barahona Amores et al. (2019) y Herber et al. (2022), quienes evaluaron diferentes variedades de arroz bajo condiciones similares de suelo y manejo, encontrando diferencia en su capacidad de absorción de nutrientes.

### Requerimiento por tonelada de arroz

Los requerimientos necesarios para producir una tonelada de arroz paddy (en cascara), difiere para cada variedad, principalmente para N, K y Ca (Cuadro 5), encontrando que la variedad IDIAP FL 148-18 y la IDIAP FL 72-17 necesitan mayor cantidad de nutrientes para producir una tonelada de grano, indicando ser menos eficiente en la repartición de los fotosintatos asimilables, mientras que la variedad IDIAP FL Alanjeña-22 es la que requiere menor cantidad de nutriente para producir una tonelada de grano. Los requerimientos de N, P y K para producir una tonelada de grano en las variedades evaluadas resultaron ser mayores a los reportados por el Instituto de la Potasa y el Fosforo [INPOFOS] (2004), Molina & Rodríguez (2012) y Herber & Kreamer (2013), en distintas variedades, mientras que los requerimientos de Ca, Mg, Mn, Fe, Cu y Zn fueron similares.

**Cuadro 5. Requerimiento nutricional para producir una tonelada de grano en las distintas variedades evaluadas.**

Variedad	kg/tonelada de grano								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
IFL 72-17	42,2	12,6	54,6	18,4	3,3	0,17	0,13	0,13	0,03
IFL 069-18	38,0	12,4	49,1	19,0	3,3	0,18	0,13	0,12	0,03
IFL 148-18	41,8	13,3	53,9	20,1	3,3	0,19	0,14	0,12	0,03
IFL Alanjeña-22	33,5	11,9	43,3	17,7	2,8	0,17	0,12	0,11	0,03
<i>Media</i>	<i>38,9</i>	<i>12,5</i>	<i>50,2</i>	<i>18,8</i>	<i>3,2</i>	<i>0,18</i>	<i>0,13</i>	<i>0,12</i>	<i>0,03</i>
<i>CV%</i>	<i>10,4</i>	<i>4,6</i>	<i>10,4</i>	<i>5,4</i>	<i>7,9</i>	<i>5,4</i>	<i>6,3</i>	<i>6,8</i>	<i>0,1</i>
<i>DMS</i>	<i>5,2</i>	<i>1,5</i>	<i>9,3</i>	<i>2,0</i>	<i>0,6</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>
<i>pvalor</i>	<i>0,01</i>	<i>0,07</i>	<i>0,01</i>	<i>0,03</i>	<i>0,12</i>	<i>0,25</i>	<i>0,21</i>	<i>0,32</i>	<i>0,75</i>

CV%: coeficiente de variación, DMS: diferencia mínima significativa, pvalor: probabilidad.



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

## Etapas de máxima absorción

La absorción por etapa fenológica para los distintos nutrientes se presenta de manera relativa y se puede determinar las etapas críticas de absorción (Figura 2), las cuales hay que tomar en consideración a la hora de realizar un plan de fertilización.

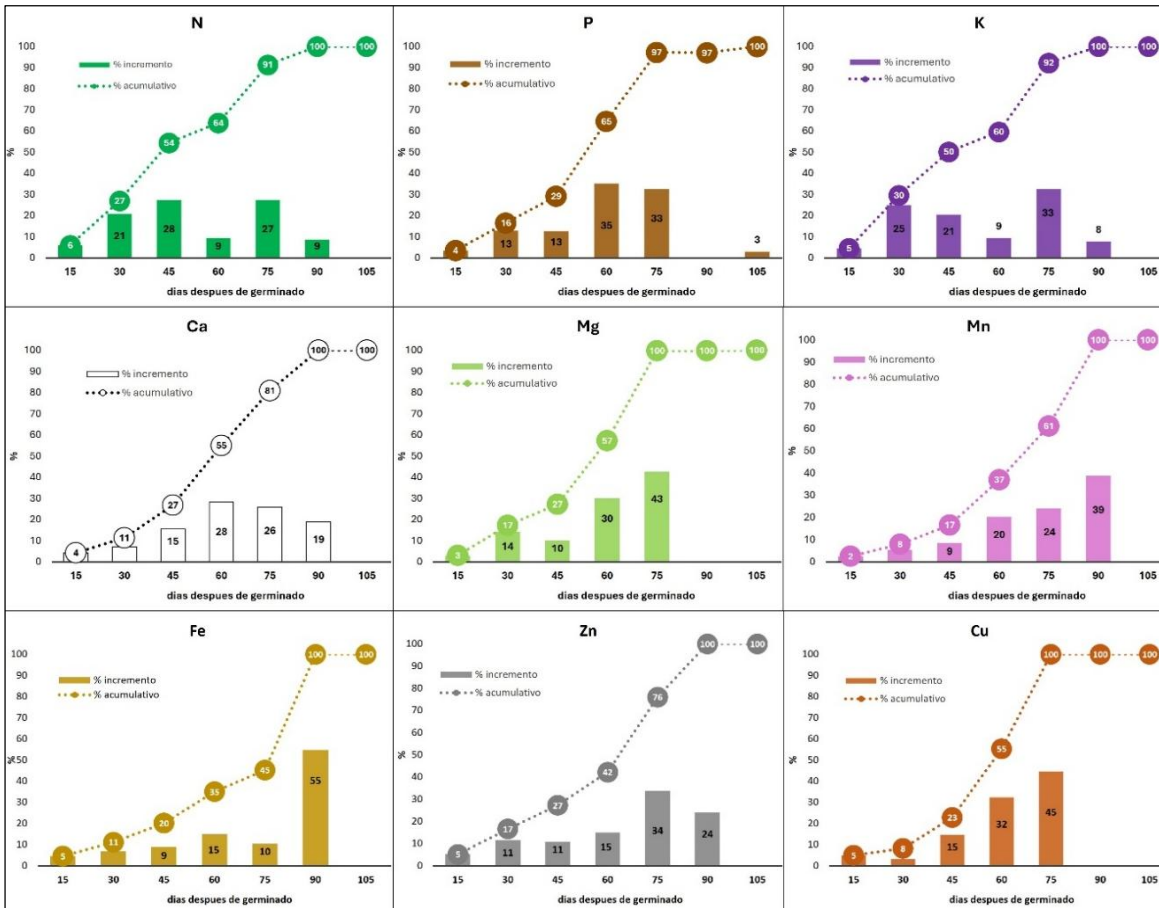
Para N, se observan dos etapas de máxima absorción en el ciclo fenológico que son, el máximo macollamiento con un 28% de la absorción total y al embuchamiento con un 27%. El N es un regulador del crecimiento ya que promueve la reproducción celular y, por ende, el macollamiento de la planta (Mejía & Menjívar, 2010), igualmente existe una correlación positiva entre el número de granos por unidad de área y el porcentaje de N absorbido por la planta momentos antes de la floración (Yoshida, 1981).

En la absorción relativa de P, al llegar al embuchamiento la planta ya ha absorbido el 97% del total. Se observan dos etapas de máxima absorción, que son el inicio del primordio floral con un 35% y la etapa de embuchamiento con un 33%. El P estimula el desarrollo radicular, favorece la precocidad de la maduración, aumenta la producción de tallos y el desarrollo del grano, siendo fácilmente redistribuido a los diferentes órganos de crecimiento (Catalá-Forner et al., 2022).

La absorción relativa de K alcanza un 92% del total al llegar la etapa de embuchamiento. Se aprecian dos etapas de máxima absorción, encontrando la primera al inicio de macollamiento (25%) y la segunda en el embuchamiento (33%). El K es de gran importancia en el desarrollo de las macollas, en la formación de la panícula y en la resistencia al acame (Mejía & Menjívar, 2010). El K es necesario para la síntesis de proteínas, ya que su formación es catalizada por la enzima nitrato reductasa que utiliza K, entonces a pesar de la disponibilidad de N en grandes cantidades en la planta, las proteínas no se fabrican si hay deficiencia de K (Vijayakumar et al., 2021).



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 2. Dinámica proporcional de absorción de nutrientes y etapas críticas de máxima absorción.**

La absorción de Ca se mantiene en incremento constante hasta llegar a la floración, donde se alcanza el 100% de la absorción total. La máxima absorción se da en la etapa primordio floral con un 28% y el estado de embuchamiento con 26%. El Ca puede mejorar la estabilidad e integridad de las membranas celulares de las plantas, promover el alargamiento de las raíces y mejorar la resistencia al acame (Sirisoontarak et al., 2016).

La absorción relativa de Mg durante el ciclo fenológico del arroz alcanza su totalidad en el estado de embuchamiento. Las etapas de mayor absorción de Mg son en el primordio floral con un 30% y la etapa de embuchamiento, alcanzando un 43%. El Mg es el átomo central de la clorofila, puede promover la activación de muchas enzimas en el metabolismo



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

del nitrógeno y promover la síntesis de compuestos de nitrógeno, igual que mejora la absorción de este por la planta (He et al., 2024).

La absorción de Mn se mantiene en incremento constante hasta llegar a la floración, donde alcanza el 100%. La máxima absorción se da en la etapa de embuchamiento con un 24% y en la floración con 39%. Este nutriente está presente en el complejo Mn-proteína que transporta electrones del agua al fotosistema II (Mejía & Menjívar, 2010), requiriéndose en mayor cantidad en las etapas donde hay mayor producción de biomasa (Barahona Amores, 2017).

La dinámica de absorción de hierro muestra que al llegar a la floración la planta ya ha absorbido el 100% del mismo. Se observan dos etapas de máxima absorción, que son el inicio del primordio floral con 15% y la etapa de floración con un 55%. La función principal del Fe es la activación de enzimas, donde actúa como grupo prostético, interviene por tanto en las reacciones fundamentales de la diferenciación floral, al igual que en la síntesis de clorofila (Muñiz Ugarte, 2008). Así mismo, la presencia de Fe incrementa la producción de fitoalexinas, unas moléculas conocidas por su actividad antifúngica, capaces de inhibir el crecimiento del hongo *Magnaporthe oryzae* (Sánchez-Sanuy et al., 2022).

La absorción de Cu alcanza su totalidad al llegar al embuchamiento. Las etapas de máxima absorción de cobre durante el ciclo fenológico son en el primordio floral (32%) y la etapa de embuchamiento (45%). Se ha demostrado que la deficiencia de Cu disminuye la formación de espigas en algunos cereales (Mejía & Menjívar, 2010), lo que indica su importancia en el inicio de la etapa reproductiva (Barahona Amores, 2017).

La dinámica de absorción de Zn se mantiene en incremento constante hasta llegar a la floración, donde alcanza el 100%. La máxima absorción se da en la etapa de embuchamiento con un 34% y en la floración con 24%. Se ha demostrado que en sitios específicos de síntesis proteica de los órganos reproductivos, hay una necesidad grande de Zn, siendo esencial en el desarrollo del polen (Marschner, 2012; Muhammad et al., 2018). Diversos autores reportan que la mayor parte del Zn es absorbido por la planta de



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

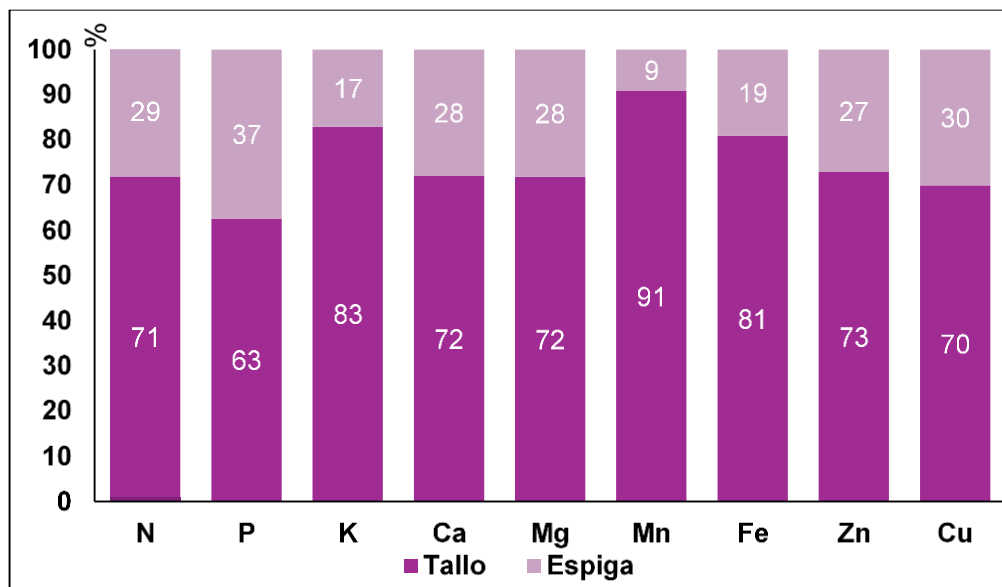
arroz mayormente durante las etapas reproductivas (Amador & Bernal, 2012; Molina & Rodriguez, 2012; Barahona Amores, 2017).

### Proporción de nutrientes por sección de la planta

Al analizar el contenido relativo de nutrientes en diferentes secciones de la planta de arroz, se puede determinar la importancia de cada elemento en una sección específica (Figura 3). A continuación, se presentan los órdenes de importancia de los nutrientes, basados en la proporción (no en la cantidad), para diferentes partes de la planta:

Parte Foliar: El orden de importancia es Mn > K > Fe > Zn > Ca > Mg > N > Cu > P

Producción de Granos: El orden de importancia es P > Cu > N > Mg > Ca > Zn > Fe > K > Mn. Estos resultados sugieren que los nutrientes tienen diferentes roles y prioridades en diferentes partes de la planta, lo que puede ser útil para optimizar la fertilización y el manejo de nutrientes en el cultivo de arroz.



**Figura 3. Contenido relativo de nutrientes por distintas secciones del cultivo de arroz.**

La proporción en la cual los distintos órganos de la planta de arroz contienen los nutrientes, es de gran relevancia en los programas de fertilización (Bertsch Hernández, 2009), principalmente en aquellas zonas donde se cultiva de manera continua a través de



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

los años, determinando así la cantidad de nutrientes que salen del sistema a través de la cosecha (Barahona Amores, 2017) y los nutrientes que pueden ser reciclados a través de la reincorporación de los residuos vegetales al suelo una vez que estos se descompongan (Castilla Lozano & Tirado Ospina, 2019).

### CONCLUSIONES

- Las variedades evaluadas difieren en su capacidad de absorción de nutrientes, principalmente en los requerimientos necesarios para producir una tonelada de grano.
- La mayor absorción de los macronutrientes se da en etapas tempranas del cultivo de arroz, mientras que la mayor absorción de micronutrientes se da en la etapa reproductiva del cultivo.
- Para evitar la degradación de los suelos, hay que aplicar al menos la cantidad de nutrientes que salen del sistema con la cosecha, tomando en cuenta la proporción de nutrientes contenido en la espiga.

### REFERENCIAS

- Amador, J. C., & Bernal, I. E. (2012). *Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua*. [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana] (Zamorano). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/22eee8cf-eccb-4e4e-a268-a29020e97e2d/content>
- Barahona Amores, L. A., Villarreal Nuñez, J. E., Gonzalez 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 Nuñez, J., Samaniego Sanchez, 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.



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

[https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/absorcion\\_de\\_nutrientes\\_en\\_arroz\\_bajo\\_secano.pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/absorcion_de_nutrientes_en_arroz_bajo_secano.pdf)

Barahona Amores, L. A. (2017). *Curvas de absorción de nutrientes de arroz en diferentes tipo de suelo y ambiente agroecológico*. [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. [https://up-rid.up.ac.pa/1599/1/luis\\_barahona.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/1599/1/luis_barahona.pdf)

Batista, A., Avila, A., Batista, E., & Domínguez, J. (2020). *Boletín de las variables climáticas en la Región de Azuero*. Red Agroclimática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.

Batista, A., Avila, 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., Avila, A., Batista, E., & Dominguez, J. (2022). *Boletín de las variables climáticas en la Región de Azuero*. Red Agroclimática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Boletin\\_abril\\_2022.pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Boletin_abril_2022.pdf)

Bertsch Hernández, F. (2009). *Absorción de nutrimentos por los cultivos*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.

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. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/MIC\\_arroz\\_\(IDIAP\).pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/MIC_arroz_(IDIAP).pdf)

Castilla Lozano, L. A., & Tirado Ospina, Y. C. (2019). *Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz*. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-agraria-del-ecuador/agricultura-general/nutricion-cultivo-de-arroz/122277870>



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



Catalá-Forner, M., Bertomeu, A., Tomas, N., & Pla, E. (2022). *Gestión sostenible del fósforo en el cultivo del arroz*. Instituto de Investigación y Tecnología Agropecuaria (IRTA). [https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/10569668/ARTICULO\\_GESTION+SO+STENIBLE+DEL+FOSFORO+EN+EL+CULTIVO+DEL+ARROZ\\_def.pdf/ca7f9033-e3ae-4d77-ac91-d6a444747a7e#:~:text=El%20P%20es%20un%20elemen](https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/10569668/ARTICULO_GESTION+SO+STENIBLE+DEL+FOSFORO+EN+EL+CULTIVO+DEL+ARROZ_def.pdf/ca7f9033-e3ae-4d77-ac91-d6a444747a7e#:~:text=El%20P%20es%20un%20elemen).

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>

Di Rienzo, J. C., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2008). *Manual de usuario*. editorial Brujas. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10346/Manual\\_INFOSTAT\\_2008.pdf](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10346/Manual_INFOSTAT_2008.pdf)

Dominguez, R. (2011). *Elaboración de curvas de absorción de nutrimentos para arroz (Oryza sativa) variedad FCA 97116, en el Centro de Investigaciones Agropecuarias de Chiriquí*. [Tesis de grado, Universidad de Panamá]. [https://up-rid.up.ac.pa/7227/1/rosa\\_dominguez.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/7227/1/rosa_dominguez.pdf)

He, Z., Wang, Z., Hao, J., Wu, Y., & Liu, H. (2024). The Use of Magnesium Fertilizer Can Improve the Nutrient Uptake, Yield, and Quality of Rice in Liaoning Province. *Agronomy*, 14(3), 639. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030639>

Herber, L., & Kraemer, A. (2013). Curvas de absorción de nutrientes para cinco variedades de arroz de uso actual en Argentina. *VIII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*. Santa Maria RS. [https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/curvas-de-absorcion-de-nutrientes-para-cinco-variedades-de-arroz-de-uso-actual-en-argentina\\_241.pdf](https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/curvas-de-absorcion-de-nutrientes-para-cinco-variedades-de-arroz-de-uso-actual-en-argentina_241.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/)

Herber, L., Colazo, J., & Vicino, R. (2022). Curvas de absorcion para la fertilizacion eficiente de las variedades Angiru INTA CL; Memby porá CL y Aldebaran CL. *XII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*. Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI). [https://sosbai.com.br/uploads/trabalhos/curvas-de-absorcion-para-la-fertilizacion-eficiente-de-las-variedades-angiru-inta-cl-memby-pora-cl-y-aldebaran-cl\\_552.pdf](https://sosbai.com.br/uploads/trabalhos/curvas-de-absorcion-para-la-fertilizacion-eficiente-de-las-variedades-angiru-inta-cl-memby-pora-cl-y-aldebaran-cl_552.pdf)

Holdridge, L. R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícola. <https://www.sidalc.net/search/Record/diq-iica-11324-7936>

Instituto de la Potasa y el Fosforo. (2004). *Requerimientos nutricionales por los cultivos*. International Plant Nutrition Institute (IPNI). <https://es.scribd.com/document/463336395/Requerimientos-nutricionales-cultivos-IPNI-pdf>

Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, Third edition. [https://home.czu.cz/storage/737/65060\\_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf](https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf)

Mejía, S., & Menjívar, J. C. (2010). Nutrición mineral del arroz (Capítulo 17). En CIAT, *Producción eco-eficiente del arroz en America Latina* Tomo I (págs. 306-335). Editores Victor Degiovanni, Cesar Martinez, Francisco Motta. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/2010\\_Degiovanni-Produccion\\_eco-eficiente\\_del\\_arroz.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf)

Ministerio de Desarrollo Agropecuaria. (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.



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

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

Muhammad, F., Ullah, A., rehman, A., Nawaz, A., Nadeem, A., Wakeel, A., . . . Siddique, K. (2018). Application of zinc improves the productivity and biofortification of fine grain aromatic rice grown in dry seeded and puddled transplanted production systems. *Field Crops Research*, 216, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.004>

Muñiz Ugarte, O. (2008). *Los Microelementos en la agricultura*. Agrinfor.

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.

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 Investigación del Programa de Suelos del IDIAP

Quiros Mcl, E., & Barahona, L. A. (2017). *IDIAP FL 72-17 Variedad de arroz de ciclo intermedio para las condiciones de riego y seco en Panamá*. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. <http://www.idiap.gob.pa/download/variedad-de-arroz-idiap-fl-72-17/?wpdmdl=4194>



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

Quiros Mcl, E., Camargo, V., & Chen, E. (2018a). *IDIAP FL 069-18 Tecnología varietal para los sistemas mecanizados de arroz*. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.

<http://www.idiap.gob.pa/download/variedad-de-arroz-fl-069-18/?wpdmdl=4193>

Quiros Mcl, E., Camargo, V., & Chen, E. (2018b). *IDIAP FL 148-18 Tecnología varietal para los sistemas mecanizados de arroz*. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP\\_FL\\_148-18.pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP_FL_148-18.pdf)

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](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP_FL_ALANJE%C3%91A_22.pdf)

Rice observatory. (2025). *Consumo per capita de arroz en America*.

<https://cropobservatoriesalliance.org/rice>

Sánchez-Sanuy, F., Mateluna-Cuadra, R., Tomita, K., Okada, K., Sacchi, G., Campo, S., & San Segundo, B. (2022). Iron Induces Resistance Against the Rice Blast Fungus *Magnaporthe oryzae* Through Potentiation of Immune Responses. *Rice*, 15(68), 23.

<https://doi.org/10.1186/s12284-022-00609-w>

<https://link.springer.com/article/10.1186/s12284-022-00609-w>

Sirisoontaralak, P., Limboon, P., Jatuwong, S., & Chavanalikit, A. (2016). Effects of soaking and acidification on physicochemical properties of calcium-fortified rice. *Science of Food and Agriculture*, 96(58), 2796-2804. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7447>

Vijayakumar, S., Kumar, D., Ramesh, K., Govindasamy, P., Jinger, D., Khanam, R., P, S., E, S., Joshi, E., Sharma, V., & Rajpoot, S. K. (2021). Potassium nutrition in rice: A review. *ORYZA-An International Journal of Rice*, 58(3), 341-353.

<https://doi.org/10.35709/ory.2021.58.3.1>



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

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 seco en dos localidades*. 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.

Yoshida, S. (1981). *Foundamentals of rice crop science*. International Rice Research Intitute (IRRI).

<https://jameslitsinger.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/yoshida-1981.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/)