

FERTILIZACION DEL CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA

José Eurípides Baquero P. *

1. INTRODUCCION

En la producción agrícola actual, la fertilización se ha convertido en práctica clave e indispensable para obtener máximos rendimientos por unidad de superficie cultivada. Sin embargo, el efecto positivo de la aplicación de fertilizante depende de un gran número de factores tales como suelo, cultivo y además requiere de componentes adecuados de tecnología agrícola.

En Colombia se siembran aproximadamente 420.000 ha de arroz de las cuales el 67% se encuentra bajo el sistema de riego, el 27% bajo condiciones de secano favorecido y el 6% en secano manual. Esta área se encuentra distribuida en cuatro grandes zonas del país: Zona Norte (Norte de Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar, Cesar, Guajira, Santander y Norte de Santander); Zona Centro (Tolima, Huila, Boyacá, Cundinamarca); Zona Occidental (Chocó, Valle, Cauca y Nariño) y la Zona Oriental (Orinoquia y Amazonia).

Los suelos agrícolas de estas zonas están en capacidad de suministrar los nutrimentos requeridos por el cultivo, sin embargo, existen algunas

* I.A. Programa Piloto Arroz. CI La Libertad, ICA Villavicencio.

diferencias debido a los materiales parentales de donde provienen, como también a procesos y factores formadores de estos en cada zona en particular, ésto hace que no se pueda extrapolar en su totalidad los planes de fertilización de una zona a otra.

Mediante este artículo se pretende presentar una guía técnica de cómo fertilizar el arroz de riego y secano en las diferentes zonas arroceras del país y el eficiente manejo de las prácticas de fertilización.

2. PROBLEMAS NUTRICIONALES DEL ARROZ

La capacidad para suministrar nutrimentos en cada una de las zonas productoras de arroz es variable, debido a los materiales originales de sus suelos, a los procesos y factores formadores de estos y a los usos y manejos dados a través del tiempo. Esto hace que en muchos casos dentro de la misma área se presenten diferencias en la disponibilidad de nutrimentos por parte de suelo para la planta de arroz.

A nivel general la zona que mayores limitantes nutricionales presenta es la de los Llanos Orientales especialmente en los suelos bajo condiciones de riego (terrazas medias y bajas) donde existe una baja fertilidad y presenta altos contenidos de Al y Fe, que pueden llegar a niveles tóxicos (23, 24). La zona centro, cuya área arrocera total es bajo condiciones de riego y la zona norte, la cual presenta los dos sistemas, presentan características más similares entre sí.

Bajo condiciones de secano las zonas donde se desarrolla este sistema (Norte y Llanos), presentan una mayor homogeneidad en su fertilidad, sin embargo, se encuentran todavía, diferencias a nivel de zonas y a niveles localizados por los factores mencionados anteriormente.

En el siguiente esquema se pueden resumir en forma muy general los problemas nutricionales del cultivo del arroz en Colombia, donde a pesar de ser este uno de los países con mayor tecnología aplicada al cultivo del arroz a nivel mundial, se continúan cometiendo algunos errores, sobre todo en las recomendaciones de fertilizantes sin un análisis de suelos previo de los lotes a cultivar.



De lo anterior se deduce que un eficiente plan de fertilización comprende las correcciones de las deficiencias y toxicidades de algunos nutrientes, como el conocimiento de la disponibilidad de estos en el suelo, así como también los requerimientos nutricionales de la variedad. Sin embargo, todo lo anterior debe estar acompañado de óptimas y adecuadas dosis, fuentes, épocas y métodos de aplicación de los nutrientes.

En arroz existen 16 elementos considerados esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, sin embargo, el N, P y K son requeridos en mayores cantidades (31). En la Tabla 1, aparece la absorción de nutrimentos por dos variedades de arroz, donde se observa que existe diferencia entre las variedades para obtener en mayor o menor grado un determinado nutrimento.

3. SUELOS ARROCEROS DE COLOMBIA

A nivel general los tipos de suelos predominantes en las áreas arroceras del país, son suelos de formaciones aluviales y donde existen: mesas, colinas, terrazas; con climas secos y húmedos que van desde una fertilidad baja (zona llanos), hasta una fertilidad moderada alta (zona norte y centro) (4, 5, 6, 7, 11, 12, 22, 30).

Las principales características agroecológicas de tres zonas arroceras se describen continuación (12):

Zona Llanos.— Area agroecológica homogénea (Kd); tierras aluviales de relieve plano, con pendientes menores del 3%, sus suelos (Tropepts, Fluvents, Orthox) formados a partir de materiales sedimentarios, y superficiales a moderadamente profundos de fertilidad baja a moderada; localmente están afectados por inundaciones ocasionales, zurales y/o pedregosidad.

TABLA 1. Nutrientes removidos del suelo por el arroz para producir 5 t/ha de grano.

Nutrimento	IR-8	Cica 8 kg	\bar{X}
N	94.5	135.3	114.9
P	25.8	18.4	22.1
K	177.5	75.2	126.3
Ca	15.7	40.5	26.1
Mg	19.5	14.7	17.1
S	8.4	11.3	.8
Si	510.0	315.8	412.9

FUENTE: Arroz, investigación y producción. CIAT, 1985.

Zona Centro.- Area agroecológica homogénea (Cj); tierras de planicies aluviales y coluvio-aluviales, relieve plano o ligeramente ondulado, sus suelos (Fluvents, Orthents, Teopepts, Ustersts, Ustalfs, Ustolls) desarrollados a partir de materiales sedimentarios, son superficiales a profundos generalmente bien drenados y de fertilidad moderada-alta.

Zona Norte.- Area agroecológica homogénea (Cj), Cu), tierras aluviales y planicies coluvio-aluviales, de colinas; relieve plano y ligeramente ondulado o quebrado, sus suelos (Fluvents, Tropepts, Usterts, Underts) derivados en general de materiales sedimentarios, tienen baja a moderada evolución, son bien drenados y de fertilidad moderada a alta.

En la Tabla 2 se presentan algunas características físico-químicas muy generales de estos suelos, ya que como se indicó anteriormente pueden existir diferencias a nivel de finca y localidad.

4. FERTILIZACION DEL ARROZ EN EL ECOSISTEMA DE RIEGO

El cultivo de arroz bajo condiciones de riego ocupa el 67% del área arrocera sembrada en el país (8), siendo así, el sistema de producción más importante a nivel nacional. Su producción promedio llega a 5.8 t/ha. Dichos suelos no presentan niveles de fertilidad similares, por lo tanto el cultivo no responde en la misma forma a la aplicación de fertilizantes. A nivel general los principales limitantes nutricionales de estos suelos son:

- Deficiencia de N
- Deficiencias de P y K para algunas áreas y localidades

TABLA 2. Características físico-químicas generales de los suelos arroceros de Colombia 1/.

Zona	pH	M.O. (%)	P ppm	Mec/100 g					ppm				
				Al	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	B	Cu	Zn
Noche	6.3	3.2	16	-	15	10	0.37	0.8	48	24	0.4	18	3
Centro	6.6	4.4	20	-	16	8	0.40	0.6	50	15	0.4	12	3
Llanos *	5.5	2.0	10	1.9	3.2	1.5	0.17	0.04	140	40	0.3	5	4

* Promedio de suelos de vegas y terrazas medias (arroz riego y secano).

1/ Promedios muy generales de las zonas.

- Deficiencias de Mg para algunas zonas
- Toxicidad de Al y/o deficiencia de Ca (especialmente en los Llanos)
- Deficiencias de Zn en algunos sitios
- Probables deficiencias de S, B y Cu
- Posibles toxicidades de Fe para algunas variedades

4.1. Recomendaciones de Correctivos

Teniendo en cuenta que en todas las zonas arroceras es necesaria la aplicación de correctivos debido a la fertilidad diferencial de sus suelos, como también al proceso físico-químico que sufre éste cuando se coloca una lámina de agua en su superficie la cual lleva el pH hasta puntos cercanos a la neutralidad (24), los suelos arroceros bajo riego no requieran altas cantidades de cal como correctivo, sino que se aplican en su mayoría como fuentes de Ca y Mg (30). Se ha establecido en algunos estudios que para las variedades actuales de arroz, la cal requerida puede calcularse con la siguiente fórmula (16, 30):

$$\text{Cal requerida en t/ha} = 0.35 \times \text{Al (meq/100 g)}$$

Con este encalamiento se pretende además de suministrar Ca como nutrimento, neutralizar parte del Al intercambiable para que la planta pueda crecer mejor antes de la instalación del riego definitivo. La cal debe aplicarse al voleo unos 15-20 días antes de la siembra, siendo la cal dolomítica la más utilizada por aportar el mismo tiempo Ca y Mg (1, 30).

4.2. Manejo del Nitrógeno

La fertilización nitrogenada es la práctica más delicada entre las fertilizaciones, empezando por la dificultad de correlacionar la materia orgánica del suelo ó nitrógeno total con las dosis óptimas para aplicar. De otro lado se considera al N, el elemento número uno en importancia en la producción de alimento, ya que participa en todas las etapas de desarrollo y crecimiento de la planta e interviene en la mayoría de procesos bioquímicos que tienen lugar en esta tales como la síntesis de proteínas y de ácidos nucleícos así como de los carbohidratos y aminoácidos, y como regulador del crecimiento y de la reproducción celular (19).

El N usado por la planta de arroz proviene de la materia orgánica del suelo, de la atmósfera acarreado por la lluvia o fijado por micro-organismos y de las plantas, de abonos orgánicos y de la fertilización mineral entre otras (19).

Cerca del 50% del N absorbido por la planta es traslocado al grano (19). Las plantas deficientes en N son débiles, delgadas y erectas, el macollamiento es pobre, se retarda el crecimiento y las plantas tienen una apariencia amarilla verdosa, las hojas inferiores presentan secamiento en el ápice y al final los rendimientos son afectados grandemente (19, 30).

Algunas de las causas más importantes de la deficiencia de N son (3, 25) :

- Bajo contenido de M.O. (menos de 5%)

- Bajo suministro de N por la M.O.
- Altas pérdidas de N (lixiviación, denitrificación, volatilización, erosión y remoción entre otras)
- Alta mineralización por altas T° y lavado por altas precipitaciones
- Baja eficiencia de los fertilizantes aplicados (menos del 60%)

La fertilización nitrogenada en arroz no debe realizarse con base en el contenido de materia orgánica del suelo, ya que no existe relación definida entre estos dos parámetros; por otra parte también esto a dificultado el establecimiento de niveles críticos; debido a ello las recomendaciones de N, están dadas en los resultados obtenidos en las pruebas regionales, utilizando varios niveles de N (1, 20, 25).

Los estudios realizados sobre la respuesta de las variedades actuales (Meticas, Cica 8, Oryzica 1, 2 y 3 y Oryzica Llanos 4 y Llanos 5), reportan que no se puedan obtener altos rendimientos cuando no se aplica el N en la fórmula de fertilización (30). La adición de N a estas variedades incrementa grandemente los rendimientos con valores que oscilan entre 84 y 208% con relación a los testigos donde no se aplica N (6, 7, 15, 30); esto equivale a producir entre dos a tres t/ha más que cuando no se aplica este nutrimento (6, 7, 15, 30).

De otra parte, mediante las pruebas regionales se ha logrado establecer una alta relación entre las dosis de N aplicado y la incidencia el hongo Pyricularia oryzae, especialmente en variedades susceptibles y en la zona de los Llanos, donde por razones climáticas hay una mayor incidencia de esta enfermedad (20, 25, 30).

El porcentaje de volcamiento también se ha visto afectado por los niveles de N aplicados, especialmente en la zona norte, donde a mayores dosis de N, hay mayor volcamiento (1).

Las dosis de N a aplicar varían de una zona a otra. En los Llanos estas van desde 40 hasta 120 kg/ha; en la zona centro de 80 hasta 200 kg/ha de N, y en algunas localidades específicas como la Meseta de Ibagué, las dosis superan los 200 kg/ha de N; en la zona norte las recomendaciones de los niveles de N varían entre 40 y 150 kg/ha (1, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 14, 15, 22, 30).

Por lo anterior para decidir la dosis de N a aplicar debe tenerse en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

- Localidad
- Variedad
- Susceptibilidad de la variedad a enfermedades
- Susceptibilidad de la variedad al volcamiento
- Control de enfermedades
- Semestre del año
- Fuente de N

Con relación a las fuentes de N a utilizar se debe considerar que las características químicas del suelo en condiciones de inundación determinan en un amplio grado la eficiencia de las fuentes nitrogenadas. La forma amoniacal del N presente en las fuentes como la úrea, el sulfato de amonio, el fosfato diamónico entre otros es más estable en suelos inundados por la adherencia de los iones amonio (NH_4^+) a las partículas de arcilla del suelo; mientras que las formas nítricas como el nitrato

de sodio, nitron 26 y el mismo nitrato de amonio, una vez aplicados son lavados en el agua de riego o se pierden en una alta proporción por denitrificación y volatilización, por lo tanto no son las fuentes más aconsejables para suelos inundados (9, 31).

Cuando se ha relacionado la fuente de N con la incidencia de piricularia, se ha encontrado mayor ataque de la enfermedad cuando se ha empleado el sulfato de amonio, especialmente en las zonas de mayor incidencia de este hongo (25, 28). Sin embargo, en otras partes del mundo donde el problema de piricularia no es tan severo, el sulfato de amonio es la fuente más usada en arroz de riego (25).

En Colombia la fuente más usada a nivel general es la úrea, la cual ha mostrado una mayor efectividad y además por su alta concentración (46% de N), el kilo del elemento puro resulta más barato, implicando también menores costos de transporte y aplicación (31).

Las pruebas regionales sobre épocas de aplicación de N han indicado que la mejor manera de aplicarlo es fraccionando la dosis total en tres partes iguales y suministrarlas al inicio de macollamiento, al máximo macollamiento, e inicio de primordio floral; para ello es necesario tener en cuenta el período vegetativo de la variedad (30).

4.3. Manejo del Fósforo

El P está involucrado en la transferencia de energía de todos los procesos bioquímicos en la planta de arroz, estimula el crecimiento de raíces, interviene en la síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos, además

actua como regulador en la maduración, en la fecundación y en la calidad de grano (19).

La absorción de P por la planta es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral, posteriormente es más rápida hasta poco después de la floración cuando las necesidades de P por la planta están satisfechas (19).

Con relación a la distribución del P en la planta, tenemos que cierta cantidad de P se acumula en raíces y en las hojas hasta la iniciación de la panícula. A medida que el tallo se alarga, una cantidad considerable del P circula en el tejido vegetativo hasta la etapa de floración, de allí en adelante se trasloca rápidamente a los granos donde se acumula alrededor del 75% del total de P tomado. Solamente entre un 10-20% permanece en la paja (19).

Los principales síntomas de deficiencia de P, son: plantas raquílicas y con escaso macollamiento, hojas angostas, cortas, erectas y con un color verde azulado; las hojas jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón o mueren; si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos entocianinos las hojas pueden desarrollar un color purpura o rojizo (19, 30).

Los suelos arroceros de Colombia bajo condiciones de riego, difieren en sus contenidos de P, siendo más sentida su deficiencia en las Llanuras Orientales, donde predominan los elementos Fe y Al hasta niveles que pueden causar toxicidades. De otra parte el manejo diferencial dado a los lotes de fincas arroceras en donde se incorporan los residuos de cosecha, se realizan aplicaciones continuas de correctivos y fertili-

zantes, han venido mejorando el nivel de fertilidad de los suelos. En zonas deficientes en P, la fertilización fosfatada aumenta significatimente los rendimientos y la magnitud de la respuesta depende del contenido del elemento en el suelo (17 23, 24, 28).

Bajo condiciones de suelos inundados el P por una serie de procesos físico-químicos se hace más disponible (1, 17). Al aumentar la concentración de éste, la respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatados no es tan marcada, sin embargo cuando la concentración de este elemento es muy baja (menos de 5 ppm Bray II) y se presenta fijación en el suelo por la presencia de Al y Fe, se observa una mayor respuesta (23, 24, 30).

Los estudios realizados sobre el efecto del P sobre el rendimiento de algunas variedades comerciales de arroz (Metica 2, Cica 8, Oryzica 1, 2,3, Oryzica Llanos 4 y Llanos 5) muestran que la aplicación de este nutrimento, puede incrementar los rendimientos en niveles cercanos al 50% con relación al testigo sin P; esto equivale a aumentar dichos rendimientos en cantidades de aproximadamente 1.5 t/ha dependiendo de la variedad y del contenido de este elemento en el suelo (6, 7, 15, 30).

Las recomendaciones de P deben basarse en los análisis de suelos y en los niveles críticos establecidos para la zona y la variedad. En la Tabla 3 se presentan los niveles críticos establecidos para los Llanos (30).

En las zonas centro y norte los contenidos de P en el suelo son generalmente mayores y no existen problemas severos de fijación de fosfatos. Algunos investigadores (1), reseñan niveles críticos tentativos obtenidos

TABLA 3. Recomendaciones de fósforo para arroz de riego de acuerdo con los niveles críticos en suelos Clase III en los Llanos Orientales.

Contenido de P en suelo (ppm-Bray II)	Nivel crítico	Dosis de P_2O_5 recomendadas (kg/há)
Menor de 5	Muy bajo	100 - 150
5 - 10	Bajo	75 - 100
11- 20	Medio	50 - 75
Mayor de 20	Alto	25 - 50

para la zona norte, los cuales podrían adaptarse a las condiciones de la zona centro, sin embargo estos aún están sujetos a estudios más detallados.

En la Tabla 4 se indican los niveles críticos tentativos para a fertilización con P en la Costa Atlántica.

4.3.1. Fuentes y épocas de aplicación de fósforo

La disponibilidad del fósforo para la planta de arroz está directamente relacionada con la solubilidad en agua de la fuente de P utilizada, con mayor grado se encuentra en aquellas a base de fosfatos monocalcios, mientras que las formas tricalcicas no son solubles en agua y con ello menos disponibles para la planta del arroz (30, 31).

La solubilidad y por lo tanto la disponibilidad de fuentes de P varia de la siguiente manera: superfosfatos > nitratos > Escorias Thomas > rocas fosfóricas (30).

Teniendo en cuenta lo anterior y basados en los resultados de pruebas regionales en las diferentes zonas, se puede indicar que las mejores fuentes de P para las zonas centro y norte son las solubles (superfosfatos, nitrofosfatos y en algunos casos Escorias Thomas); las rocas fosfóricas no son la fuente más aconsejable para estas zonas sin embargo se puede pensar en su uso, en mezcla con otra fuente más soluble. La fertilización fosfatada en suelos fijadores de P como la zona de los Llanos, es más conveniente realizarla con fuentes de disponibilidad lenta, como las Escorias Thomas o también las rocas fosfóricas complementadas con fuentes más solubles ya que el P se va liberando lentamente disminuyendo

TABLA 4. Recomendaciones de fósforo para arroz riego en suelos de la zona norte (Costa Atlántica) de acuerdo a niveles críticos tentativos.

Contenido de P en el suelo (ppm-Bray II)	Nivel crítico	Dosis de P_2O_5 recomendadas (kg/ha)
Menor de 10	Bajo	25 - 50
10 - 20	Medio	15 - 25
Mayor de 20	Alto	0 - 15

FUENTE: Memorias Curso de Arroz Tierralta (Acosta, C. 1989).

su fijación y el efecto residual es más prolongado. En lotes de los Llanos donde el manejo ha mejorado la disponibilidad de P en el suelo, las fuentes solubles han presentado una alta eficiencia (30).

Teniendo en cuenta que la mayor área de arroz se siembra al voleo el P debe aplicarse uniforme al voleo e incorporarse con rastrillo antes de la siembra (Escorias Thomas y rocas fosfóricas), o al momento de la siembra (superfosfatos, nitrofosfatos y abonos compuestos altos en P) (30).

Los resultados sobre épocas de aplicación de P usando fuentes solubles en suelos con deficiencia, indican que el suministro al momento de la siembra es significativamente más eficiente que cuando se hace a los 30 días o cuando se hacen aplicaciones fraccionadas (17, 23, 24, 30).

4.4. Manejo del Potasio

El K interviene en el metabolismo de carbohidratos y proteínas, regula la transpiración y el contenido de agua en las células; además es cofactor enzimático e interviene en la fotosíntesis, se le atribuye resistencia al volcamiento y la baja susceptibilidad a algunas enfermedades (19).

El K es absorbido según el crecimiento de la planta de arroz, hasta el final de la etapa lechosa del grano, luego decae, para posteriormente alcanzar su máximo contenido en la planta al final del grano lechoso, después de esta etapa, la planta no requiere mayores cantidades de este elemento.

A diferencia del P y el N sólo una pequeña cantidad de K (10-15%) del total tomado por la planta va al grano, dependiendo de la variedad. Este elemento se acumula en las partes vegetativas (19) donde sirve para la formación de estas y permanece en el tallo hasta la cosecha. Alrededor del 80-90% del K absorbido del suelo y de los fertilizantes permanece en la materia seca y eventualmente regresa al suelo (19).

Los suelos arroceros de Colombia presentan diferencias en los contenidos de K en el suelo, siendo al igual que el P, más notoria su deficiencia en la zona de los Llanos en las Terrazas bajas y medias; en la zona centro y norte los contenidos varían de medio a alto (1, 5, 6, 7, 11, 21, 22). El K es uno de los elementos que absorbe en gran cantidad la planta de arroz, sin embargo la inundación favorece el aumento en las concentraciones de K por la meteorización de los feldespatos y micas, la cual se acelera por las condiciones de reducción del suelo; además, la incorporación de residuos de cosecha suministran en gran parte el K absorbido por la planta.

A nivel general la respuesta del cultivo al K es menos espectacular que con el P y el N. Sin embargo, en suelos con bajo contenido de K (meno de 0.1 meq/100 g) pueden presentarse síntomas de deficiencia lo cuales se caracterizan por plantas de bajo macollamiento, con clorosis intervenal en las hojas viejas, las cuales toman posteriormente un color herrumbroso (19).

Los estudios realizados sobre el efecto de la fertilización con K sobre los rendimientos de grano de las variedades comerciales de arroz (Metica 2, Cica 8, Cica 4, Oryzica 1, 2, 3, Oryzica Llanos 4 y Llanos 5), han

mostrado que la respuesta de dichos materiales no es tan alta como en el caso del N y el P; sin embargo, su aplicación ha logrado incrementos en el rendimiento en valores que oscilan entre 15-20% con relación al estigo sin K, equivalentes a aumentos de aproximadamente 400-700 kg/ha dependiendo de la variedad y del contenido de este elemento en el suelo (6, 7, 15, 30).

4.4.1. Recomendaciones de dosis, fuentes y épocas de aplicación de K

Como se indicó anteriormente la respuesta de las variedades al K, es menor que en el caso de N y P, sin embargo en suelos con bajos contenidos de K, hay una respuesta positiva y significativa; para esto se han establecido los niveles críticos de este elemento en la zona de los Llanos, los cuales aparecen en la Tabla 5.

Al igual que el P, para el K también se ha establecido una guía de recomendaciones para la zona norte (Costa Atlántica) basada en los niveles críticos tentativos de este elemento (1). Estas recomendaciones también podrían ser extrapoladas a los suelos de la zona centro, sin embargo están aún en proceso de ajuste. En la Tabla 6 aparecen dichas recomendaciones.

Algunas consideraciones para la aplicación de K en el arroz riego son las siguientes:

- Si los suelos son pesados y/o la recomendación es baja (menos de 40 kg/ha de K_2O) incorporar superficialmente el 50% a la siembra y el 50% restante aplicarlo al inicio del macollamiento.

TABLA 5. Recomendaciones de K_2O para arroz riego en suelos Clase III de los Llanos según niveles críticos.

Potasio en el suelo (meq/100 g)	Nivel crítico	Dosis de K_2O recomendada (kg/ha)
Menos de 0.10	Muy bajo	90 - 120
0.10 - 0.20	Bajo	60 - 90
0.21 - 0.30	Medio	30 - 60
Mayor 0.30	Alto	0 - 30

TABLA 6. Guía de recomendaciones de K_2O para el arroz riego en la zona norte (Costa Atlántica) según niveles críticos tentativos.

K en el suelo (meq/100 g)	Nivel crítico	Recomendaciones del K_2O (kg/ha)
Menos de 0.15	Bajo	25 - 50
0.15 - 0.30	Medio	15 - 25
Mayor de 0.30	Alto	0 - 15

FUENTE: Memorias Curso de Arroz Tierralta (Acosta, C. 1985).

- Si los suelos tienen buena infiltración y/o baja CIC y la dosis de K es más alta (más de 40 kg/ha de K_2O), se puede fraccionar la dosis total en 3 partes iguales; a la siembra, al inicio del macollamiento y en el máximo macollamiento.

Entre las fuentes más usadas están el KCl (60% de K_2O) y el K_2SO_4 (50% de K_2O), entre los cuales no se han encontrado diferencias significativas. Cuando es necesario aplicar también Mg, se puede utilizar el SULFOMAG, el cual contiene S (18.3%), K (21% de K_2O) y Mg (11.1% de Mg). A nivel general por economía y eficiencia la fuente más usada es el cloruro de potasio KCl (6, 7, 30, 31).

4.5. Recomendaciones de Calcio y Magnesio

El Mg y el Ca tienen gran importancia en el cultivo del arroz, ya que intervienen en procesos como la división celular y la regulación de la respiración, la fotosíntesis, la síntesis de carbohidratos, grasas y aceites; algunos efectos que se le atribuyen al Ca es cierta resistencia a algunas enfermedades fungosas como la pudrición del tallo y raíces (19), sin embargo estas características son principalmente genéticas. Los principales síntomas de deficiencia de Mg, son clorosis intervenal en las hojas; plantas con baja altura y bajo macollamiento. La deficiencia de Ca afecta muy poco la apariencia general de la planta, excepto cuando es aguda, en cuyo caso el punto de crecimiento de las hojas superiores se torna blanco, enrollado y encrespado, y la planta es raquítica y los puntos de crecimiento mueren (19, 30).

El Ca y Mg son absorbidos de acuerdo con el crecimiento de la planta

y de manera continua hasta la etapa de maduración del grano, al inicio la absorción es lenta hasta el estado de panícula (10-15% del total absorbido) y entre el inicio de panícula y maduración aumenta y absorbe entre el 85 y 90% de cada elemento, siendo la mayor absorción para el Ca (19).

Los mayores problemas por deficiencias de Mg se encuentran en la zona de los Llanos, donde se pueden encontrar contenidos muy bajos (menos de 0.1 meq/100 g).

Los estudios realizados sobre los requerimientos de Mg por los diferentes materiales de arroz han mostrado que difieren de una variedad a otra siendo el Oryzica 1 la que se ve más afectada por la deficiencia de este elemento (27, 30). En esta variedad se pueden reducir los rendimientos en porcentajes cercanos al 30%, cuando el contenido de Mg en el suelo es bajo y no se aplica este nutrimento (30).

A nivel general la respuesta de las variedades comerciales actuales (Metica 1 y 2, Oryzica 2, Oryzica Llanos 4 y Llanos 5), presentan incrementos que van desde 0-14% con la aplicación de Mg, dependiendo del contenido de este elemento en el suelo (15, 27, 30).

En la Tabla 7 aparecen los niveles críticos tentativos de Ca y Mg en suelos de Colombia, los cuales sirven para tener una mayor aproximación en el diagnóstico y recomendación de estos elementos en el cultivo del arroz de riego. En la Tabla 8 se da una guía para recomendar la aplicación de Mg en los Llanos.

TABLA 7. Niveles críticos tentativos para interpretar la disponibilidad del Ca y el Mg en suelos de Colombia. (Extracción con NH_4 ó Ac 1 N. pH 7 (Guerrero 1980).

Nivel de disponibilidad	Calcio		Magnesio	
	(meq/100 g)	% sat.	(meq/100 g)	% sat.
Alta	Mayor de 6	Mayor de 40	Mayor de 1.0	Mayor de 10
Media	3 - 6	15 - 40	0.4 - 1.0	6 - 10
Baja	Menor de 3	Menor de 15	Menor de 0.4	Menor de 6

FUENTE: Arroz, investigación y producción, León, L.A. 1985. En los Llanos Orientales donde se presenta con mayor frecuencia la deficiencia de Mg, se han establecido niveles críticos locales para este elemento y la dosis recomendada para cada nivel de Mg en el suelo (30).

TABLA 8. Guía para las recomendaciones de Mg en el cultivo del arroz en los Llanos Orientales.

Mg en el suelo (meq/100 g)	Dosis de Mg recomendada (kg/ha)
Menor de 0.05	125
0.05 - 0.10	75 - 110
0.11 - 0.50	50 - 75
0.51 - 1.0	25 - 50
Mayor de 1.0	0 - 25

Para corregir las deficiencias de Mg, se han establecido algunos parámetros teniendo en cuenta el pH del suelo con el fin de facilitar la recomendación de este elemento (3, 27, 30); sin embargo la decisión debe estar acompañada del conocimiento previo del lote, de los requerimientos de la variedad y de los demás planes de fertilización, donde es muy importante el concepto del asistente técnico (30).

Las consideraciones al respecto son:

1. Realización de análisis de suelos.
2. Si hay deficiencia de Mg, el suelo es extremadamente ácido (pH menor de 5.0) y además contiene Al intercambiable, la fuente más conveniente es la cal dolomítica, la cual debe aplicarse al voleo 20 días antes de la siembra.
3. Si el suelo es fuertemente ácido (pH 5.0 - 5.5) y no contiene Al intercambiable, se puede emplear el óxido de Mg y/o el Carbonato de Mg, aplicado al voleo 10-15 días antes de la siembra.
4. Suelos moderada a ligeramente ácidos (pH 5.5 - 6.5) se puede emplear Sulfato de Mg ($MgSO_4$) ó el Sulfato doble de K y Mg ($K_2Mg(SO_4)_2$) denominado comercialmente SULFOMAG, aplicado en el momento de la siembra o en los primeros 30 días del cultivo.
5. Es necesario tener en cuenta las relaciones Ca/Mg, Mg/K, Ca/K y Ca+Mg/K, siendo las ideales 2-4, 3, 6 y 10 respectivamente, siendo este criterio puramente tentativo, por lo cual debe manejarse con el mejor sentido profesional y el conocimiento al respecto.

4.6. El Azufre y los Elementos Memores

El uso de fertilizantes de alta pureza, las pérdidas naturales del suelo, y la continua extracción por las cosechas son algunos de los factores que pueden incidir en la inducción de deficiencias de algunos nutrimentos como el azufre en los suelos arroceros del país. De otro lado la literatura indica que se deben aplicar una parte de S por cada 12 o 15 de N para una mayor eficiencia de estos dos nutrimentos. Sin embargo, los resultados de las diferentes pruebas regionales no han mostrado respuesta significativa en el rendimiento de grano con la aplicación de S. La aplicación foliar como nutrimento tampoco ha presentado efectos positivos y significativos (29, 30).

No se han reportado deficiencias a gran escala de este nutrimento en suelos arroceros de Colombia. Sin embargo, se sugiere realizar pequeñas aplicaciones de S, cuando su contenido en el suelo sea inferior a 10 ppm, para lo cual existen varias fuentes como la flor de azufre (85% de S), yeso (18% de SO) y SULFOMAG (18.3% de S) entre otras.

4.6.1. Importancia de los micronutrientes.

Los microelementos cumplen múltiples funciones en el desarrollo y crecimiento de las plantas. La deficiencia de Molibdeno (Mo) causa acumulación de nitratos en la planta, ya que hace parte del grupo prostético del nitrato-reductasa que cataliza la reducción de nitratos a nitritos. El Hierro (Fe) como constituyente de los citocromas es un participante de los esquemas de oxido-reducción en el metabolismo del N y S y aunque no es componente de la clorofila, participa en su síntesis. El Boro

(B) interviene en la traslocación de azúcares y síntesis de proteínas. En general las monocotiledoneas tienen menores requerimientos de B y son más susceptibles a la toxicidad que las dicotiledoneas (29).

El Manganeso (Mn) interviene en la síntesis de clorofila y es un activador de diversos sistemas enzimáticos. El Zinc (Zn) es un constituyente de varias enzimas, actúa como catalizador en muchas reacciones químicas, síntesis de clorofila y triptófano, por lo cual su papel es decisivo en la formación de auxinas u hormonas de crecimiento (29). El Cobre (Cu) es activador enzimático, interviene en el desarrollo radicular, en el ciclo del ácido cítrico y en la calidad de la cosecha. El Silicio (Si), es el elemento absorbido en mayores cantidades por la planta del arroz, sin embargo en forma general no es tenido en cuenta por sus altos contenidos en el suelo, aunque se le atribuyen funciones como la de mejorar la absorción de los demás nutrimentos.

Tanto en arroz como en otros cultivos, la nutrición con micronutrimentos ha tomado mucho énfasis en los últimos años, atribuidos al hecho como la extracción continua por los cultivos disminuyendo su concentración en el suelo; el empleo de fertilizantes de alta pureza; el uso de variedades mejoradas que desplazan gradualmente a las tradicionales que están más adaptadas a las deficiencias y toxicidades; el uso intensivo de los suelos y pérdidas naturales del suelo entre otras (10, 29).

Los desórdenes de micronutrimentos en el cultivo del arroz están tomando especial importancia debido al aumento de tecnología y al uso de variedades de alto rendimiento. Para resolver estos problemas es necesario conocer su comportamiento en suelos arroceros (10).

Cuando un suelo se inunda sufre un proceso de reducción, el cual afecta profundamente el comportamiento químico de todos los elementos nutricionales, incluyendo los micronutrientes. Las concentraciones de Fe, Mn y Mo solubles en agua se aumentan; en cambio, las concentraciones de Cu y Zn disminuyen; el B aparentemente no sufre cambios apreciables (10, 29).

El aumento en la solubilidad del Fe es benéfico para el cultivo del arroz porque previene su deficiencia y la toxicidad de Mn en suelos latosoles extremadamente ácidos como los de los Llanos Orientales, la concentración de Fe puede alcanzar niveles tóxicos para el arroz (29). Sin embargo, las variedades comerciales de arroz utilizadas actualmente tienen una amplia tolerancia a este elemento tal como lo demuestran los estudios realizados con variedades como Cica 8, Oryzica 1, Oryzica Llanos 4 y Llanos 5 en suelos en Terraza media en la zona de los Llanos, donde el contenido de Fe en el suelo es superior a 100 ppm en el suelo y no se presenta el anaranjamiento (15).

Entre los demás micronutrientes el Zn ha recibido mayor atención debido a que es un problema reconocido en varios países, (E.U., India, Pakistán, Filipinas, Japón, Colombia, Nigeria, entre otros). Las deficiencias se han encontrado en suelos salinos, salino-sódicos, calcareos, orgánicos y arenosos bajos en Zn (29).

Estudios realizados por el ICA sobre la disponibilidad de micronutrientes en arroz han encontrado que pueden existir deficiencias de Zn, B y Cu en los Llanos Orientales, especialmente en la localidad del Ariari. En la zona centro en las localidades de Saldaña, Ambalema y Meseta de

Ibagué el B, el Cu y el Zn podrían también ser limitantes (18). En la zona norte se pueden presentar deficiencias de Zn y B especialmente bajo el sistema de fanguero y a nivel localizado en el sistema de riego tradicional (1).

4.6.2. Recomendaciones de micronutrientes.

Para hacer recomendaciones de elementos menores es necesario tener un diagnóstico previo, con el fin de evitar aplicaciones de elementos que no se necesiten ya que es más difícil corregir toxicidades que deficiencias; para ello es necesario solicitar al Laboratorio Análisis de Suelos que incluya caracterización más elementos menores (30).

Entre las fuentes más usadas están los sulfatos, óxidos y quelatos; entre los métodos de aplicación al suelo, a la semilla y foliarmente; son más aconsejables los dos primeros (10).

A continuación se presenta en la Tabla 9 una guía sobre los niveles críticos del micronutrientes en el suelo.

5. FERTILIZACION DEL ARROZ EN EL ECOSISTEMA DE SECANO

Aproximadamente el 27% del área arroceras total del país se encuentra bajo el ecosistema de secano favorecido (115.000 ha), siendo las zonas del Norte (Nor-occidente) y Llanos (Meta) donde se lleva a cabo la casi totalidad de este sistema de producción de arroz (8).

TABLA 9. Niveles críticos de micronutrientes en el suelo^{1/}.

Nivel crítico en el suelo (ppm)	Elemento				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Bajo	< 0.20	< 1.0	< 10	< 5	< 2.0
Medio	0.21-0.60	1.0-3.0	10-20	5-10	2.0-4.0
Alto	> 0.60	> 3.0	> 20	> 10	> 4.0

^{1/} Tabla de laboratorio de suelos del ICA.

Los suelos arroceros del país bajo condiciones de secano favorecido, presentan una mayor homogeneidad en su fertilidad y disponibilidad de nutrimentos en comparación a los suelos bajo riego (12).

En su gran mayoría presentan una fertilidad media-alta. En los Llanos Orientales la siembra de secano se realiza en suelos de aluviones recientes, denominados vegas y vegones (12, 30). Lo anterior permite extrapolar más información de una zona a otra, si desconocer como es lógico, problemas muy localizados.

Entre los principales limitantes de estos suelos podemos enumerar las siguientes:

- Deficiencias comprobadas de N
- Posibles deficiencias P, K y Mg a nivel de finca
- Posibles deficiencias de Zn
- Textura de suelo (suelos arenosos a nivel de finca)

Por lo anterior se puede deducir que la fertilización del arroz de secano es relativamente fácil y económica en comparación con la realizada bajo condiciones de riego (30).

5.1. Recomendaciones de Correctivos

Como se indicó anteriormente los suelos bajo condiciones de secano favorecido presentan una mayor homogeneidad en su fertilidad, de tal manera que en estos, los problemas de toxicidad de Al y Fe son escasos por lo cual no se recomienda la aplicación de correctivos en forma masiva. Sin embargo, a nivel muy localizado y algunas fincas pueden requerir

un encalamiento con dosis bajas para lo cual pueden utilizarse cualquiera de los correctivos existentes, dependiendo del análisis de suelos y la recomendación del asistente técnico (30), para lo cual se recomienda la siguiente fórmula:

$$\text{Cal requerida t/ha} = 1.5 \times \text{Al (meq/100 g)}$$

Siendo la cal dolomítica la más usada por sus aportes de Ca y Mg simultáneamente.

5.2. Recomendaciones de Nitrógeno

Los resultados de las pruebas regionales en las diferentes zonas arroceras indican, a nivel general que en arroz seco la ausencia del N no es tan dramática como en el riego y aunque hay buena respuesta, se pueden alcanzar rendimientos aceptables sin la aplicación de N (20, 25, 30). Esto es explicable por la diferencia de fertilidad de los suelos para riego y seco especialmente en la zona de los Llanos Orientales, los suelos para el arroz de seco son más fértiles.

De otro lado las investigaciones realizadas sobre el manejo del N en seco indican que es especialmente importante tener en cuenta la localidad o zona, la variedad, la incidencia de enfermedades y los planes de control, debido a que se ha demostrado que bajo este sistema de cultivo se presenta mayor ataque de enfermedades principalmente del hongo piricularia (30). Teniendo en cuenta esto los trabajos realizados sobre fuentes, dosis y épocas de aplicación de N han permitido hacer algunas recomendaciones (30).

Cuando no se hace control de piricularia en variedades susceptibles la dosis de N oscila entre 0-30 kg/ha; si se hace control se puede aplicar entre 60 y 80 kg/ha de N, en la zona de alta incidencia de esta enfermedad. En zonas de baja incidencia de la enfermedad las dosis pueden duplicarse dependiendo de los requerimientos de la variedad. En algunas variedades que son o fueron tolerantes a piricularia las dosis pueden ser mayores, ejemplo Oryzica 1, Oryzica Llanos 4 y Oryzica Llanos 5.

El manejo de la fuente de N en arroz seco debe hacerse en forma similar a otros cultivos que se desarrollan en suelos oxidados (30).

Esto significa que bajo esta modalidad de cultivo pueden emplearse fuentes amoniacales y nítricas (úrea, nitron 26, sulfato de amonio, nitrato de amonio, compuesto, etc). Por lo tanto, para decidir la fuente de N en arroz seco debe tenerse en cuenta principalmente el aspecto económico por unidad de N aplicado (30, 31).

De otro lado en arroz seco también se ha presentado mayor ataque de piricularia al utilizar sulfato de amonio, sin embargo esta fuente es necesario tenerla en cuenta cuando la incidencia de piricularia es baja y cuando las condiciones de suelo indican un nivel de sales por encima de lo normal (31).

5.3. Recomendaciones de Fósforo

Los suelos arroceros de Colombia bajo condiciones de seco no presentan problemas de alta fijación de fósforo por Fe y Al o por carbonatos de Ca y Mg, lo cual favorece el uso de fuentes solubles en agua que son

de acción inmediata (1, 12, 21, 30).

Los fosfatos altamente solubles en agua se difunden más ampliamente en el suelo en comparación con aquellos pocos solubles e insolubles, por lo tanto, un mayor volumen de suelo es cubierto por fosfatos solubles en agua, lo que trae como ventaja una mayor intercepción con las superficies radicales que en el caso del arroz es aún mucho más relevante por las características fibrosas de su raíz (31).

Los niveles críticos establecidos y tentativos de P para arroz de secano favorecido aparecen en las Tablas 10 y 11.

Las fuentes de P que deben usarse en suelos de arroz secano son las siguientes:

- Superfosfato simple y triple, aplicados al momento de la siembra e incorporados al suelo.
- Fertilizantes compuestos altos en P (10-30-10; 13-26-6, DAP, etc.) aplicados al momento de la siembra.
- Escorias Thomas, si el pH del suelo es menor de 5.5 aplicar al voleo antes de la siembra.

Las rocas fosfóricas molidas son la fuente más adecuada para estos suelos; sin embargo, se podrá pensar en algunos casos la realización de mezclas, como también la posible utilización de rocas fosfóricas parcialmente aciduladas, las cuales han mostrado buena eficiencia en arroz y otros cultivos como el sorgo (2, 30).

TABLA 10. Recomendaciones de P_2O_5 para arroz seco en suelos de de vega de los Llanos Orientales según niveles críticos .

P en el suelo (ppm Bray II)	Nivel crítico	Dosis de P_2O_5 recomendada (kg/há)
Menor de 10	Muy bajo	100
10 - 15	Bajo	50 - 75
16 - 30	Medio	25 - 50
Mayor de 30	Alto	0 - 25

FUENTE: Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales. (Sanchez, L.F. 1988).

TABLA 11. Recomendaciones de P_2O_5 para arroz seco en la Costa Atlántica según niveles críticos.

P en el suelo (ppm-Bray II)	Nivel crítico	Dosis de P_2O_5 recomendada (kg/há)
Menor de 15	Bajo	50 - 75
15 - 30	Medio	25 - 50
Mayor de 30	Alto	0 - 25

FUENTE: Memorias Curso de Arroz. Tierralta 1989. (Acosta, C.).

5.4. Recomendaciones de Potasio

El Potasio en los suelos arroceros de secano favorecido, presenta un contenido medio en el suelo; sin embargo, a nivel localizado pueden presentarse deficiencias de este elemento para lo cual es necesario realizar aplicaciones de este elemento (11, 30).

En las Tablas 12 y 13 aparecen las recomendaciones de K de acuerdo a los niveles críticos establecidos para las zonas donde se cultiva el arroz en secano favorecido (1, 30).

Por ser el K un elemento móvil en el suelo, debe fraccionarse, aplicando la mitad al momento de la siembra y la otra mitad al inicio del macollamiento. Si el suelo es muy bajo en K la fertilización potásica puede hacerse en partes iguales a la siembra y al inicio del macollamiento dependiendo del período vegetativo de la variedad. Si el suelo es muy bajo en K y la CIC es muy baja, se pueden realizar tres aplicaciones de K: a la siembra, al inicio del macollamiento y al máximo macollamiento.

En arroz secano, no se han encontrado diferencias significativas entre las fuentes KCl y K_2SO_4 . En suelos muy bajos en Mg y que a la vez requieran K la fuente más recomendada es el Sulpomag, el cual suministra simultáneamente estos nutrimentos (30, 31).

5.5. Elementos Menores

Los elementos menores en el cultivo de arroz bajo condiciones de secano favorecido, son menos deficientes dadas las condiciones de mejor fertili-

TABLA 12. Recomendaciones de K_2O para arroz seco en suelos de Clase I y II de los Llanos Orientales según niveles críticos.

K en el suelo (meq/100 g)	Nivel crítico	Dosis de K_2O recomendada (kg/ha)
Menor de 0.10	Muy bajo	75
0.10 - 0.15	Bajo	50 - 75
0.16 - 0.30	Medio	25 - 50
Mayor de 0.30	Alto	0 - 25

FUENTE: Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales (Sanchez, L.F. 1988).

TABLA 13. Recomendaciones de K_2O para arroz seco en la Costa Atlántica según niveles críticos.

K en el suelo (meq/100 g)	Nivel crítico	Dosis de K_2O recomendada (kg/ha)
Menos de 0.15	Bajo	50 - 75
0.15 - 0.30	Medio	25 - 50
Mayor de 0.30	Alto	0 - 25

FUENTE: Memorias Curso de Arroz Tierralta (Acosta C. 1989).

dad de los suelos especialmente en los Llanos (12); sin embargo es factible encontrar deficiencias de algunos micronutrientes como el Zn, B y Cu a niveles localizados para lo cual es necesario realizar los respectivos análisis de suelos, las correspondientes aplicaciones, utilizando fuentes como óxidos y sulfatos de estos micronutrientes. El mejor método de aplicación es al suelo en el momento de la siembra (6, 7, 10, 30).

6. FERTILIZACION FOLIAR EN ARROZ

La capacidad que tiene la parte aérea de la planta en absorber materiales aplicados en la forma de aspersiones, constituye el fundamento de la aplicación foliar de los fertilizantes y determina la efectividad de muchas otras prácticas agrícolas que involucran la aplicación de aspersiones de soluciones o suspensiones, así como el espolvoreo de sólidos finamente divididos (10, 14).

En la aplicación de sustancias por vía foliar se deben considerar dos procesos relacionados con la absorción: la penetración y traslocación. En general las rutas seguidas por las sustancias que penetran desde la superficie de las hojas, hasta los protoplastos de las células de la epidermis, se efectúa a través de tres sitios: la cutícula, la pared celular y la membrana protoplasmática (14).

La tasa de absorción y la distribución de nutrimentos en la planta presenta gran variación según las sustancias nutritivas aplicadas (14).

Una de las dificultades en usar aspersiones foliares, para suministrar elementos esenciales a los cultivos es que la traslocación del elemento

aplicado no es lo suficientemente rápida como pára sustituir la fertilización edáfica (14).

En el cultivo del arroz actualmente se vienen realizando aplicaciones masivas e indiscriminadas de "fertilizantes foliares" que ha conllevado a elevar los costos de producción del cultivo. Las investigaciones realizadas por el ICA y Fedearroz en las distintas zonas arroceras del país, utilizando los productos con dosis y épocas recomendadas por los productores, han mostrado que no existen diferencias significativas en el rendimiento de grano con la aplicación de estos productos (6, 7, 30); sin embargo, los mayores éxitos con la fertilización foliar se han obtenido con la aplicación de micronutrientes, cuando se ha comprobado la deficiencia de uno de estos en el cultivo del arroz como en el caso del Zn y el B (10, 14, 26).

Algunas de las explicaciones dadas por investigadores (10, 14, 30) sobre la no respuesta generalizada del cultivo a la aplicación de los fertilizantes foliares y por la cual esta práctica no es la más adecuada para suministrar los nutrientes a la planta son:

- a. A la planta hay que alimentarla bien desde que nace. A partir del momento en que la planta necesita absorber nutrientes, hasta aquel momento en que tiene suficiente masa en su parte aérea para que se pueda aplicar, la fertilización foliar, la planta necesitará de los abonos aplicados al suelo. Es lógico que a la planta hay que nutrirla bien durante este período y ello sólo es posible con la fertilización al suelo.

- b. No se debe esperar a que aparezcan los síntomas de deficiencia de nutrientes en los cultivos, pues el daño es ocasionado con anterioridad a su aparición.
- c. En el caso de los elementos mayores debido al uso de variedades cada vez más productivas como al incremento del follaje a medida que la planta crece es necesario realizar con más frecuencia y en mayor cantidad aplicaciones de estos elementos; pero es sabido, que sólo muy pocas plantas toleran la aspersion en su follaje, de soluciones de altas concentraciones de nutrimentos y esta alta tolerancia parece ser debida a que por la naturaleza de la cutícula de las hojas gran parte de la solución cae al suelo.

La concentración de los elementos en los fertilizantes foliares comerciales especialmente mayores y secundarios son muy bajas y en esas condiciones es difícil corregir posibles deficiencias a no ser que se hagan numerosas aplicaciones, lo cual sería muy costoso.

La fertilización foliar en arroz puede ser útil para corregir parcialmente la deficiencia de un elemento menor, la cual por alguna razón no se pudo hacer en el momento de la siembra. En este caso la deficiencia esta comprobada, dosis bajas del elemento menor al follaje en forma temprana dan resultados prácticos. Esto se ha comprobado plenamente con el Zn, el B y en menores ocasiones con el Cu.

La fertilización foliar debe considerarse como un complemento y no un sustituto de la fertilización edáfica.

7. BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, C. 1989. Química de los suelos inundados y recomendaciones de fertilizantes en el cultivo de arroz. In: Memorias Curso de Arroz. ICA-Fedearroz-UNICORDOBA. Mayo 3 y 4/89. Tierralta, Córdoba (Colombia).
2. BAQUERO, J.E.; APOLINAR, M.P.; SANCHEZ, L.F. 1983. Comportamiento de rocas fosfóricas nacionales parcialmente aciduladas en sorgo en un inceptisol de los Llanos Orientales. Villavicencio, Colombia. 27 p.
3. BAQUERO, J.E. 1989. Algunos resultados sobre fertilización de la soya en suelos de vega del Piedemonte Llanero. In: Aspectos del cultivo de la soya en los Llanos Orientales Ciclo de Conferencias. Villavicencio, Colombia. 27-37 p.
4. BLANCO, J.O. 1984. Fertilización del arroz en el distrito de riego del Río Zulia. In: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. CNI Tibaitatá, Bogotá (Colombia). 182-204 p.
5. DUARTE, M.A. 1984. Fertilización de líneas promisorias de arroz de riego en el Valle del Sinú. In: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. CNI Tibaitatá, Bogotá (Colombia). 171-173 p.

6. FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. 1987. Investigación Arroz 1986-1987. Bogotá, Colombia. 45-98 p.
7. FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. 1989. Investigación Arroz 1988-1989. Bogotá, Colombia. 79-158 p.
8. FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. 1989. Primer Censo Nacional Arrocerero. Arroz Bogotá, Colombia. 38(363). 52 p.
9. FLOR, C.A. 1985. El diagnóstico de problemas en arroz y su aplicación a los problemas de fertilidad de suelos. In: Arroz, investigación y producción, CIAT, Colombia. 133-143 p.
10. GOMEZ, L.J. 1984. La fertilización foliar. In: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. S.C.C.S. Segunda Edición. Bogotá, Colombia. 319-352 p.
11. GUTIERREZ, D. 1984. Respuesta del arroz de riego a la fertilización en suelos del Valle del Alto Magdalena. In: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. CNI Tibaitatá, Bogotá (Colombia). 177-181 p.
12. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 1986. Zonificación agrológica de Colombia. Memoria explicativa. Bogotá, Colombia. 50 p.
13. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1979. El cultivo del arroz. Compendio. No.29. 224 p.
14. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1981. Manual de asistencia técnica No.25. Fertilización en diversos cultivos, cuarta aproximación. Colombia. 54-55 p.

15. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Programa de Suelos CI La Libertad. 1989. Informe anual de actividades de la Sección de Suelos en el período 1988B-1989A. ICA Villavicencio, Colombia.
16. LEON, L.A. 1985. Encalamiento y fertilización con calcio, magnesio y potasio para el cultivo del arroz. In: Arroz, investigación y producción. CIAT, Colombia. 367-384 p.
17. LEON, L.A.; ARREGOCES, O. 1985. El fósforo y la fertilización fosfórica en suelos arroceros de América Latina. In: Arroz, investigación y producción. CIAT, Colombia. 341-366 p.
18. LORA, S.R.; SANCHEZ, L.F.; GUTIERREZ, P. 1987. Disponibilidad de elementos menores en suelos cultivados con arroz. In: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progresos 1983-1984. CNI Tibaitatá, Bogotá (Colombia). 106-109 p.
19. PERDOMO, M.A.; GONZALEZ, J.; DE GALVIS, Y.C.; GARCIA, E.; ARREGOCES, O. 1985. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. In: Arroz, investigación y producción. CIAT, Colombia. 103-132 p.
20. PUERTA, O.; OWEN, E.J.; BARRIGA, R. 1974. El nitrógeno y la incidencia de pyricularia en panículas de arroz. Agricultura de las Américas (Colombia). 23:31-32.
21. RAMIREZ, V.A. 1983. Generalidades sobre la fertilidad de los suelos del Valle del Cauca y cálculo de las necesidades mínimas de fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario. (Boletín

No.105).

22. RAMIREZ, A. 1984. Fertilización de materiales promisorios de arroz en el Valle geográfico del Río Cauca. In: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. CNI Tibaitatá, Bogotá (Colombia). 174-176 p.
23. SANCHEZ, L.F. 1974. Respuesta del arroz a fertilizantes fosfatados. Temas de orientación agropecuaria. Colombia. 26(287): 4-8.
24. SANCHEZ, L.F. 1977. Respuesta del arroz de riego a la aplicación de roca fosfórica en suelos ácidos. Arroz (Colombia). 26(287): 4-8.
25. SANCHEZ, L.F.; VILLARRAGA, L.A. 1978. Efecto de la fuente y dosis de nitrógeno en la incidencia de P. oryzae Cav. y en el rendimiento del arroz. Fitopatología Colombiana. 7(2):124-125.
26. SANCHEZ, L.F. 1983. Corrección de la deficiencia de Zinc en arroz riego (Oryza sativa L.) cultivado en un entisol de los Llanos Orientales. Arroz (Colombia). 32(324):17-24.
27. SANCHEZ, L.F. 1984. Aspectos sobre nutrición con magnesio en el cultivo de arroz en los Llanos Orientales. Revista ICA 20(3):361-369.
28. SANCHEZ, L.F.; ROSERO, M.J.; DAVALOS, A. 1984. Problemas nutricionales en el cultivo de arroz riego en los Llanos Orientales. Suelos Ecuatoriales. Arroz (Colombia). 14(1):28-40.

- 29.z SANCHEZ, L.F. 1986. Los elementos menores en el cultivo del arroz. In: Curso de actualización de conocimientos sobre el cultivo de arroz. Neiva, abril 24-25, 1986. Neiva (Colombia).
30. SANCHEZ, L.F. 1988. Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales. Instituto Colombiano Agropecuario. Villavicencio. (Boletín Divulgativo No.88).
31. VARGAS, J.P. 1988. Abonos simples, mayor eficiencia y economía en la fertilización del arroz riego. In: El cultivo del arroz. Factores técnicos y económicos en su producción. Compendio del curso realizado en Neiva, abril 1988. Neiva, Colombia. 39-64 p.

abs.