



12

Fertilización para ALTOS RENDIMIENTOS DE ARROZ

Ing. Agr. Dr. Cesar E. Quintero
Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la productividad media nacional de arroz está estancada en menos de 50 % de su potencial productivo. No hay un factor limitante, sino un conjunto de factores acumulados que reducen el rendimiento. Todos los factores de la producción deben ser considerados para aspirar a altos rendimientos y dentro de ellos la fertilización es un factor clave para incrementar los rindes. Con un ajuste minucioso de las prácticas de manejo es posible llegar a producciones del 80 % del potencial (11.000 kg/ha). Algunos productores, en superficies importantes, cosechan hoy 9.000 a 10.000 kg/ha y más. En ensayos de parcelas se ha llegado a recolectar 13.000 a 15.000 kg/ha. Esto quiere decir que una meta de rendimiento promedio de 8.000 kg/ha es alcanzable razonablemente, con las variedades y las prácticas utilizadas actualmente. Se dispone de tecnología y conocimientos suficientes, pero se requiere de un seguimiento y control minucioso de todos los puntos y aspectos que hacen al rendimiento.

FACTORES QUE DETERMINAN O DEFINEN EL RENDIMIENTO POTENCIAL ALCANZABLE

Existen factores determinantes del rendimiento que son fundamentales o definatorios. Por un lado está la calidad del ambiente, integrado por las características propias del sitio, el suelo, el an-

cultivo con suelos “esqueléticos” de muy baja CIC y MO, con limitaciones también, donde el rendimiento alcanzable es menor.

Si bien el clima no se puede modificar, la fecha de emergencia y el ciclo de la variedad determinan el potencial de aprovechar la oferta de radiación solar y el escape a condiciones adversas como el frío. Las variedades tradicionales tienen buena capacidad de macollaje y unas 200 plantas por metro cuadrado, bien distribuidas en el espacio, resultaron suficientes para lograr altos rendimientos. Un número de plantas que no limite el rendimiento es crucial; por lo cual se recomienda utilizar semillas de alta calidad y sembrar a una profundidad y densidad uniforme.

FACTORES QUE LIMITAN EL RENDIMIENTO POTENCIAL

Una vez establecido el cultivo en fecha y densidad apropiada, en un ambiente propicio; el rendimiento puede ser limitado por la disponibilidad de nutrientes y de agua.

De más está decir que el riego en arroz es muy importante y que los trabajos previos de emparejado del terreno y correcta nivelación son fundamentales para manejar adecuadamente el agua. Ni hablar de los beneficios indirectos sobre el control de malezas y uso eficiente del nitrógeno.

Los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y zinc (Zn) frecuentemente son deficitarios. El nitrógeno es el elemento más limitante y que debe ser aplicado de manera generalizada para alcanzar altos rendimientos. El K y el Zn se presentan deficientes en algunas situaciones, sobre todo en suelos de pH ligeramente alcalino con exceso de calcio. Es menos frecuente la deficiencia de P dado que los suelos tienen gran capacidad de liberarlo cuando se inunda. Sin embargo, en suelos de baja materia orgánica y pH mayor a 6,5 la disponibilidad es baja y limita el rendimiento.

Es sumamente importante asegurar una oferta de nutrientes adecuada desde la germinación del cultivo para lograr una elevada tasa de crecimiento y absorción de N en los estadios tempranos. Esto permite aprovechar la radiación incidente, generar tallos o macollos y acumular biomasa que luego se translocará a los granos. La confluencia de días largos de mucho sol y buena dotación de N en el suelo para la planta, cuando se inicia el período reproductivo y durante la floración, asegura la formación de un número de panojas y de granos llenos elevados.

FACTORES QUE REDUCEN EL RENDIMIENTO

Aun cuando los factores definatorios y limitantes del rendimiento se encuentren en niveles óptimos, existen otros factores que reducen el rendimiento como los insectos, las enfermedades y las malezas. Para estos hay que tomar medidas de protección y control.

El factor más importante que reduce los rendimientos son las malezas gramíneas.

Las enfermedades y los insectos que atacan a las plántulas en germinación deben ser tratados con suma importancia, dado

Factores que determinan el rendimiento



tecesor o rotación y la calidad del agua de riego. Y por otro lado está el cultivo definido por su ciclo, la fecha de emergencia y el número de plantas logradas por unidad de superficie.

En lo que refiere al suelo, existen zonas con suelos alcalinos (pH>7), con exceso de calcio (>80%/CIC) y/o sodio (>8%/CIC) o algo salinos a salinos (CE>1,5 dS/m) donde se ve limitado el rendimiento. En otras situaciones existen algunos suelos muy lavados, ácidos (pH<5,5), muy insaturados y otros lugares de

Rendimiento actual (kg/ha)	Diagnóstico	Expectativa de Respuesta
< 5.000	Varios Factores definitorios y reductores, limitan el rendimiento.	Baja
5.000 – 6.000	Algunos Factores definitorios y reductores, limitan el rendimiento.	Media
7.000 – 8.000	Algunos Factores reductores, limitan el rendimiento.	Alta
> 8.000	Muy buen ajuste y control de las prácticas de manejo	Muy Alta

Tabla 1.

Consumo total de nutrientes por tonelada de grano producida. Datos de estos ensayos mas reportes anteriores (Quintero, 2009) y datos propios no publicados. Datos de Asia tomados de Dobermann y Fairhurst, (2000) y de EEUU del IPNI.

	N (kg/ t)	P (kg/ t)	K (kg/ t)	Zn (g/ t)
Promedio Entre Ríos	14 (+/- 2,8)	3 (+/- 0,7)	13 (+/- 4,5)	43 (+/- 20)
Promedio Asia	18	3	17	50
Promedio EEUU	22	3	26	40

que afectan un factor definitorio como el número de plantas logradas. Para esto son fundamentales los tratamientos preventivos con fungicidas e insecticidas en semillas.

Por otro lado, se debe controlar la presencia de insectos y enfermedades que reducen el área foliar fotosintéticamente activa

Tabla 2.

Interpretación del análisis de suelo y recomendación de fertilización para Fósforo en arroz. Dosis en P kg/ha.

Características del suelo	P disponible – Bray (ppm)		
	< 5	5 – 10	> 10
Mat. Orgánica < 3,5 % y/o pH > 6,5	20 -30	15 – 20	10 – 15
Mat. Orgánica > 3,5 % y/o pH < 6,5	15 – 20	10 – 15	10

para así captar toda la energía solar posible.

Finalmente se deben controlar los insectos y las enfermedades que atacan a los granos en formación o impiden la translocación de los fotoasimilados, dado que afectan no sólo el rendimiento si no también la calidad del grano.

CÓMO HACER UN PLAN O PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE ARROZ PARA ALTOS RENDIMIENTOS?

Un plan de fertilización para altos rendimientos supone de por sí que los factores que definen el rendimiento y los que lo limitan o reducen están debidamente controlados. Esto implica que las expectativas de respuesta a las prácticas de fertilización son altas. Esta situación se da cuando se siembran variedades de alto potencial de rendimiento, en una época y densidad adecuada, con ajustado manejo del riego, la lámina de agua, el control de malezas, insectos y enfermedades.

Lo primero que se debe observar es el rendimiento actual. Si los rendimientos de los últimos años son inferiores a 5000 kg/ha seguramente existen limitaciones importantes que solucionar antes de iniciar un plan de fertilización de altos rendimientos. Las expectativas de respuesta son bajas. En esta situación, factores definitorios como la fecha de siembra o la densidad tienen un gran peso; posiblemente otros factores reductores contribuyan

disminuyendo la productividad.

Para superar o reducir algunas limitaciones de sitio, primeramente se debe indagar sobre la condición físico-química del suelo. Un indicador sencillo para evaluar esto es el pH. Cuando el pH del suelo es mayor a 6,5-7 posiblemente existan limitaciones por exceso de Ca o Na. Si los suelos son dispersivos por sodio, es recomendable la aplicación de YESO (Sulfato de Calcio) como enmienda, esto mejora la condición física del suelo, ayudando a la implantación del cultivo.

Si el pH es ácido (<5,5) y la saturación de bases es inferior al 50-60 %, debe aplicar CAL (Carbonato de Calcio/Magnesio) para reducir la toxicidad de Al.

Las cantidades de enmienda a aplicar (YESO o CAL) varían según el tipo de suelo de 2 a 4 tn/ha; se deben tener en cuenta todos los cationes intercambiables y la capacidad total de cambio.

El otro indicador a mirar inicialmente es la Conductividad Eléctrica (CE) que se refiere a la salinidad del suelo. Si es mayor a 1,5-2 dS/m, se reduce la germinación y las plantas logradas, se incrementa la esterilidad y disminuye el peso de los granos. En este caso no es recomendable aplicar enmiendas, sólo debe utilizarse agua de baja salinidad e incrementarse la cantidad y la frecuencia de riego para disminuir la salinidad. La salinidad es acompañada frecuentemente de deficiencia de Zn, P y K.

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN PARA EXPECTATIVAS DE ALTA A MUY ALTA RESPUESTA

Por el momento, las experiencias locales y regionales han mostrado que los elementos más importantes que pueden limitar el rendimiento de arroz son el Nitrógeno, el Fósforo, el Potasio y el Cinc. Sus requerimientos locales han sido establecidos y pueden verse en la tabla 1. Un programa de fertilización debe contemplar la disponibilidad y necesidad de estos cuatro elementos.

FÓSFORO

La anaerobiosis del suelo generada por la inundación durante el cultivo de arroz provoca condiciones que favorecen una mayor disponibilidad de P. Los suelos bien dotados de materia orgánica como los de Entre Ríos, pueden desarrollar gran poder reductor y mineralizar cantidades de P suficientes como para cubrir los requerimientos del arroz a expensas de las reservas de fósforo orgánico y no reponer la aplicación de P. Sin embargo, cuando ese pool se agota o los suelos son genéticamente pobres

Tabla 3.

Interpretación del análisis de suelo y recomendación de fertilización para Potasio en arroz

K Intercambiable (cmol(+)/kg)	K disponible (mg/kg)	Saturación K (%)	Calificación	Dosis K (kg/ha)
< 0,15	60	< 1,5	Bajo	55 – 70
0,15 – 0,25	60 – 90	1,5 – 2	Medio	40 – 55
0,25 – 0,45	90 – 180	2 – 2,5	Alto	30 – 40
> 0,45	> 180	> 2,5	Muy Alto	< 30



en materia orgánica, el fósforo liberado es insuficiente.

Por otro lado, en suelos de pH superior a 7 la respuesta a P ha sido significativa (Quintero et al 2015). En estas condiciones, la liberación de P que se produce por la anaerobiosis, al haber muy poco Fe activo para reducir, es escasa (Quintero, et al. 2007). Coincidentemente en Arkansas (EEUU), reconocen que los análisis de P disponible no son efectivos para el arroz; sostienen que el pH del suelo es un mejor estimador de la respuesta y recomiendan mayores dosis de P cuando el pH del suelo es superior a 6,5.

En base a estas experiencias es que se propone una tabla de interpretación y recomendación basada en la cantidad de P disponible, la materia orgánica y el pH de los suelos.

Dado que las fuentes de fertilizantes de fósforo tienen distinta reacción en el suelo, se recomienda la utilización de Fosfato mono amónico (MAP) de reacción ácida en los suelos de pH > 6,5 y Fosfato di amónico (DAP) de reacción alcalina en los suelos de pH < 6,5. Tanto DAP (20 % P) como MAP (22 % P) aplicados a la siembra en líneas.

POTASIO

Los requerimientos de K de un arroz de alto rendimiento son del orden de los 120 a 150 kg/ha, pero durante la floración y llenado de granos, un arroz bien nutrido puede absorber más de 200 kg/ha. El K juega un rol fundamental la expansión celular y en el desarrollo de aerénquima funcional; también en la translocación de los fotoasimilados hacia los granos.

La deficiencia de K se presenta por dos condiciones. Una por baja disponibilidad y otra por mala relación con los cationes de cambio como Ca, Mg y/o Na.

La disponibilidad se debe analizar tanto por el valor de K intercambiable como por la proporción de K sobre la capacidad total de cambio o CIC. Para evaluar la disponibilidad y hacer recomendaciones se puede utilizar como guía la tabla 3.

Independientemente de la disponibilidad de K. En los suelos donde se observen reacciones alcalinas (pH > 7) por exceso de Sodio (Na) o Calcio (Ca), tanto como en las situaciones de salinidad (CE > 1,5 dS/m) se recomienda la aplicación de un mínimo

Tabla 4.

Interpretación del análisis de suelo y recomendación de fertilización para Nitrógeno en arroz.

Mat.Org. del Suelo (%)	Aporte de N del suelo (kg/ha)	Rendimiento sin N Fertilizante (kg/ha)	Dosis de N (kg/ha)
> 4,5	110 – 150	8.000 – 10.000	40 – 60
2,5 – 4,5	70 – 110	5.000 – 8.000	60 – 100
< 2,5	< 70	< 5.000	> 100

de 30 kg/ha de K.

La fuente más utilizada es el Cloruro de potasio (50 % K) aplicado a la siembra o previo al riego.

CINC

Las condiciones de anaerobiosis del suelo que se establecen en el cultivo de arroz determinan que la disponibilidad de cinc (Zn) se vea disminuida. Por ello es muy frecuente la respuesta a la aplicación de Zn en arroz a nivel mundial. En los suelos donde se cultiva arroz en Entre Ríos, es frecuente encontrar áreas o lotes donde las plantas al emerger, presentan una clorosis que retarda su crecimiento y en algunos casos llega a provocarles la muerte. Estos síntomas están asociados a suelos con pH superior 6,5, con visibles y abundantes concreciones de CaCO_3 en superficie y se agravan cuando ocurren bajas temperaturas, lluvias excesivas o se aplican altas dosis de P. Síntomas similares se pueden observar en zonas de suelos salinos sódicos alcalinos de Santa Fe y Corrientes. Esta sintomatología relacionada a la baja disponibilidad de Zn y la baja actividad metabólica del Zn en la planta por exceso de Ca ha podido ser corregido o mitigado mediante la aplicación de Zn como tratamiento de semillas. El tratamiento de semillas solamente, ha mostrado una respuesta promedio de 350 kg/ha en Entre Ríos y el grado de adopción de esta práctica entre los productores es superior al 60 %. En suelos deficientes, la complementación con aplicaciones foliares de fertilizantes con Zn, aporta beneficios adicionales con respuestas medias de 400 a 800 kg/ha. La dosis de Zn a aplicar es de 200 a 400 g/ha. Las fuentes disponibles (óxidos, y quelatos) tienen similar respuesta.

16

Dado la deficiencia y respuesta generalizada, se recomienda el tratamiento de semillas con Zn de manera generalizada también. Las condiciones de mayor respuesta se observan en suelos con Zn disponible (EDTA) menor a 0,8 mg/kg y/o pH superior a 6,5.

NITRÓGENO

Habiendo corregido las deficiencias y realizado los aportes necesarios de fósforo, potasio y cinc; el nitrógeno (N) es el elemento que permitirá alcanzar los potenciales de producción con las mayores respuestas. La deficiencia de nitrógeno es generalizada y muy pocos suelos pueden aportar cantidades suficientes de N para altos rendimientos de arroz. La dosis de N a aplicar depende de la capacidad del suelo para aportar N al cultivo y de la variedad por su susceptibilidad al vuelco o a enfermedades (Tabla 4).

La aplicación del Nitrógeno (N) en el momento oportuno es tan importante en el manejo eficiente de este nutriente como la fuente o la dosis aplicada. Existen tres momentos propicios para incorporar el N en el cultivo de arroz: a la siembra, en V3-V4 previo al riego o en R0-R1 diferenciación de la panícula.

La fuente nitrogenada más utilizada en fertilización de arroz es la urea. En numerosos trabajos se muestra la conveniencia de utilizar esta fuente dado que tiene el N en forma amídica y no se vería afectado significativamente por la desnitrificación en un ambiente reductor como el del arroz. La bibliografía internacional indica que lo más conveniente es hacer una única aplicación pre riego o aplicar un 50 a 65 % de la dosis en pre riego y el resto en diferenciación. Las recomendaciones que surgen a partir de las investigaciones en Estados Unidos, muestran que la fertilización previo a la inundación es la más efectiva si se realiza sobre suelo seco y se inunda antes de los 5 días de aplicado el N. El arroz debe mantenerse inundado y en anaerobiosis para reducir las pérdidas de N. Cuando el agua no satura la superficie



de manera continua las pérdidas de N pueden ser altas y por lo tanto la efectividad menor (Norman et al. 2003). Sin embargo, experiencias recientes en Argentina indican que la aplicación de N en diferenciación de panícula puede ser tanto o más efectiva que la de preiego (Tabla 5 y 6).

Las experiencias locales indican que es conveniente aplicar una pequeña cantidad de N a la siembra (10-25 kg/ha) para lograr un buen crecimiento inicial sobre todo en suelos pobres de cultivo continuo de arroz. Es sumamente importante la aplicación de N en V3-V4 previo al riego, allí debe colocarse alrededor del 50 % del N programado. La aplicación de R0-R1 o diferenciación de la panícula, permite ajustar la dosis final de N, en función de las características del año y respuesta del cultivo.

CONSIDERACIONES FINALES

Las condiciones de inundación y las bajas exigencias del arroz determinan que su cultivo sea posible en suelos considerados no aptos para otros cereales. Esto lleva a una alta intensidad de uso del suelo y monocultivo en muchas situaciones, con lo cual los problemas de fertilidad son crecientes. Elementos como fósforo, nitrógeno y cinc se agotan rápidamente del sistema si no se reponen adecuadamente.

Un plan de fertilización para altos rendimientos de arroz debe estar basado en condiciones de manejo del cultivo adecuadas para tener una moderada expectativa de respuesta que repercuta en retornos económicos positivos.


Tabla 5.

Efecto de distintos momentos de fertilización con Urea en arroz sobre los componentes de rendimiento. Promedio de 12 ensayos.

Tratamiento	Panojas (#/m ²)	Granos (#/panoja)	Vanos (%)	P1000 (gr)	Rendimiento (kg/ha)	IC (%)
N-0 Testigo	369 a	95 a	9,8 a	26,2 a	6948 a	61 ab
N-70 Pre Riego	395 b	105 b	10,6 a	26,8 a	8279 b	59 a
N-70 Diferenciación	427 c	105 b	12,6 b	26,4 a	8484 b	64 b

 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Test: LSD Fisher.. IC: Índice de Cosecha

Tabla 6.

Efecto de distintos momentos de fertilización con Urea en arroz sobre la absorción de N. Promedio de 12 ensayos.

Tratamiento	N Abs. (kg/ha)	Ef.Agron. (kg /kg)	Ef.U.Fert (%)	N Abs. (kg/tn)
N-0 Testigo	86 a	-	-	12,5 a
N-70 Pre Riego	108 b	23,8 a	37,7 a	12,9 ab
N-70 Diferenciación	112 b	26,7 a	44,2 a	13,4 b

 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Test:LSD Fisher. Ef.Agron: Eficiencia agronómica del uso del N aplicado (kg de grano / kg de N fertilizante). Ef.U.Fert: Eficiencia de Absorción del N del Fertilizante ((N absorbido por el tratamiento - N Absorbido testigo)/ dosis de N x100).