

Informe Final para Comité Técnico PROARROZ – Campaña 2020/21

Proyecto: “CURVAS DE ABSORCIÓN PARA LA FERTILIZACIÓN EFICIENTE EN VARIETADES Y LÍNEAS DE ARROZ”

Investigador Responsable: L.G. Herber¹ (herber.luciana@inta.gob.ar)

Integrantes del Grupo responsable: J. Colazo² y F. Cattaneo²

1. Grupo cultivos Extensivos con énfasis en arroz – EEA INTA Corrientes
2. Departamento de Mejoramiento Genético de Arroz – EEA INTA C. del Uruguay

Período de desarrollo: Campaña 2020/21

INTRODUCCIÓN

El manejo eficiente de cualquier cultivo se basa en el conocimiento adecuado de sus requisitos en cada etapa de crecimiento y desarrollo que experimenta. En el caso particular del manejo de la fertilización, es importante conocer la dinámica de acumulación de los nutrientes esenciales en las diversas fases fenológicas. Esta información puede representarse a través de Curvas de Absorción de Nutrientes, gráficos que muestran la cantidad de un determinado elemento (nutriente) extraído por la planta a lo largo de su ciclo. Conociendo estas curvas se pueden determinar las etapas de mayor absorción de nutrientes durante el ciclo, lo cual permite orientar la aplicación de fertilizantes y las dosis adecuadas en el momento óptimo.

OBJETIVOS

1. Construir las curvas de absorción de nutrientes para 3 variedades de importancia actual de arroz: **Memby Porá CL** (Largo Fino, ciclo intermedio (+5 días que Gurí INTA CL), última variedad liberada por el programa de mejoramiento de INTA C. del Uruguay, posicionada para norte de ER y sur de Corrientes); 1 línea avanzada de alto potencial de rendimiento próxima a inscribirse **Cr741 CL** (Largo Fino, ciclo intermedio (-5 días que Gurí INTA CL) y **Cr178 (Fortuna Petiso CL)** (Diamante x Puita INTA CL x Fortuna INTA x Fortuna INTA; largo ancho, fotoperiódico, pertenece al Programa de Mejoramiento del Ministerio de la Producción de Santa Fé).
2. Cuantificar la cantidad de nutrientes absorbidos
3. Determinar la partición de nutrientes en grano y biomasa aérea a cosecha
4. Realizar una recomendación de fertilización para cada material

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado en la campaña 2020/21 en el campo experimental de la EEA INTA Corrientes (Ruta 12 km 1008, Corrientes). Las características climáticas de la campaña fueron excelentes en cuanto a radiación y amplitud térmica. Los suelos pertenecen a la unidad cartográfica 95a / h-D-A, la cual está formada por una asociación de suelos Argiudoles ácuicos (Serie Treviño),

Endoacualfes típicos (Serie Valencia) y Epiacualfes típicos (Serie Tala) con predominio de los primeros. Los atributos químicos se encuentran descriptos en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de suelo

pH	CE	MO	CO	NT	Ca	Mg	K	Na	P
	Mmho/cm	%			cmol _c /kg				ppm
6,40	0,07	1,78	1,03	0,09	4,20	2,20	0,23	0,12	8,64

Conductividad Eléctrica (CE), Materia orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Nitrógeno Total (Nt), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), fósforo (P)

Los ensayos se sembraron el día 21/10/2020 con una sembradora experimental Semina. Los materiales largo fino se sembraron a una densidad de 100 kg.ha⁻¹ mientras que el material largo ancho se sembró a 120 kg.ha⁻¹. La fertilización de base fue de 300 kg.ha⁻¹ (NPKSMgZn) + 250 kg/ha urea IR. El diseño experimental fue DBCA con 4 repeticiones por tratamiento. Se realizó un óptimo riego y control de malezas y adversidades. No se presentaron enfermedades. Se realizaron cortes de planta entera al ras del suelo de 0,50 metros lineales (no se cuantificaron raíces). Se realizaron 6 cortes por material abarcando el ciclo del cultivo (V4, macollaje, DPF, hoja bandera, floración, madurez), se cortaron 3 repeticiones/material/fecha. Se realizó la separación de material vegetal en hojas verdes (HV), hojas secas (HS), tallo (T) y Panoja (P) en función del momento de corte. Las muestras se secaron en estufa hasta peso constante y se enviaron al laboratorio de UNER para cuantificación de N, P, K, S, Ca, Mg, Zn Fe, Mn, Cu, B. Para determinación de rendimiento se cosecharon metros lineales de surcos con plantas completas, se tomó humedad y peso y se llevaron los valores a kg.ha⁻¹.

RESULTADOS

1.- Curvas de absorción de nutrientes

i. Memby Porá CL

En la Figura 1 se presenta la curva de biomasa acumulada para la variedad Memby Porá CL.

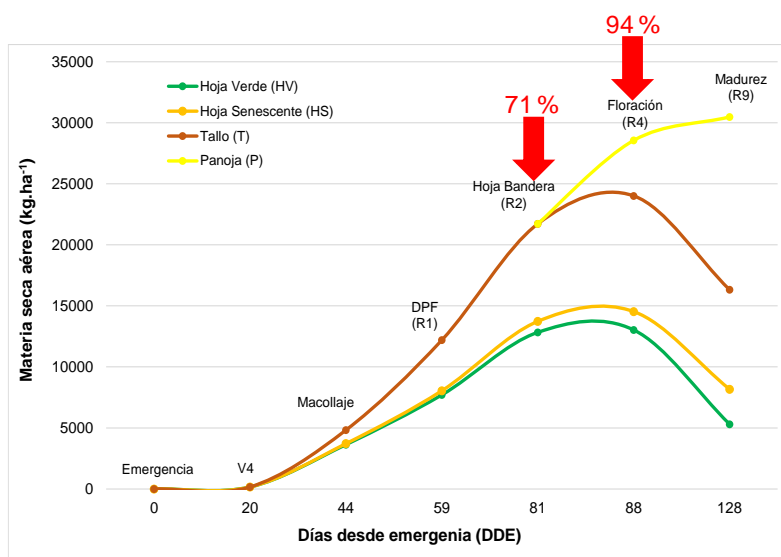


Figura 1. Curvas de acumulación de biomasa aérea Memby Porá CL (kg.ha⁻¹)

Hasta la etapa de HB, el material acumuló un 71 % de biomasa, liderada principalmente por el peso de los tallos. A partir de este momento comienza el crecimiento activo de la panoja, y la acumulación de biomasa alcanza el 94 % en la etapa de floración. El rendimiento del cultivo fue de 14.160 kg.ha⁻¹ (13% humedad) y presentó un índice de cosecha (IC) de 0,46. Con respecto a componentes del rendimiento se contabilizaron en promedio 140 granos llenos/panoja; un peso 1000 granos de 23 gr y un % de vano de 4,9. Con respecto a calidad, el porcentaje de grano entero fue de 67% y el rendimiento Industrial 72%.

Con respecto a la absorción de nutrientes; tanto N, P, K, S como Zn presentan una acumulación máxima en la etapa de hoja bandera (HB) con valores de 81%, 98%, 95%, 90% y 79% respectivamente (Figuras 2, 3, 4, 5 y 6).

En el Anexo se encuentran las Figuras correspondientes a Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Fe, B.

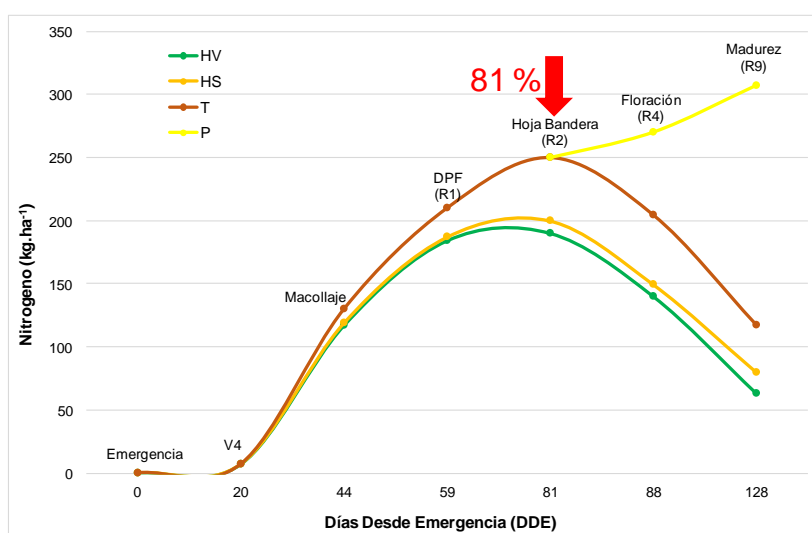


Figura 2. Curva de absorción de N Memby Porá CL (kg.ha⁻¹)

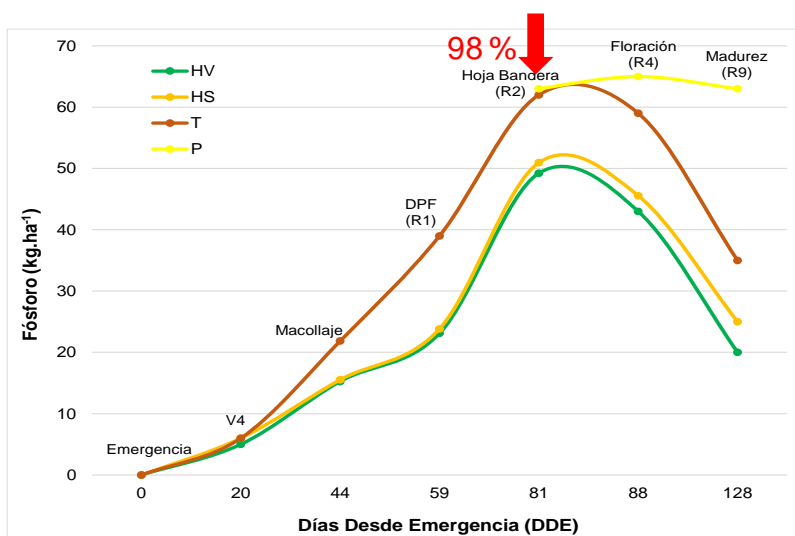


Figura 3. Curva de absorción de P Memby Porá CL (kg.ha⁻¹)

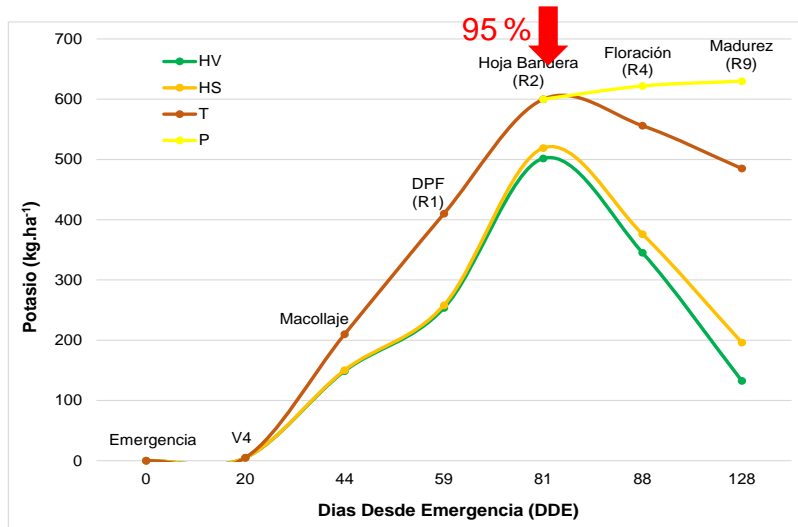


Figura 4. Curva de absorción de K Memby Porá CL (kg.ha⁻¹)

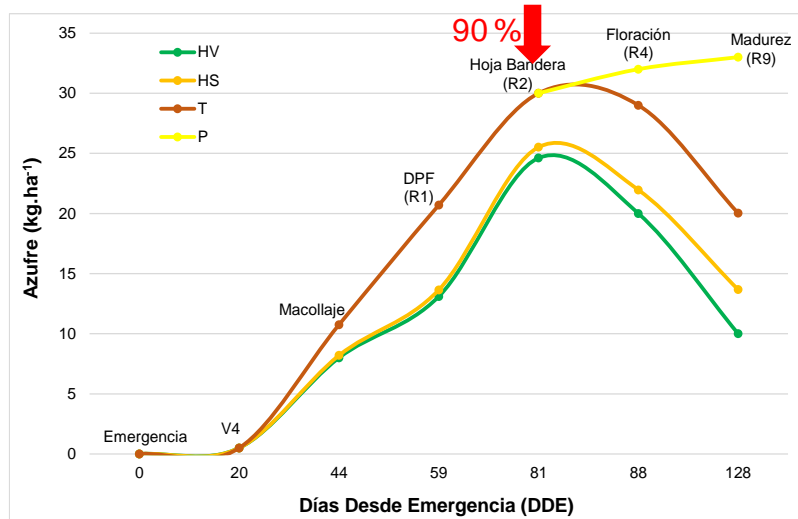


Figura 5. Curva de absorción de S Memby Porá CL (kg.ha⁻¹)

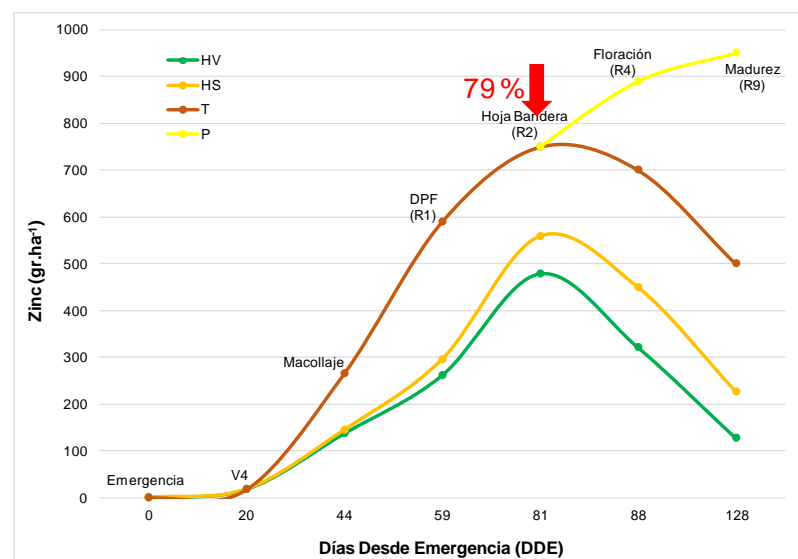


Figura 6. Curva de absorción de Zn Memby Porá CL (kg.ha⁻¹)

ii. Cr741 CL

En la Figura 7 se presenta la curva de biomasa acumulada para la línea avanzada Cr741 CL.

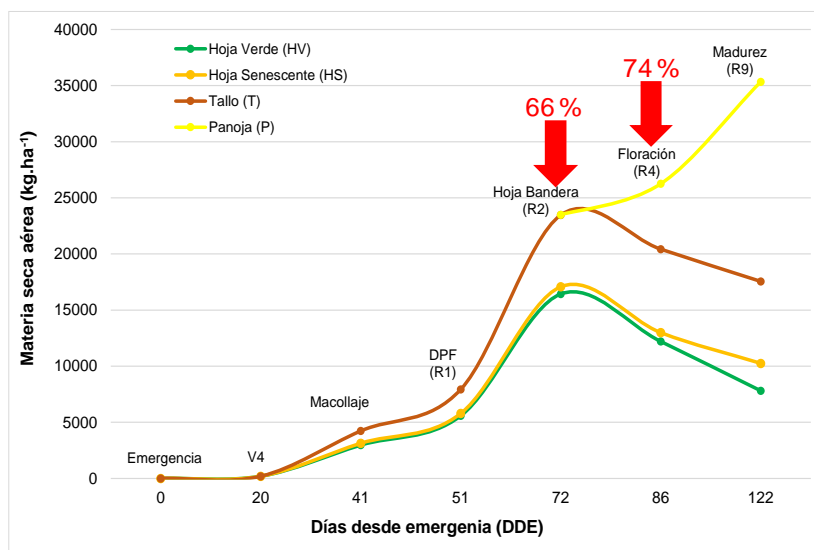


Figura 7. Curvas de acumulación de biomasa aérea Cr741 CL ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Hasta la etapa de HB, el material acumuló un 66 % de biomasa, liderada principalmente por el peso de los tallos. A partir de este momento comienza el crecimiento activo de la panoja, y la acumulación de biomasa alcanza el 74 % en la etapa de floración. Lo que indica que último 26% de biomasa se acumula entre FLO y madurez fisiológica (MF). El rendimiento del cultivo fue de $17.794 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (13% humedad) y presentó un índice de cosecha (IC) de 0,50. Con respecto a componentes del rendimiento se contabilizaron en promedio 149 granos llenos/panoja; un peso 1000 granos de 26 gr y un % de vano de 9,2. Con respecto a calidad, el porcentaje de grano entero fue de 61% y el rendimiento Industrial 71%.

Con respecto a la absorción de nutrientes, para el caso de N, pueden observarse dos momentos marcados de absorción, uno en DPF y otro en FLO donde acumularía un 66% y 91% de sus requerimientos (Figura 8). P y K presentaron una acumulación máxima en la etapa de hoja bandera (HB) con un valor de 89% (Figuras 9 y 10). En el caso del S y Zn también se presentan dos momentos marcados de absorción, uno en la etapa de macollaje (MAC) y luego una absorción exponencial hasta la etapa de HB. Esta línea absorbe el 31% de S y 25% Zn hasta MAC y luego el 89% de S y 92% de Zn en HB (Figuras 11 y 12).

En el Anexo se encuentran las Figuras correspondientes a Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Fe, B.

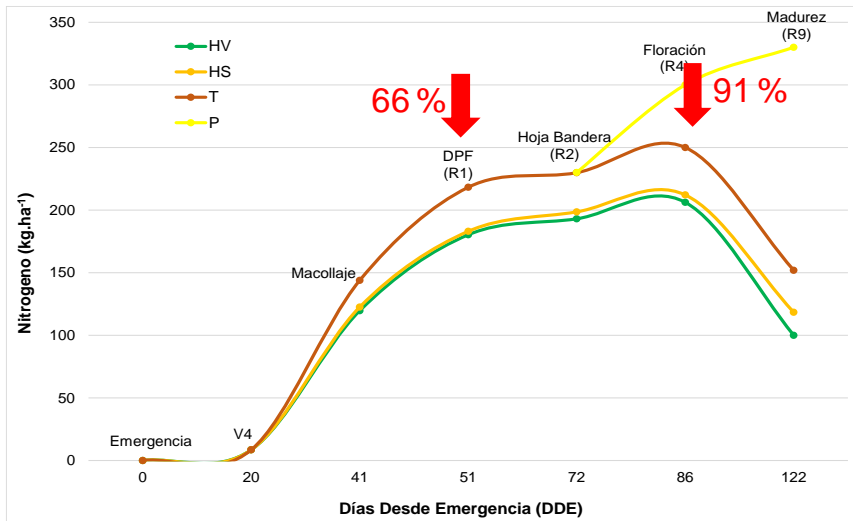


Figura 8. Curva de absorción de N Cr741 CL (kg.ha⁻¹)

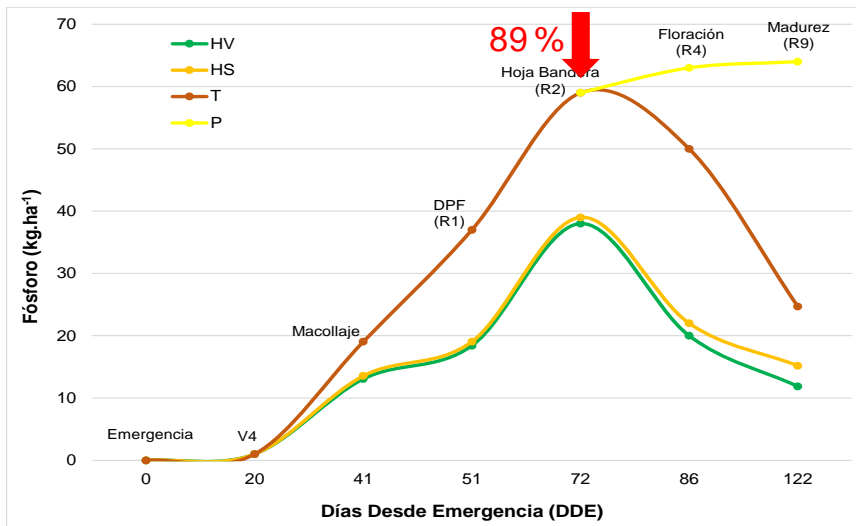


Figura 9. Curva de absorción de P Cr741 CL (kg.ha⁻¹)

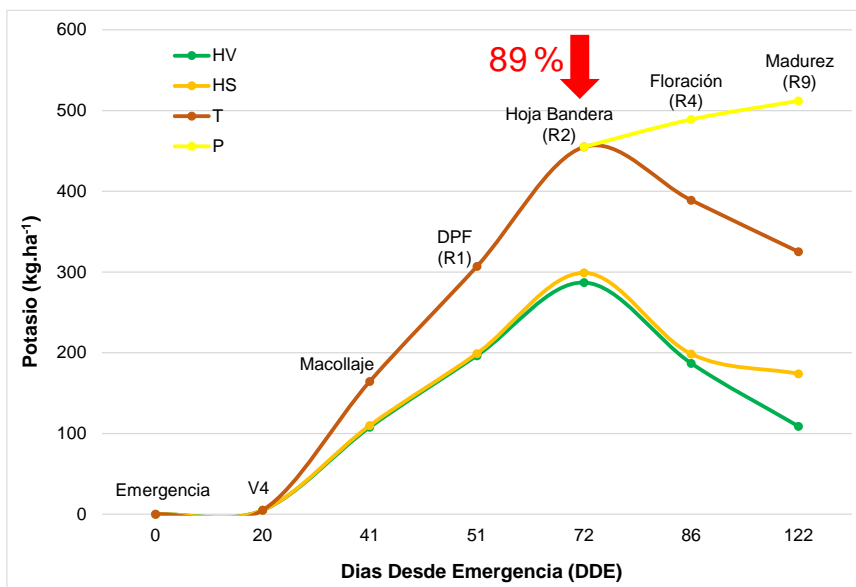


Figura 10. Curva de absorción de K Cr741 CL (kg.ha⁻¹)

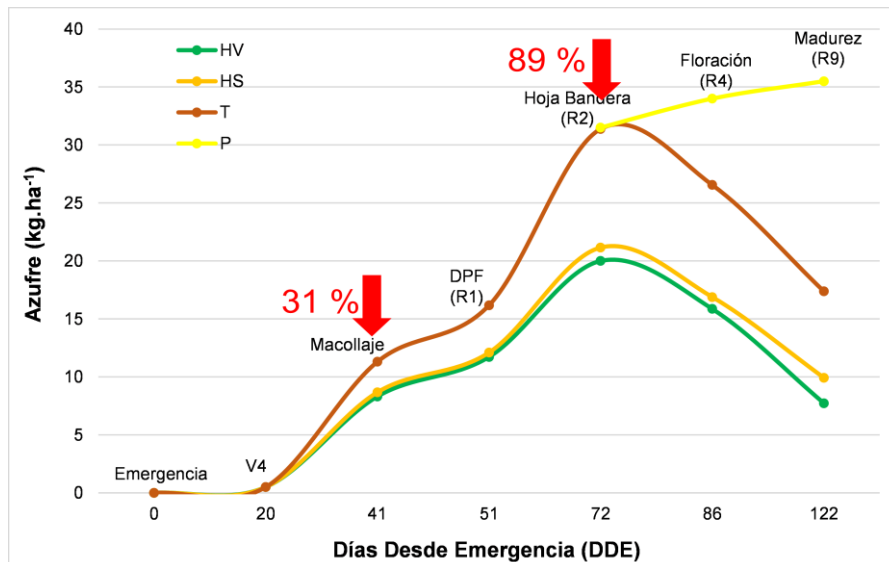


Figura 11. Curva de absorción de S Cr741 CL (kg.ha⁻¹)

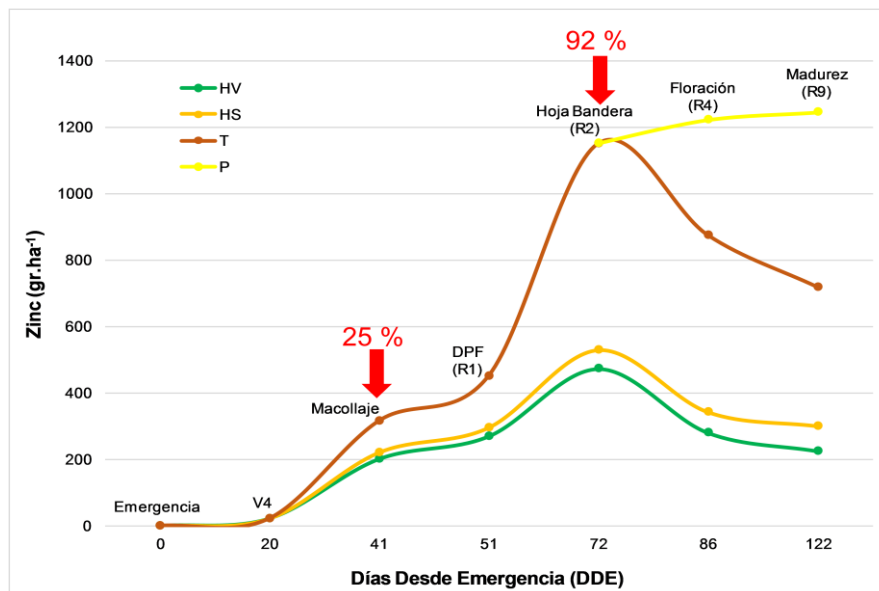


Figura 12. Curva de absorción de Zn Cr741 CL (kg.ha⁻¹)

iii. Cr178

En la Figura 13 se presenta la curva de biomasa acumulada para la línea Cr178. Hasta la etapa de HB, el material acumuló un 65 % de biomasa, liderada principalmente por el peso de los tallos. A partir de este momento comienza el crecimiento activo de la panoja, y la acumulación de biomasa alcanza el 75 % en la etapa de floración. Al igual que CR741 CL, el último 25% de biomasa se acumula entre FLO y madurez fisiológica (MF).

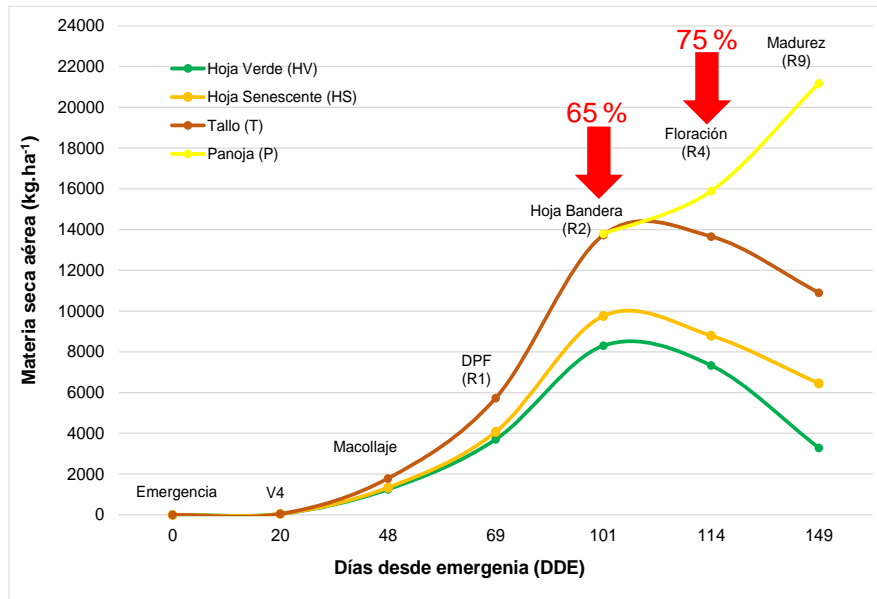


Figura 13. Curvas de acumulación de biomasa aérea Cr178 (kg.ha⁻¹)

El rendimiento del cultivo fue de 10.224 kg.ha⁻¹ (13% humedad) y presentó un índice de cosecha (IC) de 0,49. Con respecto a componentes del rendimiento se contabilizaron en promedio 132 granos llenos/panoja; un peso 1000 granos de 40 gr y un % de vano de 8. Con respecto a calidad, el porcentaje de grano entero fue de 62% y el rendimiento Industrial 72%.

Con respecto a la absorción de nutrientes; N, P y K presentaron una acumulación máxima en la etapa de hoja bandera (HB) con valores de 68%, 87% y 80% respectivamente (Figuras 14, 15, 16). Mientras que para el caso del S y Zn se presentan dos momentos marcados de absorción. El S se absorbe en un 57% hasta la etapa de DPF y continua aumentando hasta FLO donde el cultivo alcanza una absorción del 93% (Figura 17). El Zn presentó una absorción del 27% hasta la etapa de MAC, luego de esto la absorción aumenta rápidamente hasta FLO logrando alcanzar un 93% en FLO. (Figura 18).

En el Anexo se encuentran las Figuras correspondientes a Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Fe, B.

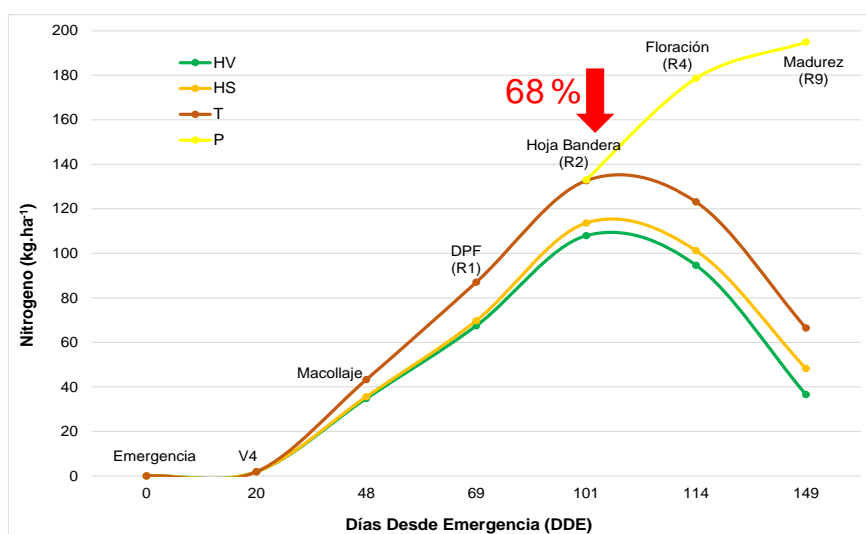


Figura 14. Curva de absorción de N Cr178 (kg.ha⁻¹)

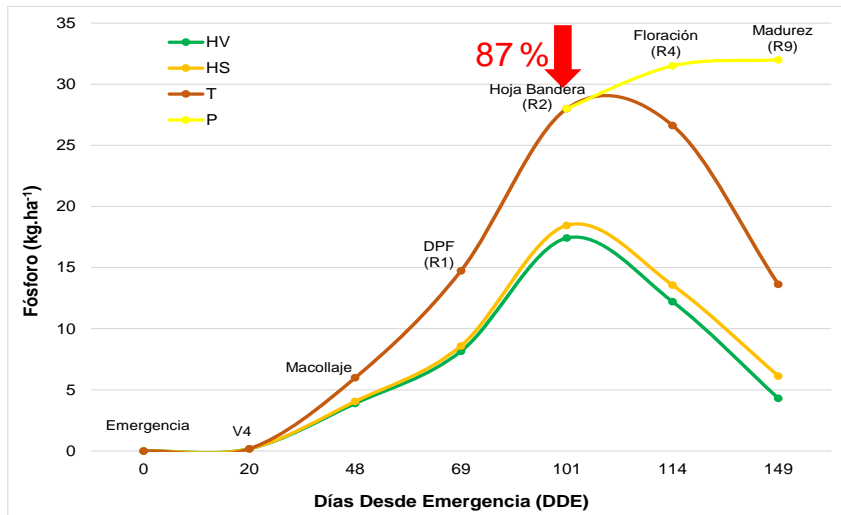


Figura 15. Curva de absorción de P Cr178 (kg.ha⁻¹)

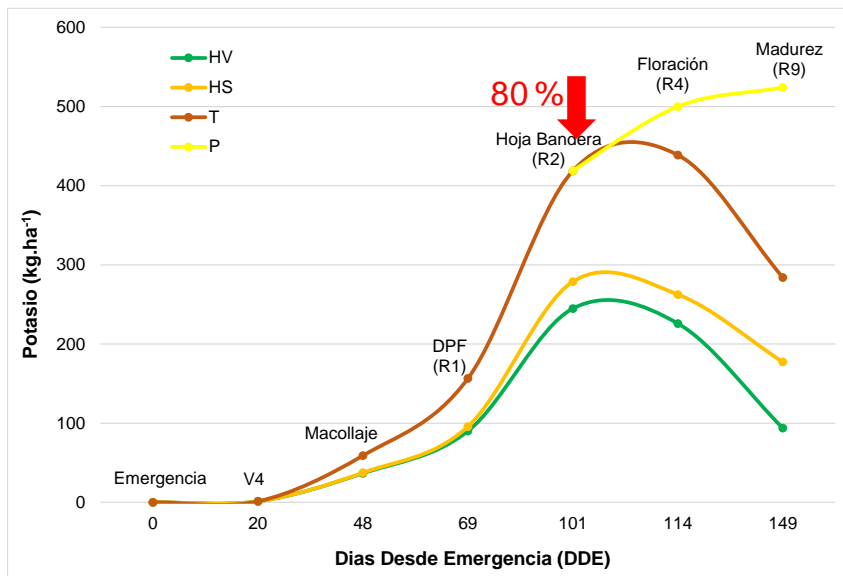


Figura 16. Curva de absorción de K Cr178 (kg.ha⁻¹)

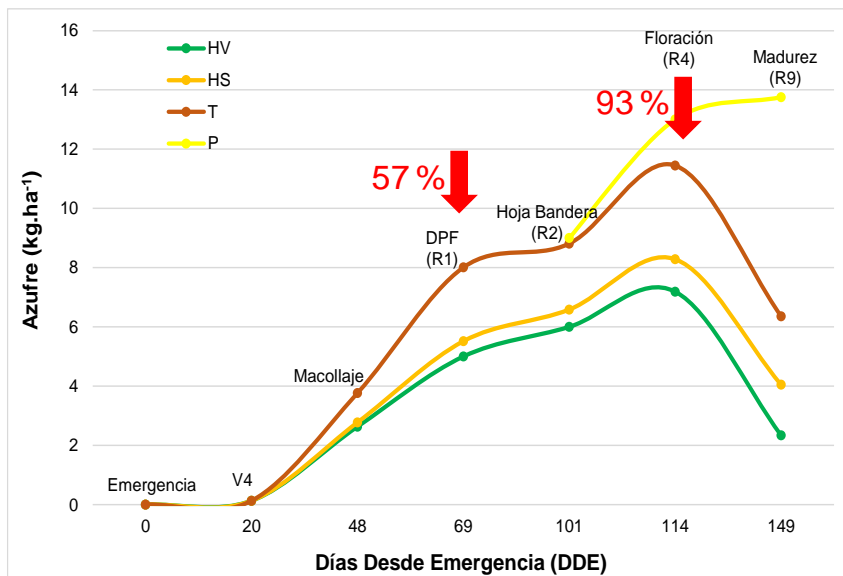


Figura 17. Curva de absorción de S Cr178 (kg.ha⁻¹)

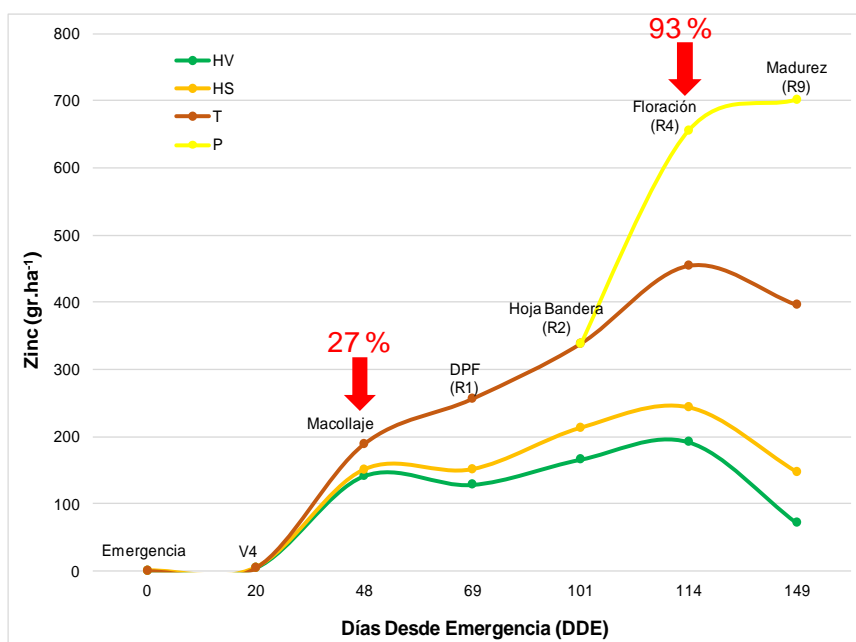


Figura 18. Curva de absorción de Zn Cr178 (kg.ha⁻¹)

2.- Requerimiento de nutrientes por tonelada de grano

Los requerimientos por tonelada de grano producido se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos de nutrientes kg.tn⁻¹ de grano producido para los materiales estudiados

Material	N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Mn	Fe	Zn	Cu	B
Cr 741 CL	19	3,6	32	2	2	1,3	2,6	0,68	0,47	0,07	0,01	0,05
Cr 178	19	3,4	51	1,3	3	2	2	0,55	0,45	0,07	0,01	0,05
Memby Porá CL	22	4,5	44	2,3	2	2	3	0,66	0,38	0,07	0,007	0,06

En la misma puede observarse que los requerimientos de nutrientes son similares entre los materiales, salvo para el K. Estos valores son “elevados” para la bibliografía disponible en materiales templados, con lo cual estimamos que hubo un consumo de lujo de este nutriente. La bibliografía cita que el arroz absorbe K según sus requerimientos, pero que una vez cumplida esta cuota, puede continuar con la absorción destinando luego más cantidad a rastrojo (Ye et al., 2019)

3.- Partición de nutrientes en rastrojo/grano

La partición de nutrientes entre biomasa aérea y grano fue muy similar entre materiales. En promedio se exporta un 68% de N; 66% de P; 25% de K; 49% de S y 47% de Zn con el grano a cosecha (Figura 19).

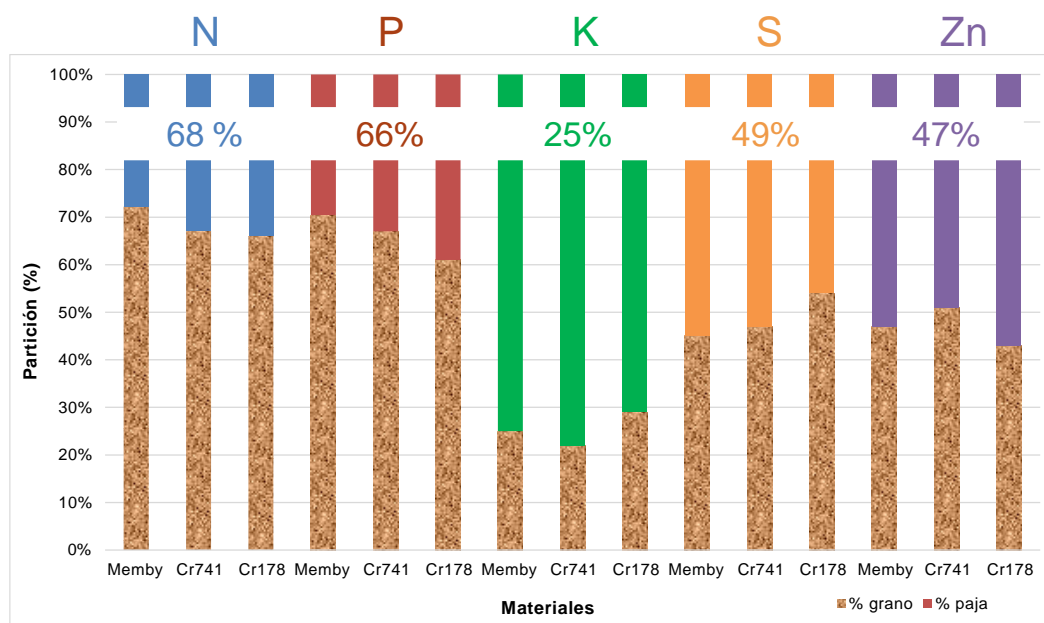


Figura 19. Partición de nutrientes NPKSZn para los tres materiales estudiados (%)

4.- Fertilización Precisa

Pensando en una fertilización de precisión, en la Tabla 3 se presentan los cálculos para obtener 9 tn.ha⁻¹ de rendimiento en cada uno de los materiales estudiados. Este valor de referencia está basado en que la campaña 2020/21, INIA presentó este valor de rendimiento a nivel nacional (Terra y Molina, 2021).

Tabla 3. Aporte de nutrientes necesario para producir 9 tn.ha⁻¹ de grano

Material	(kg/ha)											
	N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Mn	Fe	Zn	Cu	B
Memby Porá CL	22	4,5	22	2,3	2	2	3	0,66	0,38	0,07	0,007	0,06
9 tn/ha	198	40,5	198	20,7	18	18	27	5,904	3,456	0,603	0,063	0,504
Cr 741 CL	19	3,6	19	2	2	1,3	2,6	0,68	0,47	0,07	0,01	0,05
9 tn/ha	171	32,4	171	18	18	11,7	23,4	6,138	4,248	0,594	0,054	0,468
Cr 178	19	3,4	19	1,3	3	2	2	0,55	0,45	0,07	0,01	0,05
9 tn/ha	171	30,6	171	11,7	27	18	18	4,923	4,059	0,612	0,09	0,432

En la bibliografía consultada para investigar sobre la absorción de potasio, se cita que el arroz tiene altos requerimientos de K, los cuales normalmente exceden a los de P pero se encuentran cercanos a los de N (Xu et al., 2015; Che et al., 2016; Ye et al., 2019). Al no poder diferenciar en este ensayo donde comenzó el consumo de lujo de K; se utilizó el criterio sugerido anteriormente para los valores de requerimiento de este nutriente.

CONSIDERACIONES FINALES

- Con respecto a acumulación de biomasa, Cr741 CL posee un comportamiento similar a Cr178; ambos generaron el 65% de la biomasa a Hoja Bandera (HB) y un 75 % en la época de floración (FLO). Para los mismos estadios, Memby Porá CL acumuló 71% en HB y un 94% a FLO.
- Con respecto a la acumulación de nutrientes: Memby Porá CL presentó las máximas acumulaciones de N/P/K/S en HB, mientras que el Zn presentó dos momentos de absorción marcados en macollaje (MAC) y HB. Cr741 CL presentó altas absorciones de N en las etapas de DPF y FLO, de P y K en HB y de S y Zn en MAC y HB. Finalmente Cr178 presentó máximas absorciones de N, P, K en HB; de S en DPF y FLO y de Zn en MAC y FLO.
- Al realizar una comparación entre ambos materiales largo fino; Cr741 CL presentó mayor eficiencia en el uso de nutrientes que Memby Porá CL. Para una absorción similar de N/P/K/S, rindió 3.634 kg.ha⁻¹ más.
- Rendimientos de arroz elevados significan altas extracciones de nutrientes en grano, las que deben ser aportadas tanto por el suelo como por los fertilizantes.

NUEVAS LÍNEAS DE TRABAJO

- Validar a campo los dos momentos de acumulación de N que presentó la línea Cr741 CL (DPF y FLO). Incluye análisis de material vegetal para determinación de N.
- Caracterización fenológica y determinar rendimiento agrícola e industrial de 15 genotipos de arroz sembrados en Concepción del Uruguay y San Jaime de la Frontera, ER (desarrollo fenológico, determinación de °Cd de estadios, rendimiento agrícola y sus componentes, IC, calidad industrial).

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente a La Fundación PROARROZ y al PE I129 MGA (2019-PE-E6-I129-002) por brindar el financiamiento para realizar el trabajo. A L. Gregori, J. Pirchi, G. Arguissain, L. Fontana, M. I. Pacheco, D. Kruger, C. Quintero y A. Marano por el tiempo brindado para la discusión de los datos.

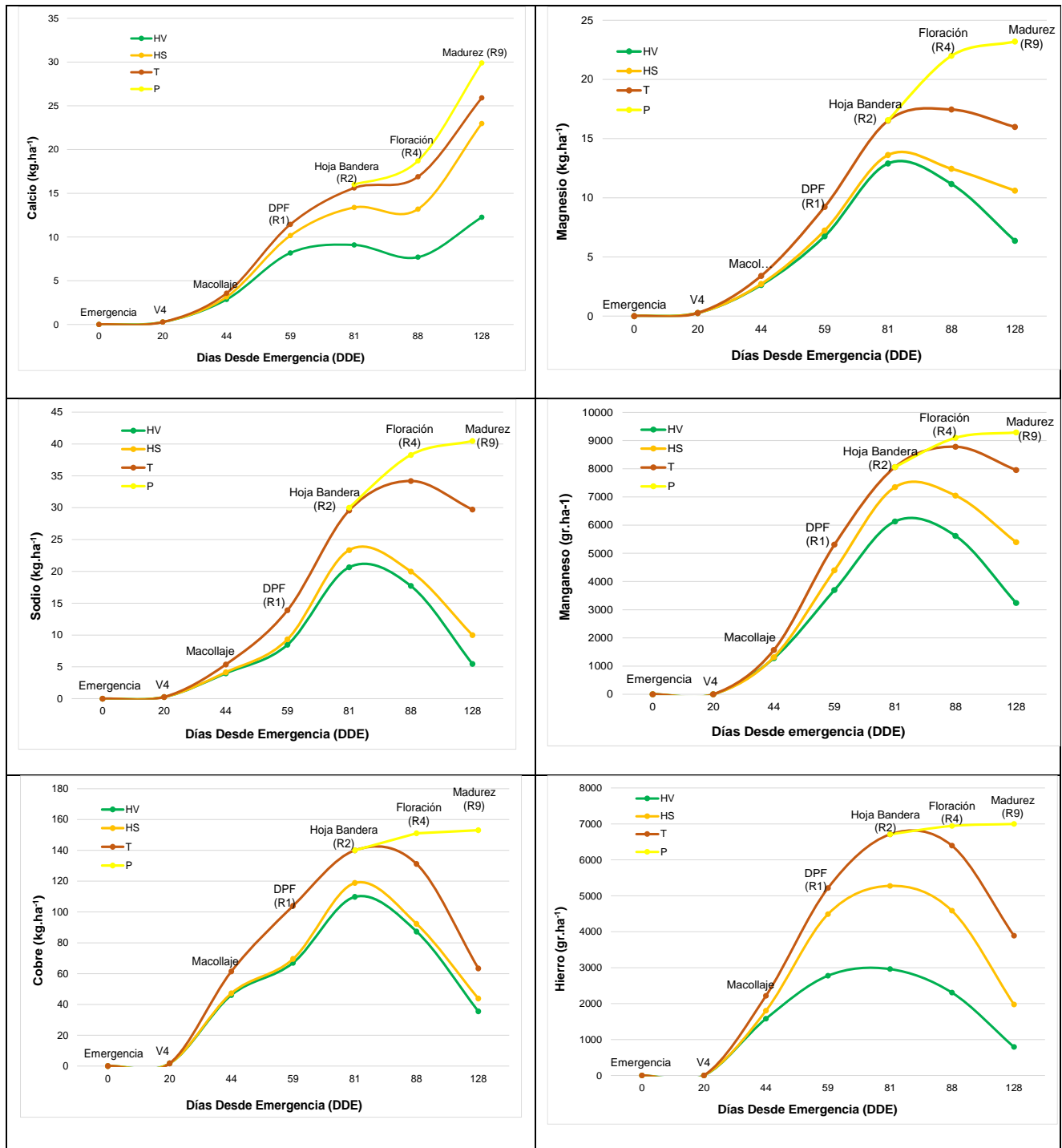
BIBLIOGRAFÍA

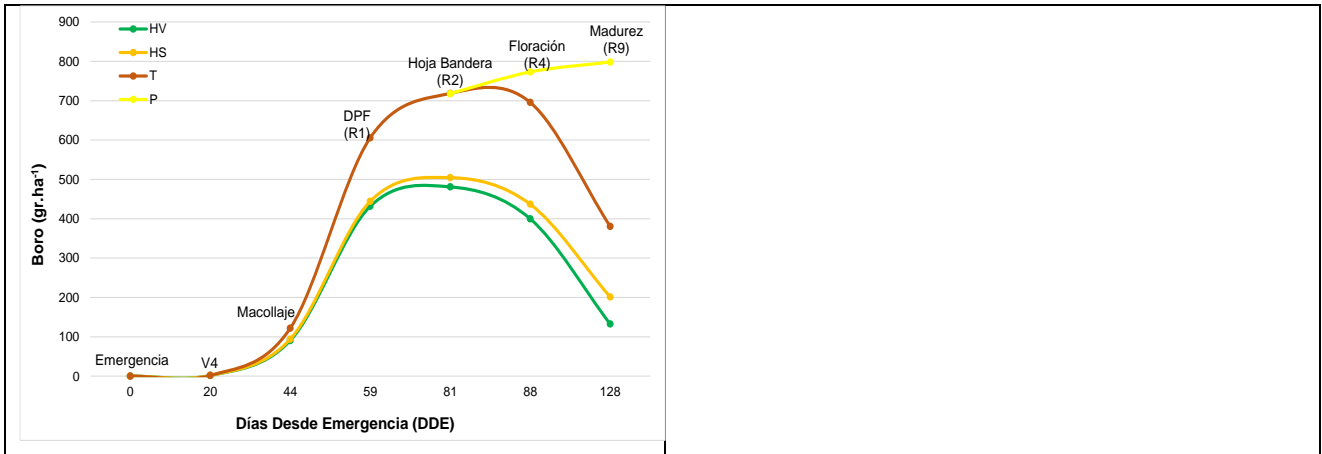
- ✓ Che S. G., B. Q. Zhao, Y. T. Li, L. Yuan, Z. A. Lin, S. W. Hu & B. Shen. 2016. Nutrient uptake requirements with increasing grain yield for rice in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(4), 907– 917.
- ✓ Escobar E., H. Ligier, R. Melgar, H. Matteio, O. Vallejos. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000. EEA INTA – Corrientes.
- ✓ Terra J. y F. Molina. 2021. XVII Resumen Taller Tecnológico-Productivo de Arroz. Zafra 20-21. INIA Treinta y Tres. 15/6/2021

- ✓ Xu X. P., J. G. Xie, Y. P. Hou, P. He, M. F. Pampolino, S. C. Zhao, W. Zhou. 2015. Estimating nutrient uptake requirements for rice in China. *Field Crops Research*, 180, 37– 45.
- ✓ Ye T., X. Xue, J. Lu, W. Hou, T. Ren, R. Cong & X. Li. 2019. Yield and potassium uptake of rice as affected by potassium rate in the middle reaches of the Yangtze River, China

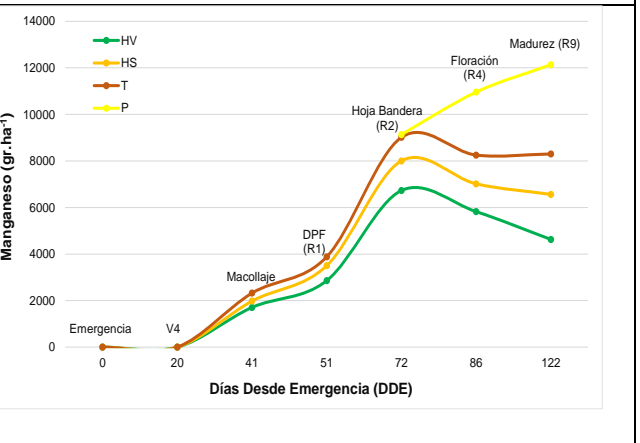
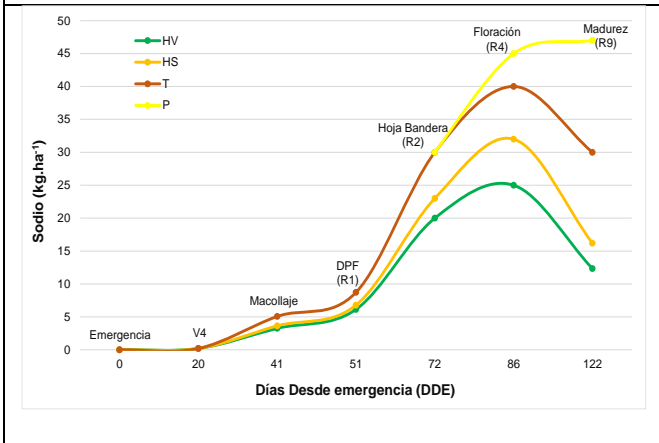
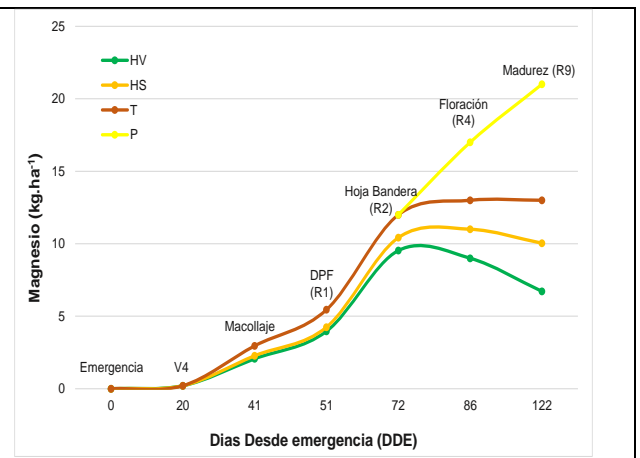
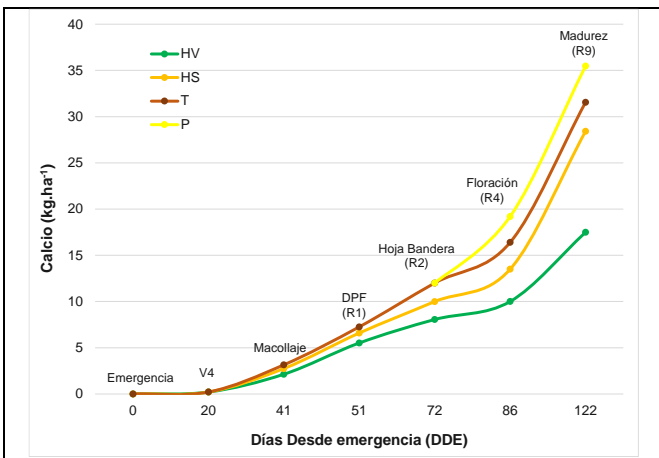
ANEXO

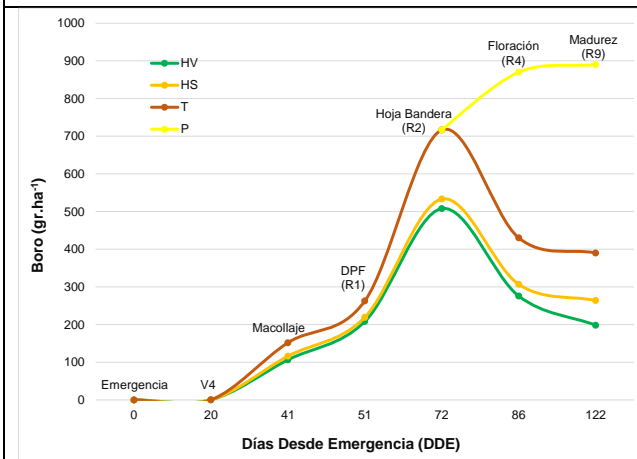
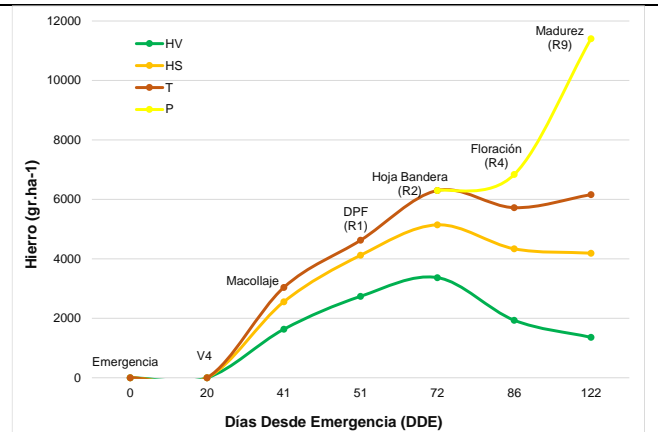
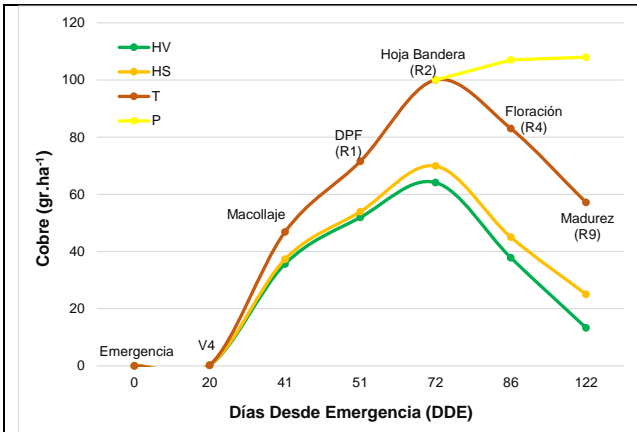
- **Memby Porá CL**





• Cr741 CL





• **Cr178**

