

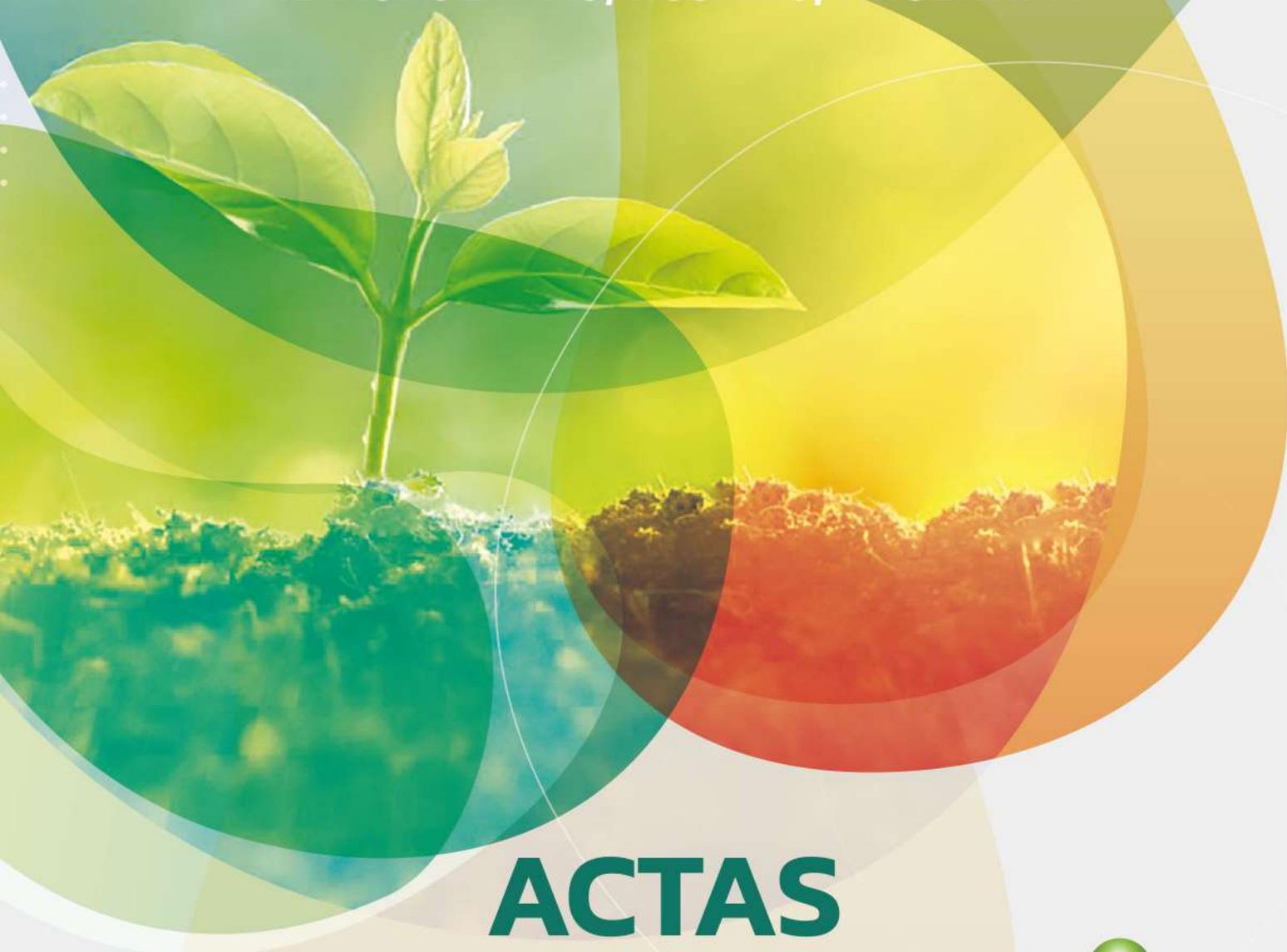


Simposio  
**Fertilidad 2023**

***AL GRAN SUELO ARGENTINO ¡SALUD!***

**10 Y 11 DE MAYO 2023**

**METROPOLITANO, ROSARIO, ARGENTINA**



**ACTAS**

[www.fertilizar.org.ar](http://www.fertilizar.org.ar)



**FERTILIZAR**  
ASOCIACION CIVIL

## Potasio en cultivos extensivos del litoral argentino#

Orcellet J. M.<sup>1\*</sup>, C. Quintero<sup>2</sup>, E. Figueroa<sup>3</sup>, M. F. González Sanjuan<sup>4</sup>, F.O. García<sup>5</sup>

<sup>1</sup> EEA INTA Concepción del Uruguay, Argentina. <sup>2</sup>FCA-UNER <sup>3</sup>EEA INTA Mercedes <sup>4</sup> Fertilizar AC, <sup>5</sup>Consultor y FCA (UNMDP). \* EEA INTA Concepción del Uruguay, [orcellet.juan@inta.gob.ar](mailto:orcellet.juan@inta.gob.ar)

# Trabajo presentado a XXVIII Congreso Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, 15-18 noviembre de 2022. AACs-FAUBA-INTA

### Resumen

Relevamientos recientes han evidenciado suelos con bajos niveles de K en la región este de Entre Ríos. Estas deficiencias pueden haberse acentuado debido a la elevada extracción sin reposición, como resultado de la intensificación agrícola en dicha región. Este trabajo presenta i) los resultados de ensayos y franjas experimentales realizados en Entre Ríos y sur de Corrientes y ii) la calibración preliminar del análisis de suelo de K intercambiable para predecir la probabilidad de respuesta a la fertilización potásica en cultivos predominantes en el área experimental. Durante las campañas agrícolas 2019/20, 2020/21 y 2021/22 se llevaron a cabo 31 ensayos y 16 franjas exploratorias en maíz, soja, trigo y arroz en el este, centro y oeste de Entre Ríos y el sur de Corrientes. Los niveles de K intercambiable (STK) promediaron 219 mg kg<sup>-1</sup>, con un rango de 33 a 593 mg kg<sup>-1</sup>, ubicándose el 50% de los datos centrales entre 103 y 343 mg kg<sup>-1</sup>. La aplicación de K incrementó los rendimientos como tendencia general: +23% en maíz, +5% en soja, +8% en trigo y +7% en arroz. Sin embargo, estas respuestas fueron muy variables, registrándose respuestas significativas a K en 57%, 23%, 25% y 0% de los casos en los ensayos de maíz, soja, trigo y arroz, respectivamente; y en 50% de los casos de las franjas de maíz y trigo. La calibración preliminar del análisis de suelo de K intercambiable indica un rango de 145-204 mg K kg<sup>-1</sup> por debajo del cual la probabilidad de respuesta a la fertilización potásica es alta. El análisis detallado de los metadatos asociados a esta red de ensayos y la evaluación de otros análisis de suelo y/o planta permitirán definir con mayor certidumbre las necesidades de K en los diferentes suelos y agroecosistemas de la región.

**Palabras clave:** soja, trigo, maíz, arroz, fertilización.

### Introducción

El potasio (K) es uno de los tres macronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Los requerimientos de K de los cultivos son elevados y solo superados por los de nitrógeno (N). Muchas regiones del mundo presentan deficiencias de este nutriente y la producción de cultivos requiere de aplicaciones de fertilizantes y/o abonos potásicos (Dhillon et al., 2019). En Argentina, los suelos deficientes en K históricamente han incluido regiones de las provincias de Corrientes y Misiones y algunas zonas de Tucumán, pero en general en la región pampeana se presentan niveles elevados (Zubillaga y Conti, 1996; Morras y Cruzate, 2001). Sin embargo, relevamientos recientes han evidenciado suelos con bajos niveles de K en la región este de Entre Ríos (Sainz Rozas et al., 2019). Estas deficiencias pueden haberse acentuado debido a la elevada extracción sin reposición, como resultado de la intensificación de la agricultura en dicha región.

En Uruguay, se ha observado una situación similar en suelos agrícolas donde debido a la mayor remoción de K y nula reposición, se registraron deficiencias y respuestas a K a partir de fines de los 90s (Barbazán et al., 2011b; Majumdar et al., 2021). Investigaciones realizadas por diversas instituciones permitieron definir umbrales críticos de K intercambiable de 120-180 ppm por debajo de los cuales la respuesta a K es altamente probable en cultivos extensivos (Barbazán et al., 2011a), umbrales similares se han determinado por el cinturón maicero del centro de EE.UU. (Sawyer et al., 2002). El análisis de rutina empleado para determinar probabilidad de respuesta a K es la determinación del K intercambiable por extracción con acetato de amonio 1N pH 7 (Warncke y Brown, 1998).

A partir del relevamiento de Sainz Rozas et al. (2019), se planificó una red de ensayos y franjas de experimentación en distintas zonas de Entre Ríos y Corrientes con la finalidad de determinar las áreas y cultivos con deficiencia, las respuestas a la

fertilización y la posibilidad de calibrar análisis de suelos que permitan predecir la probabilidad de respuesta a K. Este trabajo presenta i) los resultados de ensayos y franjas experimentales realizados en Entre Ríos y sur de Corrientes y ii) la calibración preliminar del análisis de suelo de K intercambiable para predecir la probabilidad de respuesta a la fertilización potásica en cultivos predominantes en el área experimental.

## Materiales y métodos

Durante las campañas agrícolas 2019/20, 2020/21 y 2021/22 se llevaron a cabo 31 ensayos y 16 franjas exploratorias en maíz, soja, trigo y arroz en el este, centro y oeste de Entre Ríos y el sur de Corrientes. Los ensayos y franjas se implantaron sobre suelos argiudoles típicos, verticos, rendolicos y acuicos; hapludoles fluventicos; peludertes argicos, argiudolicos y acuicos; ocracualfes verticos; y argiacuales.

En los ensayos se evaluaron dosis de K de 0, 30, 60, 90 y/o 120 kg ha<sup>-1</sup> de K según cultivo. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Las franjas exploratorias consistieron en parcelas comerciales donde se incluyeron un testigo sin aplicación de K y una fertilización con 60-90 kg ha<sup>-1</sup> de K. En todos los casos, la fuente de K fue cloruro de K (50% K). En todos los tratamientos se aplicó N, fósforo y/o azufre según la situación de cada lote para evitar deficiencias de estos nutrientes.

Se realizaron análisis de suelo a la siembra de los cultivos con la finalidad de caracterizar cada sitio. El K intercambiable (STK) se determinó por extracción con acetato de amonio 1N a pH 7 (Warncke y Brown, 1998).

A madurez fisiológica de los cultivos se determinó el rendimiento mediante cosecha manual de 2 m<sup>2</sup> de cada parcela (ensayos) o cosecha mecánica de un área definida (franjas).

Los datos de rendimiento se analizaron mediante análisis de varianza y se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa

(ensayos) o la prueba t (franjas) para la comparación de medias entre tratamientos. La relación entre el STK y los rendimientos relativos de K (rendimiento testigo sin K/rendimiento máximo con aplicación de K) se evaluó mediante el método arco seno modificado propuesto por Correndo et al. (2017).

Las precipitaciones fueron variables entre sitios y años con rangos de 156-592, 292-761 y 174-537 mm durante los ciclos de maíz, soja y trigo, respectivamente. En algunos sitios, se registraron excesos hídricos, pero en general las tres campañas se caracterizaron por déficits hídricos durante el ciclo de los cultivos que afectaron los rendimientos y respuestas potenciales a la fertilización potásica.

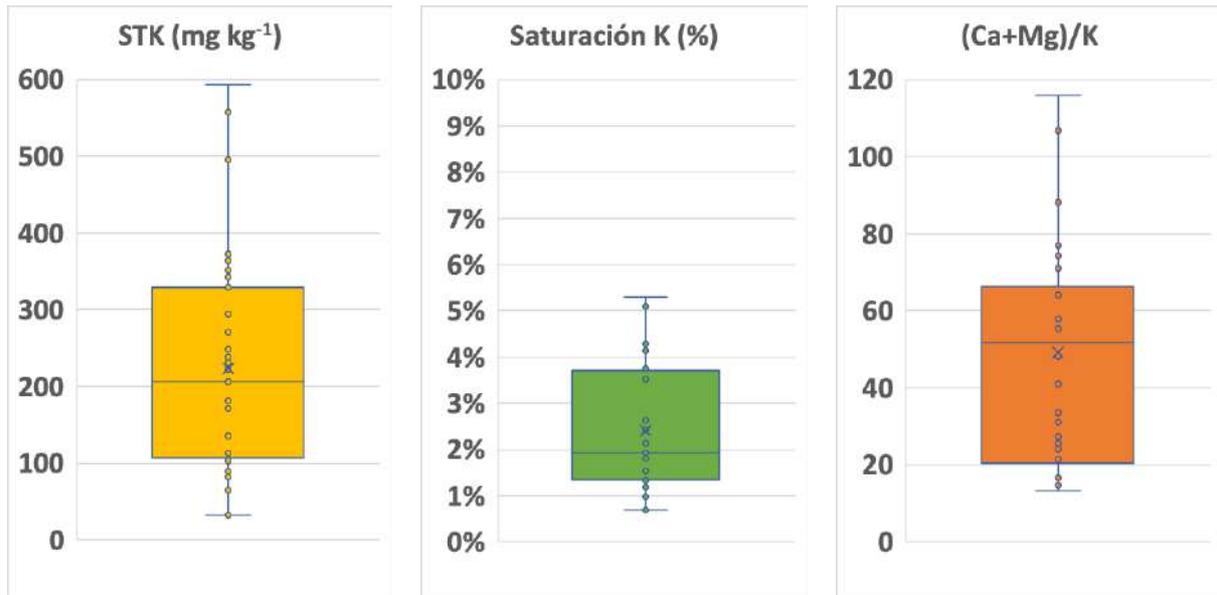
## Resultados y discusión

Los valores promedio para las diferentes determinaciones de suelo (Tabla 1) se ubican dentro de los rangos citados para la región (Sainz Rozas et al., 2019). La disponibilidad de K del suelo para los cultivos se caracteriza a través de los niveles de K intercambiable (STK), la saturación de K del complejo de intercambio (relación K intercambiable/CIC) y/o la relación de cationes (Ca+Mg)/K, con valores considerados críticos de 120-180 mg kg<sup>-1</sup>, 2-5% y 7-11, respectivamente (Barbazán et al., 2014; Vázquez y Pagani, 2014). Los sitios de ensayo presentaron un amplio rango de condiciones para los dos primeros parámetros incluyendo condiciones inferiores y superiores a los niveles considerados críticos. Los niveles de STK promediaron 219 mg kg<sup>-1</sup>, con un rango de 33 a 593 mg kg<sup>-1</sup>, ubicándose el 50% de los datos centrales entre 103 y 343 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 1). La saturación de K del complejo de intercambio (K intercambiable/CIC) promedió 2.4%, ubicándose el 50% de los datos centrales entre 1.45% y 3.7%. Por otra parte, la relación (Ca+Mg)/K promedió 49 (rango de 13 a 116), ubicándose en todos los casos muy por arriba del nivel crítico mencionado en la literatura.

Estadístico	pH	MO	P Bray	CIC <sup>#</sup>	Ca	Mg	K	K	S-SO <sub>4</sub> <sup>*</sup>	Zn <sup>**</sup>
		%	mg kg <sup>-1</sup>	----- cmol kg <sup>-1</sup> -----			----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
Promedio	6.4	2.8	10	21.2	16.4	2.6	0.5	219	6	0.7
DE	0.8	0.7	7	10.5	11.0	1.3	0.4	142	4	0.6
Mínimo	5.1	1.6	3	5.1	2.3	0.7	0.1	33	2	0.2
Máximo	8.1	4.4	33	43.7	41.5	4.5	1.5	593	22	3.0
Mediana	6.3	2.8	9	21.1	14.5	2.2	0.4	189	6	0.5
Q1	5.8	2.3	6	11.8	8.0	1.6	0.2	103	4	0.4
Q3	7.0	3.4	14	29.3	21.4	4.0	0.9	343	6	0.6

<sup>#</sup>Extracciones de capacidad de intercambio catiónico (CIC), Ca, Mg y K con acetato de amonio 1N a pH 7; <sup>\*</sup>S-SO<sub>4</sub> por turbidimetría; <sup>\*\*</sup>Extracciones de Zn con DTPA.

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos para las determinaciones de suelo (0-20 cm) previo a la siembra de los cultivos en los diferentes sitios experimentales. Ensayos y franjas 2019 a 2021.

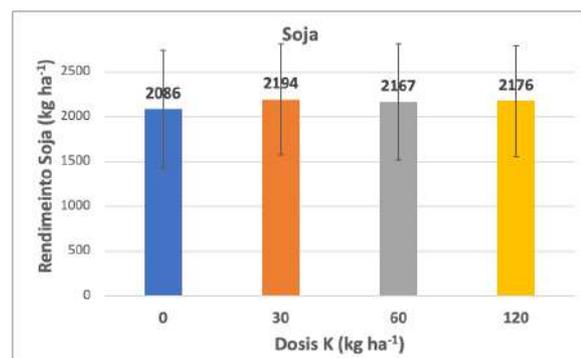
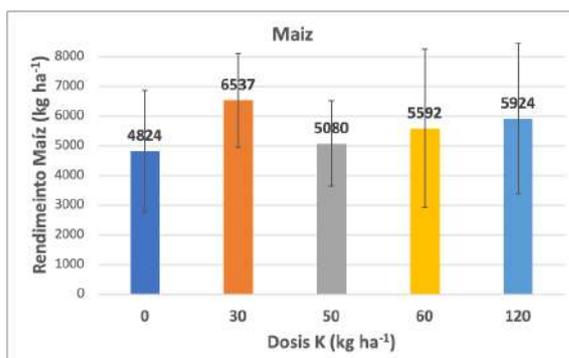


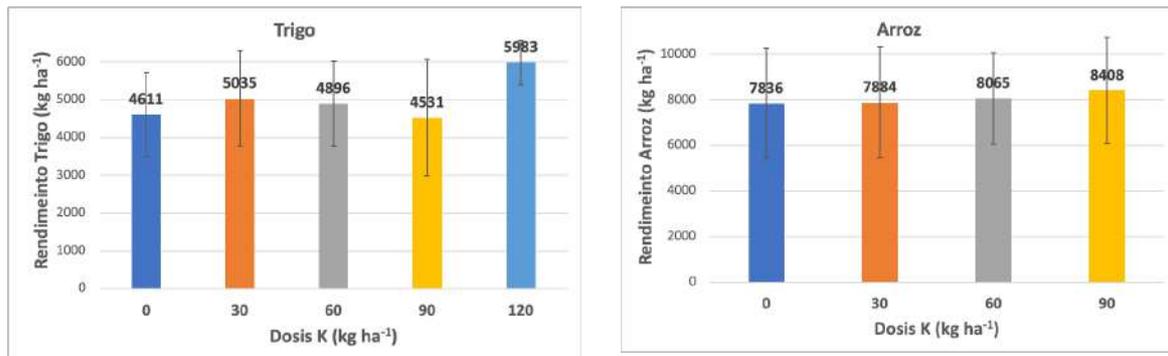
**Figura 1.** Niveles de STK, saturación de K y relación (Ca+Mg)/K en los 47 sitios de evaluación. Las barras verticales indican los percentiles 10% y 90%, las cajas los percentiles 25% y 75%, la línea horizontal la mediana, y el signo “x” indica la media.

Los rendimientos promedio de los cuatro cultivos se ubicaron en los niveles promedio de los buenos manejos de la región con marcada variabilidad entre sitios y campañas (Figura 2). La aplicación de K incrementó los rendimientos como tendencia general: +23% en maíz, +5% en soja, +8% en trigo y +7% en arroz. Sin embargo, estas respuestas fueron muy variables, registrándose respuestas significativas ( $p < 0,10$ ) a K en 4 de los 7 ensayos de maíz (57%), 3 de los 13 ensayos de soja (23%), 2 de los 8 ensayos de trigo (25%) y ninguno de los 3 ensayos de arroz (0%). Cinco de las 10 franjas exploratorias de maíz y 3 de las 6 franjas de trigo presentaron diferencias significativas

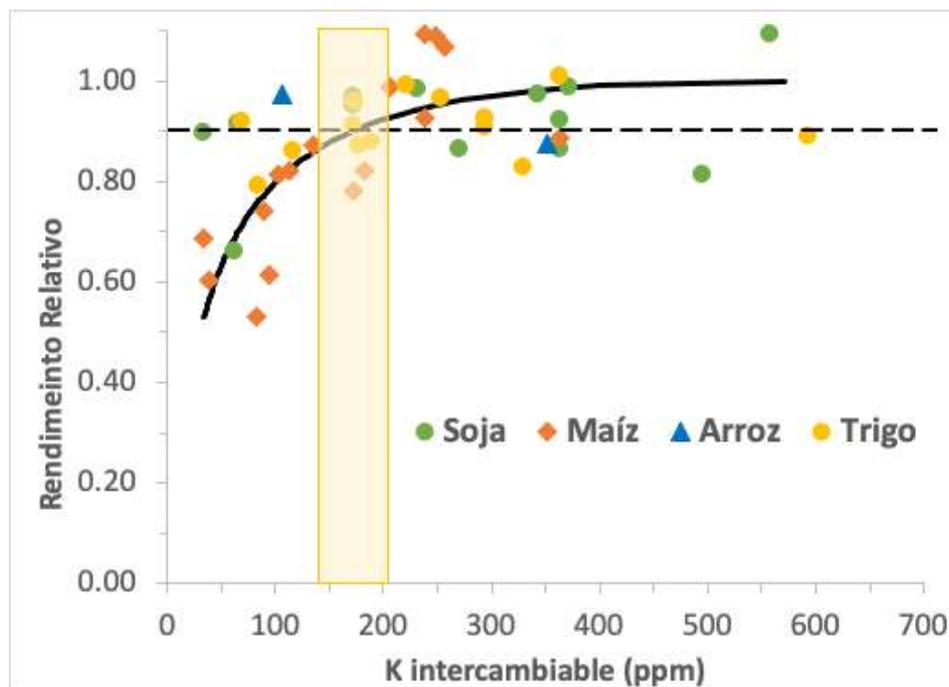
debidas a la aplicación de K, 50% de los casos en ambos cultivos.

Con la información del rendimiento relativo (Rendimiento Testigo sin K/Rendimiento máximo con aplicación de K) y el valor de STK de los 47 ensayos y franjas, se ajustó una curva de calibración (Figura 3). Esta curva indicaría un rango crítico de STK de 145-204 mg kg<sup>-1</sup>, por debajo del cual la probabilidad de respuesta a la fertilización potásica sería superior al 10% del rendimiento. El rango crítico determinado es similar al indicado por investigaciones previas en Uruguay (Barbazán et al., 2011a) y EE.UU. (Sawyer et al., 2002; Barbagelata y Mallarino, 2012).





**Figura 2.** Rendimientos promedio de maíz, soja, trigo y arroz para los tratamientos con distintas dosis de K. Las barras verticales indican el desvío estándar. En maíz se promediaron 17 sitios para 0K, 7 para 30K, 6 para 50K, y 11 para 60K y 120 K; en soja 13 sitios para 0K, 30K y 60 K, y 11 para 120 K; en trigo 14 sitios para 0K y 60K, 8 para 30K, y 4 para 90K y 120K; y en arroz 3 sitios para todas las dosis.



**Figura 3.** Relación entre el rendimiento relativo (Rendimiento Testigo sin K/Rendimiento máximo con aplicación de K) y el valor de STK de los 47 ensayos y franjas para los cultivos de maíz, trigo, soja y arroz. La curva de calibración (línea curva negra llena) se ajustó según el método del arco seno modificado (Correndo et al., 2017) (IC (90%) = 145-204 mg kg⁻¹;  $r = 0.55$ ;  $n = 47$ ). La franja amarilla vertical indica el rango crítico de STK de 145-204 mg K kg⁻¹, y la línea punteada horizontal indica un rendimiento relativo del 90%.

## Conclusiones

Los resultados de ensayos y franjas experimentales realizados en Entre Ríos y sur de Corrientes confirman la deficiencia de K en cultivos extensivos en la región. La calibración preliminar del análisis de suelo de K intercambiable indica un rango de 145-204 mg K kg<sup>-1</sup> por debajo del cual la probabilidad de respuesta a la fertilización potásica es alta.

El análisis detallado de los metadatos asociados a esta red de ensayos y la evaluación de otros análisis de suelo y/o planta permitirán definir con mayor certidumbre las necesidades de K en los diferentes suelos y agroecosistemas de la región.

## Agradecimientos

Los autores especialmente a todos los productores, asesores y personal de establecimientos donde se realizaron los ensayos. Esta red experimental fue financiada por Uralkali, Nitron y Fertilizar AC y el apoyo de las EEA INTA Concepción del Uruguay y Mercedes y la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER).

## Bibliografía

- Barbagelata P. y A. Mallarino. 2012. Field correlation of potassium soil test methods based on dried and field-moist soil samples for corn and soybean. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77:318–327.
- Barbazán M.M., Bautés, C., Beux, L., Bordoli, Cano, J., J., Ernst, O., García, A., García, F., y Quincke, A. 2011a. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. *Agrociencia Uruguay Vol. 15-2*: 93-99.
- Barbazán M., M. Conti y F. O. García. 2014. Potasio. En Echeverría H. E. y F.O. García (ed.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA. 2a. Edición. Buenos Aires, Argentina. ISBN 9-789875-215658. p. 265-285.
- Barbazán M. M., A. del Pino; J. M. Bordoli; A. Califra; S. Mazzilli; y O. Ernst. 2011b. Situación de potasio en Uruguay: perspectivas de corto y largo plazo. En: *II Simposio Nacional de Agricultura de Secano*. v.: 1, p.: 21 – 33. Editorial: Hemisferio Sur, Montevideo.
- Correndo A. A., F. Salvagiotti, F. O. García, and F. Gutierrez Boem. 2017. A modification of the arcsine–log calibration curve for analysing soil test value–relative yield relationships. *Crop and Pasture Science*. Volume: 68; Issue: 3; <http://dx.doi.org/10.1071/CP16444>.
- Dhillon, J.S., Eickhoff, E.M., Mullen, R.W. y Raun, W.R. (2019), World Potassium Use Efficiency in Cereal Crops. *Agronomy Journal*, 111: 889-896. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0462>
- Majumdar K., R. M. Norton, T. S. Murrell, F. O. García, S. Zingore, L. I. Prochnow, M. Pampolino, H. Boulal, S. Dutta, E. Francisco, M. S. Tan, P. He, V. K. Singh, y T. Oberthur. 2021. Assessing Potassium Mass Balances in Different Countries and Scales. In T. S. Murrell et al. (eds.), *Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops*, pp. 283-340. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7_11)
- Morrás, H y G Cruzate. 2001. Origen y distribución del potasio en suelos de la región Chaco-pampeana. *Actas Simposio "El Potasio en Sistemas Agrícolas Argentinos"*, 20-21 noviembre. FAUBA-Fertilizar INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Sainz Rozas, H; M Eyherabide; G Larrea; N Martínez Cuesta; H Angelini; N Reussi Calvo & N Wyngaard. 2019. Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. En: *Simposio Fertilidad 2019*. Fertilizar, Rosario, mayo 2019.
- Sawyer J.E., A. Mallarino, R. Killorn y S. Barnhart. 2002. A general guide for crop nutrient and limestone recommendations in Iowa. PM 1688. University Extension. Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU.
- Vázquez, M y A Pagani. 2014. Calcio y Magnesio del suelo. En Echeverría H. E. y F.O. García (ed.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA. 2a. Edición. Buenos Aires, Argentina. ISBN 9-789875-215658. p. 317-356.
- Warncke, D., y J.R. Brown. 1998. Potassium and other basic cations. En: J.L. Brown (ed). *Recommended chemical soil test procedures for the North Central region*. North Central Regional Publ. 221 (rev.). Missouri Exp. Stn. Publ. SB 1001. Univ. of Missouri, Columbia. p. 31–33.
- Zubillaga, M. M. y Conti, M. E. 1996. Availability of exchangeable and non-exchangeable K in Argentine soils with different mineralogy. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 159, 149–153. <https://doi.org/10.1002/jpln.1996.3581590208>.



**FERTILIZAR**

ASOCIACION CIVIL



**FERTILIZAR.ORG.AR**