



Foto: INIA

MANEJO DE ARROZ CHACRA-ESPECÍFICO: el valor del registro de datos de productores

Ing. Agr. PhD. Ignacio Macedo¹, Prof. PhD. Cameron M. Pittelkow², Ing. Agr. PhD. José A. Terra¹, Ing. Agr. PhD. Jesús Castillo¹, Ing. Agr. PhD. Álvaro Roel¹

¹Sistema Arroz-Ganadería - INIA

²Plant Sciences Department - University of California, Davis

En este artículo se presenta un estudio cuyo objetivo fue cuantificar la importancia relativa de variables relacionadas a propiedades del suelo y manejo de arroz en el rendimiento, así como la variación espacial de estas variables entre chacras. Adicionalmente, se evaluó la eficiencia en el uso del nitrógeno y formas de mejorarla.

INTRODUCCIÓN

La intensificación sostenible busca aumentar la producción en la tierra que actualmente se destina a actividades agropecuarias, minimizando los impactos negativos en los recursos del suelo y el agua (Cassman y Grassini, 2020). El arroz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, siendo el alimento básico para aproximadamente el 50 % de la población mundial. Sin embargo, existen algunas externalidades negativas asociadas a su producción, como la contribución al cambio climático y la alta utilización de agua dulce. Además, utiliza aproximadamente el 25 % de los fertilizantes nitrogenados del mundo (Chauhan *et al.*, 2017).

Por esto, es esencial lograr una apropiada eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) en los sistemas de producción.

Los enfoques tradicionales de experimentos de campo replicados son necesarios para entender algunos procesos y relaciones causa-efecto, pero presentan algunas limitantes. Pueden ser costosos y limitados en alcance, ya que evalúan dos o tres de los múltiples factores con los que los productores tienen que lidiar cada año. Cada productor, a través de la toma de registros, genera datos valiosos de manejo del cultivo que pueden ser utilizados, por ejemplo, para entender qué factores explican en mayor o menor medida las variaciones en el rendimiento.

Por eso es importante complementar los enfoques de experimentación a campo con investigaciones basadas en datos de situaciones reales de producción. Además, rara vez se evalúa cómo varía en el territorio la importancia de los diferentes factores de manejo dentro de una región. Este tipo de análisis es necesario para poder proporcionar recomendaciones chacra-específica, ya que permiten optimizar el manejo agronómico y la toma de decisiones que tenga en cuenta estas variaciones.

Se realizó un análisis utilizando 2.042 chacras pertenecientes a productores arroceros del molino SAMAN en Uruguay. Los objetivos fueron, cuantificar la importancia relativa de variables relacionadas a propiedades del suelo y manejo, así como la variación espacial entre chacras de estas variables en el rendimiento del arroz. Además, se evaluó la EUN y formas de mejorarla para alcanzar los objetivos de intensificación sostenible.

FUENTE DE DATOS Y ANÁLISIS UTILIZADOS

Durante cuatro zafras de cultivo (2018-2021, año de cosecha), se recopilieron datos de rendimiento de arroz y prácticas de manejo en 2.042 chacras en Uruguay. Los registros tomados por los productores en sus chacras fueron recopilados y consolidados por los agrónomos de SAMAN en una base de datos común para las tres regiones arroceras (este, centro y norte). Se consideraron factores como la fecha de siembra, la cantidad de fertilizante aplicado (NPK), las variedades sembradas, el inicio del riego, entre otros. Además, se extrajo información del tipo de suelo y algunas de sus propiedades ya que cada registro de chacra contaba con una coordenada geográfica. La información de suelo se extrajo del sistema de información geográfico, SIGRAS de INIA GRAS (<http://sig.inia.org.uy>).

Para el análisis, se utilizaron modelos de aprendizaje automático ponderados geográficamente. Esta herramienta ajusta tantos modelos como chacras haya en la base de datos utilizando cierto número de chacras vecinas más cercanas. Una ventaja de esta metodología sobre otras que usan todos los datos para ajustar un solo modelo (modelo global), es que permite analizar los resultados diferenciados espacialmente visualizándolos en forma de mapas que enfatizan áreas o regiones de interés que globalmente no pueden ser apreciadas. El análisis se realizó dentro de cada región arroceras. Esta herramienta permitió identificar la importancia de diferentes factores en el rendimiento de arroz, tanto en términos generales para cada región, así como para cada chacra.

Finalmente, se compararon los rendimientos y el comportamiento de las principales variables en grupos de chacras que compartían la misma variable como la más importante. Esto se hizo en relación con el rendimiento potencial alcanzable por los productores, definido como aquel obtenido en el 20 % de las chacras con mayor rendimiento dentro de una región.

Con el fin de analizar la EUN se establecieron umbrales para evitar tanto la pérdida de nitrógeno al ambiente como la extracción excesiva del suelo siguiendo la metodología propuesta por un panel de expertos del nitrógeno (Panel de expertos de Nitrógeno, 2015). Este enfoque establece una "zona deseada" donde la EUN (medida como el cociente entre la salida de N en grano y la entrada de N por fertilización + 30 kg de fijación biológica) debe estar entre 0,5 y 0,9. Si la EUN es menor a 0,5, se corre el riesgo de que el exceso de nitrógeno se pierda en el ambiente, mientras que una EUN mayor a 0,9 podría indicar agotamiento del nitrógeno del suelo. Además, se define una "zona objetivo" que establece un límite de balance de nitrógeno (entradas - salidas) máximo de 75 kg N/ha para evitar pérdidas significativas y también se fija un valor de salida de nitrógeno deseado definido por el rendimiento medio (0% humedad) (multiplicado por la concentración de N en grano). También se evaluó el impacto de las variables (identificadas como importantes en el paso anterior) en mejorar la EUN.

PRINCIPALES RESULTADOS E IMPLICANCIAS

Identificación de factores de manejo importantes a nivel de chacra

El rendimiento promedio de las cuatro zafras fue 8.975, 8.589 y 9.110 kg/ha para el este, centro y norte, respectivamente. Se encontró que las variables de manejo del cultivo fueron el doble de importantes respecto a las del suelo, esto probablemente es debido a que se trata de un cultivo bajo riego. Además se logró identificar la variable más importante para cada chacra dentro de cada región (Figura 1).

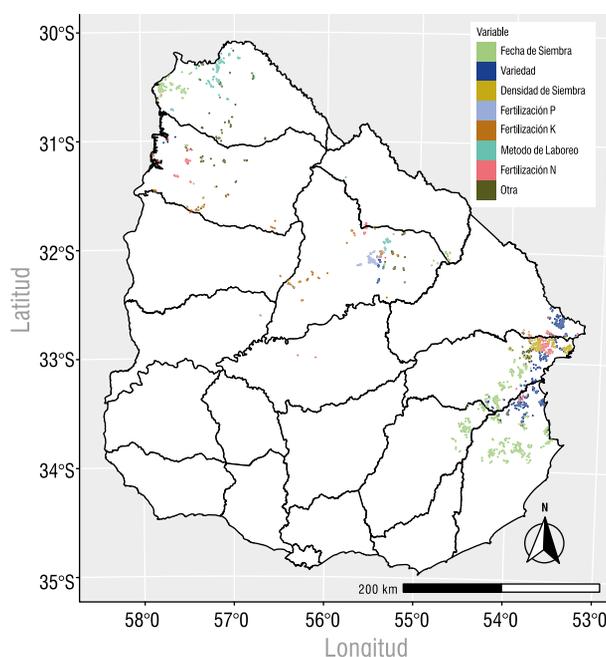


Figura 1 - Mapa de Uruguay con sus departamentos y la variable más importante para el rendimiento del arroz en cada chacra, según los modelos de bosque aleatorio ponderados geográficamente.

El manejo del cultivo, como la fecha de siembra y la dosis de fertilizante, fueron más importantes que las propiedades del suelo para maximizar el rendimiento del arroz en Uruguay.



Foto: INIA

Figura 3 - Parcela de arroz cosechado.

Por ejemplo, en la región este, la fecha de siembra fue la variable más importante en el 40 % de las chacras, seguido de la variable variedad (aproximadamente 30 % de las chacras). En la región centro, la fertilización con fósforo (P) y potasio (K) fueron variables claves en el 30 % y 20 % de los campos, respectivamente, mientras que para el norte la fecha de siembra y el método de laboreo aparecieron como las más frecuentes.

Reducción de brechas

Con el fin de explorar vías para reducir la brecha se caracterizó qué hacían en término de manejo (respecto a las variables que aparecieron como más frecuentes en el análisis) las chacras de alta productividad (obtenido en el 20 % de las chacras con mayor rendimiento). En términos promedios, se encontró una brecha explotable de 1.400-1.800 kg/ha, dependiendo de la región (Figura 2). Para la zona este, el grupo de chacras definido como potencial sembró cinco días antes que el grupo de chacras donde la fecha de siembra apareció como importante, el rendimiento de este último grupo estuvo 16 % por debajo del potencial (10.775 kg/ha). Cuando se lo comparó con el grupo de la segunda

variable más importante (Variedad), el grupo del potencial alcanzable sembraba en mayor proporción (40 % vs 28 % en el caso de INIA Merín) en variedades de alto potencial. Para la región centro, la fertilización con P y K fueron de las variables más frecuentes como importantes, el grupo de chacras del potencial usó 40 y 50 kg/ha de P₂O₅ y K₂O, respectivamente, mientras que los grupos donde P y K identificados como importantes usaron 47 y 21 kg/ha de P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

Se identificaron factores clave de manejo para cada chacra y región.

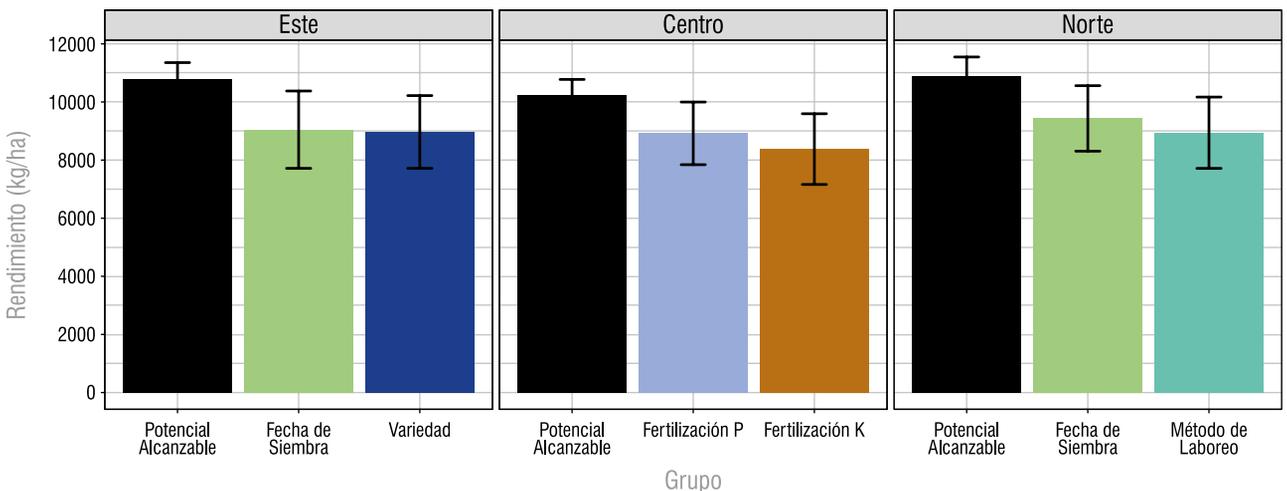


Figura 2 - Rendimiento entre las chacras que tienen la misma variable más importante que influye en el rendimiento y de las chacras con mayor rendimiento (rendimiento potencial alcanzable) para cada región arrocera en Uruguay.

Optimizar la fecha de siembra puede mejorar la EUN y aumentar los rendimientos sin incrementar el uso de insumos.

Para la región norte, al igual que el este, el grupo de chacras caracterizado como potencial alcanzable sembró cuatro días más temprano que el grupo donde la fecha de siembra apareció como importante. Otra variable que apareció como importante para esta región fue el método de laboreo, con una mayor proporción (65 % vs 39 %) de laboreo profundo, afinada más *landplane* en el grupo de rendimiento alcanzable.

Eficiencia en el uso del Nitrógeno

La mayoría de las chacras se encontraron dentro de la zona deseada de EUN (EUN, 0,5-0,9, zona azul), con el 88 %, 82 % y 86 % de las observaciones dentro de este rango en las regiones este, centro y norte, respectivamente, lo que indica un bajo riesgo de pérdida de nitrógeno o agotamiento del nitrógeno del suelo (Figura 4).

Las observaciones que quedaron fuera de la zona objetivo (zona que además define límites de balance y salida de N respecto a la zona deseada, zona verde) lo hicieron por estar por debajo del umbral de salida de nitrógeno deseado (rendimientos menores al promedio) y no por riesgo de ineficiencia o agotamiento del nitrógeno en el suelo. Existieron prácticas de manejo tales como fecha de siembra (para la región este y norte) y fertilización con K (centro) que podrían mejorar la EUN.



Figura 5 - Día de campo sobre arroz, Unidad experimental Paso de la Laguna.

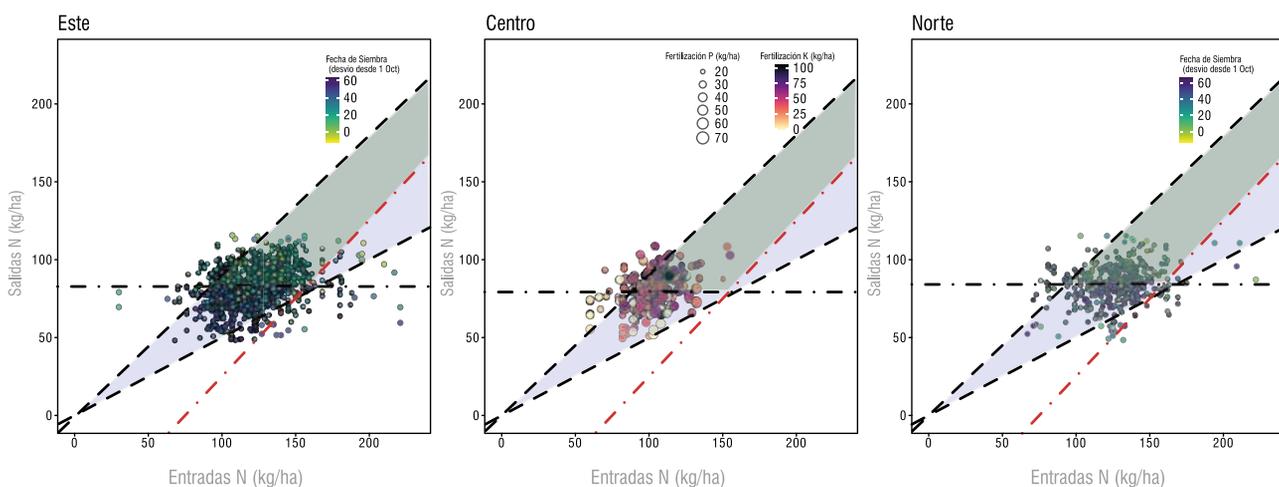


Figura 4 - Gráfico de dispersión de la entrada de nitrógeno (fertilizante en forma de N + 30 kg de fijación biológica) y la salida de nitrógeno en arroz cosechado para tres regiones arroceras en Uruguay. El área sombreada en azul indica la zona deseada, mientras que el área sombreada en verde (superpuesta en la azul) indica la zona objetivo de EUN.

Registrar, compartir y analizar datos de los sistemas productivos entre productores, industriales e investigadores contribuye significativamente a mejorar las prácticas de cultivo y promover la sostenibilidad en la producción de arroz.

MENSAJES FINALES

Se realizó un análisis geoespacial de datos abarcando aproximadamente 55.000 hectáreas por año y 2.042 chacras durante cuatro zafras. El análisis permitió identificar para cada chacra qué factores explican la variación en los rendimientos y optimizan la EUN, lo que implica una oportunidad para un manejo chacra-específico.

Los factores de manejo agronómico del cultivo fueron más relevantes que el tipo de suelo o sus propiedades para explicar las variaciones de rendimiento del cultivo de arroz en las tres regiones. Existe una oportunidad

de mejora, tanto en la EUN como en el rendimiento entre 1,4-1,8 t/ha según la región, a través del ajuste de prácticas de manejo como la fecha de siembra y el uso de variedades de alto potencial.

En Uruguay, la colaboración entre productores arroceros, molinos y las instituciones de investigación ha sido clave para recopilar datos y generar recomendaciones aplicadas para los sistemas de producción. Este enfoque colaborativo no solo beneficia a los productores que pueden obtener un asesoramiento localizado y específico, sino que también sirve para orientar nuevas preguntas de investigación, la generación de conocimiento y programas de transferencia de tecnología efectivos. Además, la sociedad se beneficia a medida que los productores adoptan prácticas que aumentan o mantienen los rendimientos de formas más eficientes mientras minimizan el impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Cassman, K.G., and P. Grassini. 2020. A global perspective on sustainable intensification research. *Nat. Sustain.* 3(4): 262–268. doi: 10.1038/s41893-020-0507-8.

Chauhan, B.S., K. Jabran, and G. Mahajan, editors. 2017. *Rice Production Worldwide*. Springer International Publishing, Cham.

EU Nitrogen Expert Panel. 2015. Nitrogen Use Efficiency (NUE) an indicator for the utilization of nitrogen in food systems. Wageningen. Univ. Alterra Wagening. Neth.



Figura 6 - Gira de campo de arroz en predio de productores.