

## INVESTIGACIÓN

# Evaluando una nueva alternativa de sistematización: suavización con pendiente variable

Álvaro Roel  
INIA Treinta y Tres

José Barbat Parfitt  
EMBRAPA CPCAT

Eduardo Regina  
zR-Agricultura de precisión

Marcos Bueno  
INIA Estudiante de doctorado



## ANTECEDENTES Y CONTEXTO DEL TRABAJO

El sector arrocero es el mayor usuario de agua para riego a nivel nacional y mundial. El presente artículo se enfoca hacia las denominadas planicies del este, con sus correspondientes tipos de suelo y topografía. En nuestro país existe una experiencia y un aprendizaje acumulado de más de 50 años en el manejo del riego para arroz. Esto se refleja en los actuales diseños de los sistemas de riego y drenajes con que contamos a nivel de chacra en el sector, que han ido evolucionado con el tiempo (landplane, altura de taipas, entradas múltiples, etc.). Si bien existe una cierta variabilidad en los diseños a nivel de chacra, predominantemente los mismos están desarrollados sobre la base de un cultivo que tolera la inundación como es el arroz. Esta estrategia ha permitido la expresión de los altos niveles productivos alcanzados.

No obstante, actualmente existen desafíos y oportunidades vinculadas al riego en el cultivo de arroz, así como la necesidad de dinamizar los sistemas existentes con otras opciones más intensivas.

Por el lado del cultivo de arroz es siempre necesario seguir buscando la mayor eficiencia del uso del agua, debido a la relevancia de los volúmenes utilizados, así como también por la importancia que tiene el riego en la estructura de costos. Asimismo, e impulsado por crecientes requerimientos ambientales y de inocuidad -posiblemente a futuro-, se visualiza la necesidad de ir hacia sistemas que permitan alternar períodos de inundación y secados. A esto se le agrega también, al igual que sucede en otros cultivos agrícolas extensivos, la necesidad de poder automatizar la mayor parte de los procesos rutinarios como es el riego de una chacra.

A su vez se avizoran también otras necesidades u oportunidades por el lado de los sistemas arroceros que están mayoritariamente integrados con la ganadería de diferentes formas y grados de intensidad. Existe en este contexto una oportunidad detectada históricamente, la de ampliar la transferencia de ese conocimiento de riego que tiene la fase arrocerera para potenciar otras fases, ya sea de cultivos o pasturas dentro del sistema, que le permitan explorar y estabilizar altos rendimientos. Para un amplio número de productores, particularmente arrendatarios, ha estado siempre el interés planteado por capitalizar ese conocimiento del riego en lograr la integración de otros cultivos de alta productividad, en particular la soja, que permitan diversificar riesgos y oportunidades. En esta línea, ha habido innumerables experiencias y proyectos evaluando la respuesta al riego de pasturas y cultivos. En general, en estos casos donde se trabaja sin alteración de la topografía se pueden apreciar muy buenas respuestas al riego, pero la estabilidad en el logro de estos altos niveles productivos depende de las condiciones climáticas imperantes. En particular en los años lluviosos las condiciones predisponentes de anegamiento -que existen mayoritariamente en este tipo de suelos arroceros- determinan pérdidas importantes de productividad.

En síntesis, la conjunción de todos los aspectos mencionados (menor uso de agua, mayor velocidad de retiro del agua, automatización, eliminación de pozos) alientan la necesidad de alcanzar una condición a nivel de chacra donde sea similarmente viable tanto regar como a su vez evitar los

encharcamientos, y promover la salida rápida del agua. En definitiva, que permita un riego con poco uso de mano de obra y de forma automatizada.

Es con esta mirada, descripta anteriormente en código de necesidad y oportunidad, que estamos llevando adelante una nueva línea de trabajo relacionada con el uso de nuevas tecnologías de geo-nivelación conocidas como suavización con pendiente variable. Se trata de realizar un ajuste a la topografía original. La disponibilidad actual a nivel de chacra de la georreferenciación con RTK, implementada a través de la instalación de bases móviles a nivel de campo, ha permitido adicionar a la ya excelente precisión horizontal una muy buena precisión centimétrica vertical.

Esto posibilita generar un plano altimétrico del terreno detallado, lo que se está utilizando cada vez más para el marcado de taipas por presentar varias ventajas operativas sobre los sistemas tradicionales con uso de laser. Hoy existen diversos tipos de software que permiten, una vez obtenido el plano altimétrico, generar alternativas de la alteración de la topografía original, denominados "proyectos". En estos se define el movimiento de suelo y la ubicación dentro de la chacra donde hay que proceder por un lado a rellenar en las zonas relativamente más bajas (pozos) y cortar en las zonas relativamente más altas (coronas). El objetivo final es establecer una pendiente dominante dentro del potrero, logrando que toda la superficie del mismo tenga siempre una posibilidad de salida de agua.





La gran diferencia con los sistemas anteriores de nivelación por laser es que la manera que se tenía para conseguir esto era estableciendo una pendiente uniforme a través de cada cuadro de la chacra. Para lo cual, normalmente era necesario mover volúmenes importantes de suelo, con los consecuentes problemas de sostenibilidad y costos asociados. Con este nuevo tipo de sistematización lo que se logra es una chacra que sigue teniendo diferentes pendientes dentro de la misma, pero ahora a través de la suavización, corte y relleno de diferentes zonas se pueden alcanzar los objetivos planteados.

La implementación de esta tecnología implica utilizar un tractor y una pala niveladora con la instrumentación necesaria (hidráulica, válvulas, software, dispositivos) para ir ajustando la profundidad del corte vertical en forma variable, de acuerdo a su ubicación, pudiendo de esta manera realizar una sistematización con pendiente variable o más comúnmente denominada como suavización. Esto resulta un importante paso en el sentido de poder alterar la topografía original del suelo, pero con niveles poco agresivos de corte y movimiento de suelo.

Conformaría entonces una ventaja no solo para lograr un riego más eficiente, uniforme (eliminación de pozos y coronas), con menos taipas y más rectas en el arroz, sino que también permitiría

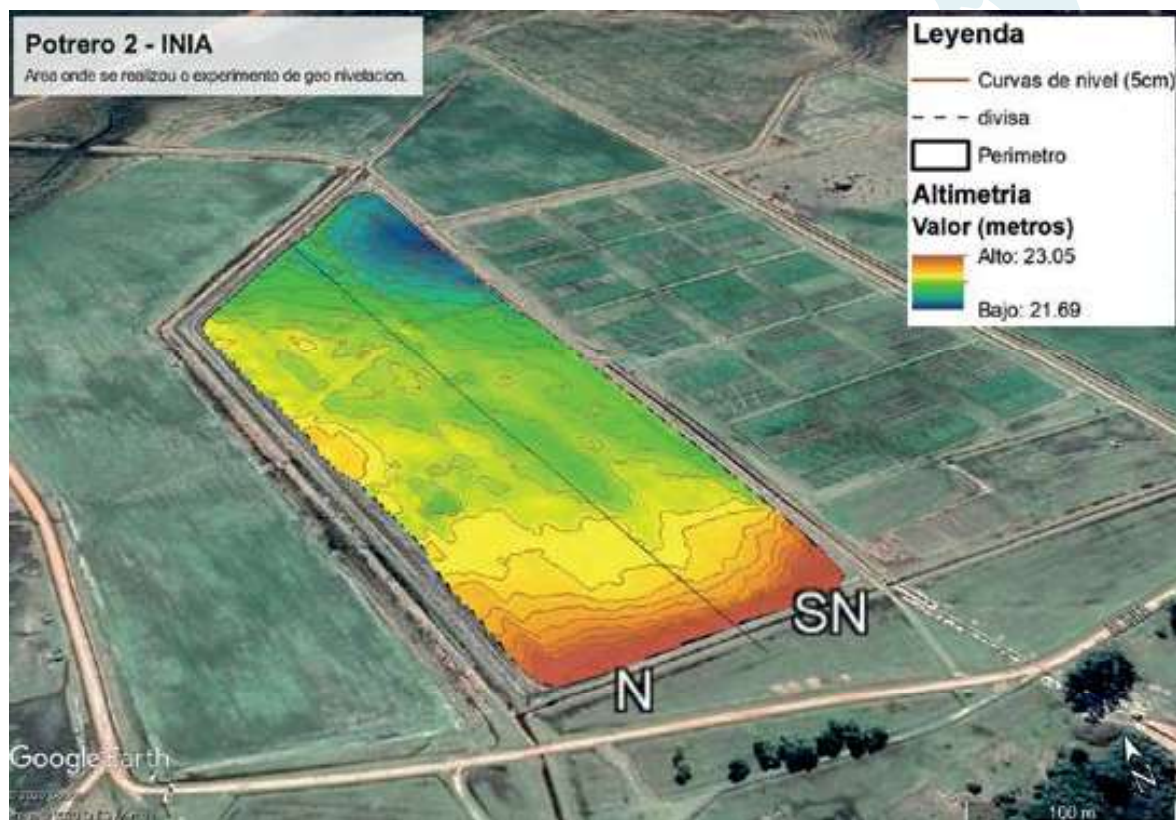
implementar el riego en otras fases de la rotación, como en el cultivo de soja o pasturas, donde facilitar la salida del agua es tan importante como el riego en sí.

En línea con los antecedentes descriptos y a través de una colaboración con Embrapa Clima Temperado (CPACT), que viene trabajando en estos aspectos desde hace varios años, se conformó un proyecto de investigación para la ejecución, evaluación y validación de estas tecnologías. En este contexto, mediante una beca de doctorado financiada por INIA, el estudiante Marcos Bueno está realizando su posgrado en recursos hídricos en la Universidad Federal de Pelotas, orientado por el Profesor Lessandro Coll. Dentro de este trabajo se medirá una serie muy grande de variables de suelo, cultivo y manejo, en forma directa y remota, que nos permitan analizar las posibles ventajas y los potenciales problemas de aplicación de estas tecnologías. Citamos a modo de ejemplo algunas de las preguntas estudiadas:

¿Cuánto se afecta el rendimiento y por cuánto tiempo en las zonas en las que se realizan cortes y alteraciones de la topografía? ¿Cuánto es la altura de corte recomendable? ¿Cuánto es la reducción en el largo de las taipas y en la potencial mejora de la eficiencia y velocidad del riego? ¿Es más ventajosa con esta tecnología la inclusión de otros cultivos regados?







Habiendo explicado las razones por las cuales trabajar en este tema quisiéramos ilustrar alguno de los resultados preliminares que necesariamente tendrán que ser continuados en la próxima zafra, de modo de alcanzar resultados concluyentes.

### IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Fue posible abordar este trabajo gracias a la fuerte colaboración de instituciones, empresas y productores. 2R-Agricultura de Precisión hizo disponible, a través de un apoyo constante y a lo largo de toda la zafra, una base RTK Trimble, así como las válvulas, pantalla completa y habilitación de códigos necesarios para que la pala pudiera alterar su nivel de corte de acuerdo a los proyectos generados por los programas/software según la altimetría. Los softwares utilizados para este trabajo (Farmworks y WMform de Trimble) fueron habilitados para su uso por Embrapa. La pala niveladora fue viabilizada por el productor Leandro Radunz a través de gestiones realizadas por el productor Alex Chagas y el Ing. Roberto Lima. La pala es de origen español, marca Los Antonios de 4 metros de ancho.

El tractor utilizado para la operación de corte y relleno fue un New Holland TM 7020 de 150 Hp, 2010 de INIA.

Es importante resaltar que la puesta a punto de tractor, pala, software e hidráulica fue un proceso que insumió mucho tiempo. Esperable cuando uno inicia el ensamble de una nueva tecnología a través del “armado” de una serie de componentes, algunos relativamente antiguos (tractor y pala). Existieron situaciones como el calentamiento de los circuitos hidráulicos, desactivación de los códigos con los permisos de operación, etc., que fueron solucionados en la marcha gracias a la colaboración de todos y en particular de la sección de operaciones liderada por Jorge Hernández.

**Primer aprendizaje:** no es llave en mano, hay un tiempo necesario para la implementación de todo el paquete.

**Segundo aprendizaje:** tan importante como la nivelación es la elaboración del proyecto en la computadora, aquí se juega el éxito y el espacio de interacción donde es necesario compatibilizar hidrología con mucha agronomía.

### ALGUNOS RESULTADOS PRELIMINARES

En esta oportunidad nos vamos a referir específicamente de la experiencia con arroz, dejando para otra ocasión la soja. Se trata de un potrero de 12 hectáreas que pertenece a la nueva Unidad de

Producción Arroz Ganadería (UPAG). Este potrero fue dividido a la mitad, y en una mitad se aplicó la tecnología de suavización con pendiente variable. Ambos lados fueron sembrados con la variedad INIA Olimar el día 12 de noviembre de 2019. El manejo del cultivo fue similar de ambos lados, siguiendo todas las recomendaciones del INIA.

El tiempo que insumió la puesta a punto de toda la tecnología y las condiciones de altas precipitaciones en el mes de setiembre determinaron que las labores de nivelación se realizaran 10-15 días previos a la siembra.

**Tercer aprendizaje:** los trabajos de alimetría, elaboración del proyecto e implementación del mismo (corte, relleno) deben realizarse el verano anterior, lo que permite trabajar con mejores condiciones de humedad de suelo y tener tiempo para realizar los ajustes necesarios.

En la *figura 1* ambos mapas corresponden a la zona suavizada. A la izquierda se observa el relevamiento topográfico y el marcado de taipas con un intervalo de 4 cm. Nótese que en este mapa se aprecia algo muy común, que son los lugares donde existen pozos (el agua no tiene para donde salir) y dos lugares con coronas. Estas zonas, tal vez no tan afectadas en el cultivo de arroz por el tipo de riego por inundación que realizamos y la habilidad del arroz de tolerar la sumergencia, son realmente un problema cuando queremos regar

otros cultivos como la soja o pasturas. Aun en el arroz esas zonas (pozos/coronas) son áreas donde normalmente se hace dificultosa la llegada del agua (coronas), o en el caso de los pozos que generalmente tenemos otro ambiente que nos puede ocasionar pérdidas en la eficiencia de aplicaciones de herbicidas y nutrientes. Esto es todavía más importante en caso de otras especies que no toleran la inundación como el arroz.

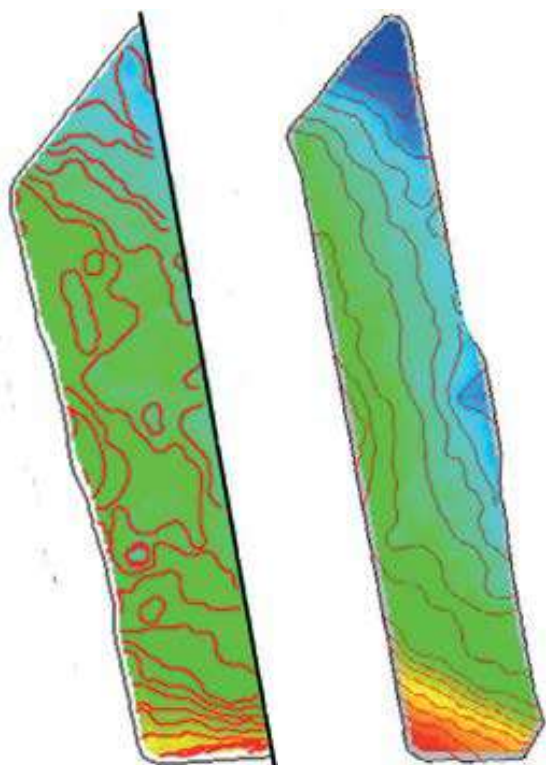
En el lado derecho de la *figura 1* se observa como quedaron las taipas cuando aplicamos la correspondiente suavización (corte/relleno). Se puede apreciar que las taipas son más rectas y que hay una estructura de pendientes mucho menos compleja. Esto último es de enorme importancia a la hora de pensar en un riego automatizado. Para este caso en particular se obtuvo una reducción del largo del taipas de un 14% (sin suavización 3,6 km, suavizado 3,1 km).

Para este trabajo en particular, basado en criterios propios e información generada en Brasil (Parfitt y colaboradores), definimos como objetivo no tener en la medida de lo posible cortes de suelo superiores a 5 cm.

En la *figura 2* se observan en diferentes colores las zonas donde la pala cortó o relleno. Para este trabajo en particular fue necesario mover 108 m<sup>3</sup>/ha para alcanzar la topografía presentada. Se puede apreciar las zonas con diferentes alturas de corte y las pequeñas áreas en rojo donde se superó el criterio fijado de 5 cm.

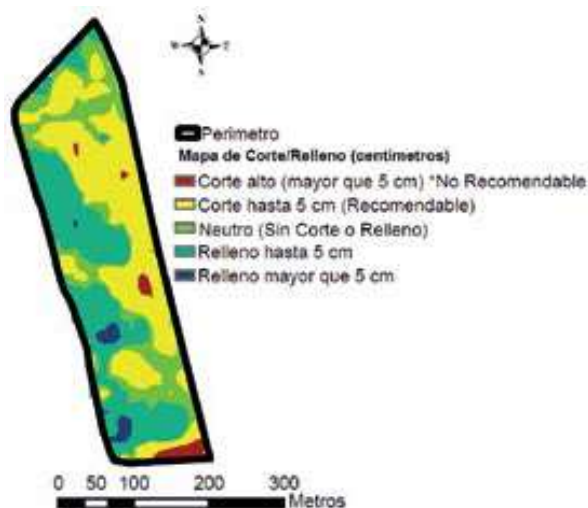
Entre el 30 y 31 de marzo se realizó la cosecha comercial de ambas mitades con una cosechadora New Holland TC5070 equipada con monitor de rendimiento, constituyéndose esta en la cosecha de la primera chacra geonivelada con pendiente variable del país. En términos generales la productividad global de la chacra fue muy buena, alcanzando un rendimiento promedio de 210 bolsas secas/ha y no existiendo diferencias importantes entre ambas mitades.

En la *figura 3* se puede comparar el mapa de corte y relleno con su correspondiente mapa de rendimiento. Es posible apreciar una menor productividad en las zonas de corte como era esperable pero alcanzando de todas maneras niveles más que aceptables; lo que determinó una muy buena productividad promedio.



▲ Figura 1



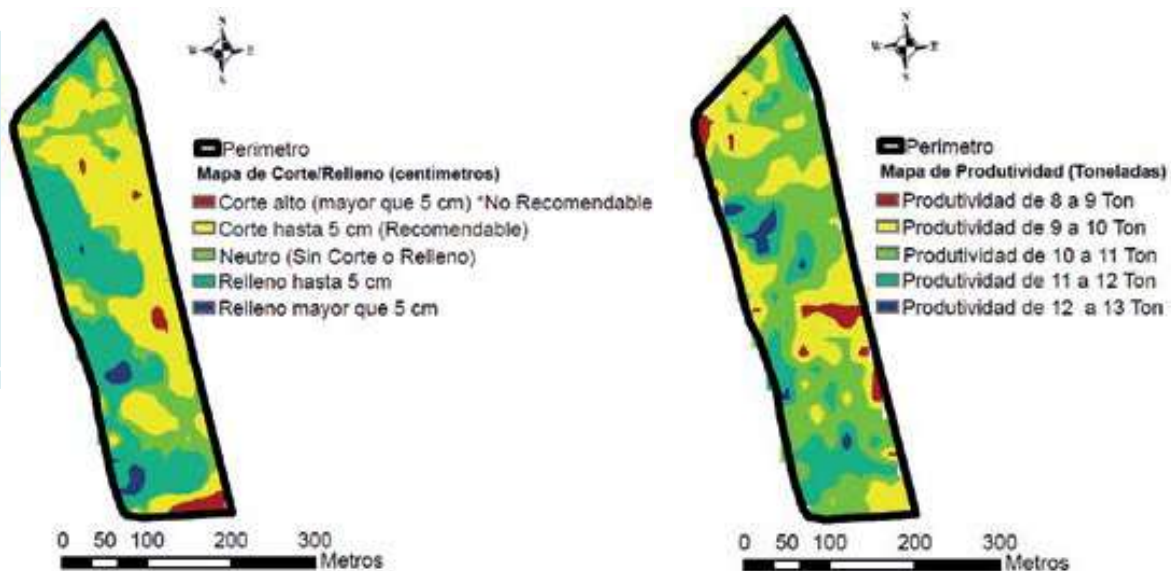


▲ Figura 2



Será ahora el tiempo de analizar detenidamente toda la información generada, pero la misma parece ser muy auspiciosa y entendíamos relevante compartir con ustedes esta nueva línea de trabajo. Compartir los aprendizajes, los primeros resultados y el haber logrado implementar una chacra suavizada con ajuste variable de suelo. Estos son los primeros pasos y sin duda nos queda mucho de la investigación para seguir analizando. El logro del tan ansiado y buscado objetivo de formas necesita incorporar nuevos enfoques como este, que permitan incluir otros cultivos y pasturas de alta productividad con riego en sistemas arroceros.

Esta experiencia realizada como mencionamos en forma conjunta con actores privados generó a su vez el marco para la elaboración de una propuesta de escalamiento a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación, en la modalidad de Alianza con el Sector Privado. El proyecto generado de una alianza entre ERRO, 2R Agricultura de Precisión, (Delta Plastic xx) y Consultora del Este junto con INIA, luego de varios ajustes fue aprobado y permitirá ir expandiendo esta experiencia tanto en arroz como en soja con riego, a la vez que ir transfiriendo y validando los resultados en chacras comerciales. ✓



▲ Figura 3