



Fotos: C. García y A. Otero

# UNA MIRADA A LA CONTRIBUCIÓN DE INIA AL DESARROLLO DEL RIEGO EN URUGUAY

## Parte II

Ing. Agr. Dr. Claudio García  
Ing. Agr. MSc Alvaro Otero

Programa de Investigación en Producción  
y Sustentabilidad Ambiental

El presente artículo completa la síntesis sobre el aporte de INIA al desarrollo del riego a nivel nacional, que fuera abordado en el número anterior de nuestra revista. Esta segunda entrega se focaliza en las lecciones aprendidas en la utilización del riego en diferentes sistemas, la formación de recursos humanos y las principales líneas de trabajo a futuro.

### INTRODUCCIÓN

La búsqueda de mayor sostenibilidad en la producción exige el uso más racional posible de los recursos naturales y una mayor precisión en las prácticas productivas. La incorporación de tecnologías de riego suplementario significa no solo el diseño e implementación del equipo de riego en el campo, sino que también requiere de cambios a nivel predial en un sistema de producción bien planificado.

Pero por sobre todas las cosas, un cambio cultural de las personas que llevarán adelante este nuevo sistema productivo, donde se debería mirar al riego como un insumo más dentro de la función de producción.

El desarrollo del riego a nivel nacional es mucho más amplio que las actividades propias de investigación; sin embargo, INIA ha sido y será parte de este desarrollo, aportando a través de la articulación y colaboración con

La incorporación de riego suplementario requiere, por sobre todas las cosas, un cambio cultural de las personas que llevarán adelante este nuevo sistema productivo.

otras instituciones privadas y públicas, en conjunto con los productores, a la sostenibilidad productiva de los sistemas agropecuarios desde el punto de vista económico, productivo y ambiental.

El Plan Maestro de Riego que INIA ha llevado adelante a través de su grupo de investigadores ha incluido líneas de investigación en proyectos financiados con fondos propios. Estas líneas de investigación forman parte del enfoque estratégico del grupo de riego de INIA y son:

- Incrementar la eficiencia en el uso del agua, con diseños adecuados de riego, promoviendo su adecuada operación y mantenimiento, mitigando la vulnerabilidad a eventos extremos e incrementando el uso de la tecnología del riego.
- Uso eficiente de la oferta y la demanda del agua de riego en el marco de una gestión integral y variada de las cuencas hidrográficas que contemple la preservación del medio ambiente.
- Promover la capacitación a operadores de riego y técnicos de campo para realizar un uso óptimo de los recursos suelo y agua, apoyando las iniciativas del MGAP.

**Cuadro 1** - Resultados del rendimiento de método de riego por melga en pasturas. Datos observados vs simulados (WinSRFR). (Corcoll y Malvasio, 2020).

Lámina de riego	Caudal promedio (l/s)	EAP (%)	DUIq	EAP (%)	DUIq
		Observados	Simulados		
T1	2.0	78	0.68	79	0.76
T2	2.3	84	0.93	82	0.89
T3	2.3	86	0.88	84	0.79
T4	2.6	79	0.84	77	0.90
T5	5.0	71	0.98	70	0.98
T6	3.6	84	0.86	82	0.86
T7	3.3	96	0.88	82	0.95
T8	3.2	83	0.87	81	0.85

## ¿CÓMO HA SIDO LA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN RIEGO?

Los productos obtenidos durante la ejecución de este Plan Maestro de Riego fueron variados y diversos; se destacan principalmente la formación de recursos humanos tanto formal (grado y posgrado) como informal (estudiantes, productores, etc.) y publicaciones de difusión, técnicas y científicas con diferentes mensajes y público objetivo. Se formaron más de 13 estudiantes de grado de la Udelar y de la UDE, dos estudiantes de maestría y un estudiante de doctorado de la Udelar. El material bibliográfico producido en estos últimos cinco años consta de ocho artículos científicos en revistas arbitradas y dos series técnicas de INIA, 15 resúmenes completos presentados en seminarios nacionales e internacionales y reuniones técnicas. Además se desarrollaron 14 cursos de riego para capacitación de productores y técnicos y 12 días de campo.

## LECCIONES APRENDIDAS EN LA UTILIZACIÓN DEL RIEGO EN URUGUAY

**Sistemas de riego de pivot central:** el estudio del diseño y del funcionamiento de estos sistemas en nuestro país, evidenció un desajuste entre las características de los suelos sobre los cuales los pivots habían sido instalados y el patrón de distribución de las precipitaciones en Uruguay. Este desajuste se debió –muchas veces– a que su diseño estaba basado en información agrícola de los sitios de fabricación y no se tuvo en cuenta las condiciones locales (Morales *et al.*, 2016).

**Sistemas de riego por superficie:** estos sistemas, tanto en surcos como en melgas, demostraron que se pueden lograr altas eficiencias de aplicación de agua de riego, así como mejorar la uniformidad de distribución a lo largo de las parcelas.



Foto: Claudio García

**Figura 1** - Pivot central en pasturas de trébol blanco (Colonia).

**Cuadro 2** - Resultados en producción de materia seca (2010-2015). El Junco (Salto).

Tratamiento de riego (mm)	Producción de MS/kg/ha*			
	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14
0	10485	7457	15593	7947
20	15950	10317	19672	16300
40	14662	10278	19667	16090
60	15198	9928	19790	16202

\* Producción de materia seca anualizada.

El aumento acumulado de la producción de materia seca en los cuatro años de evaluación fue superior al 50% en relación al tratamiento testigo (solo agua de lluvias sin agregado de riego).

Los coeficientes técnicos de algunos parámetros hidráulicos de los sistemas de riego, por superficie fueron testeados en modelos de simulación (WinSRFR) para poder ayudar a técnicos y productores, no solo en la mejor planificación del riego sino también en el diseño y operación del mismo (García *et al.*, 2019).

**Láminas de riego en el cultivo de soja:** la propuesta de la aplicación de láminas de riego, de acuerdo al estado fenológico del cultivo de soja, demostró que permite lograr máximos rendimientos comerciales con la mayor productividad del agua, con énfasis en el litoral norte y en el sur del país. En condiciones comerciales se logran como mínimo –dependiendo del año– entre 1500 y 2000 kg/ha de incremento del rendimiento solo por el riego; en algunos años, con muchos períodos de déficit hídrico, esta diferencia demostró ser mayor (Montoya *et al.* 2017; Otero *et al.* 2017).

**Riego en el cultivo de soja según grupo de madurez y zona:** la incorporación del riego favoreció la respuesta en rendimiento en grupos de madurez más largos en la zona de Colonia, mientras que en el litoral norte (Salto) la mayor diferencia entre el rendimiento bajo riego en comparación al secano se obtuvo en los grupos más cortos. En ambos casos la incorporación del riego al sistema de producción se evaluó como sumamente conveniente desde el punto de vista físico (Capurro y Sawchik, 2015; Capurro *et al.* 2017).

Los estudios económicos generados a partir de estos datos fueron siempre muy beneficiosos para los productores cuando se analiza el cultivo o grupo de cultivos independientemente.

Sin embargo, en la evaluación económica de los proyectos prediales de riego, el tipo y uso de energía, la distancia al mercado y la facilidad o inversiones en la fuente de agua juegan el principal papel en el éxito económico del proyecto productivo (Yiansen, A., 2017; Montoya y Otero, 2019).

**Pasturas y mezclas de pasturas bajo riego:** la información generada ha demostrado que se alcanzan producciones de materia seca estables y a largo plazo (nueve años) de hasta 13.500 kg/ha/año.

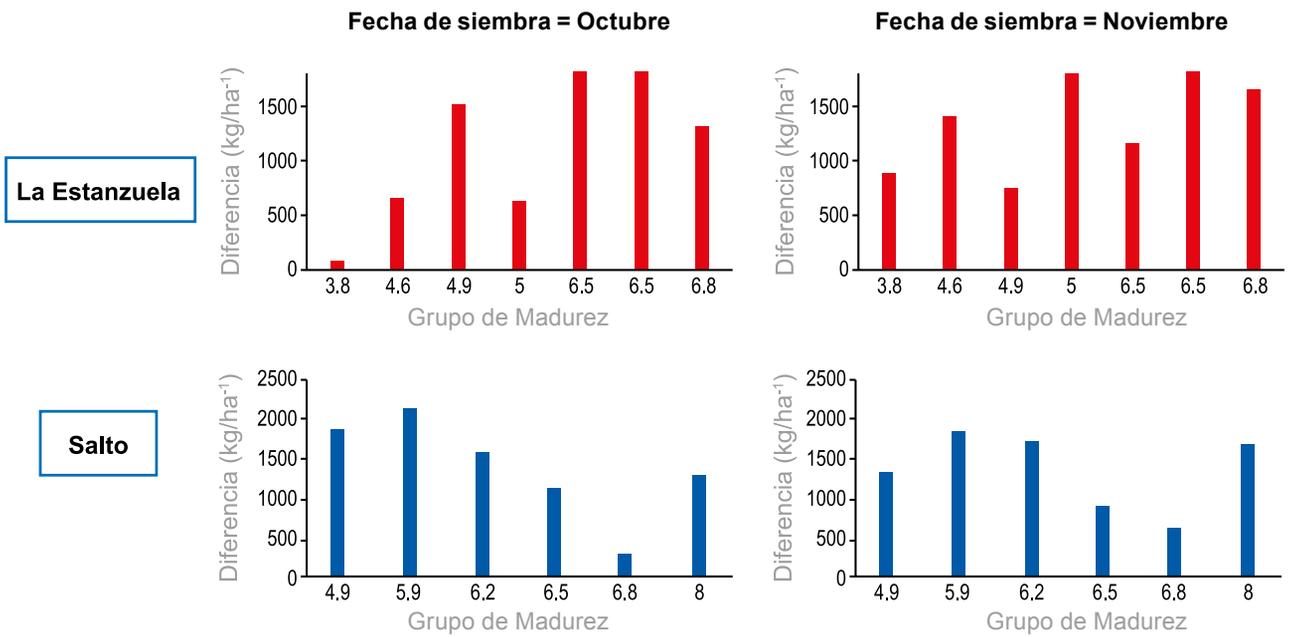
Al mismo tiempo, la transformación de ese forraje en carne, según evaluaciones realizadas tanto en el área de basalto profundo en Salto como en suelos de cristalino en Florida, han mostrado ganancias promedio de peso producido por año de 650 kg/ha (Durán *et al.* 2016; Marchelli y Cardozo, 2017; Otero y Castro, 2019).

En pasturas bajo riego la información generada ha demostrado que es posible alcanzar producciones de materia seca estables de hasta 13.500 Kg/ha/año.



Foto: Claudio Garcia

**Figura 2** - Riego de pasturas con mangas colapsables.



**Figura 3** - Diferencia de rendimiento entre soja regada y seco en Colonia y Salto.

**Eficiencia del uso del agua y ahorro de energía:** la utilización de herramientas y criterios desarrollados por INIA para la gestión y programación del riego, evidenciados en muchas presentaciones a técnicos y productores, han demostrado que permiten una mayor eficiencia del uso del agua y ahorro de energía. Al mismo tiempo, se vienen desarrollando protocolos de sensoramiento remoto que permiten la monitorización y toma de decisiones en el riego, los cuales fueron presentados en numerosas oportunidades, acompañando el diseño y desarrollo de una App (GESIR), que permita una mejora en la gestión diaria del riego.

### UNA MIRADA HACIA EL FUTURO

Uno de los principales resultados de la investigación en riego de los últimos años fue la abrumadora evidencia sobre el aumento sostenido del rendimiento físico en diferentes rubros en relación a las situaciones de seco, permitiendo un sistema de producción agrícola con menor variabilidad en los rendimientos entre años consecutivos.

Los trabajos en riego han permitido determinar el potencial de rendimiento de soja y maíz para las zonas con mayor área sembrada en el país y los manejos para alcanzarlo.

Al presente se sabe cuál es el rendimiento potencial de soja y maíz para las zonas con mayor área sembrada en el país. Además, se conoce cuál es el manejo del agua que se debería realizar y, en el caso de la soja, cuán rentable es la misma de acuerdo a diferentes manejos.

En relación a las pasturas artificiales, se conoce la respuesta al agua que tienen algunas de las especies C3 más comúnmente sembradas en el país.

Evidencias de casi 10 años de experimentación sobre la producción de materia seca y la producción de ganancia de peso vivo muestran la sustentabilidad desde el punto de vista de la estabilidad productiva, la longevidad de las pasturas y su rentabilidad económica.

Si bien estos conceptos son un aporte importante, y que el país no los tenía cuantificados, existen hoy otros aspectos de las tecnologías del riego en Uruguay que no han sido examinados con mayor precisión.

### LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A PRIORIZAR

Desde el punto de vista de la priorización de las líneas de investigación en tecnologías de riego en los diferentes rubros, nuestros demandantes frecuentemente mencionan "hay que investigar más en riego". Sin embargo, este válido y certero reclamo hay que armonizarlo y diferenciarlo entre lo que ya se sabe (desde la investigación nacional o internacional) y se debe transferir o enseñar o validar; de lo que no se sabe y requiere generar conocimiento específico sobre riego suplementario en Uruguay.



**Figura 4** - Experiencia de riego por goteo en soja para maximizar la eficiencia de uso del agua de riego.

Otro aspecto que complejiza la priorización de los temas a investigar es la fuerte regionalización de los rubros de nuestro país, claramente asociados a condiciones de clima y de suelo, con diferente posibilidad de acceso a fuentes de agua, diferentes sistemas de riego, diferente capacidad de financiamiento y mano de obra, y diferente grado de aprendizaje en las tecnologías de riego.

Sin dejar de lado las líneas de investigación priorizadas en años anteriores, se pretende hacer énfasis en la investigación a nivel predial y de cuenca en los siguientes puntos:

- Focalizar la investigación en el efecto ambiental, en el corto y mediano plazo, de los sistemas de riego en los diferentes rubros agrícolas, con especial énfasis en la calidad del agua y la calidad del suelo. Desde sus posibles aspectos negativos en la erosión de suelo y balance de nutrientes, como en sus aspectos positivos del aumento del carbono orgánico en el suelo, la biomasa del suelo y el rendimiento y calidad de los productos.

- Desarrollar tecnologías que permitan una mejor planificación y gestión del riego suplementario a través de las nuevas tecnologías de sensoramiento remoto y automatismos, como herramientas clave para mejorar el uso eficiente del recurso agua y de la energía.

- Desarrollo de sistemas productivos con la incorporación del riego, de tal forma que se pueda priorizar el uso del agua entre los diferentes componentes del sistema, de acuerdo a la potencial disponibilidad de agua de lluvia, de fuentes propias y a la estrategia general del predio.

- Incrementar la incorporación de análisis económicos más relacionados a los diferentes sistemas de producción y tipos de proyectos de riego-fuentes de agua; especialmente en interacción con modelos biofísicos y económicos.

- Focalizar el conocimiento de las necesidades de agua de los cultivos y parturas, y su relación con otros factores de producción como ser cultivares, fechas de siembra, densidad de siembra, interacción con nutrientes, etc.

## AGRADECIMIENTOS

Todos los trabajos de investigación en riego llevados a cabo por INIA han sido posibles por el esfuerzo y dedicación de investigadores que lideraron desde sus respectivos programas y en proyectos con diferentes tiempos técnicos, así como por el personal de apoyo, que contribuyeron con soluciones científicas y tecnológicas en relación a esta disciplina.

Algunos de los investigadores que lideraron proyectos en las diferentes regionales de INIA fueron los Ings. Agrs. C. Mas, E. Pérez Gomar, R. Bermúdez, F. Formoso, A. Fassio, C. Goñi, A. Lavecchia, y más cerca en el tiempo los Ings. Agrs. J. Sawchick, D. Giorello, A. Roel, G. Carracelas, Ma C. Capurro, S. Riccetto.



**Figura 5** - Jornada de transferencia de resultados.