

Plataforma de soporte  
para la toma de  
decisión en agricultura  
irrigada sostenible  
“Dra. Gabriela Eguren”



# PLATAFORMA AGROAMBIENTAL PARA LA TOMA DE DECISIÓN EN AGRICULTURA IRRIGADA SOSTENIBLE: una construcción interdisciplinaria e interinstitucional

Lic. Biq. Mag. Noelia Rivas<sup>1</sup>, Ing. Dra. Angela Gorgoglione<sup>2</sup>, Ing. Agr. Dr. Miguel Carriquiry<sup>3</sup>, Ing. Agr. Mag. Adrián Cal<sup>4</sup>, Lic. Biol. Mag. Dra. Guadalupe Tiscornia<sup>4</sup>, Ing. Agr. Dr. Claudio García<sup>5</sup>, Lic. Ec. Dr. Francisco Rosas<sup>6</sup>, Lic. Andrés Saracho<sup>7</sup>, Ing. Florencia Hastings<sup>8</sup>, Lic. Ec. Franco Frabasile<sup>9</sup>, Ing. Dr. Luis Silveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias - Udelar

<sup>2</sup>Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería - Udelar

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Económicas y de Administración - Udelar

<sup>4</sup>Área de Sistemas de Información y Transformación Digital - INIA

<sup>5</sup>Área Recursos Naturales, Producción y Ambiente - INIA

<sup>6</sup>Universidad ORT Uruguay y Centro de Investigaciones Económicas

<sup>7</sup>Departamento del Agua, Regional Norte - Udelar

<sup>8</sup>Facultad de Agronomía - Udelar

<sup>9</sup>Universidad ORT Uruguay

En memoria de la Dra. Gabriela Eguren<sup>1</sup>, pilar fundamental en la construcción de esta iniciativa.

Este artículo se focaliza en el abordaje y resultados de una estrategia interdisciplinaria e interinstitucional, como instrumento para fortalecer y coordinar las políticas públicas nacionales en materia de agua dando soporte al control ambiental y asegurando la sostenibilidad del proceso que impulsa el riego en la agricultura.

## CONTEXTO

Desde el año 2000, la agricultura extensiva de secano ha experimentado un proceso de expansión territorial, pasando de aproximadamente 400.000 a 1.500.000

hectáreas de cultivos en la actualidad (DIEA/MGAP, 2022). No obstante, se registra un alto dinamismo y variabilidad interanual de sus rendimientos debido a variaciones en los niveles de las precipitaciones estivales (MGAP-BM, 2015).



**Figura 1** - Foto aérea de cultivos regados con pivot: arroz y campo natural en secano, marzo de 2011.

Foto cedida por Bernardo Böcking

Si bien en la actualidad sólo el 2 % de la superficie agrícola está bajo riego (excluyendo el arroz), éste se visualiza como una herramienta para reducir la vulnerabilidad de los cultivos y para mejorar la producción, ante escenarios climáticos adversos. Ante este contexto, promover el riego suplementario en cultivos de secano y forrajes se traducirá en una mayor estabilidad en la producción, fortalecerá la competitividad del sector y contribuirá al desarrollo productivo a nivel nacional. Experiencias en la incorporación de riego en cultivos de soja y maíz muestran incrementos en el entorno de los 1.500 y 6.000 kg/ha, respectivamente (Arana, 2012). Sin embargo, este desarrollo del sector agropecuario, sumando el riego suplementario con el uso de agroquímicos, puede contribuir a una afectación de la calidad y cantidad de agua.

La gestión integrada de los recursos hídricos requiere articular la cantidad y calidad de agua e incluir aspectos sociales, económicos y ambientales, como forma de asegurar su uso sostenible a largo plazo. En tal sentido, en marzo de 2018 se realizó en INIA Las Brujas un Taller sobre Actualización y Prospectiva de los recursos hídricos en Uruguay, a partir del cual comienza a conformarse un grupo interdisciplinario que consolida y fortalece sinergias ya existentes entre la Universidad de la República (a través de las Facultades de Ingeniería, de Ciencias Económicas y de Administración, y de Ciencias), el Departamento de Economía de la Universidad ORT Uruguay, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, y el Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad de la Universidad de Columbia (Estados Unidos), contando además con el asesoramiento de la Universidad de Sydney (Australia) y con el apoyo en lo que refiere a bases de datos (sitios, frecuencia y resultados de monitoreo del río San Salvador) de la Dirección Nacional de Aguas del Ministerio de Ambiente (MA).

Una necesidad identificada por todas las instituciones participantes, fue la de contar con una herramienta que permita evaluar los efectos del incremento del área de cultivos bajo riego sobre la cantidad y calidad del agua, como apoyo para la planificación de usos del suelo que optimicen la producción agropecuaria y minimicen los riesgos ambientales. En el mes de agosto del mismo año el equipo presenta al Fondo sectorial INNOVAGRO de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), la propuesta titulada "Plataforma para el soporte a la toma de decisión en el desarrollo de la agricultura irrigada sostenible".

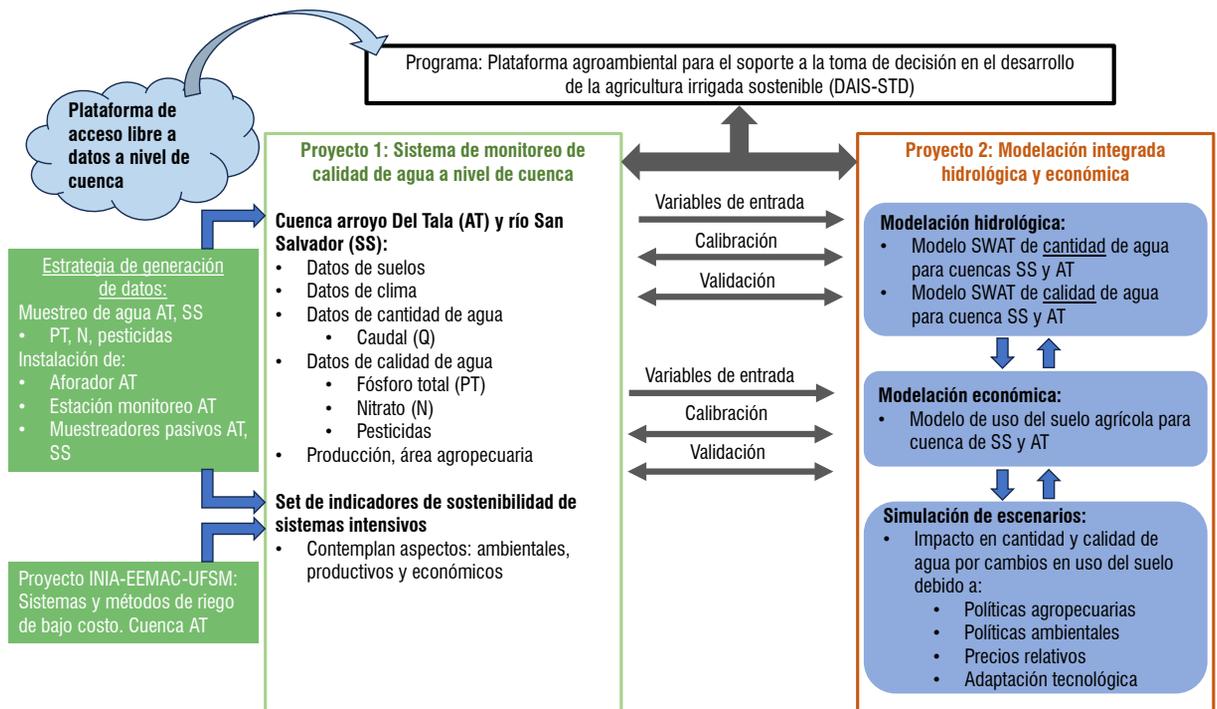
## IMPLEMENTACIÓN

Esta propuesta tuvo por objetivo desarrollar herramientas innovadoras, que constituyan un soporte para las instituciones nacionales de modo de facilitar la evaluación de diferentes opciones de planificación del uso del suelo y la toma de decisiones, asegurando que el incremento de la producción contemple la sostenibilidad de los recursos naturales, en particular, aguas y suelos. Estas herramientas consisten en modelos hidrológicos que integran la cantidad y la calidad del agua conjuntamente con diferentes escenarios de desarrollo económico en el espacio y en el tiempo. Este Programa vincula monitoreo y modelación en base al proyecto "Monitoreo DAIS: Estrategia para el monitoreo de la calidad del agua en cuencas de uso agropecuario. Herramienta de apoyo para el desarrollo de la agricultura irrigada sostenible", que genera información detallada que permite calibrar y evaluar los modelos hidrológicos desarrollados en el segundo proyecto "Modelo DAIS: Modelación integrada biofísica y económica del recurso hídrico en cuencas, para el desarrollo de la agricultura irrigada sostenible".



**Figura 2** - Foto aérea cultivo de maíz bajo pivot, marzo de 2011.

Foto cedida por Bernardo Böcking

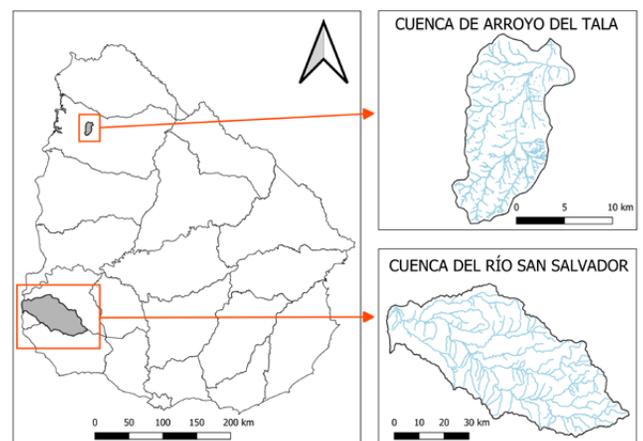


**Figura 3** - Vinculación del Programa DAIS-STD y los proyectos Monitoreo y Modelo DAIS.

A su vez, la información generada en el proyecto Modelo DAIS contribuye a identificar las variables más importantes a ser monitoreadas, y a programar las actividades de monitoreo para mejorar la precisión en las determinaciones de cantidad y calidad del agua (Figura 3).

La modelización de escenarios para evaluar los impactos de la intensificación requiere de un volumen considerable de datos, interacción con las partes interesadas, y un enfoque multidisciplinario que incluye economía y un conjunto riguroso de pruebas para comprobar la confiabilidad de los escenarios (Barthel *et al.*, 2010). Por tanto, la estrategia del equipo apuntó a un enfoque a nivel de cuenca en dos escalas espaciales contrastantes. En primer lugar, la cuenca del arroyo Del Tala (Salto), una cuenca experimental de 159,29 km<sup>2</sup> que cuenta con un desarrollo agrícola muy intensivo y que ya tiene un proceso de desarrollo del riego más maduro.

Para esta cuenca el equipo de investigación cuenta con un importante volumen de información recabada durante veinte años (producción agrícola, áreas y distribución de cultivos, variables climáticas, información de suelos, datos de cantidad y calidad de agua), así como un vínculo estrecho con los productores. En segundo lugar, en la cuenca del río San Salvador (Soriano), con una superficie de 2.274 km<sup>2</sup>, se analizó un escenario de desarrollo del riego previamente identificado (Brii-Sigmaplus, 2017) en virtud de ser una de las cuencas en las que se espera un gran incremento en el área de cultivos y pasturas regadas (MGAP-BM, 2015). En la Figura 4 se puede observar un detalle de las cuencas.



**Figura 4** - Detalle de las cuencas donde se llevaron adelante los trabajos.

Un aspecto clave es la evaluación de los efectos del incremento del área de cultivos bajo riego sobre la cantidad y calidad del agua, como apoyo para la planificación de usos del suelo.



**Figura 5** - Foto aérea cultivo arroz, marzo 2011.

Foto cedida por Bernardo Böcking

El Programa fue exitoso en lograr la calibración del modelo SWAT y su integración al modelo económico en estas dos cuencas con diferentes características en cuanto a dimensión, intensidad agrícola y disponibilidad de información.

## RESULTADOS

Un resultado destacado es la implementación de la primera plataforma científica interdisciplinaria que genera información integrada para apoyar en el diseño de políticas públicas y en la toma de decisiones para la gestión del recurso hídrico a nivel de cuenca. Este enfoque colaborativo entre la modelización y el monitoreo no solo fortalece la capacidad para gestionar de manera efectiva los recursos hídricos del país, sino que también sienta un precedente valioso para futuros proyectos de gestión ambiental integrada.

En este contexto, uno de los principales resultados del Programa ha sido el desarrollo de modelos precisos y confiables para estimar tanto la cantidad como la calidad de agua en ambas cuencas, junto con la integración de la modelación ambiente-economía.

Estos modelos garantizan predicciones más acertadas y una comprensión más profunda de la dinámica hídrica y de transporte de sedimentos y nutrientes en las cuencas de estudio.

Se logró implementar la primera plataforma científica interdisciplinaria que genera información para la gestión del recurso hídrico a nivel de cuenca.

Por otro lado, habilita la construcción de escenarios que permiten evaluar cómo distintos niveles de fertilización, desarrollo de riego, así como de otras prácticas productivas, impactan tanto en los indicadores económicos como ambientales en cada cuenca en función de los usos del suelo. De esta manera, permite estudiar las interacciones, sinergias, y/o compromisos entre indicadores económicos y ambientales. Los productos desarrollados están disponibles en la plataforma OSF:

Acceda **AQUÍ**



Todo esto, sin duda ha sido posible gracias a una estrecha colaboración entre los expertos que ha permitido una calibración exitosa de los distintos modelos al incorporar, por ejemplo, datos de calidad del agua recopilados estratégicamente en puntos clave de las cuencas o proporcionando análisis rigurosos de los componentes de uso del suelo. La información proporcionada por los equipos de monitoreo ha sido crucial en el marco de trabajo de los equipos de modelos para ajustar y refinar estos modelos, garantizando así predicciones más acertadas y una comprensión más profunda de la dinámica hídrica y de transporte de sedimentos y nutrientes en las cuencas de estudio, así como las interacciones con componentes económicos.

## POTENCIALIDADES

La Ley 18.610 para la Política Nacional de Agua apunta a la gestión integrada del recurso hídrico posibilitando un uso sostenible, regulando el uso y evitando conflictos sobre cantidad y calidad.



Foto: Noelia Rivas

**Figura 6** - Determinación de parámetros fisicoquímicos *in situ*.

Las herramientas que desarrolla el Programa constituyen un instrumento para fortalecer y coordinar las políticas públicas nacionales en materia de agua dando soporte al control ambiental y asegurando la sostenibilidad de este proceso que impulsa el riego en la agricultura.

Por su parte, la Ley de Riego incorpora conceptos nuevos como los caudales ambientales e incorpora procesos de autorización ambiental como los de operadores de riego. Las herramientas desarrolladas en este Programa dan soporte a las autoridades competentes para evaluar los riesgos ambientales de posibles nuevas obras de riego, opciones de gestión del agua bajo diferentes usos de suelo, así como propuestas de instrumentos económicos tendientes a incidir sobre los incentivos de los agentes. Asimismo, estas herramientas reconocen e incorporan explícitamente que las decisiones de usos del suelo en el territorio son tomadas por agentes teniendo en cuenta los mercados, los incentivos prevaletientes y en el marco de las instituciones y restricciones existentes.

La aplicabilidad del Programa se sustenta en que la construcción de la competitividad de los sistemas agropecuarios debe realizarse mediante la intensificación sostenible de los sistemas de producción asegurando un uso racional de los recursos naturales del país, conservando los suelos y asegurando la



Foto: Andrés Saracho

**Figura 8** - En la imagen se observa la regla instalada y el caño, en cuyo interior se encuentra el sensor OTT ecoLog 500 de medición de niveles.

calidad de las aguas, y teniendo una visión de cuenca hidrográfica. Para ello, las autoridades competentes (MGAP y MA) actuando coordinadamente, requieren herramientas como la aquí desarrollada que apoyen e informen la toma de decisiones a efectos de evaluar los posibles impactos productivos y en el ambiente.

#### BIBLIOGRAFÍA

Arana S. 2012. El agua como factor de producción en sistemas agrícolas. Una oportunidad estratégica hacia el desarrollo sostenible del sector. Presentación en X Congreso de Ingenieros Agrónomos y el 3er Encuentro Regional de Ingeniería Agronómica, Montevideo.

Barthel, R., Janisch, S., Nickel, D., Trifkovic, A., Hörhan, T., 2010. Using the Multiactor-Approach in Głowa-Danube to Simulate Decisions for the Water Supply Sector Under Conditions of Global Climate Change. *Water Resour. Manag.* 24, 239–275. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9445-y>

DIEA/MGAP. 2022. Anuario estadístico agropecuario 2022. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-agropecuario-2022> (Agosto 2023).

BRL Ingeniería SA, SIGMAPLUS SRL. 2017. Caracterización de las cuencas del río San Salvador, río Yí y río Arapey para fines de riego. Proyecto DACC, MGAP, Banco mundial préstamo no. 8099-UY.

MGAP-BM. 2015. Estrategia de fomento del desarrollo de la agricultura regada en Uruguay. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/estrategia-fomento-agricultura-regada-uruguay-2015> (Agosto 2023).



Foto: Andrés Saracho

**Figura 7** - Estación de niveles instalada al cierre de la cuenca. En la imagen se muestra el caudalímetro GEO-StreamPro ADCP que está realizando un aforo en crecida.