



BIOTECNOLOGÍA VEGETAL EN INIA: ciencia para el sector agropecuario

INIA por dentro

Producción Animal

Agroalimentos

Sustentabilidad

Cultivos

Socio-economía

Informe Especial

Hortifruticultura

Producción familiar

Forestal

Actividades



Sumario



Foto de tapa: Laboratorio de Biotecnología de INIA Las Brujas (Autoría: Irvin Rodríguez).

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

JUNTA DIRECTIVA

Ing. Agr. PhD Miguel Sierra

MGAP - Presidente

D.M.T.V. PhD Carolina Viñoles

MGAP - Vicepresidenta

Ing. Agr. Martín Gortari

Ing. Agr. Rafael Normey

Asociación Rural del Uruguay

Federación Rural del Uruguay

Ing. Agr. Alejandro Henry

Ing. Agr. Diego Bonino

Comisión Nacional de Fomento Rural

Cooperativas Agrarias Federadas

Federación Uruguaya de Centros Regionales

de Experimentación Agropecuaria

Comité editorial:

Junta Directiva - Dirección Nacional

Unidad de Comunicación

y Transferencia de Tecnología

Director responsable:

Ing. Agr. Joaquín Lapetina

Realización Gráfica y Editorial:

Aguila Comunicación y Marketing

Tel.: 2908 8482, Montevideo.

Edición: Junio 2025 / N° 81

Depósito legal: 371.006

Prohibida la reproducción total o parcial de artículos y/o materiales gráficos originales sin mencionar su procedencia. Los artículos firmados son responsabilidad de sus autores.

La Revista INIA es una publicación de distribución gratuita del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Oficinas Centrales: Edificio Los Guayabos

Parque Tecnológico del LATU

Avda. Italia 6201

Montevideo - Uruguay

E-mail: revistainia@inia.org.uy

Internet: <http://www.inia.uy>

Revista trimestral.

Revista N° 81 / Junio 2025

3 INIA EN ACCIÓN: presencia territorial y visión a largo plazo

INIA POR DENTRO

- 4 • El impacto de INIA en los últimos 20 años fue el eje de un estudio realizado por externos y financiado por el BID que arrojó datos relevantes

- 7 • Plan Estratégico Institucional 2026-2030

- 8 • 60 Años de la Estación Experimental INIA Las Brujas

PRODUCCIÓN ANIMAL

- 13 • Catálogo de prácticas para promover las transiciones agroecológicas en sistemas ganaderos

- 18 • Determinación de emisiones de metano con unidades greenfeed en novillos pastoreando campo natural y sorgo forrajero en verano

- 22 • Enfermedades transmitidas por vectores de importancia productiva

AGROALIMENTOS

- 25 • Compuestos bioactivos en carne vacuna cruda y cocida sometida a dos períodos de maduración

SUSTENTABILIDAD

- 29 • Experimento de Largo Plazo de Campo Natural en la Unidad Experimental Glencoe - INIA Tacuarembó

- 35 • Zonas de amortiguación

- 39 • Riego en Uruguay

CULTIVOS

- 44 • Colzas TT

- 48 • ¿Estamos inoculando bien?

SOCIO-ECONOMÍA

- 53 • Oportunidades y perspectivas de la soja no-GM en Uruguay

INFORME ESPECIAL

- 58 • Biotecnología vegetal en INIA

HORTIFRUTICULTURA

- 79 • Guayabo del país

- 84 • Mandarinas sin semillas

- 89 • Control de *Diaphorina citri*

- 94 • Papas INIA

PRODUCCIÓN FAMILIAR

- 100 • Profundizando los vínculos entre la producción familiar e INIA

- 104 • Aportes desde la investigación al desarrollo de sistemas ganaderos familiares sostenibles

FORESTAL

- 112 • Forestación en establecimientos ganaderos

- 116 • Nuevas funcionalidades en el módulo de trozado de los sistemas de apoyo a la gestión forestal de INIA

ACTIVIDADES

- 122 • Jornada de puertas abiertas en INIA Tacuarembó

- 123 • Actividades de INIA La Estanzuela

- 125 • XXI Taller de Evaluación de Zafra de Arroz

- 126 • Jornada técnica: sensoramiento remoto para la gestión sostenible del agro



INIA EN ACCIÓN: presencia territorial y visión a largo plazo

Nos encontramos en un momento clave de negociaciones presupuestales para el próximo período. Desde el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), asumimos la responsabilidad de elaborar una propuesta institucional sólida, con prioridades claras, fundamentación técnica y rigor económico, que permita posicionar al instituto como un actor estratégico, comprometido con los grandes desafíos del país. Una propuesta que pueda ser comunicada con claridad, rigor y creatividad a la ciudadanía y a quienes toman decisiones.

INIA ha tenido un rol activo en la articulación institucional. Participamos en las convocatorias del ministro Alfredo Fratti a la institucionalidad agropecuaria, así como en las instancias del programa Uruguay Innova, coordinado por Bruno Gili, orientadas a definir un rumbo compartido entre los actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Asimismo, fortalecimos nuestra presencia en los medios de comunicación y en redes sociales, posicionando el trabajo del INIA en la agenda pública.

Hemos iniciado también el proceso de construcción del nuevo Plan Estratégico Institucional 2030, con una visión renovada y orientada a fortalecer nuestras capacidades. En ese marco, promovimos llamados abiertos para integrar nuevas direcciones —como la de Capital Humano— y avanzamos en la selección de directores para los sistemas de ganadería, forestal y lechería.

Todos los actores con los que hemos interactuado coinciden en valorar el papel central que juega INIA dentro del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación del país, así como su rol dinamizador del sector productivo y su aporte, basado en evidencia científica, a las políticas públicas.

Nuestro norte es claro: INIA debe contribuir a una producción sostenible de alimentos saludables y biomasa, basada en conocimiento original y soluciones tecnológicas pertinentes. Esto implica tanto la generación de desarrollos propios como la adaptación inteligente de innovaciones globales a nuestras realidades, promoviendo articulaciones virtuosas entre el sector público, el sector privado y los organismos de CTI en todo el país.

En esta visión, nuestras estaciones y unidades deben convertirse en verdaderos polos de investigación, desarrollo e innovación, capaces de atraer talentos y actores —nacionales e internacionales— que impulsen nuevas dinámicas de generación de valor, empleo de calidad y competitividad territorial.

Para ello, es clave que el proceso del nuevo Plan Estratégico Institucional (PEI) defina con precisión las prioridades del período. Esto requiere un enfoque participativo, con aportes de los sectores productivos, del ámbito académico, de las políticas públicas y de la sociedad civil, guiados por el asesoramiento de los Comités Asesores Regionales (CAR) y el respaldo de la Junta Directiva.

Han pasado casi tres meses desde que asumimos esta responsabilidad al frente del Instituto Nacional



de Investigación Agropecuaria, y lo hemos hecho con intensidad, compromiso y un fuerte sentido de propósito. Junto a Carolina Viñoles hemos recorrido todas las estaciones experimentales y unidades del país, conociendo de primera mano el valioso trabajo que se realiza en el territorio. También participamos activamente en eventos clave donde INIA tuvo una destacada presencia: la presentación del estudio de evaluación de impacto institucional, el inicio de la cosecha de arroz, Expoactiva, Rural de Melilla y el comienzo de la zafra de cítricos.

En el plano internacional, realizamos una visita oficial a China y participamos en espacios estratégicos como FORAGRO y la reunión del directorio de FONTAGRO, ambos en Costa Rica. A nivel nacional, mantuvimos reuniones con las directivas de las gremiales que integran la Junta Directiva de INIA, con quienes intercambiamos perspectivas sobre los desafíos del período. También recibimos a las directivas de FEFUINIA y APUINIA, y sostuvimos encuentros con autoridades del IRTA y de EMBRAPA, así como con delegaciones diplomáticas y representantes institucionales de Alemania, Chile, China y Estados Unidos, entre otros.

Finalmente, queremos agradecer profundamente a todas y todos quienes dedican lo mejor de sí cada día para construir un INIA a la altura de los desafíos del presente y del futuro. Un instituto que inspire orgullo, que recupere la mística de ser parte de un proyecto con propósito: contribuir, desde la ciencia, a una producción sustentable de alimentos y biomasa, a la salud humana, animal y ambiental, y al desarrollo de una economía que genere riqueza, empleo y bienestar, para un país y un mundo mejor.

*Ing. Agr. PhD Miguel Sierra Pereiro
Presidente Junta Directiva de INIA*

EL IMPACTO DE INIA EN LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS FUE EL EJE DE UN ESTUDIO REALIZADO POR EXTERNOS Y FINANCIADO POR EL BID QUE ARROJÓ DATOS RELEVANTES

Lic. María José García

Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología



Foto: INIA

Luiz Ros (representante de BID en Uruguay), Matías Carámbula (subsecretario de Ganadería, Agricultura y Pesca) y Alejandro Henry (integrante de la Junta Directiva de INIA).

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) organizaron un evento para presentar ante autoridades, referentes del agro y socios estratégicos los resultados del estudio “Evaluación de impacto de la investigación del INIA (Uruguay)”, realizado por consultores externos independientes y financiado por el BID.

La apertura estuvo a cargo del ministro y el subsecretario de Ganadería, Agricultura y Pesca, Alfredo Fratti y Matías Carámbula, respectivamente; el representante de BID en Uruguay, Luiz Ros, y el integrante de la Junta Directiva de INIA, Alejandro Henry.

“Me parece muy relevante este estudio. Creo que tenemos que reivindicar la inversión en investigación

e innovación en el agro y espero que este estudio nos arroje luz para saber qué áreas hay que seguir potenciando para mejorar el sector”, destacó Fratti, quien envió un mensaje de manera virtual para acompañar la apertura del evento. Carámbula, en tanto, agregó que “es una buena señal de INIA para evaluar el trabajo hecho hasta ahora y en base a los resultados pensar hacia adelante”.

Por su parte, Ros se refirió a la importancia de la investigación y el desarrollo en la productividad del sector agropecuario y el país. En ese sentido, destacó el rol de INIA, enfatizando que “tiene capacidades científicas consolidadas, territorialidad anclada y la particularidad de fusionar el sector público con el privado”.



José María Gil, director del Creda de la Universidad Politécnica de Cataluña y líder del estudio.

Por su parte, Henry se refirió al compromiso histórico de los productores, que en los últimos años “han invertido 300 millones de dólares en ciencia y tecnología”. “Este estudio es esencial para rever cómo estamos trabajando y cómo debemos pararnos hacia el futuro. El impacto de las tecnologías INIA para los diferentes rubros agropecuarios permite hoy alcanzar índices productivos que eran impensados hace 36 años. No caben dudas de que es un dinamizador de las cadenas productivas, interviniendo más allá de las competencias definidas en su ley de creación”, resaltó.

La presentación de los resultados del estudio estuvo a cargo de Paolo De Salvo, especialista senior en Desarrollo Rural del BID, y de José María Gil, director del Centro de Investigación en Economía y Desarrollo Agroalimentario (Creda) de la Universidad Politécnica de Cataluña.

De Salvo presentó al equipo consultor que realizó el estudio, el cual fue liderado por José María Gil y Bouali Guesmi, del Creda. Junto a ellos trabajaron Federico García Suárez, Mercedes Motta, Camilo Álvarez y Norberto Rodríguez, de la Universidad de la República; Rodrigo Costas, Clara Calero-Medina y Jonathan Dudek, de la Universidad de Leiden (Países Bajos), y los consultores externos Juan Cabas Monje (Universidad de Bio-Bio, Chile) y Daniel Lema (INTA Argentina).

“Muchas veces los estudios de impacto generan resistencia en las instituciones públicas y me gusta remarcar que esto surgió como una iniciativa de INIA, que se animaron a que externos vinieran de afuera a hacer esta evaluación”, señaló.

Entre los resultados más destacados que presentó José María Gil, señaló que el análisis de costo-beneficio del estudio muestra que la tasa interna de retorno modificada de la inversión en I+D+i del INIA varía entre el 18% y el 25% anual. Este resultado es comparable con el de institutos de relevancia internacional, como el Instituto Nacional de Investigación sobre Agricultura,

El análisis de costo-beneficio del estudio muestra que la tasa interna de retorno modificada de la inversión en I+D+i del INIA varía entre el 18 % y el 25 % anual. Este resultado es comparable con el de institutos de relevancia internacional.

Alimentación y Medio Ambiente de Francia; el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Cataluña, y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile. “Esto confirma que el financiamiento en investigación agropecuaria es altamente rentable y contribuye a la competitividad del sector agropecuario”, apuntó.

También se mencionó que INIA tiene un papel central en la generación de conocimiento en Uruguay. “Contribuye con el 8 % de la producción científica nacional y el 35 % en ciencias agrícolas. Además, el 92 % de sus publicaciones son en colaboración y el 73 % incluyen socios internacionales”, dijo Gil.

Otro resultado relevante del estudio fue que, en términos de influencia en políticas públicas, el 13 % de las publicaciones de INIA han sido citadas en documentos gubernamentales y de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.

“El impacto de INIA en Uruguay es amplio y significativo, con efectos positivos en la productividad,



Paolo De Salvo (especialista senior en Desarrollo Rural del BID).



Foto: INIA

Bruno Gili (asesor de Presidencia en Ciencia y Tecnología), Rodrigo Arim (director de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto) y Verónica Durán (directora de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria del MGAP).

la ecoeficiencia, la rentabilidad económica y la generación de conocimiento. Como oportunidades, detectamos mejorar la visibilidad internacional de sus investigaciones, ampliar la vinculación entre ciencia y políticas públicas, y reforzar la presencia en medios de comunicación”, concluyó Gil.

El evento continuó con un panel integrado por Verónica Durán, directora de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; Bruno Gili, asesor de Presidencia en Ciencia y Tecnología, y Rodrigo Arim, director de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, quienes intercambiaron ideas de desarrollo de políticas públicas y estrategia país en innovación y ciencia.

Durán se refirió a la cultura de la evaluación de las políticas públicas en Uruguay. Valoró la iniciativa de INIA de realizar un estudio de esta índole. “Es importante para rendir cuentas a la ciudadanía y mejorar la eficiencia del gasto público”, dijo. Consultada por el INIA del futuro, visualizó mayor articulación. “Eso no depende solo de INIA, sino de un ecosistema de innovación mayor que le permita amplificar el impacto productivo de la ciencia que realiza”, señaló.

Bruno Gili, en tanto, valoró los resultados presentados, ya que “sirven como línea de base para el sistema de ciencia, tecnología e innovación que estamos desarrollando”. Además, reconoció que el ecosistema en Uruguay deberá “coordinar mejor la transferencia, mejorar la escala de los productos y los servicios hacia el mundo y hacer más hincapié en la digitalización y en el eje ambiental, que son temas claves para los próximos años. En este último punto sabemos que INIA tiene un buen camino trazado”.

Por su parte, Rodrigo Arim señaló que “monitorear la evolución y el impacto de las políticas a lo largo de tiempo genera una línea de base y nos muestra que la inversión es rentable socialmente. También nos brinda alertas sobre posibles situaciones futuras y nos permite

repensar políticas públicas considerando la nueva realidad”.

En ese sentido, reconoció que “la innovación y la incorporación del conocimiento en la producción es fundamental para mejorar la productividad” y que para ello “hay que generar plataformas donde se encuentren la innovación con el sector productivo”.

Finalmente, tomó la palabra el presidente de INIA, Miguel Sierra, quien agradeció el esfuerzo interinstitucional y técnico para poder llevar adelante esta evaluación. “Para INIA es fundamental generar productos y conocimiento que generen impacto. Este estudio nos sirve para rendir cuentas del impacto de la inversión que hace la sociedad al instituto y como aprendizaje sobre los casos de impacto más virtuosos que tuvimos y los que debemos mejorar”.

En ese sentido, recalcó la importancia de que la ciencia esté orientada a la resolución de problemas concretos de todos los productores. “Debemos colaborar con todos los actores, de pequeño, mediano y gran tamaño, porque los problemas son sistémicos, y los actores tienen distintos roles, algunos mueven las divisas, otros contribuyen con alimentos para la sociedad e INIA debe trabajar con todos”.

Sierra aseguró que INIA debe ser un catalizador del sistema de tecnología e innovación y debe ser un puente con actores nacionales e internacionales. “En investigación agropecuaria INIA está en los primeros niveles en América Latina y el modelo es virtuoso y fue construido por consenso político. Es patrimonio del país”, resaltó.

Finalmente, aseguró que los resultados del estudio servirán de insumo para el Plan Estratégico Institucional. “Queremos un instituto con la mayor calidad científica y con cercanía al sector, la sociedad y el territorio”, concluyó.



Foto: INIA

Miguel Sierra (presidente de INIA).

PLAN ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL 2026-2030

INIA está trabajando en la elaboración de su nuevo Plan Estratégico Institucional (PEI) 2026-2030. Durante mayo y junio se realizaron seis talleres internos con participación de técnicos de los diversos sistemas productivos: Ganadero extensivo, Agrícola-Ganadero, Arroz-Ganadería, Lechero, Forestal y Vegetal Intensivo.

Fue la primera etapa de consulta que seguirá enriqueciéndose con talleres en los que participarán actores externos: gremiales, representantes de distintos ministerios, productores, técnicos, especialistas del sector y la institucionalidad del sistema de ciencia, tecnología e innovación.

Con este abordaje el instituto busca construir de forma participativa la Agenda Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Agropecuaria.



Fotos: INIA



Taller interno del Sistema Arroz-Ganadería (arriba), del Sistema Ganadero Extensivo (centro) y del Sistema Agrícola-Ganadero (abajo).

NUEVO DIRECTOR DEL SISTEMA ARROZ-GANADERÍA

Ing. Agr. PhD Jesús Castillo
Director del Sistema Arroz-Ganadería

Jesús ingresó a INIA como investigador en el año 2011, luego de desempeñarse como asesor técnico privado. Desde febrero de 2025 dirige el sistema Arroz-Ganadería, continuando con la generación de conocimiento aplicado, tanto en el marco de proyectos institucionales como en asociación con empresas privadas. Parte de esta investigación se ha desarrollado directamente en campos de productores, también en estrecha colaboración con la industria.

Su trabajo se ha centrado en el manejo del cultivo de arroz, con énfasis en el manejo de nutrientes en sistemas arroceros-ganaderos. El desarrollo de herramientas para el manejo objetivo, con impacto en la mejora de la eficiencia productiva y ambiental en dichos sistemas ha sido su línea de trabajo base.



FORMACIÓN ACADÉMICA

- Ing. Agr. (Agrícola ganadero); Facultad de Agronomía, Udelar (2005).
- Magíster en Ciencias Agrarias (Ciencias del suelo); Facultad de Agronomía, Udelar (2018).

- PhD in Environment & Agrifood; Cranfield University-UK (2023).

EXPERIENCIA PROFESIONAL PREVIA

- Investigador del Programa Nacional de Arroz de INIA (2011-2023).
- Desarrollo de productos para empresas de la industria agroquímica (2008-2011).
- Asesor de empresas arroceras/agrícolas-ganaderas (2005-2011).

60 AÑOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL INIA LAS BRUJAS, UN FESTEJO QUE REMEMORA EL SUEÑO QUE SIGNIFICÓ FUNDAR UNA ESTACIÓN EXPERIMENTAL HORTIFRUTIVITÍCOLA

Ing. Agr. Ernesto Babuglia¹
Ing. Agr. Mag. Alejandro Pizzolon²

¹Ing. Agrónomo, asesor privado
²Ing. Agrónomo, director regional de INIA Las Brujas



En este artículo se presenta una reseña del proceso de creación de la estación experimental, conjunción de una visión institucional, sumado al compromiso y liderazgo de referentes en la materia. Asimismo, se confirma como un espacio de ciencia y tecnología aplicada a los sistemas de producción y cercanía con el sector.

Toda creación importante tiene su explicación en el entorno y circunstancias de la época, liderazgos y nuevas demandas que aportan a generar nuevas ideas. Analizando estos aspectos, en el presente artículo pretendemos contestar la pregunta: ¿Cómo surgió la idea de concebir una estación experimental, la que hoy es Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate - INIA Las Brujas?

En esta búsqueda, es pertinente analizar esta historia en dos planos, que coincidieron y permitieron su realización. Uno más institucional y otro de personas líderes y emprendedoras. A fines de los años 50 y principios de los 60, ocurrieron en nuestro país

cambios en varios niveles. El “agotamiento” del modelo económico de “sustitución de importaciones” llevó a un estancamiento de la economía que provocó cambios políticos, económicos y sociales. Una de las respuestas más trascendentes del gobierno de la época fue la creación de la Comisión de Inversiones y Desarrollo Económico (CIDE) en 1960. Estaba compuesta por un consejo con delegados de varios organismos públicos y la Secretaría Técnica la ocupó el entonces joven economista Enrique V. Iglesias. En 1964 la CIDE fue encargada por el Poder Ejecutivo de elaborar un plan de desarrollo económico y social. Este plan luego se conocería como el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (1965-1974).



Vista aérea de primeros edificios de INIA Las Brujas. Década del '60.

Las consecuencias generadas a partir de la influencia de la CIDE fueron múltiples, claramente provocó nuevas ideas en la mayoría de los políticos y economistas. Uno de los principales impulsores y ejecutores de las nuevas ideas, fue el entonces ministro de Ganadería y Agricultura, Wilson Ferreira Aldunate, quien implementó cambios en el ministerio que repercutieron en todo el ámbito de la producción, la organización técnica administrativa y la investigación agrícola.

Como refieren los documentos de la época, el país necesitaba hacer crecer su economía y el agro era el principal motor para ello. El centro del debate era qué medidas adoptar para reiniciar un proceso de crecimiento sostenido en el sector agrícola, al tiempo que existía consenso técnico en que el aumento de la productividad en el agro requería la introducción de nuevas tecnologías productivas.

Como resultado, en la ley del presupuesto de diciembre de 1964 se plasman reformas en las estructuras agropecuarias. Wilson Ferreira Aldunate realizó una radical reestructura organizativa del Ministerio, creando la Oficina de Programación y Políticas Agropecuarias (OPYPA), la Dirección Forestal y la Dirección de Suelos. En materia de investigación, creó el Centro de Investigación en Fruticultura, Horticultura y Vitivinicultura (CIFHV, actual INIA Las Brujas), promovió el fortalecimiento de La Estanzuela y otras estaciones experimentales, así como el centro de investigaciones veterinarias Miguel Rubino. Realizó un convenio de cooperación técnica entre el Ministerio de Agricultura y la Facultad de Agronomía para la realización de un programa de estudio y relevamiento de suelos (PELS), con la cooperación técnica de la Universidad de Iowa, entre otras varias medidas.

Por todo esto, es pertinente el reconocimiento al aporte de la CIDE también en la creación de la estación experimental. Sin su aporte, no habríamos festejado los 60 años del CIFHV, hoy "Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate - INIA Las Brujas", a lo que deben sumarse otros tantos logros que fueron la base de una nueva época para el desarrollo agropecuario.

Además de los temas institucionales y las decisiones políticas imprescindibles, procesos importantes como la creación de centros experimentales requieren también de los aportes de las personas y los liderazgos que llevan a concretar las cosas.

En el caso de la Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate, concretar su creación fue producto del sueño del Ing. Agr. Washington Babuglia (padre del co-autor del artículo), cuya historia comenzó en el departamento de Colonia, donde nació. Washington Babuglia perdió a su padre en un duelo de la época por causas políticas, pero tuvo la suerte de pertenecer a una familia numerosa con muchos tíos, que eran agricultores y lo llevaron a conocer por aquellos años La Estanzuela, en donde el principal investigador era Alberto Böerger y estaba teniendo logros importantes de productividad en trigo. Ahí descubrió su vocación y comenzó a gestar su sueño por la agricultura y la investigación en rubros granjeros.

Más tarde, ya agrónomo, tuvo la oportunidad de trabajar en la Facultad de Agronomía y en la vieja Dirección de Agronomía, donde comenzó a tener contacto con los productores granjeros y conocer sus necesidades de nuevos conocimientos técnicos. En oportunidad de un viaje a una estación de INTA junto con Albérico Passadore (con el que compartían la misma curiosidad por nuevas tecnologías, y que como político, también lo apoyó a gestar el sueño) comprendieron que era necesario concretar la creación de un centro de investigación para fruticultura, horticultura y viticultura. Fue en esos tiempos que conoció a Wilson Ferrerira Aldunate, quien luego de presentarle la idea, lo animó y apoyó a cumplir su sueño, ya que coincidía con la necesidad de incentivar la investigación para fomentar el crecimiento económico de la granja.

Ernesto Babuglia fue testigo de esa etapa, imborrable para la historia científica y tecnología del país. Su padre y Wilson Ferrerira Aldunate por hechos quizás fortuitos, unieron sus pasiones para crear esta estación experimental. "En aquel entonces yo tenía diez años, pero vi lo que acontecía, mirando las fotografías parecen cobrar vida junto con mis recuerdos. Yo vi las máquinas trazando los primeros caminos, vi cómo los diferentes ministerios colaboraron para construir aquel primer galpón, conocí a todos los primeros técnicos que comenzaron a trabajar en los diferentes campos de investigación, como fue en fruticultura Rodolfo Tálice, y

Desde fines de la década del '50 se comenzó a gestar un proceso de innovación institucional, asociado a una visión estratégica sobre la forma de impulsar el desarrollo tecnológico agropecuario.



Acceso principal a la Estación Experimental INIA Las Brujas. Década del '90.

muchos otros excelentes técnicos que hoy quedan en mi memoria. Recuerdo los primeros ensayos en poda, entre ellos las experiencias con las primeras espalderas en manzanos y perales, que hoy quedan todavía como recuerdo de aquellos años, como monumentos de recuerdo a las tecnologías en conducción y poda que ya se comenzaban a realizar en los años 60".

El Ing. Agr. Rodolfo Tálice fue otro de los grandes impulsores del proyecto que también trabajó para seleccionar el predio donde se instaló la estación. Dado que no había un presupuesto asignado para compra de la tierra, luego de buscar opciones de campos de propiedad del Estado, identificaron uno perteneciente al Consejo del Niño que era manejado por monjas en la zona del El Colorado, con una extensión de 15 ha. Ese predio estaba completamente sucio de todo tipo de malezas y arbustos (chircas, espinillos), lo que requirió un importante trabajo de limpieza y sistematización, para lo cual además de los funcionarios se recibió apoyo del ejército con maquinaria de importantes dimensiones. El Ing. Agr. César Maeso fue otro de los pioneros en aquellos años, pero en este caso, especializado en rubros hortícolas, comenzando con los primeros ensayos de papas en el predio.

Los vecinos de enfrente, el matrimonio de Hugo Fernández y Adriana Sbarbaro en 1964 decidieron también instalarse en la zona y fueron partícipes de los inicios de la estación. Tenían amistad con el Ing. Agr. Tálice y cuando le consultaron les recomendó comprar el predio donde actualmente siguen viviendo. Dado que en la estación no había ninguna construcción ni fuente de agua, ellos fueron quienes ayudaron guardando herramientas y proporcionando agua para el consumo. En 1966 ya se hicieron las primeras plantaciones de frutales, con nuevas variedades y sistemas de conducción, por lo cual en pocos años comenzó a ser centro de referencia en los rubros granjeros.

Dos de los hitos más importantes en el tiempo fueron en 1971 cuando el Ministerio decidió crear una red con todas las estaciones experimentales del CIAAB y en 1989 con la creación de INIA, pasó a formar parte del nuevo instituto de investigación. La historia más

Dos de los hitos más importantes fueron en 1971 la creación de una red con todas las estaciones experimentales del CIAAB y en 1989 la creación de INIA, momento en que la estación pasó a formar parte del nuevo instituto de investigación.

reciente es más conocida, involucrando numerosos funcionarios que pusieron su pasión en todos sus trabajos, importantes apoyos financieros y técnicos de PIATA-USAID; JICA, BID, y con directores regionales continuadores de la obra de Babuglia: Mario Tavella, Juan Curotto, Joaquin Carbonell, César Maeso, José Villamil, Saturnino Núñez, Armando Rabufetti, Aelita Moreira, Nora Altier y Santiago Cayota, quienes lideraron la consolidación de la estación experimental. En este artículo hemos puesto foco en las primeras etapas, menos documentadas de la creación de la estación. Pero a partir de este análisis, queremos finalizar realizando una reflexión.

Si bien estos rubros como la fruticultura, horticultura y viticultura viven un presente complicado con problemas estructurales, cierta vulnerabilidad y con muy baja inserción internacional, en un marco de debate de "cómo hacemos para crecer", creemos que estas producciones siguen presentes y requieren apoyos que pueden ser muy eficientes y con retornos para el país. A lo ya conocido que representan en el entretejido social y económico, se suma su aporte a la seguridad alimentaria y a los recursos naturales que dispone el país, estas producciones podrían aportar muchos más empleos de calidad, más producción, más exportación y menos pobreza. El camino nos fue marcado por quienes crearon este centro, su entusiasmo, pasión, mirada de innovación sumado a una visión estratégica como la que la CIDE generó en los 60, podría permitir una nueva era de crecimiento y aporte del sector al país, en las tres dimensiones del desarrollo.



Ing. Agr. Washington Babuglia (izquierda de la foto).

FESTEJO Y RECONOCIMIENTO A EX DIRECTORES DE INIA LAS BRUJAS

Lic. Mónica Trujillo

Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología

Con la inauguración de un parque temático que rinde homenaje a los 12 ex directores regionales que ha tenido la Estación Experimental “Wilson Ferreira Aldunate” en el período 1964 – 2022 y el descubrimiento de un cartel alusivo, INIA Las Brujas festejó su 60° aniversario.

La actividad tuvo un carácter íntimo, de camaradería y reencuentro, donde además de honrar la memoria y logros de quienes han formado parte de la historia de la institución, también se reafirmó el compromiso con la ciencia, la innovación y la producción sostenible de alimentos saludables; mirando al futuro con una visión renovada.

El 27 de marzo tuvo lugar el festejo de los 60 años de INIA Las Brujas, con una actividad que reunió a actuales y ex colaboradores de la Estación Experimental, a amigos y colegas, así como a autoridades de gobierno, representantes de organizaciones de productores y de la academia.

El festejo hizo foco en el reconocimiento a los primeros directores que tuvo la regional: Washington Babuglia, Mario Tavella, Juan Curotto, Joaquín Carbonell, César Maeso, José Villamil, Carlos Paolino, Saturnino Núñez (i), Armando Rabuffetti, Aelita Moreira, Nora Altier (i) y Santiago Cayota. En

este marco se descubrió un cartel que permanecerá como testimonio de su legado y se procedió a la inauguración del “parque de los directores regionales”; un espacio con una destacada presencia de flora y frutales nativos (arazá, guayabo, guabiyú y pitanga) como característica que distingue a la regional en temas de investigación. En su diseño se puso especial cuidado en aspectos vinculados a la sostenibilidad ambiental y cuidado del ambiente.

Complementando el diseño paisajístico, los directores de INIA La Estanzuela, Rodrigo Zarza; INIA Salto Grande, Mariana Espino, INIA Tacuarembó, Juan Pedro Posse e INIA Treinta y Tres, Walter Ayala, y el director nacional Gerardo Marchisini, obsequiaron una escultura que hace referencia a Las Brujas en el contexto mundial.

TRANSVERSALIDAD E INTERDISCIPLINARIEDAD DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel de discursos, el actual director regional Alejandro Pizzolon hizo un racconto de la historia de la regional y destacó que, en las últimas décadas, INIA Las Brujas ha ampliado “notablemente las áreas de acción a lo

Durante la conmemoración se reafirmó el compromiso por la ciencia, la innovación y la producción sostenible de alimentos saludables.



De izquierda a derecha: Ing. Agr. Alejandro Pizzolon, Ing. Agr. Nora Altier, Ing. Agr. Aelita Moreira, Ing. Agr. Santiago Cayota, Ing. Agr. José Villamil, Ing. Agr. Carlos Paolino, Ing. Agr. Saturnino Núñez, Ing. Agr. Diego Maeso.



De izquierda a derecha: Ing. Agr. Rodrigo Zarza, Ing. Agr. Alejandro Pizzolon, Ing. Agr. Walter Ayala, Ing. Agr. Mariana Espino, Lic. Biol. Gerardo Marchesini.

que es tradicional y nos caracterizaba” cubriendo otras áreas como el mejoramiento genético animal y biotecnología vegetal, agroalimentos, laboratorios de suelos, bionsumos, producción familiar o los Sistemas de Información y Transformación Digital, entre otros. A ello se añade la participación en espacios de coordinación como la REAF, Plan Nacional de Agroecología, Consejo Agropecuario Departamental, SNIDER y Mesas de Desarrollo.

Pizzolon también destacó el trabajo y coordinación de los técnicos con profesionales de la Udelar e integrantes de la institucionalidad agropecuaria y recordó que “claramente nuestro rol de INIA es generar herramientas tecnológicas, aportar más valor a los productos, pero para que esto tenga impacto necesitamos socios estratégicos. A ellos lo que les digo es que nuestra mano siempre va a estar tendida a la hora de diseñar, planificar, ejecutar y coordinar proyectos que sean de mutuo interés y que tengan potencial impacto en la región y en el país”.

El director nacional de INIA, Gerardo Marchesini, puso énfasis en la cultura de la innovación que necesita de conocimiento para funcionar. “Desde INIA estamos comprometidos a seguir innovando, a tomar los riesgos que los agricultores no pueden tomar haciendo ciencia de calidad y transfiriéndola al sector productivo”, instó a seguir “juntos en este camino produciendo agroalimentos de calidad, competitivos y sustentables”. La vicepresidenta de INIA, Carolina Vignoles recordó su vínculo con Las Brujas.

A continuación, procedió a leer una misiva enviada por el presidente de INIA, Miguel Sierra, quien se encontraba de viaje. Sierra en su carta destacó que “Las Brujas tienen su foco de actuación en algo tan fundamental como la seguridad alimentaria de la población, contribuyendo mediante sus investigaciones y tecnologías a una producción de alimentos más sostenibles y saludables”.

Al cierre de la oratoria, el ministro (i) de Ganadería, Agricultura y Pesca Matías Carámbula agradeció, en primer lugar, al funcionariado por la labor que realizan. Luego destacó el compromiso del Gobierno con la ciencia y la tecnología, la innovación y la creación de conocimiento. Destacó la transversalidad e interdisciplinariedad de la investigación en INIA Las Brujas, enfatizando algunos ejes que para el ministerio son claves, como la producción familiar, el ambiente, el suelo, el agua y la comunicación y transferencia.

En resumen, y como característica de esta regional, Carámbula mencionó tres pilares centrales para garantizar y promover la soberanía de un país: la soberanía alimentaria; el vínculo con los productores y la creación de ciencia y tecnología aplicada a los sistemas de producción y a las necesidades de producción del país.

Acceda a la galería de fotos de la actividad

Acceda **AQUÍ**





CATÁLOGO DE PRÁCTICAS PARA PROMOVER LAS TRANSICIONES AGROECOLÓGICAS EN SISTEMAS GANADEROS: un esfuerzo interinstitucional

¹Fiorella Cazzuli, ²Santiago Acosta, ²Maira Soares de Lima, ³Daniela Schossler, ¹Gabriel Ciappesoni, ¹Oscar Blumetto, ⁴Patricia Artia, ^{4,5}Diego Cáceres, ⁶Emilio Duarte, ⁶Carlos Molina, ⁵Mercedes Silva, ¹Verónica Ciganda, ¹Juan Clariget, ¹Alejandro La Manna, ¹Thais Devincenzi, ¹Andrea Ruggia, ⁷Pablo Soca, ⁸José Ignacio Aguerre, ⁸Ignacio Abella, ⁸Sergio Fierro, ¹Andrés Quincke, ⁶Esteban Carriquiry, ⁴Eduardo Blasina, ¹Georgina García-Inza, ¹Fabio Montossi, ⁶Nicolás Scarpitta, ⁷Lucía Salvo, ⁷Fabiana Pezzani, ¹Andrés Beretta, ²Cecilia Penengo, ²Ana Laura Mello, ¹José Paruelo

¹INIA, ²MA, ³FUCREA, ⁴MGAP, ⁵MGCN (Mesa de ganadería sobre Campo Natural)

⁶IPA (Instituto Plan Agropecuario), ⁷Fagro/Udelar, ⁸SUL

A través de un esfuerzo interinstitucional que apuntó a asegurar la inclusión de las principales prácticas que promuevan transiciones agroecológicas en sistemas ganaderos, se presenta aquí el resumen de un catálogo ampliado que será publicado en breve. Si bien es un proceso que deberá continuarse, he aquí un primer paso en este camino, para beneficio del sector productivo y de la sociedad en su conjunto.

INTRODUCCIÓN

En el marco del servicio de consultoría de INIA para el Proyecto “Sistemas Agroecológicos y Resilientes en Uruguay” (SARU) –una iniciativa del MGAP/DGDR financiada por el Banco Mundial– se compiló una lista de las prácticas y tecnologías que promueven transiciones agroecológicas, en sistemas ganaderos,

tanto extensivos como intensivos. Este catálogo resulta del trabajo continuado durante más de un año con representantes de las instituciones de investigación y extensión más importantes del país.

Las prácticas fueron divididas en grupos o “familias de prácticas” de manera de poder sistematizar la información. El producto que se presenta no es un catálogo exhaustivo ni definitivo.

Constituye una primera aproximación a la versión de un producto que, por sus características, debe estar en continua evolución y revisión.

PARTICULARIDADES DE LA GANADERÍA

A diferencia de otros rubros en los cuales las transiciones agroecológicas han sido parte de la discusión del modelo productivo –como lo es la hortifruticultura o la lechería– la ganadería, y especialmente la ganadería extensiva, parte de una situación particular. El hecho de que la base nutricional de los sistemas ganaderos uruguayos sea el Campo Natural ha determinado que muchas de las prácticas que se han implementado contribuyan, no solo a mejorar el desempeño productivo, sino también a la preservación de la oferta de servicios ecosistémicos.

Esto lleva a pensar en las transiciones agroecológicas principalmente como una mejora de procesos y prácticas que, en mayor o menor medida, vienen aplicándose en predios ganaderos. Consecuentemente, muchas de las prácticas listadas corresponden a acciones que tienen amplia difusión en el sector productivo, ya sea porque ya son aplicadas o porque, al menos, técnicos y productores tienen conocimiento de ellas. Estas prácticas, bien implementadas, están en condiciones de promover transiciones agroecológicas en los sistemas ganaderos.

FAMILIAS DE PRÁCTICAS

Como se mencionó antes, las prácticas se organizaron en grupos o “familias” según el objetivo principal buscado o el aspecto en el que hacen foco. Algunas de las prácticas corresponderían a más de una familia, pero se presentan en aquella en la que es más representativa. Si bien se trata de prácticas de corte principalmente agronómico, se incluyen también prácticas no-agronómicas o “de gestión”, dado su potencial para promover a las demás.

- **Mejora de la eficiencia:** incluye prácticas que mejoran la relación entre lo producido (carne, lana, etc.) y los factores de producción, recursos o insumos.

- **Conservación o mejora en la biodiversidad:** acciones que promueven la conservación del Campo Natural, el bosque nativo, la microbiota del suelo, etc.

- **Bienestar animal:** toda aquella práctica que promueva minimizar el sufrimiento innecesario en animales de producción.

- **Promoción del reciclaje de nutrientes y control de la contaminación:** prácticas que promueven la reutilización y mejora en la eficiencia en el uso de nutrientes y que minimizan su llegada a ambientes en donde se generan procesos de contaminación puntual (cursos de agua, napas subterráneas, etc.).

- **Aumento de la persistencia en las bases forrajeras implantadas:** incluye prácticas tendientes a que las pasturas tengan una vida útil mayor y más productiva minimizando así las intervenciones mecánicas o químicas.

- **Mejoras en la unidad de toma de decisiones:** apuntando a una mejor organización del trabajo familiar y de la empresa, se incluyen prácticas de gestión y organización para mejorar el bienestar de las y los tomadores de decisión y sus familias.

Se presenta a continuación el listado de las prácticas que, por razones de espacio, serán solamente mencionadas aquí. Una versión extendida de ellas se presenta en el Boletín de Divulgación N° 126 (en etapa de impresión).

FAMILIA DE PRÁCTICAS RELACIONADAS A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA

Esta familia de prácticas se centra en todo lo que, en general, se conoce como “producir bien”: ajustar la oferta de forraje y nutrientes a la demanda animal, controlar presencia de malezas, utilizar la genética adecuada a cada ambiente, manejo diferencial de ambientes, gestionar riesgos climáticos, etc. Muchas de estas prácticas son muy conocidas por los productores, si bien su adopción no está tan generalizada en todos los casos.

- Ajuste de carga
- Ajuste relación lanar/vacuno
- Manejo y sistematización del pastoreo
- Diferimiento estratégico del forraje
- Manejo por ambientes
- Infraestructura: sombra, agua, instalaciones
- “Mejoramientos” de Campo Natural
- Manejo inteligente de las herramientas de control mecánico
- Manejo diferencial de categorías
- Control del amamantamiento y/o mejora de la alimentación del ternero
- Genética animal adaptada al ambiente
- Suplementación estratégica
- Sistema adecuado de monitoreo de eventos climáticos extremos
- Módulos de alta producción forrajera

EFICIENCIA

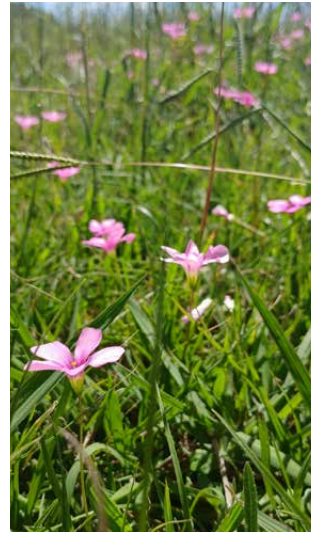
La primera gran práctica agroecológica es ser eficientes en el uso de recursos e insumos.



Destete temporario
en vacunos de carne



Implantación correcta de
verdeos



Campo natural
productivo



Recurso hídrico y
reservorio de fauna

FAMILIA DE PRÁCTICAS RELACIONADAS A LA CONSERVACIÓN O MEJORA DE LA BIODIVERSIDAD

Esta familia incluye prácticas menos difundidas y para las cuales se dispone de menos evidencias científicas locales o que no han sido lo suficientemente evaluadas a nivel predial. El concepto de biodiversidad incluye varios niveles de organización: el pool genético, especies vegetales, animales, microorganismos, comunidades vegetales y paisajes.

- Restauración del Campo Natural
- Manejo diferencial y protección de áreas de alto valor de conservación
- Praderas artificiales multiespecíficas
- Control de especies exóticas invasoras
- Abrigo y sombra con especies nativas locales y/o montes multiespecíficos
- Manejo integrado de malezas, enfermedades y plagas de implantación y mantenimiento de praderas
- Módulos arbustivos
- Protección de fauna
- Manejo de la quema del Campo Natural

CONSERVACIÓN O MEJORA DE LA BIODIVERSIDAD

Promover diversidad genera, entre otras cosas, resiliencia y estabilidad en los sistemas.

FAMILIA DE PRÁCTICAS RELACIONADAS AL BIENESTAR ANIMAL

En este grupo de prácticas, el foco está en maximizar el bienestar de los animales. Con la minimización de su estrés, a la vez se potencia la producción, los resultados económicos y la mejora en la fluidez y facilidad en los trabajos (bienestar humano).

- Alimentación animal adecuada
- Sanidad inteligente
- Termo confort y provisión de agua
- Infraestructura adecuada para alimentación
- Minimización del estrés

BIENESTAR ANIMAL

Tratar bien a los animales conlleva doble beneficio: ético y productivo.



Suplementación estratégica

FAMILIA DE PRÁCTICAS RELACIONADAS AL RECICLAJE DE NUTRIENTES Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

Esta familia de prácticas está relacionada sobre todo a subsistemas ganaderos pastoriles intensivos. Involucra el uso de insumos externos al predio (fertilizantes, inóculos, etc.). También se relaciona con el concepto de circularidad, en el sentido que, lo que es desecho de un subsistema, se considera insumo para otro. En tal sentido, este conjunto de prácticas se relaciona directamente con el aumento de la eficiencia (primera familia de prácticas).

- Manejo de zonas riparias
- Aplicación agronómica de efluentes
- Manejo integrado de nutrientes con criterio de suficiencia
- Fijación biológica de nitrógeno (FBN) eficiente
- Cultivos buffer para captar nutrientes
- Manejo de desechos y residuos

RECICLAJE DE NUTRIENTES Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

Los elementos del sistema están fuertemente interconectados entre sí: aprovechemos esto.



Circularidad de los nutrientes

FAMILIA DE PRÁCTICAS RELACIONADAS CON EL AUMENTO DE LA PERSISTENCIA DE LAS BASES FORRAJERAS

Estas prácticas apuntan a estabilizar el sistema, en este caso, el componente oferta forrajera. Cuanto más duren los recursos forrajeros implantados, menor uso de insumos, aumentando la eficiencia y reduciendo los costos. Además, utilizando estratégicamente las bases forrajeras implantadas, el manejo de todo el resto de la base forrajera del sistema (es decir, del Campo Natural) se torna más eficiente y sustentable.

- Uso de leguminosas en mezclas forrajeras
- Uso de gramíneas nativas o naturalizadas en mezclas forrajeras
- Praderas de larga duración
- Reservas forrajeras
- Intersiembra de praderas

AUMENTO DE LA PERSISTENCIA DE LAS BASES FORRAJERAS

Todo lo que aumente la durabilidad de cualquier inversión (forraje en este caso) disminuye el uso de insumos.



Rodeo de cría eficiente



Cultivo saludable y productivo

FAMILIA DE PRÁCTICAS RELACIONADAS A LA MEJORA DE LA UNIDAD DE TOMA DE DECISIONES

Finalmente, si bien no se trata de prácticas relacionadas con aspectos agronómicos de los sistemas, el equipo de trabajo consideró incluir esta familia de prácticas para resaltar la relevancia de considerar a los tomadores de decisiones de los sistemas. Al tener en cuenta el aspecto humano, se estará impactando en el resto de todas las prácticas presentadas.

- Organización del trabajo
- Planificación empresarial
- Participación en redes, agrupamiento de productores y asistencia técnica
- Capacitación

CONCLUSIONES

El listado de prácticas y tecnologías aquí presentadas busca promover la discusión y la difusión de alternativas que contribuyan a promover transiciones agroecológicas en sistemas ganaderos de base pastoril. Las prácticas fueron presentadas individualmente y

MEJORA DE LA UNIDAD DE TOMA DE DECISIONES

Las habilidades de gestión, organización y planificación son las que permiten o restringen la aplicación del resto de las prácticas.

sin integrar “paquetes” (por ejemplo, silvopastoreo o pastoreo “racional”) ya que la combinación dependerá del diagnóstico y de los aspectos específicos a abordar en cada caso.

Como se señala en la introducción, este listado no pretende ser exhaustivo, sino un disparador de un proceso de revisión crítica y crecimiento de las herramientas disponibles para promover las transiciones agroecológicas en sistemas ganaderos.



Productores asociados y compartiendo conocimiento

Nota: todas las fotos de este artículo fueron tomadas por Fiorella Cazzuli.



Foto: Pablo Rovira

Dispositivo GreenFeed para determinación de emisiones de metano ubicado en la parcela de sorgo forrajero.

DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE METANO CON UNIDADES GREENFEED EN NOVILLOS PASTOREANDO CAMPO NATURAL Y SORGO FORRAJERO EN VERANO

DCV. MSc. PhD. Gonzalo Fernandez Turren¹,
Victoria Araujo², Candela De Los Santos²,
Ing. Agr. PhD. Pablo Rovira¹,
Ing. Agr. PhD. Walter Ayala²

¹Sistema Ganadero Extensivo - INIA

²Estudiante, UTU - Escuela Agraria Melo "Alcides F. Pintos"

³Director Regional INIA Treinta y Tres

Las emisiones de metano provenientes de la ganadería son uno de los principales componentes de las emisiones de gases de efecto invernadero en nuestro país. Estudiar estrategias nutricionales que permitan mejorar la producción animal y mitigar las emisiones de metano es uno de los principales objetivos. En este artículo se presentan los principales resultados obtenidos al evaluar el efecto del pastoreo de sorgo forrajero como estrategia de mitigación de emisiones en sistemas pastoriles.

INTRODUCCIÓN

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producto de la ganadería de carne representan un 15 % de las emisiones a escala global (Gerber *et al.*, 2013). De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de 2019, el sector agropecuario

representa el 73 % de las emisiones brutas totales de Uruguay, pero a la vez es responsable del 100 % de las remociones de GEI del país. En particular, la producción de carne vacuna genera 45,7 % de los GEI por emisiones de metano (CH₄) derivadas de la fermentación entérica y el 20 % de óxido nitroso (N₂O) proveniente de la orina y las heces de los animales.

Las emisiones de metano derivadas de la fermentación entérica están afectadas por la cantidad y calidad de los alimentos ingeridos, así como por características propias del animal (Johnson and Johnson, 1995). Las opciones de mitigación de emisiones de metano incluyen inhibición de la actividad de metanógenas con taninos, defaunación ruminal de protozoarios, redireccionamiento de H_2 para la producción de CH_4 a otras vías con fumarato, nitratos y sulfatos, manipulación de la relación forraje: concentrado y mejora de la performance animal para disminuir la producción de metano por unidad de producto. En Uruguay, los estudios buscan cuantificar su magnitud y la incidencia de diferentes fuentes de alimentación y categoría vacuna, entre otros aspectos. A partir de 2023, se implementaron bajo pastoreo los primeros estudios en la región Este de Uruguay con el objetivo de comparar la intensidad de emisiones de GEI de novillos para carne bajo pastoreo directo de campo natural o sorgo forrajero.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del pastoreo de sorgo forrajero sobre las emisiones de metano absolutas (g/d) y la intensidad de emisión, referida a la cantidad de metano emitida por cada kilogramo de peso ganado en novillos para carne.

El trabajo se realizó en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres - Uruguay (latitud 33° 15' S, longitud 54° 29' O) entre enero y marzo de 2023. 16 novillos de raza carnicera de 1-2 años (293 ± 32 kg PV) fueron asignados (1,33 animales/ha) al azar a dos tratamientos de alimentación: campo natural (CN, n=8); sorgo forrajero (SF, n=8). El periodo experimental fue de 64 días (21 días de acostumbramiento y 43 días

Se evaluó el efecto del pastoreo de sorgo forrajero sobre las emisiones de metano absolutas (g/d) y la intensidad de emisión, referida a la cantidad de metano emitida por cada kilogramo de peso ganado en novillos para carne.

de mediciones). En ambos tratamientos los animales realizaron pastoreo continuo de las pasturas asignadas.

Emisiones de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) con unidades GreenFeed

Las emisiones (CH_4 y CO_2) fueron registradas utilizando el sistema GreenFeed (C-Lock Inc., Rapid City, SD, USA), que midió el flujo directamente durante periodos cortos cuando los animales accedieron voluntariamente a los dispositivos (Hirstov *et al.* 2015). El registro se realizó durante todo el periodo experimental asignando una unidad GreenFeed a cada tratamiento. Los equipos fueron programados para ofrecer 34 g de concentrado (20 % PB, 27 % FDN) cada 30 segundos hasta ocho veces en cada periodo de alimentación y hasta cuatro periodos de alimentación por día, de manera de obtener un patrón de visitas diarias distribuido a lo largo de las 24 horas que permitiera analizar la variación diaria de las emisiones.



Fotos: Pablo Rovira

Figura 1 - Visita de un novillo al equipo durante el experimento y descarga de suplemento.

Cuadro 1 - Disponibilidad inicial (kg MS/ha) y composición química del forraje disponible durante el periodo experimental.

	Campo natural	Sorgo forrajero
Disponibilidad (kg MS/ha)	2896	4895
Altura (cm)	10,2	57,9
Composición química (% MS)		
Materia seca	78,7	24,2
Proteína bruta	5,15	6,32
Fibra detergente neutro	79,3	68,2
Fibra detergente ácido	49,6	38,4
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	1,68	2,09

Cabe señalar, que el patrón diurno de emisiones está relacionado con el patrón de consumo, por lo que es relevante realizar un muestreo distribuido a lo largo de las 24 horas.

Los equipos fueron calibrados al inicio del ensayo, y luego automáticamente cada tres días. La intensidad de emisión de CH₄ (g CH₄/kg GPV) fue calculada para cada animal según las emisiones diarias de CH₄ y las ganancias diarias de peso vivo (GPV). Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza usando el procedimiento MIXED de SAS. Se utilizó un modelo estadístico que incluyó el efecto fijo del tratamiento (CN o SF) y el número de réplicas de animales por tratamiento (n = 8). Se declararon diferencias significativas para P<0,05.

RESULTADOS

La disponibilidad de forraje fue mayor para sorgo forrajero (SF) con respecto al campo natural (CN), 4895 vs 2896 kg MS/ha, respectivamente. El SF presentó mayor contenido de PB (6,3 vs 5,2 %) y menor contenido de FDN (68 vs 79 %) y FDA (38 vs 50 %) respecto al CN (Cuadro 1). Es importante mencionar que el trabajo coincidió con la sequía del verano 2023,

lo que impacto en los atributos de las pasturas y por lo tanto en la producción animal.

Las emisiones absolutas (g/d) de CH₄ y CO₂ fueron mayores en los animales que consumieron SF (P < 0,05). Sin embargo, cuando se estimó la intensidad de emisiones (g CH₄ /kg GPV), los animales SF presentaron una menor intensidad de emisión comparado con CN (P<0,05; Cuadro 2). Los resultados de emisiones de CO₂, podrían estar relacionados a un mayor consumo de nutrientes, lo que se reflejó en las notorias diferencias de ganancia diaria entre tratamientos (0,623 vs 0,063 kg PV/d).

El pastoreo de sorgo forrajero durante el verano puede ser una estrategia de mitigación de la intensidad de emisiones de GEI en sistemas ganaderos basados en campo natural.

Cuadro 2 - Ganancia diaria de peso vivo y emisiones de gases de efecto invernadero de novillos alimentados con campo natural (CN) o sorgo forrajero (SF).

	CN	SF	EEM	P-valor
Ganancia diaria (kg/d)	0,063	0,623	0,09	<0,01
CO ₂ (g/d) *	4626	6729	151,6	<0,01
CH ₄ (g/d) *	133	180	5,67	<0,01
Intensidad de emisión (CH ₄ /GPV)	670	241	91,6	<0,05

*Datos obtenidos a partir de cuatro animales/tratamiento

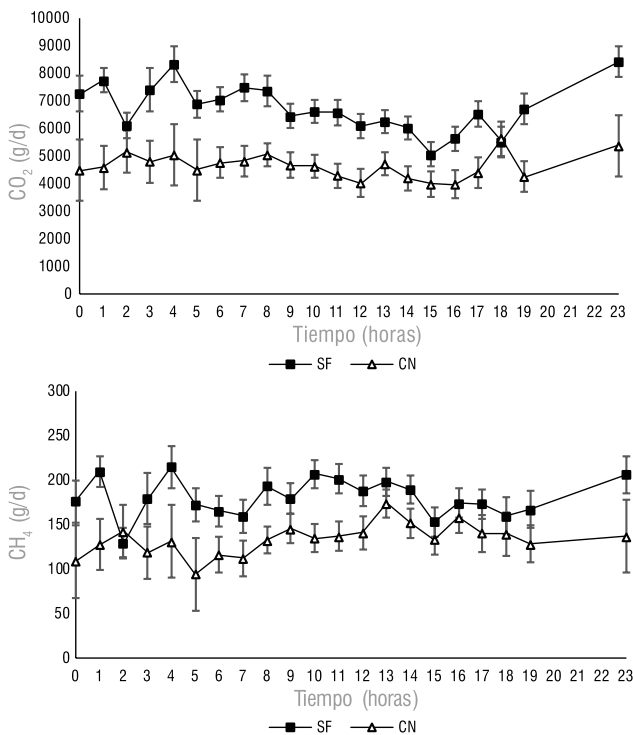


Figura 2 - Variación durante 24 horas (0 a 23 h) de las emisiones de CO₂ (A) o CH₄ (B) en novillos alimentados con campo natural (CN) o sorgo forrajero (SF). Se observaron diferencias significativas en los horarios 0, 8, 10 y 11 (P<0.05), y tendencia a diferencia en 4, 5, 6, 7 y 12 h en las emisiones de CH₄ y CO₂ entre tratamientos.

Se observaron diferencias significativas en los horarios 0:00, 8:00, 10:00 y 11:00 (P < 0,05), y tendencia a diferencia a las 4:00, 5:00, 6:00, 7:00 y 12:00 h en las emisiones de CH₄ y CO₂ (Figura 2). Las diferencias entre tratamientos sugieren que una mayor disponibilidad de forraje, con una mejora en la calidad de la pastura

a través del uso de verdeos de verano, permitiría un mayor consumo de nutrientes y una reducción en la intensidad de emisiones por una mejora en el desempeño productivo. Estos resultados coinciden con los efectos reportados por Dini *et al.* (2017) utilizando otra técnica para las determinaciones de emisiones de metano (SF₆) en vaquillonas pastoreando forrajes de calidad contrastante, lo que reafirma el potencial de la estrategia nutricional utilizada.

CONCLUSIONES

El pastoreo de sorgo forrajero durante verano puede ser una estrategia de mitigación de la intensidad de emisiones GEI en sistemas pastoriles basados en campo natural.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente a la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres y a Pablo Vaz y Mauro Figueroa por el apoyo técnico con las Unidades GreenFeed.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dini, Y., Gere, J.I., Cajarville, C., Ciganda, V. (2017). Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America. *Animal Production Science*, 58:2329-2334. <https://doi.org/10.1071/AN16803>

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>

Hristov, A.N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T.W., Zimmerman, P.R. (2015). The use of an automated system (GreenFeed) to monitor enteric methane and carbon dioxide emissions from ruminant animals. *Journal of Visualized Experiments* 103: 52904. <https://doi.org/10.3791/52904>.

Johnson, K.A., Johnson, D.E. (1995). Methane emissions from cattle, *Journal of Animal Science*, 73:2483–2492. <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>

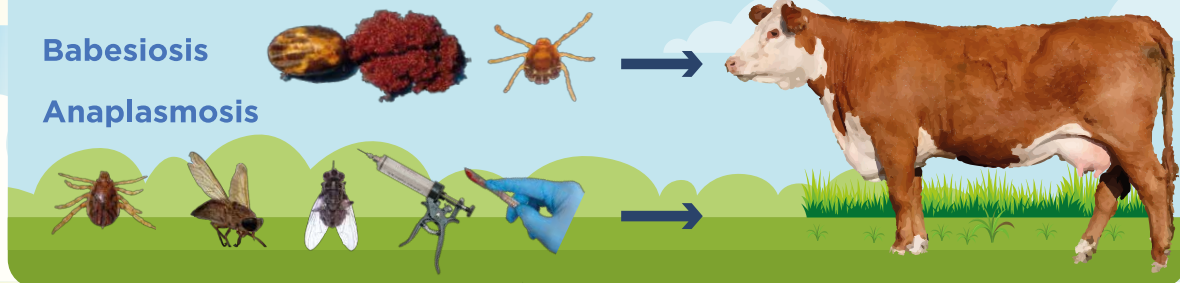


Figura 3 - Dispositivo GreenFeed para determinación de emisiones de metano ubicado en parcela de campo natural.

VECTORES

Babesiosis

Anaplasmosis



ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES DE IMPORTANCIA PRODUCTIVA

Dr. Pablo Parodi¹,
Dr. Rodrigo Krüger²,
Dr. José M. Venzal³,
Dr. Alejo Menchaca¹

¹Plataforma de Investigación en Salud Animal - INIA
Tacuarembó, Uruguay

²Instituto de Biología - Universidade Federal de Pelotas, Brasil

³Laboratorio de vectores y enfermedades transmitidas,
CENUR Litoral Norte - Udelar, Salto, Uruguay

Las enfermedades transmitidas por vectores representan una amenaza creciente para la producción animal y la salud pública. En Uruguay, su impacto se manifiesta a través de enfermedades como la tristeza parasitaria bovina, la leishmaniasis y otras patologías que afectan a bovinos, equinos, caninos y humanos. Con un enfoque integral desde la investigación, se busca comprender mejor los vectores, los patógenos que transmiten y las estrategias de control, promoviendo así un manejo más eficiente y sustentable bajo el enfoque de Una Salud.

Las enfermedades transmitidas por vectores representan un desafío creciente para la salud animal y pública a nivel global. Datos relevados por la Organización Mundial de Salud Animal (OMSA), expresan preocupación por el incremento de las enfermedades transmitidas por vectores, que se han visto favorecidas por la globalización, cambios ambientales, sociológicos y económicos, que pueden afectar su distribución y repercusión. Mientras que

la Organización Mundial de la Salud (OMS), indica que las enfermedades de transmisión vectorial son responsables de causar más de 700.000 muertes humanas por año a nivel mundial, representadas por enfermedades parasitarias, víricas o bacterianas.

Si nos centramos en los vectores de enfermedades con mayor relevancia en producción animal, se encuentran las garrapatas, moscas hematófagas



Figura 1 - Vaca Holando con signos clínicos de depresión causados por cuadro de anaplasmosis bovina.

(mosca del establo, tábanos, entre otros) y mosquitos. Estos vectores no solo tienen implicancia en la salud animal (bovinos y ovinos), sino también en la salud de los pequeños animales (mascotas) y en muchos casos en los seres humanos. Esto demuestra la importancia de una visión integral bajo el enfoque “Una Salud”. En Uruguay ya se han diagnosticado varias enfermedades transmitidas: babesiosis, anaplasmosis y leucosis en bovinos; rangeliosis, babesiosis, anaplasmosis, hepatozoonosis, tripanosomiasis y leishmaniosis en caninos; anemia infecciosa equina, encefalomiелitis equina, piroplasmosis y tripanosomiasis en equinos y, de gran importancia para la salud pública, dengue, fiebre chikungunya, leishmaniasis, rickettsiosis cutánea ganglionar en humanos.

La presencia de los vectores y la circulación y presencia de las enfermedades encienden las alarmas de contar con mayor vigilancia epidemiológica y generar conocimiento para una mayor comprensión de estas enfermedades. Por estos motivos, desde la Plataforma de Investigación en Salud Animal (PSA) se vienen llevando adelante diversas actividades de investigación generando conocimiento para minimizar las pérdidas que provocan estas enfermedades.

En el ámbito productivo, la garrapata del bovino *Rhipicephalus microplus* es el ectoparásito de mayor importancia por ser responsable de la transmisión de Babesiosis y Anaplasmosis bovina (conocida en el campo como tristeza parasitaria bovina). Estas enfermedades ocasionan importantes pérdidas económicas estimadas anualmente en más de USD 15 millones por mortalidad de animales, sumado a las

pérdidas por menor ganancia de peso, disminución en la producción láctea, gastos en tratamientos veterinarios, entre otros.

Trabajos publicados por Parodi y colaboradores (2022a) han descripto la importancia de estas enfermedades, en los que se reporta un incremento en los últimos diez años de los casos de anaplasmosis, que es el agente más diagnosticado, y en segundo lugar, la babesiosis. En el mismo trabajo, se destaca que la categoría animal más afectada es la de animales adultos (vacas) y que hay una clara estacionalidad en la presentación de los brotes de babesiosis principalmente en otoño (época de mayor presencia de su vector- la garrapata), mientras que los casos de anaplasmosis pueden ocurrir durante todo el año. Si bien existen vacunas (hemovacunas) disponibles para la prevención de la tristeza parasitaria, su adopción en el campo ha sido hasta el momento muy limitada. En la Plataforma de Investigación en Salud Animal se viene desarrollando un trabajo experimental orientado a la evaluación de distintos protocolos de inmunización con uso de la hemovacunas, con el objetivo de mejorar los planes de vacunación y optimizar la cobertura inmunológica. Al mismo tiempo, con el apoyo de la Plataforma de Salud Animal de INIA se están desarrollando nuevas herramientas de serodiagnóstico que permiten apoyar, tanto el monitoreo de la inmunidad y el diagnóstico en cada predio, como la vigilancia epidemiológica de estas enfermedades.

Conocer y entender las vías de transmisión de estas enfermedades es fundamental para actuar en su prevención. La garrapata de bovino es el vector responsable de transmitir estas enfermedades. Sin embargo, se ha reportado que la anaplasmosis también puede transmitirse mediante vectores mecánicos, como por ejemplo el uso compartido de agujas en una vacunación actuando como vía de transmisión y desencadenar un brote (Parodi *et al.*, 2022a; Parodi y Menchaca, 2024). La caracterización molecular de las cepas de *Anaplasma marginale* (agente causal de anaplasmosis bovina) ha permitido detectar al menos 28 cepas diferentes, de las que casi el 50 % no tienen la habilidad de adherirse a las células de la garrapata minimizando las chances de ser transmitida por ella (Parodi *et al.*, 2022b). Esto remarca la importancia de avanzar en el conocimiento de los vectores mecánicos para esta enfermedad.

El incremento y avance de las enfermedades transmitidas por vectores es una realidad, por lo que resta tener un sistema de vigilancia activo.

Con el objetivo de comenzar a abordar el vacío de conocimiento existente en torno a los vectores mecánicos de la anaplasmosis y la babesiosis bovina, en los años 2022 y 2025 se publicaron los primeros reportes de detección molecular de *A. marginale* y *Babesia bigemina* en tábanos colectados en distintas localidades del Uruguay (Rodríguez *et al.*, 2022; Moraes *et al.*, 2025). Si bien estos hallazgos no confirman su verdadero rol en la transmisión de estas enfermedades, estos estudios constituyen un primer paso hacia la comprensión del posible rol epidemiológico de estos insectos (tábanos) en la transmisión de hemoparásitos bovinos en el país.

Los tábanos, como otros dípteros chupadores (moscas del establo *Stomoxys calcitrans*, entre otros), tienen un rol relevante pero subestimado en la transmisión mecánica de patógenos, tanto en bovinos como en equinos y otros animales domésticos. Estos insectos, además de causar estrés en el ganado por su picadura dolorosa y persistente, generan pérdidas indirectas asociadas a cambios en el comportamiento animal, reducción en el consumo de alimento y, por ende, en la productividad. A pesar de esto, el conocimiento sobre su biología, distribución y capacidad vectorial en América Latina sigue siendo escaso, lo que refuerza la idea de tener un grupo de investigadores trabajando en ello.

El contexto epidemiológico de Uruguay presenta una vulnerabilidad inherente debido a la posible permeabilidad de las fronteras con Brasil y Argentina, lo que facilitaría el movimiento transfronterizo de animales, agentes y vectores de enfermedades. En este marco, se hace imperativo el desarrollo e implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica integral y sensible, orientado a la detección temprana de agentes de transmisión vectorial. En países limítrofes ya se han identificado agentes etiológicos incluidos dentro del síndrome febril bovino, como *Trypanosoma* spp., *Ehrlichia* spp. y *Borrelia* spp., cuya incursión en territorio nacional no puede descartarse. En consecuencia, se requiere un monitoreo sistemático y sostenido que integre datos sobre la circulación de estos patógenos y sus respectivos vectores, a fin de generar evidencia científica sólida para la evaluación. Desde la PSA y en colaboración con el Laboratorio de Vectores y enfermedades transmitidas (CENUR-Litoral Norte) se



Foto: Pablo Parodi

Figura 2 - Frotis sanguíneo donde se visualizan morfologías parasitarias intraeritrocitarias de *Babesia* spp.

viene llevando adelante un monitoreo a fin de generar información precisa sobre esta problemática.

En conclusión, conocer en profundidad los vectores, los patógenos que estos transmiten y las enfermedades que causan, es clave para proteger la producción y la salud animal. A través de la investigación podemos entender mejor cómo circulan estos patógenos, qué factores favorecen su aparición y cómo prevenir su impacto. Esto no solo ayuda a reducir pérdidas económicas por enfermedades en los animales, sino que también permite usar de forma más eficiente los medicamentos y productos de control, evitando su uso innecesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Morales DF, Parodi P, Dos Reis LFV, Nascimento MC, Rodrigues GD, Nunes LS, Menchaca A, Riet-Correa F, Krolow TK, Lucas M, Saravia A, Domingues WB, Campos VF, Krüger RF. (2025) First molecular detection of *Babesia bigemina* in horseflies from Uruguay. *Acta Trop.* Apr;264:107595. doi: 10.1016/j.actatropica.2025.107595.
- Parodi y Menchaca (2024). Tristeza parasitaria bovina. Cartilla 110- INIA. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-11/Cartilla-INIA-111-2024.pdf>
- Parodi P, Armúa-Fernández MT, Corbellini LG, Rivero R, Miraballes C, Riet-Correa F, Venzal JM. (2022). Description of bovine babesiosis and anaplasmosis outbreaks in northern Uruguay between 2016 and 2018. *Vet Parasitol Reg Stud Reports.* Apr;29:100700. doi: 10.1016/j.vprsr.2022.100700.
- Parodi P, Armúa-Fernández MT, Schanzembach M, Mir D, Benítez-Galeano MJ, Rodríguez-Orsorio N, Rivero R, Venzal JM. (2022) Characterization of strains of *Anaplasma marginale* from clinical cases in bovine using major surface protein 1a in Uruguay. *Front Vet Sci.* Sep 20;9:990228. doi: 10.3389/fvets.2022.990228.
- Rodrigues GD, Lucas M, Ortiz HG, Dos Santos Gonçalves L, Blodorn E, Domingues WB, Nunes LS, Saravia A, Parodi P, Riet-Correa F, Menchaca A, Campos VF, Krolow TK, Krüger RF. (2022) Molecular of *Anaplasma marginale* Theiler (Rickettsiales: Anaplasmataceae) in horseflies (Diptera: Tabanidae) in Uruguay. *Sci Rep.* Dec 28;12(1):22460. doi: 10.1038/s41598-022-27067-0.

Tener la capacidad de diagnosticar con celeridad estas enfermedades es primordial para mitigar los problemas que estas causan.



Foto: INIA

COMPUESTOS BIOACTIVOS EN CARNE VACUNA CRUDA Y COCIDA SOMETIDA A DOS PERÍODOS DE MADURACIÓN

Ing. Agr. PhD. Santiago Luzardo¹,
Zoot. MSc. Ana Carolina Cougo²,
Lic. en Lab Clin. Guillermo de Souza³,
Téc. Qca. Florencia Bonjour⁴,
Qco. PhD. Facundo Ibáñez⁴, Ing. Agr. PhD. Gustavo Brito³,
DMV PhD. María del Mar Campo⁵

¹Sistema Ganadero Extensivo y Área Agroalimentos - INIA

²Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias - Udelar

³Sistema Ganadero Extensivo - INIA

⁴Área Agroalimentos - INIA

⁵Facultad de Veterinaria - Universidad de Zaragoza, España

La carne vacuna, además de ser reconocida como excelente fuente de proteínas, hierro, zinc, selenio y vitaminas del complejo B, aporta compuestos bioactivos con potencial nutraceutico.

INTRODUCCIÓN

La carne es considerada una fuente proteica de alta calidad que aporta todos los aminoácidos esenciales, así como varias vitaminas del complejo B (en particular, la vitamina B12), micronutrientes como el hierro hemo, zinc, selenio, fósforo y ácidos grasos de cadena larga (Williams, 2007; McAfee *et al.*, 2010; De Smet

y Van Hecke, 2024). La carne es además fuente de compuestos bioactivos con posibles propiedades nutraceuticas cuyas concentraciones pueden verse afectadas por la maduración y la cocción (Purchas *et al.*, 2004; Jairath *et al.*, 2024). Luego de la transformación del músculo a carne, ésta puede ser almacenada en condiciones de enfriado (-1 °C a 4 °C) dando lugar a lo que se conoce como maduración.

Los nutraceuticos son compuestos provenientes de los alimentos que ofrecen beneficios para la salud más allá del valor nutricional.

Durante la maduración se dan diversas reacciones bioquímicas que afectan la terniza, sabor y aroma de la carne. Uno de los principales eventos que tiene lugar es la “tiernización” de la carne debido a la acción de enzimas proteolíticas endógenas, las cuales también pueden generar fracciones peptídicas con importancia fisiológica (péptidos bioactivos) para la salud humana.

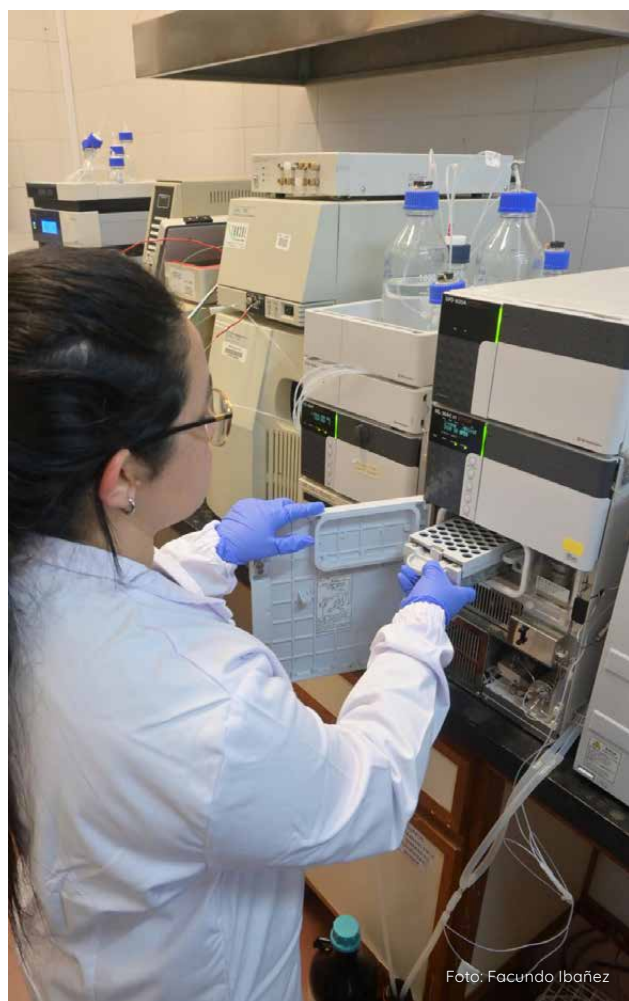


Figura 2 - Muestras en el HPLC.



Figura 1 - Proceso de extracción previo al análisis por HPLC.

Por otra parte, la cocción también afecta la concentración de nutrientes y compuestos cuando se cocina un alimento, en este caso la carne, y está relacionado con lo que se conoce como retención real de nutrientes. La retención real mide la proporción del nutriente que queda retenido en el alimento cocinado en relación con la cantidad de ese nutriente originalmente presente en un determinado peso del alimento antes de la cocción (Murphy *et al.*, 1975).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido de los compuestos bioactivos: anserina, carnosina, L-carnitina, coenzima Q10, glutatión y taurina en carne vacuna cruda y cocida madurada por 5 o 90 días.

La maduración y cocción de la carne pueden afectar el contenido de compuestos bioactivos.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Se utilizaron 20 novillos Aberdeen Angus terminados en pastura (menores de 30 meses de edad y peso promedio de la canal caliente de $257,5 \pm 11,4$ kg) de los cuales se colectó el bife angosto (músculo *Longissimus lumborum*) de cada media canal izquierda.

Se extrajo un filete de 2,54 cm para cada tratamiento dentro de cada bife en un orden aleatorio en sentido craneo-caudal. Los tratamientos experimentales se generaron a partir de la combinación de dos períodos de maduración de la carne (5 vs. 90 días) y el estado de la carne (cruda vs. cocida).

Los bifos se cocinaron en un grill de doble tapa hasta que la temperatura interna en el centro geométrico de cada filete alcanzara los 71°C (AMSA, 2016). Las muestras se homogeneizaron y envasaron en bolsas Whirl-Pak para ser congeladas a -80°C hasta su análisis. Las concentraciones de anserina, carnosina, coenzima Q10, glutatión, L-carnitina y taurina fueron determinadas mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).

RESULTADOS

El período de maduración no afectó ($P > 0,05$) la concentración de anserina, mientras que se observó un mayor contenido de carnosina ($P < 0,05$) en la carne madurada por cinco días que en aquella madurada por 90 días (Cuadro 1). Esto podría estar asociado con su mayor pérdida junto con el agua durante el almacenamiento, ya que es un compuesto soluble en agua. La anserina y la carnosina son dipéptidos con importantes propiedades antioxidantes con potencial terapéutico prometedor (Everaert *et al.*, 2018).

Por otra parte, se observaron mayores concentraciones ($P < 0,05$) de coenzima Q10,

Es relevante saber cuánto del nutriente o compuesto queda en un alimento, en este caso la carne, luego de su cocción.

glutatión, L-carnitina y taurina en la carne madurada por 90 días que en aquella madurada por cinco días (Cuadro 1). Estas mayores concentraciones se explicarían por aumentos de las pérdidas por purga durante una maduración prolongada (Holman *et al.*, 2022), donde el agua se perdería en mayor medida que los compuestos bioactivos, aumentando así sus concentraciones. La coenzima Q10 desempeña un papel fundamental como transportador de electrones en la cadena respiratoria mitocondrial, permitiendo la producción de energía (ATP) a nivel celular, pero también cumple otros roles como antioxidante liposoluble y en la respuesta antiinflamatoria (Mantle *et al.*, 2021). El glutatión es un tripéptido con reconocido efecto antioxidante que protege al organismo contra el estrés oxidativo (Marí *et al.*, 2009). La L-carnitina desempeña un papel crucial en la generación de energía, mediante el transporte de ácidos grasos hacia las mitocondrias (Rigault *et al.*, 2008).

La carne cruda presentó un mayor contenido ($P < 0,05$) de anserina, carnosina y taurina que la carne cocida, lo que

Cuadro 1 - Contenido de compuestos bioactivos (mg/100g) según el período de maduración (5 o 90 días) y el estado de la carne (cruda o cocida).

Compuesto bioactivo (mg/100 g)	Período de maduración			Estado de la carne		
	5 días	90 días	P	Cruda	Cocida	P
Anserina	97,0	95,0	0,170	97,7 ^a	94,4 ^b	0,024
Carnosina	508 ^a	472 ^b	<0,001	499 ^a	482 ^b	0,008
Coenzima Q10	1,92 ^b	2,11 ^a	<0,001	1,94 ^b	2,09 ^a	<0,001
Glutatión	7,34 ^b	11,7 ^a	<0,001	9,23	9,85	0,246
L-Carnitina	36,3 ^b	41,4 ^a	<0,001	37,2 ^b	40,5 ^a	0,005
Taurina	25,8 ^b	44,5 ^a	<0,001	37,5 ^a	32,8 ^b	<0,001

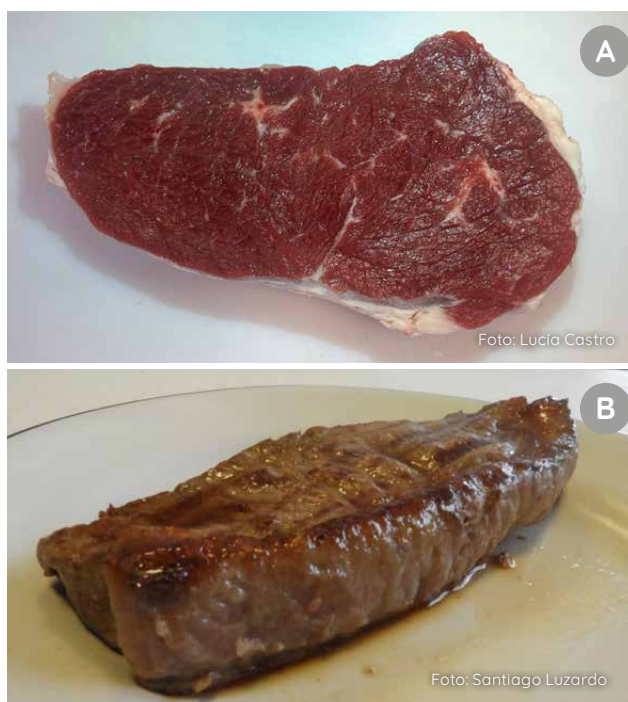


Figura 3 - Churrasco crudo (A) y churrasco cocido (B).

podría atribuirse a pérdidas en los jugos de cocción o cambios en estos compuestos (Cuadro 1). Estos hallazgos concuerdan con lo observado por Purchas *et al.* (2006). Sin embargo, la coenzima Q10 y la L-carnitina presentaron mayores concentraciones ($P < 0,05$) en la carne cocida que en la cruda, probablemente debido a sus mayores retenciones luego de la cocción o a que el proceso de extracción fue más efectivo en la carne cocida (Purchas *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

La maduración de la carne vacuna por 90 días aumentó las concentraciones de coenzima Q10, glutatión, L-carnitina y taurina, lo que sugiere la importancia de la maduración en la concentración de algunos compuestos bioactivos. La cocción tiene un efecto diferencial en la concentración de

compuestos bioactivos, principalmente asociado a su retención tras la cocción, la estabilidad térmica y las interacciones con la matriz cárnica.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), código: FMV_3_2022_1_172315 y también la beca de doctorado de la estudiante Ana Carolina Cougo, código: POS_NAC_2023_2_177395.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Meat Science Association. 2016. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat (2. ed. pp. 105), 2016, Champaign, Illinois.

De Smet, S.; Van Hecke, T. 2024. Meat products in human nutrition and health - About hazards and risks. *Meat Science*, 218:109628.

Everaert, I.; Baron, G.; Barbaresi, S.; Gilardoni, E.; Coppa, C.; Carini, M.; Vistoli, G.; Bex, T.; Stauteas, J.; Blancquaert, L.; Derave, W.; Aldini, G.; Regazzoni, L. 2019. Development and validation of a sensitive LC-MS/MS assay for the quantification of anserine in human plasma and urine and its application to pharmacokinetic study. *Amino Acids*, 51(1), 103-114.

Jairath, G.; Biswas, A.K.; Mal, G.; Suman, S.P. 2024. Bioactive compounds in meat: their roles in modulating palatability and nutritional value. *Meat and Muscle Biology*, 8(1): 16992, 1-15.

Holman, B.W.; Bekhit, A.E.D.A.; Mao, Y.; Zhang, Y.; Hopkins, D.L. 2022. The effect of wet ageing duration (up to 14 weeks) on the quality and shelf-life of grass and grain-fed beef. *Meat science*, 193: 108928.

Mantle, D.; Heaton, R.A.; Hargreaves, I.P. 2021. Coenzyme Q10 and immune function: An overview. *Antioxidants*, 10(5): 759.

Marí, M.; Morales, A.; Colell, A.; García-Ruiz, C.; Fernández-Checa, J. C. 2009. Mitochondrial glutathione, a key survival antioxidant. *Antioxidants & redox signaling*, 11(11), 2685-2700.

McAfee, A.J.; McSorley, E.M.; Cuskelly, G.J.; Moss B.W.; Wallace, J.M.W.; Bonham, M.P.; Fearon, A.M. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 84: 1-13.

Murphy, E.W.; Criner, P.E.; Gray, B.C. 1975. Comparisons of methods for calculating retention of nutrients in cooked foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23(6):1153-1157.

Purchas, R.W.; Rutherford, S.M.; Pearce, P.D.; Vather, R.; Wilkinson, B.H.P. 2004. Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine. *Meat Science*, 66(3): 629-637.

Purchas, R.W.; Busboom, J. R.; Wilkinson, B.H.P. 2006. Changes in the forms of iron and in concentrations of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine in beef longissimus muscle with cooking and simulated stomach and duodenal digestion. *Meat Science*, 74(3): 443-449.

Rigault, C.; Mazué, F.; Bernard, A.; Demarquoy, J.; Le Borgne, F. 2008. Changes in L-carnitine content of fish and meat during domestic cooking. *Meat science*, 78(3): 331-335.

Williams, P.G. 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64 (Suppl 4): S113-S119.

El mayor período de maduración de la carne aumentó, en general, las concentraciones de compuestos bioactivos.



Foto: UCTT-INIA Tacuarembó

PRODUCTORES, TÉCNICOS E INVESTIGADORES EN ACCIÓN:

Experimento de Largo Plazo de Campo Natural en la Unidad Experimental Glencoe - INIA Tacuarembó

¹Ing. Agr. Virginia Porcile Rodríguez

²Téc. Luisina Mezquita Viera

³Ing. Agr. PhD Thaís Devincenzi

⁴Ing. Agr. PhD Martín Jaurena Barrios

⁵Ing. Agr. PhD Fabio Montossi Porchile

¹Técnica Sectorial - INIA Tacuarembó

²Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología - INIA Tacuarembó

³Sistema Ganadero Extensivo

⁴Área de Pasturas y Forrajes

⁵Sistema Ganadero Extensivo

Un grupo de nueve referentes de la ganadería uruguaya y 10 investigadores convergen en una propuesta de investigación e innovación de largo plazo para responder múltiples preguntas sobre el impacto del manejo del pastoreo del campo natural en la sostenibilidad de los sistemas ganaderos extensivos.

¿EN QUÉ ESTAMOS?

El experimento de largo plazo en manejo del pastoreo de INIA Tacuarembó responde a una demanda recurrente de productores ganaderos y técnicos, buscando respuestas para alcanzar una producción ganadera sostenible en campos naturales de Basalto.

Iniciado en enero de 2023, este experimento tendrá al menos una duración de 30 años en la Unidad

Experimental Glencoe ubicada en la región de Basalto, departamento de Paysandú. En este contexto, se busca responder la pregunta central: ¿Cómo intensificar el manejo del pastoreo para incrementar en forma sostenible la producción de sistemas ganaderos mixtos basados en campo natural?

Tal cual se detalla en la Figura 1, y partiendo de la hipótesis de que no hay diferencias entre los sistemas de pastoreo, se utiliza un diseño experimental de "mini-

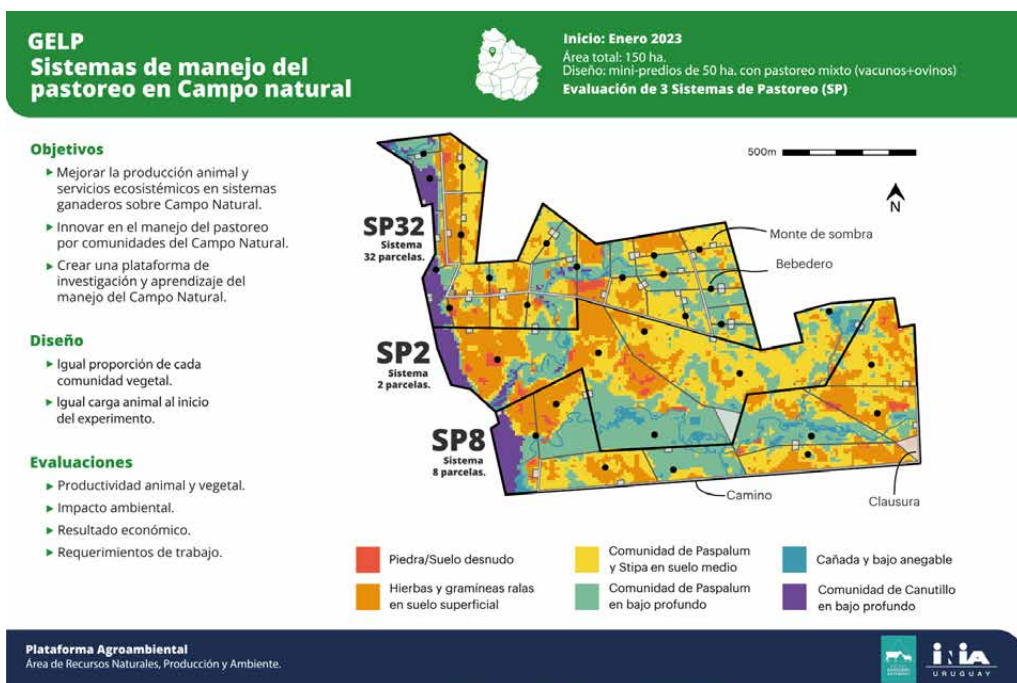


Figura 1 - Esquema representativo del experimento de largo plazo donde se muestran el croquis con los tres diferentes mini-predios en evaluación, así como las diferentes comunidades vegetales de campo natural bajo estudio.

predios" que simulan tres predios de 50 hectáreas cada uno subdivididos en diferentes números de potreros (2, 8 y 32) con similar proporción de diferentes comunidades vegetales, que empezó con una carga animal idéntica desde el inicio, la que se ha ido ajustando con el propósito de uniformizar en forma progresiva las alturas del forraje entre los tres sistemas. Las evaluaciones por realizar se enfocan en la productividad del campo natural y animal de cada sistema, el impacto ambiental, el resultado económico y los requerimientos de mano de obra.

DESDE DIFERENTES PERSPECTIVAS

Diez investigadores de INIA, provenientes de diversas disciplinas y temáticas tales como Pasturas, Producción Animal, Economía, Biodiversidad, Forestal, Suelos y Clima, se encuentran monitoreando y recolectando información que permitirá describir, caracterizar y entender el impacto de diferentes estrategias de manejo del pastoreo sobre campo natural, no solo en términos de composición, estructura y productividad de pasturas y animales, e impacto económico, sino también a través del tiempo, los cambios que estarán operando sobre diferentes servicios ecosistémicos, entre otros, asociados a la biodiversidad, calidad de suelos y agua (Figura 2).

Ahondando en las diferentes miradas de estos especialistas, a continuación, relatamos sus visiones sobre el valor que le atribuyen al experimento de largo plazo en sistemas de manejo del pastoreo sobre campo natural, desde su rol como investigadores.

OTRA PARTICULARIDAD: LA MIRADA DESDE LA EXPERIENCIA Y LA APLICABILIDAD

Un aspecto muy interesante de este experimento es la existencia de un Grupo de Apoyo que comenzó a trabajar desde la génesis de la idea y que colabora activamente en las decisiones estratégicas del experimento a lo largo del año.

Este grupo está compuesto por nueve personas, productores y técnicos de reconocida trayectoria en ganadería, quienes voluntariamente destinan su tiempo, conocimiento y experiencias para contribuir con los objetivos experimentales, siguiendo de cerca sus avances en la Unidad Experimental INIA Glencoe.



Figura 2 - Reunión de intercambio y planificación del equipo de investigadores de INIA involucrados en el experimento de largo plazo de INIA Glencoe. Abril 2025.

Una apuesta a 30 años

GRUPO DE APOYO

La mirada de quienes construyen el experimento desde adentro.



Rafael Gallinal
Técnico, y productor de Florida.

Es de máxima importancia. Permite visualizar nada menos que el rumbo donde proyectar la ganadería, en una plataforma de investigación flexible y actualizable, donde los efectos de mediano y largo plazo se puedan medir objetivamente.



Marcelo Pereira
Técnico extensionista, Plan Agropecuario y productor de Paysandú.

Es una gran oportunidad de aprendizaje conjunto, donde las enseñanzas emergen según el grado de intensificación en el manejo del pastoreo. Como en la vida, cada elección define el camino.



Fernanda Bove Itzaina
Técnica extensionista y productora de Sarandí del YL.

Considero de suma importancia el experimento, para el apoyo en la toma de decisiones a los productores, con información objetiva sobre la respuesta a la intensificación en el sistema de pastoreo.



Diego Echenique
Técnico y productor de Sarandí del YL.

Encantado de participar en un proyecto que requiere necesariamente ser de largo plazo. Experimento que hace un abordaje en elementos prácticos (sombra, bebederos, parcelas, manejo, mediciones, etc) que hacen muy atractivo su seguimiento.



Rafael Normey
Técnico, productor e integrante de la Junta Directiva de INIA por Fed. Rural.

Le atribuyo una gran importancia ya que al igual que el resto de los ensayos de largo plazo de INIA, será muy útil para la generación de coeficientes y evolución de parámetros físicos, económicos y ambientales para la toma de decisiones.



Gabriel Fillat
Técnico asesor y productor de Paso de los Toros.

Tiene un valor muy grande obtener datos técnicos comprobados y no discutibles sobre diferentes sistemas de pastoreo, que evitará discusiones sin fundamento que se dan entre técnicos y con productores.



Santiago Scarlato
Técnico, productor y presidente del Instituto Plan Agropecuario.

Contar con evidencia científica de calidad, construida colaborativamente y con visión de largo plazo, es clave para la ganadería en campo natural. La apertura de INIA a productores y técnicos desde su concepción y desarrollo es innovadora y una valiosa oportunidad.



Pablo Platero
Técnico, productor e integrante del CAR INIA Tbd.

Apunta a atender una demanda del sector con diseño e inversión importante, mediante un modelo innovador de gestión con actores externos. Da en el clavo en aportar ciencia en un área donde se discute mucho en base a experiencias/creencias, pero sin mucha información.



Martín Aguirrezabala
Coordinador General de FUCREA.

Un esfuerzo muy importante para generar conocimiento sobre ganadería en campo natural, en un tema complejo y difícil de investigar. Será un aporte muy relevante para el diseño de sistemas productivos y sostenibles.

Una apuesta a 30 años

INVESTIGADORES INIA

La mirada de quienes construyen el experimento desde adentro.



Mario Pérez Bidegain
Coordinador Plataforma Agroambiental, INIA.

Destaco el abordaje multidisciplinario en el manejo del campo natural y sus servicios ecosistémicos, y valoro la gobernanza mediante la interacción de actores ganaderos diversos.



Carolina Leoni
Investigadora Prot. Vegetal y Salud del suelo, INIA.

Nos permitirá evaluar el impacto de la intensidad de pastoreo sobre la salud del suelo en los sistemas pastoriles mixtos del basalto.



Juan Pedro Posse
Director Regional, INIA Tbo.

Es una herramienta estratégica de INIA para decisiones informadas en ganadería sostenible, políticas públicas y valorización del campo natural, dentro de la plataforma agroambiental, promoviendo la intensificación sostenible.



Fabio Montossi
Investigador Sist. Ganadero Extensivo, INIA.

Es una plataforma estratégica para generar conocimiento aplicado que fortalece el manejo sostenible del campo natural, un recurso esencial para el Uruguay del mañana.



Martín Jaurena
Investigador Pasturas y Forrajes, INIA.

Es un experimento que innovará en sistemas de pastoreo que incrementarán la productividad ganadera del campo natural, y que aportará coeficientes técnicos para el desarrollo de negocios ambientales en Uruguay.



Thais Devincenzi
Investigadora Sist. Ganadero Extensivo, INIA.

Identificará el potencial de producción sostenible del campo natural utilizando el manejo por comunidades, además de estar muy cerca de sistemas reales y contar con el aporte de productores y técnicos.



Oscar Blumetto
Investigador Área Producción Animal, INIA.

Permitirá entender la influencia del manejo ganadero en la evolución de los ecosistemas de campo natural, los trade-offs entre producción y ambiente y la viabilidad de estrategias de intensificación sostenible.



Verónica Ciganda
Investigadora Recursos Naturales, Producción y Ambiente, INIA.

Es clave para generar evidencia científica sobre cómo el manejo del pastoreo en campo natural, un recurso estratégico del país, contribuye a la adaptación climática y mitigación de gases de efecto invernadero.



J. M. Soares de Lima
Investigador Sist. Gan. Extensivo y Economía Aplicada, INIA.

INIA se desafía a aportar luz desde diferentes ángulos, buscando entender los procesos que definen ese rompecabezas de las relaciones suelo-planta-animal, un entramado sobre el cual aún persiste una considerable oscuridad.



Guadalupe Tiscornia
Sistemas de información y transformación digital, INIA GRAS.

Permite evaluar impactos climáticos en sistemas ganaderos, generar herramientas de gestión de riesgos, validar modelos hídricos y satelitales, y evaluar soluciones digitales del proyecto Converge en condiciones controladas pero realistas.



Figura 3 - Estudiantes de doctorado Silvina Piastrí Lombardo y Ary Mailhos (diciembre 2022) realizando la colecta de plantas para preparar muestras de herbario y de tejidos, con el fin de obtener el código de barras de ADN correspondiente a cada especie vegetal.

En este proceso participativo se establecen las bases técnicas, productivas y científicas para la toma de decisiones de manejo de animales y pasturas, así como también se determinan prioridades en las estrategias de difusión y comunicación de corto, mediano y largo plazo.

EL EQUIPO OPERATIVO Y LA OPORTUNIDAD PARA ESTUDIANTES

Otro pilar fundamental es el equipo operativo de la Unidad Experimental Glencoe, responsable de la ejecución, monitoreo, recolección de datos, manejo de animales, pasturas e infraestructura. Adicionalmente, se brinda la oportunidad para capacitación de estudiantes de grado y posgrado, contribuyendo así en forma conjunta la generación de información científica y técnica con la formación de nuevos jóvenes profesionales, que aporten al entendimiento de los procesos que están ocurriendo en el campo natural, patrimonio nacional.

En este sentido, para Silvina Piastrí Lombardo (Figura 3), ingeniera agrónoma, quién realiza sus estudios de doctorado en análisis de ADN en heces para determinar las especies de plantas que seleccionan los vacunos y ovinos para constituir su dieta, *“el experimento de largo plazo permite generar información clave para un pastoreo óptimo que mantenga la diversidad y estructura del campo natural, conservando el recurso y maximizando la producción”*.

El Experimento de Largo Plazo en Campo Natural no es simplemente una evaluación de manejo del pastoreo, es una construcción colectiva que reúne a productores, técnicos e investigadores en torno a una misma pregunta: *¿cómo manejar mejor nuestro campo natural para producir más, con sostenibilidad y sentido de pertenencia?*

Para Lucas Sansberro (Figura 4), estudiante de Escuela Agraria La Carolina de UTU quien está realizando su trabajo de tesis en Evaluación de la selectividad, digestibilidad y consumo de animales en pastoreo: *“la importancia del largo plazo se basa en la posibilidad de hacer un seguimiento práctico a campo, en donde veo avances y resultados propios, logrados con el trabajo del día a día”*.



Figura 4 - Estudiante de UTU, Lucas Sansberro (mayo 2025), en una de las parcelas con animales en pastoreo.

A MODO DE SÍNTESIS

El Experimento de Largo Plazo en Campo Natural en la Unidad Experimental Glencoe no es solo una evaluación de manejo del pastoreo, sino que es una construcción colectiva que une a investigadores, técnicos y productores en torno a una pregunta fundamental: ¿cómo manejar mejor nuestro campo natural para producir más, de forma sostenible y con sentido de pertenencia?

Esta estrategia integra diversas miradas: el enfoque científico, el conocimiento práctico de productores y técnicos, y los aspectos operativos del manejo. De esta manera se genera un espacio de diálogo profundo, respaldado por evidencia, que da lugar a una forma innovadora de trabajo, donde las decisiones se enriquecen con el saber y la experiencia de todos los actores involucrados.

La duración acordada del experimento refleja la madurez de una agenda conjunta, amplia y diversa, orientada a la investigación y la innovación.

La duración del experimento acordada refleja la madurez de una agenda de trabajo conjunto, amplia y diversa, de investigación e innovación, que aborda la generación de respuestas a problemáticas complejas que requiere de tiempo y ciencia robusta.

"Da en el clavo en aportar ciencia en un área donde se discute mucho en base a experiencias/creencias, pero sin mucha información"
(Pablo Platero).

Esta agenda busca respuestas a desafíos complejos que requieren tiempo, ciencia sólida y compromiso sostenido. Cada decisión tomada en conjunto forma parte de un proceso que apunta a generar evidencia robusta, útil y aplicable en sistemas reales de producción ganadera. Y lo hace reconociendo que el conocimiento técnico y científico se potencia cuando se entrelaza con la experiencia de quienes viven y trabajan en el campo natural.

Una vez más, Glencoe se convierte en símbolo de lo que es posible cuando se cultivan ideas con paciencia, compromiso y una visión compartida.

Un tema recurrente en reuniones anteriores ha sido cómo comunicar los avances del experimento. Es importante subrayar que, en un horizonte de 30 años o más, estamos apenas dando los primeros pasos. Aunque iremos compartiendo avances y novedades, los resultados más significativos emergerán con el tiempo y la experiencia acumulada.

Porque este camino se construye colectivamente, animamos a los lectores a continuar siendo parte de este espacio: en esta revista, en las propuestas del Instituto Plan Agropecuario, de otras instituciones, y en redes sociales. Así podrá mantenerse al tanto de los progresos y descubrimientos que se vayan generando en este esfuerzo colaborativo hacia una ganadería más sostenible y arraigada en el conocimiento compartido.



Foto: Luisina Mezquita

Figura 5 - Recorrida de campo e intercambio para toma de decisiones previo al invierno por el grupo de apoyo en abril de 2025.



Foto: Claudia Simon

Arroyo La Caballada, punto que se muestrea en el monitoreo mensual de agua de La Estanzuela.

ZONAS DE AMORTIGUACIÓN: aliadas clave para proteger el agua y el suelo

Lic. Biol. MSc. Claudia Simon, Ing. Agr. Dr. Mario Pérez
Bidegain, Ing. Agr. Dra. Verónica Ciganda

Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente

Las zonas de amortiguación se han consolidado como una práctica de manejo eficaz y de bajo costo para reducir el escurrimiento de sedimentos, nutrientes y agroquímicos desde áreas con uso productivo hacia cuerpos de agua. En Uruguay, la conservación de zonas de amortiguación aledañas a cursos de agua se ha impulsado especialmente en cuencas estratégicas. Este artículo resume el marco normativo actual, evidencia científica disponible y el rol de INIA en proyectos que se proponen evaluar su funcionamiento en condiciones locales.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, el deterioro de la calidad del agua y la pérdida de suelo han impulsado la búsqueda de medidas de mitigación integradas, en particular en cuencas prioritarias, proveedoras de agua para consumo humano. Existen distintas estrategias para mitigar la contaminación de los cursos de agua que pueden centrarse en controlar el origen de los contaminantes,

frenar su movimiento hacia los cuerpos de agua o proteger directamente estos ecosistemas. Dentro de este último enfoque, las zonas de amortiguación se presentan como una opción basada en la naturaleza, de bajo costo y alta efectividad. Estas zonas ayudan a retener sedimentos y nutrientes que de otro modo llegan al agua desde las áreas productivas, especialmente cuando otras prácticas, como un buen manejo del suelo, no han logrado evitarlo.

¿QUÉ SON LAS ZONAS DE AMORTIGUACIÓN?

Las zonas de amortiguación, también conocidas como fajas o franjas de amortiguación, son áreas con cobertura vegetal ubicadas entre sistemas productivos y cuerpos de agua, que actúan como filtros naturales reduciendo la exportación de nutrientes, sedimentos y otros agroquímicos al sistema acuático. Su funcionamiento se basa en la capacidad de la vegetación para ralentizar el escurrimiento superficial, favorecer la sedimentación de partículas y absorber o transformar nutrientes como el fósforo (P), lo que ayuda a mitigar su ingreso a los cursos de agua. Estudios recientes proponen un enfoque tridimensional en su diseño, integrando vegetación herbácea, arbustiva y arbórea para maximizar la captura de nutrientes y otros agroquímicos, mejorar la infiltración y ofrecer servicios ecosistémicos adicionales como hábitat, regulación climática y térmica, conectividad ecológica y secuestro de carbono (Stutter *et al.*, 2020).

Si bien cumplen funciones similares a las de las áreas riparias, las zonas de amortiguación se diferencian por ser implementadas y manejadas específicamente con fines de protección ambiental en paisajes productivos, mientras que las áreas riparias son ecosistemas naturales (bosque ripario) aledaños a cursos de agua que también deben ser conservados.

ZONAS DE AMORTIGUACIÓN Y DINÁMICA DEL FÓSFORO

El fósforo (P) es un nutriente esencial para la producción agropecuaria. Sin embargo, su exportación desde los sistemas productivos hacia los cursos de agua contribuye al enriquecimiento de estos ecosistemas con

nutrientes (eutrofización), favoreciendo la proliferación de algas y el deterioro de la calidad del agua.

En los sistemas productivos, el P puede mobilizarse por dos vías principales. El P disuelto (que puede ser orgánico o inorgánico) está asociado a las fracciones solubles del suelo. Este se transporta principalmente por escorrentía superficial o percolación cuando hay lluvias intensas o suelos saturados. Por otro lado, el P particulado se une a partículas de suelo y es arrastrado durante procesos de erosión hídrica (Figura 1).

La magnitud del transporte de P depende de factores como el tipo de suelo, pendiente, cobertura vegetal, prácticas de manejo y eventos climáticos. En Uruguay se ha avanzado en el desarrollo de un indicador “P-Index” (Perdomo, 2016), el que se propone como una herramienta que puede ser utilizada para estimar la pérdida de P desde suelos agrícolas. Los ensayos de Perdomo *et al.* han mostrado que del P que aplica el productor se pierde aproximadamente un 2 %, lo que es insignificante a nivel productivo, pero tiene un gran impacto en las aguas.

Las zonas de amortiguación, al interceptar y filtrar escorrentías, pueden reducir significativamente tanto las pérdidas de P disuelto como de P particulado. Además, en presencia de vegetación permanente, se promueve la infiltración, se disminuye la velocidad del flujo y se favorece la retención de nutrientes.

Las pérdidas de P pueden clasificarse en fuentes puntuales (como vertidos directos desde instalaciones agroindustriales o efluentes no tratados) y fuentes difusas, que son más difíciles de localizar y provienen de escorrentía sobre la superficie de toda la cuenca.

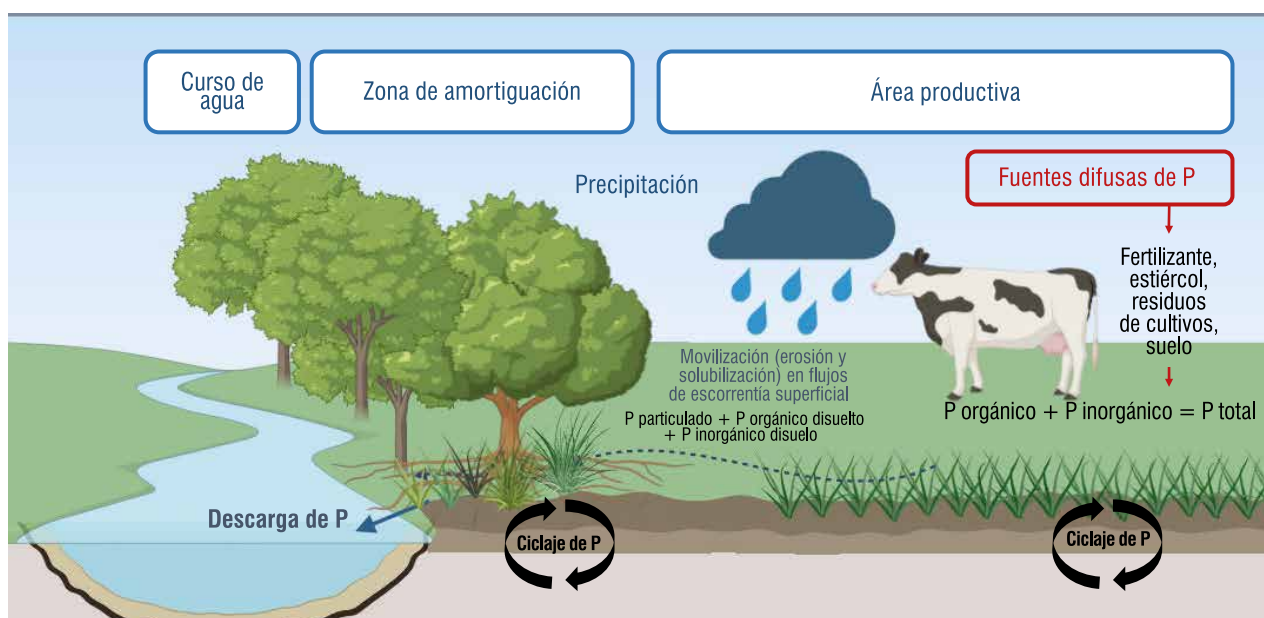


Figura 1 - Dinámica del fósforo (P) en una cuenca desde fuentes difusas.



Arroyo La Caballada. Vegetación herbácea y acuática.

Goyenola *et al.* (2021) identificaron el uso intensivo del suelo como principal determinante del P en cuerpos de agua cuenca abajo. Reducir sus exportaciones mejora la calidad del agua, la eficiencia de uso del fertilizante y la sostenibilidad del sistema. Las pérdidas de P también degradan el agua potable, elevan los costos de tratamiento, reducen la biodiversidad y generan efectos persistentes por la carga interna en sedimentos (Sharpley *et al.*, 2013).

MARCO NORMATIVO VIGENTE EN CUENCAS ESTRATÉGICAS

En Uruguay, las zonas de amortiguación han sido promovidas por normativas específicas en cuencas prioritarias: La Resolución Ministerial (RM) 229/2015 estableció zonas buffer de entre 40 y 80 m en la cuenca del río Santa Lucía. La RM 58/2016 implementó medidas similares en la cuenca de Laguna del Sauce, con franjas de 25 a 150 m y restricciones al laboreo y aplicación de agroquímicos en cercanías de cuerpos de agua. Estas medidas se enmarcan en la Ley N° 18.610 (Política Nacional de Aguas), el Plan Nacional de Aguas

(Decreto 405/008). Por otro lado, la Ley Forestal N° 15.939 y su decreto reglamentario (330/993) reconocen el interés público del manejo sostenible del monte nativo, que es en gran medida bosque ribereño.

Si bien estas normativas representan avances significativos, su aplicación efectiva requiere monitoreo continuo, adecuación a los distintos sistemas productivos y fortalecimiento de los mecanismos de fiscalización.

EVIDENCIA CIENTÍFICA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LAS ZONAS DE AMORTIGUACIÓN

Estudios internacionales estiman que estas zonas pueden reducir hasta un 90 % del arrastre de sedimentos, entre un 30 % y un 85 % de P, y cantidades similares de nitrógeno, dependiendo de sus características físicas y de manejo (Zhang *et al.*, 2010).

Sin embargo, recientes evaluaciones muestran que su eficacia disminuye con el tiempo si no se integran mecanismos de mantenimiento activo como la remoción de biomasa y el rediseño adaptativo según presiones específicas del paisaje. Su efectividad aumenta, por supuesto, cuando estas zonas se integran con otras prácticas de manejo conservacionista, como rotación de cultivos, reducción del laboreo y control de compactación. La aplicación de modelos predictivos y herramientas de diagnóstico espacial puede mejorar el posicionamiento y el diseño sitio-específico de estas zonas.

En Uruguay, investigaciones recientes (Barreto *et al.*, 2022; Calvo *et al.*, 2024) confirman que las zonas de vegetación permanentes disminuyen significativamente las exportaciones de P, sobre todo en eventos de lluvia intensa.



Monte ribereño en establecimiento lechero de Colonia.

Las zonas de amortiguación actúan como filtros naturales, reduciendo la exportación de nutrientes, sedimentos y agroquímicos.

Las zonas de amortiguación pueden reducir hasta un 90 % del arrastre de sedimentos y hasta un 85 % del fósforo. Su eficacia depende del mantenimiento activo y del diseño adaptado al paisaje.

Las combinaciones de herbáceas y árboles nativos han mostrado ser particularmente eficaces, al retener nutrientes y liberarlos de forma gradual, promover la biodiversidad y regular los flujos de agua.

PROYECTOS INIA

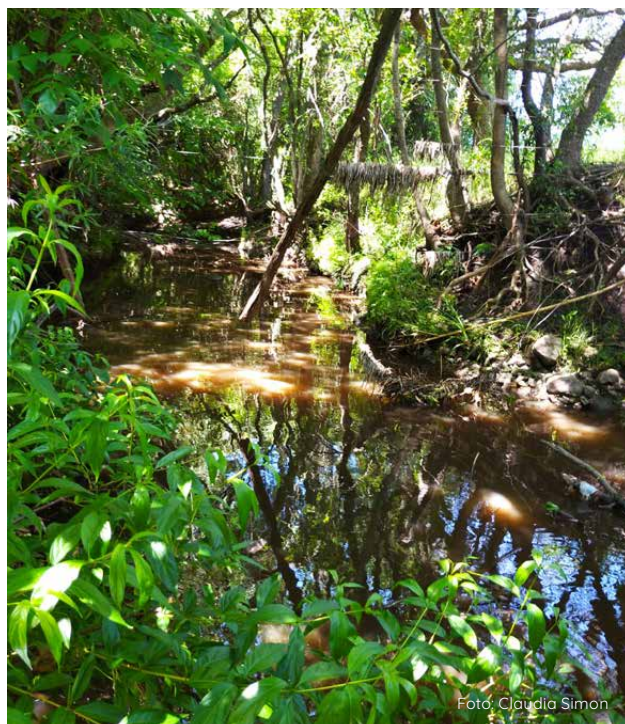
En INIA, y vinculado a esta temática, se destaca un proyecto que inició el presente año sobre sistemas lecheros, zonas de amortiguación y su efecto en la calidad de agua, en el que se estudiarán estas zonas desde aspectos sociales, territoriales, y experimentales. Así como la continuación de la línea de investigación vinculada a la mejora del cálculo de un buffer vertical para todo el país (Zarza *et al.*, 2022). Asimismo, se encuentran dentro de los catálogos de prácticas para promover las transiciones agroecológicas (Cazzulli *et al.*, en ese mismo número). Estos trabajos forman parte de una estrategia más amplia de INIA, que busca generar evidencia local para respaldar decisiones de política pública y mejorar las recomendaciones técnicas para los productores.

CONCLUSIONES

Las zonas de amortiguación son una herramienta clave para la conservación del agua y el suelo en sistemas agropecuarios, sobre todo en los más intensivos. Para maximizar su potencial, se recomienda avanzar hacia diseños tridimensionales adaptativos, que incorporen vegetación diversa, manejo activo del P acumulado, y herramientas de evaluación del desempeño a mediano y largo plazo. Su aplicación en Uruguay está comenzando a ser respaldada por normas específicas y evidencia científica incipiente pero prometedora. Sin embargo, para alcanzar su verdadero potencial, es necesario avanzar hacia una implementación más sistemática, adaptada a los distintos contextos productivos (teniendo en cuenta los sistemas con aplicación de agua para riego), y articulada con políticas de ordenamiento territorial, extensión y monitoreo ambiental. INIA tiene un rol protagónico en generar y transferir conocimiento que contribuya a una agricultura más sostenible, que cuide los recursos naturales sin comprometer la productividad.

REFERENCIAS

- Barreto, P., Ernst, O., Pérez Bidegain, M., & Perdomo, C. (2022). Effects of grazing, rotation, and tillage on surface runoff in a heavy textured Uruguayan soil. *Soil Science Society of America Journal*, 86(4), 1096-1112.
- Calvo, C., Rodríguez-Gallego, L., de León, G., Cabrera-Lamanna, L., Castagna, A., Costa, S., ... & Meerhoff, M. (2024). Potential of different buffer zones as nature-based solutions to mitigate agricultural runoff nutrients in the subtropics. *Ecological Engineering*, 207, 107354.
- Goyenola, G., Kruk, C., Mazzeo, N., Nario, A., Perdomo, C., Piccini, C., & Meerhoff, M. (2021). Producción, nutrientes, eutrofización y cianobacterias en Uruguay armando el rompecabezas. *Innotec*, 22(2021).
- Perdomo, C. (2016). Pérdidas de fósforo desde suelos agrícolas hacia aguas superficiales: resultados preliminares para Uruguay y posibles medidas de manejo para mitigar los riesgos. *Encuentro Sociedad Uruguaya de Ciencia del Suelo*. Presentación.
- Sharpley, A. N., McDowell, R. W., & Kleinman, P. J. (2001). Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant and soil*, 237, 287-307.
- Stutter, M., Wilkinson, M., & Nisbet, T. 3D buffer strips: Designed to deliver more for the environment. *Environment Agency, UK*. <https://www.gov.uk/government/publications>
- Zarza, R., Cal, A., Formoso, D., Medina, S., Rey, D., & Carrasco-Letelier, L. (2022). First delimitation and land-use assessment of the riparian zones at Uruguayan Pampa. *Ecological Informatics*, 71, 101781.
- Zhang, X., Liu, X., Zhang, M., Dahlgren, R. A., & Eitzel, M. (2010). A review of vegetated buffers and a meta-analysis of their mitigation efficacy in reducing nonpoint source pollution. *Journal of environmental quality*, 39(1), 76-84.



Arroyo El General, Colonia. Monte ribereño.



RIEGO EN URUGUAY: una herramienta clave para el crecimiento agropecuario y la sostenibilidad

Ing. Agr. Dr. Claudio García, Ing. Agr. MSc. Alvaro Otero,
Ing. Agr. PhD María Cristina Capurro

Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente

El desarrollo del riego en Uruguay se posiciona como una estrategia fundamental para mejorar la productividad, enfrentar la variabilidad climática y promover un uso eficiente del agua en los sistemas agropecuarios del país.

En los últimos años, el área de riego en Uruguay ha aumentado en forma importante a impulso de varios factores (ej. política pública, ley de inversiones, varios años de sequía, etc.). Si bien hay un crecimiento constante a partir del año 2010, más del 40 % de los equipos fueron adquiridos después de 2021, cuando el país experimentó tres años consecutivos de sequía (Figura 1).

Actualmente, Uruguay cuenta con aproximadamente 70.000 hectáreas con potencial para riego por aspersión (principalmente mediante pivote central), 205.000 hectáreas aptas para riego por inundación (principalmente en el cultivo de arroz), 7.800 hectáreas bajo riego por surcos en caña de azúcar, y cerca de 20.000 hectáreas en el área intensiva, que incluye

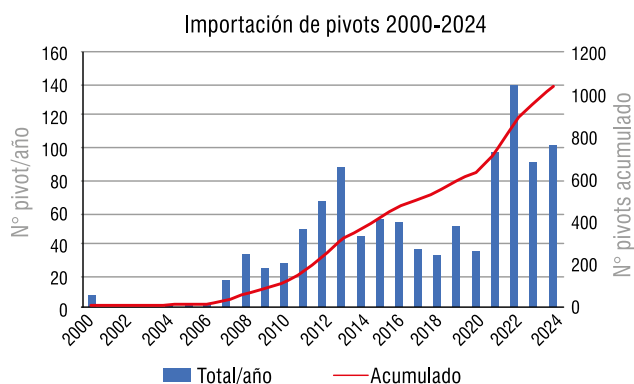


Figura 1 - Total de equipos importados por año en Uruguay. Fuente MGAP.

horticultura, fruticultura, citricultura y vitivinicultura. La Figura 2 muestra la distribución de las áreas de riego en el país según sistema productivo (MGAP, 2024).

La incorporación de sistemas de riego no solo responde a la necesidad de mitigar los efectos de la variabilidad climática, sino que también se ha consolidado como un motor de crecimiento económico y desarrollo para los establecimientos que adoptan esta tecnología.

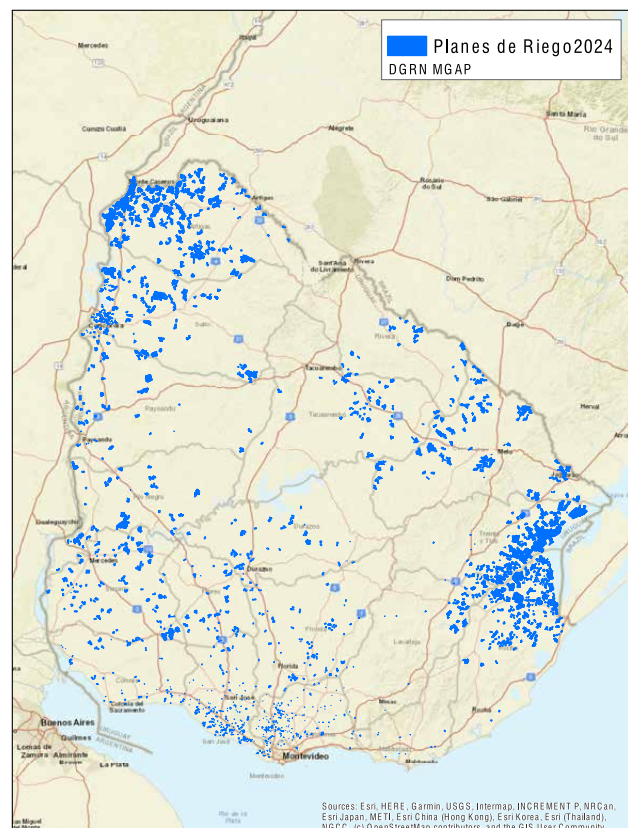


Figura 2 - Distribución de los planes de uso de suelo en áreas bajo riego en Uruguay. Fuente MGAP.

Desde 2005, Uruguay ha declarado la emergencia agropecuaria en 14 oportunidades debido a déficit hídrico, según datos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (www.mgap.gub.uy). Estas emergencias se han originado por sequías severas que han afectado diversas regiones y sectores productivos del país. Esta situación destaca la importancia de seguir difundiendo no solamente los resultados de la investigación sino también de experiencias exitosas, promoviendo la investigación en áreas bajo riego —intensivas y extensivas—, y generando información productiva a largo plazo que evidencie los beneficios económicos del sistema.

Productores de distintos rubros que utilizan riego coinciden en que se trata de una decisión estratégica, con un impacto directo en el rendimiento y la sostenibilidad de sus explotaciones.

Videos testimoniales sobre riego suplementario de cultivos y pasturas en Uruguay

Acceda AQUÍ

Los testimonios de quienes han implementado sistemas de riego en sus predios son contundentes:

"Al inicio fue para buscar estabilizar rendimientos y con el tiempo se pudo lograr además de la estabilidad, altos rendimientos. Esto no fue un proceso rápido porque se precisa aprendizaje, pero al final valió la pena". (Hernán Masoller).



Figura 3 - Ing. Agr. Hernán Masoller. Asesor técnico y productor del departamento de Soriano.

Evidentemente, el costo del proceso de aprendizaje en la adopción de estas nuevas tecnologías sería considerablemente menor si estuviera acompañado por la investigación y el desarrollo de políticas públicas que contemplen la difusión, la transferencia de conocimientos y la capacitación. De esta forma, la responsabilidad de asumir estos costos no recaería exclusivamente sobre los productores quienes, en muchos casos, no cuentan con la infraestructura, la logística adecuada ni los recursos necesarios. Además, no debería ser cada productor quien asuma en soledad el riesgo económico que implica esta transición tecnológica.

Se recomienda comenzar con experiencias piloto en áreas pequeñas, para facilitar la adopción del riego, especialmente entre productores sin experiencia previa.

“Aliento a que prueben el riego, con experiencias en pequeñas superficies, no solo para maximizar el área del potrero, sino para que la operación sea lo más cómoda posible. Esto facilita la capacitación del operario que va a regar por primera vez”. (Carlos Guinovart).



Figura 4 - Ing. Agr. Carlos Guinovart. Asesor técnico y productor del departamento de Salto.

“Los eventos cada vez son más frecuentes, tanto de sequía como de lluvias, pero para el caso de la sequía tenemos que hacer frente a este evento incorporando la tecnología del riego en el establecimiento como una rutina más convencional. Destaco la estabilidad que da al sistema, pero siempre teniendo en cuenta de hacer que las demás variables (fertilización, siembra, curas, etc.) se manejen en forma agronómicamente correctas de manera que el cultivo o pastura pueda expresar su potencial productivo”. (Marcela Rodríguez).

Ante el aumento de la frecuencia e intensidad de sequías, incorporar el riego como parte de la rutina productiva mejoraría la resiliencia y estabilidad.



Figura 5 - Ing. Agr. Marcela Rodríguez. Asesora técnica del departamento de Lavalleja.

“Si bien el riego es una herramienta más que está a disposición, no todos los sistemas productivos deben incorporar esta tecnología, ya que por diferentes motivos o circunstancias un proyecto de riego no sería la mejor solución para optimizar su estabilidad económica. El riego es un escalón más en el camino de incorporación tecnológica del sistema productivo, no es el único ni puede actuar aislado de otras variables de la función productiva”. (Federico Llambí).



Figura 6 - Ing. Agr. Federico Llambí. Asesor técnico del departamento de Rocha.

Se debe estudiar el proyecto de riego para cada situación productiva y para cada establecimiento y tipo de productor. Algunas situaciones requieren soluciones más simples y económicas a mejorar antes que la incorporación de un sistema de riego al establecimiento. En el caso de productores regantes que han tenido alguna experiencia ya sea como predio de validación o con ensayos de riego instalado en sus predios, manifestaron haber tenido buenas experiencias.

“Existe todo un aprendizaje más allá de la tecnología del riego, por ejemplo, la obligación de presentar el proyecto de uso de agua y plan de uso de suelos ante DINAGUA y el MGAP, respectivamente.” (Pablo Perdomo).

“El productor chico y mediano está bueno que pruebe en poca área para no arriesgar tanto si no tiene experiencia y además porque en general no se logra un resultado de la noche a la mañana, hay que aprender y conocer la tecnología.” (Alejo Perdomo).

La razón por la que se encuentran satisfechos con la incorporación del riego es que toman el control del agua y también de los resultados productivos porque son bastante predecibles y eso les da estabilidad. En todos los casos el riego ha permitido estabilizar la producción, reducir pérdidas por sequía y generar un sistema más resiliente frente al cambio climático.

La toma de decisiones en torno al riego ha ido evolucionando con el avance del conocimiento científico y las tecnologías de la comunicación, considerando que cada vez hay más herramientas técnicas que permiten a los productores evaluar la viabilidad y mejorar la eficiencia de esta práctica. A nivel nacional, INIA ha contribuido con investigaciones en riego y plataformas de datos que fortalecen la toma de decisiones racionales y ambientalmente responsables como es el caso del desarrollo del GESIR (GESTión Inteligente del Riego). La información generada de riego en los diferentes cultivos (intensivos y extensivos) ha podido ser sintetizada y recopilada en una herramienta simple



Figura 7 - Pablo Perdomo (arriba) y Alejo Perdomo (abajo). Productores ganaderos del departamento de Rocha.

disponible para los productores y técnicos asesores de manera libre y gratuita (https://gesir.inia.uy/modelos_inia/gesir/).

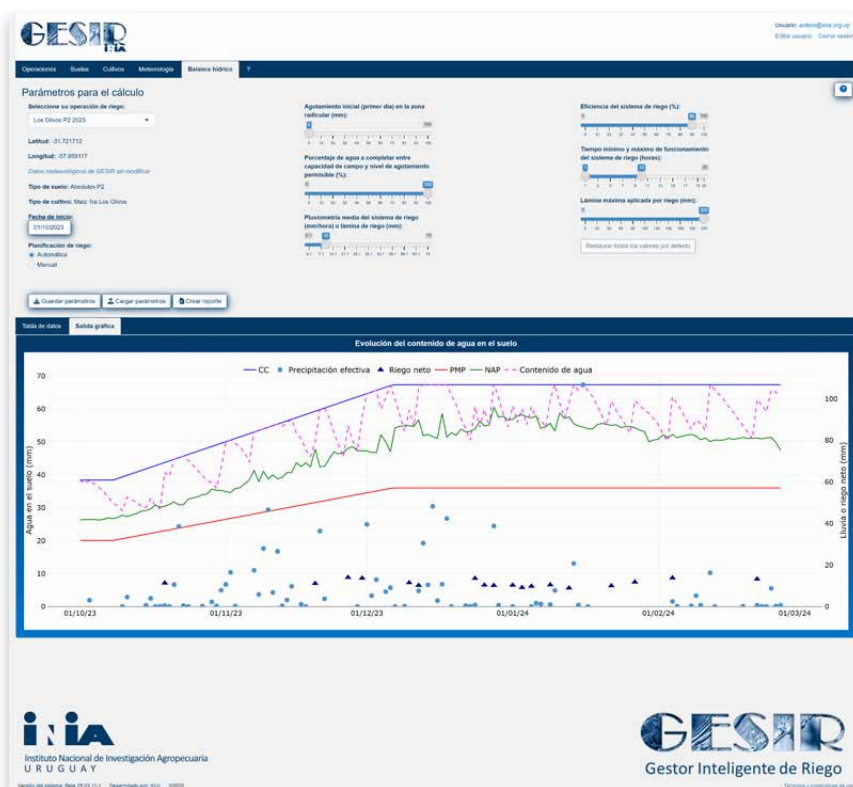


Figura 8 - Información de una zafra de riego monitoreada por el GESIR.

Este desarrollo informático de libre acceso y gratuito permite a cualquier usuario tener una planificación correcta de las necesidades de agua en el suelo para un cultivo dado. Con mínima información se puede estimar el balance de agua en el suelo de una parcela o predio en particular, ya que GESIR tiene cargado en su base de datos todos los mapas de suelo CONEAT, así como las características hídricas de los suelos dominantes del país y un número importante de pasturas y cultivos con datos de la investigación nacional. Cuenta además con un algoritmo para pronosticar las precipitaciones, los datos de coeficiente de cultivo de FAO 56 y por lo tanto, las necesidades hídricas del cultivo.

Desde una perspectiva macroeconómica, el impacto del riego sobre el PIB agropecuario también se hace evidente. Diversos estudios de CERES (2023 y 2024) y análisis económico de OPYPA (MGAP, 2015, 2023) muestran que las zonas con mayor adopción del riego tienden a registrar mayor productividad, empleo rural y valor agregado. Esto se traduce en un aporte tangible al crecimiento económico nacional, especialmente en un país donde el agro continúa siendo una columna vertebral de la economía.

Los resultados esperables en la hipótesis de regar 300.000 ha de pasturas o forrajes son contundentes. El impacto total por el aumento de producción haría crecer el PBI en 3 % con respecto a un escenario con el nivel de riego actual. La posibilidad de riego de esas 300.000 ha que proponen varios actores (CERES, RUU, INIA, etc.) exigiría baja inversión relativa y mínimo desarrollo de infraestructura en relación con el impacto que provocaría. Esto fue desarrollado por Otero et al. (2022) en la Revista INIA N° 70: “El desafío de regar pasturas en Uruguay”.

El sistema político en su conjunto ha reconocido públicamente —y así se ha escuchado durante los últimos seis meses— que el país lleva más de diez años estancado, con un crecimiento del PIB limitado al 1,4 %. Si bien la incorporación del riego en los sistemas productivos no representa la única solución para impulsar el crecimiento económico, hasta ahora no se ha presentado ninguna otra propuesta concreta que permita, aumentar el PIB de manera sostenible y sustentable.

Ampliar el riego a 300.000 hectáreas podría generar un impacto significativo en el PBI en el corto plazo.

Uruguay cuenta con recursos hídricos que están subutilizados; su uso para riego de pasturas en la ganadería permitiría obtener beneficios económicos sin necesidad de grandes inversiones.

La adopción del riego sigue siendo baja en relación con el potencial disponible y persisten barreras como la falta de conocimiento de técnicos y productores sobre el tema, sobre costos iniciales, mantenimiento de la infraestructura y también la necesidad de mayor difusión tecnológica.

El sistema político es consciente de que se precisa crecer (PIB más alto). Uruguay tiene las condiciones naturales, hay una amplia base del conocimiento técnico-científico para empezar a trabajar y la voluntad productiva para hacer del riego una herramienta estratégica no solo para aumentar la productividad, sino también para asegurar un desarrollo agropecuario más equitativo, resiliente y sostenible.

Se ha mencionado por parte de diferentes sectores, público y privado, la necesidad de que se tome alguna acción al respecto.

INIA puede contribuir a dar ese salto cualitativo y cuantitativo de la producción agropecuaria.

Existe investigación continua en riego de pasturas desde el año 2010 que sustentan el beneficio físico y económico en diferentes zonas ganaderas del país.

El desafío está planteado.

REFERENCIAS

Riego suplementario en cultivos y pasturas: primera parte. <https://www.youtube.com/watch?v=Zt5I4CR3hrY>.

Riego suplementario en cultivos y pasturas: segunda parte. <https://www.youtube.com/watch?v=YwtLI6m1ZPU&t=2s>.

Riego suplementario en cultivos y pasturas: tercera parte. <https://www.youtube.com/watch?v=AV6bTqvg0w>.

CERES, 2023. Informe especial. Riego y Productividad. Potenciales beneficios de la expansión del riego en Uruguay.

CERES, 2024. ¿Cómo impulsar al sector lácteo en Uruguay?. Beneficios e impacto económico del riego. Presentación en la Sociedad de Productores de Leche de Florida.

Marchelli, J. P.; Formoso, D.; García, C.; Otero, A. El desafío de regar pasturas Uruguay. Revista INIA N°70, setiembre 2022.pag: 39-42.



Vista aérea del ensayo de colza TT

COLZAS TT: una nueva herramienta para el manejo de malezas y herbicidas en cultivos de invierno en nuestros sistemas

Ing. Agr. PhD M. Alejandro García¹, Ing. Agr. PhD Tiago Kaspary¹, Téc. Agrop. Mauricio Cabrera¹, Aux. Inv. Raquel García¹, Aux. Inv. Felipe Carrasco¹, Téc. Agrop. Sebastián Díaz¹

¹Sistema Agrícola-Ganadero y Área de Pasturas y Forrajes

La disponibilidad de colzas TT en Uruguay habilita nuevas estrategias para el manejo de malezas en cultivos de invierno. Este artículo presenta los primeros resultados de investigación nacional sobre la tolerancia del cultivo a triazinas y la eficacia de distintos herbicidas, destacando oportunidades y desafíos para su adopción.

INTRODUCCIÓN

La colza se ha consolidado en Uruguay como una alternativa válida en la rotación de cultivos de invierno (DIEA, 2024). Su inclusión permite aprovechar diversos beneficios a mediano y largo plazo, en particular por tratarse de una especie no gramínea dentro de sistemas agrícolas donde predominan los cereales.

Uno de los principales aportes de este cultivo es la posibilidad de diversificar el manejo de malezas y herbicidas, lo que resulta clave para mantener bajo control el enmalezamiento y el banco de semillas en las chacras. La rotación con especies de distinto ciclo y arquitectura modifica las condiciones a las que deben adaptarse las malezas, al tiempo que amplía el espectro de herbicidas disponibles para su control.

Colza resistente a imidazolinonas (CL)

En Uruguay se dispone, desde hace algunos años, de variedades de colza tolerantes a imidazolinonas, una familia de herbicidas del grupo 2 (inhibidores de la enzima ALS; HRAC, 2024), comúnmente conocidas como colzas CL. Estas variedades permiten el uso de ingredientes activos como imazapir e imazapic durante el invierno, y además facilitan la rotación con cultivos estivales que también utilizan herbicidas de esta familia, sin generar restricciones para una posterior siembra de colza CL. Sin embargo, la creciente aparición de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas del grupo 2, como las observadas en los géneros *Conyza*, *Raphanus* y *Brassica* (Kaspary *et al.*, 2024; Baraibar *et al.*, 2024), refuerza la necesidad de seguir incorporando nuevas herramientas químicas que permitan diversificar las estrategias de control y mitigar el avance de estos biotipos resistentes.

Colzas resistentes a triazinas (TT)

Desde 2023 están disponibles en Uruguay variedades de colza resistentes a triazinas. Estas nuevas líneas toleran herbicidas inhibidores de la fotosíntesis (grupo 5), como simazina, terbutilazina y, en menor medida, metribuzin. Al tratarse de principios activos poco utilizados en cultivos de invierno en nuestro país, su incorporación representa una oportunidad para diversificar los mecanismos de acción en el manejo de malezas, especialmente aquellas resistentes a inhibidores de ALS.

El objetivo de este artículo es presentar esta nueva tecnología disponible en el país y compartir los primeros resultados generados por la investigación nacional.

ENSAYOS REALIZADOS EN INIA LA ESTANZUELA

Ensayo 2023

Durante el año 2023 se realizó un ensayo con la variedad de colza Renegade TT, en el que se evaluaron herbicidas de la familia de las triazinas (específicamente simazina y terbutilazina), así como la respuesta del cultivo al herbicida s-metolaclor. Este último, con buen control preemergente de raigrás, se presenta como un complemento interesante en estrategias integradas.

En este primer experimento no se observaron efectos fitotóxicos sobre el cultivo con ninguno de los tratamientos evaluados. En el área experimental predominaba ampliamente la bowlesia (*Bowlesia incana*), y en menor medida mastuerzo (*Coronopus didymus*), raigrás (*Lolium multiflorum*) y avena (*Avena* spp.).

Los tratamientos con simazina y simazina + s-metolaclor, aplicados en preemergencia, lograron niveles de control superiores al 80 % al momento de la floración del cultivo (Figura 1).



Figura 1 - Imágenes de los tratamientos correspondientes a: A) testigo sin aplicación, B) 2 kg/ha Simazina (90 %), C) 2 kg/ha Simazina (90 %) + 0.5 L/ha S-metolaclor (960 g/L) y D) 4 L/ha Paralelo 25 (Terbutilazina 250 g/L + S-metolaclor 250 g/L). Fotos: Mauricio Cabrera

Cuadro 1 - Tratamientos aplicados en el ensayo 2024. Los tratamientos correspondientes a la preemergencia se aplicaron el 14/05/2024 (tres días post siembra) y los tratamientos correspondientes a V4-V5 el 04/07/2024 (54 días post siembra).

Tratamientos en preemergencia del cultivo	Dosis por ha	Tratamientos en V4-V5 del cultivo	Dosis por ha	Código Tratamiento
Simazina (90 %)	2,2 kg			Sim
Metribuzin (480 g/L)	1 L			Met
Simazina (90 %) + S-metolaclor (960 g/L)	2,2 kg + 1 L			Sim+S-met
Terbutilazina (250 g/L) + S-metolaclor (250 g/L)	4 L			Terb+S-met
Simazina (90 %) + S-metolaclor (960 g/L)	2,2 kg + 1 L	Metribuzin (480 g/L)	1 L	Sim+S-met // Met
Simazina (90 %) + S-metolaclor (960 g/L)	2,2 kg + 1 L	Simazina (90 %)	2,2 kg	Sim+S-met // Sim
Simazina (90 %) + S-metolaclor (960 g/L)	2,2 kg + 1 L	Metribuzin (480 g/L) + Cletodim (240 g/L)	1 L + 0.8 L	Sim+S-met // Met+Clet

Ensayo 2024

En 2024 se llevó a cabo un segundo ensayo (Cuadro 1), también con la variedad Renegade TT, donde se simuló una alta infestación de malezas sembrando en la misma fecha una variedad comercial de rábano de cobertura (*Raphanus sativus*) y raigrás.

No se registraron pérdidas de plantas debido a los tratamientos herbicidas, obteniéndose densidades de entre 60 y 70 plantas por m² en la mayoría de los casos. La variedad mostró muy buena tolerancia a la aplicación en preemergencia de simazina y terbutilazina, con niveles de daño menores al 10 %, prácticamente imperceptibles sin un testigo para comparación. La adición de s-metolaclor tampoco incrementó el daño. Por su parte, el metribuzin aplicado en preemergencia causó daños algo mayores (alrededor del 20 %), consistentes con un enlentecimiento inicial en el desarrollo, aunque el cultivo logró superarlo. Sin embargo, las aplicaciones de metribuzin en postemergencia generaron síntomas evidentes de fitotoxicidad, con menor altura de planta y menor desarrollo foliar (Figura 2).

La colza TT demostró muy buena tolerancia a triazinas, y el herbicida metribuzin logró un excelente control de malezas, aunque con relativa fitotoxicidad cuando es utilizado en postemergencia.

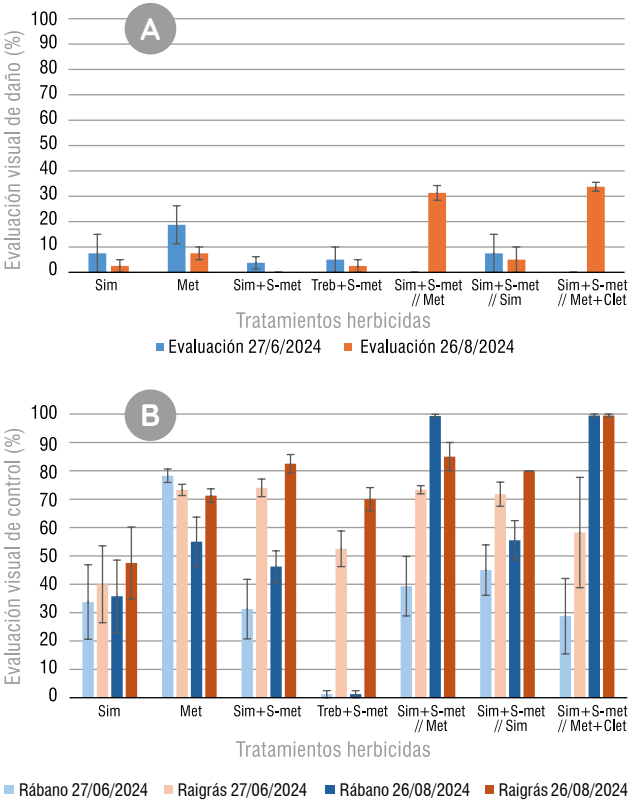


Figura 2 - Evaluación de daño al cultivo (a) y control de malezas (b) el 27/06/2024 (44 días después de la aplicación en preemergencia del cultivo) y el 26/8/2024 (104 y 53 días después de las aplicaciones en pre y postemergencia del cultivo, respectivamente).

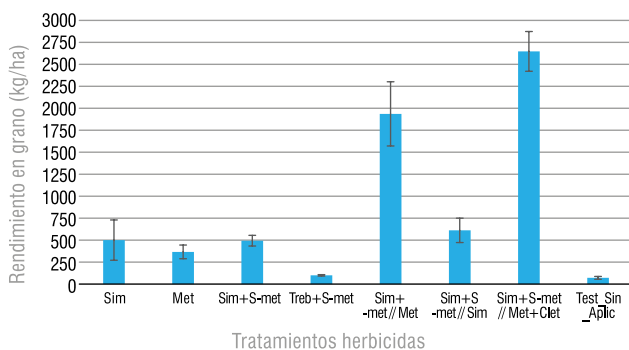


Figura 3 - Rendimiento de grano de colza (kg/ha) corregido al 8 % de humedad para los distintos tratamientos evaluados en el ensayo 2024.

La infestación artificial fue muy alta alcanzando 120 plantas/m² de raigrás y 20 plantas/m² de rábano. Los tratamientos con s-metolaclor en preemergencia presentaron buenos niveles de control de raigrás (aproximadamente 75 %). Para esta maleza, el metribuzin mostró mejor desempeño que la simazina o terbutilazina. En cuanto al rábano, el metribuzin logró los mejores controles, tanto en pre como en postemergencia, aunque con pérdida de eficacia hacia la segunda evaluación, en el caso de la aplicación en preemergencia. La terbutilazina, a la dosis utilizada, prácticamente no controló esta especie. En aplicaciones en postemergencia, la simazina no mejoró el control de rábano, pero sí levemente el de raigrás, mientras que los mejores controles de ambas malezas se lograron con metribuzin en postemergencia, aunque con los efectos de fitotoxicidad ya mencionados (Figura 2).

El alto nivel de enmalezamiento generado de forma intencional, junto con el control parcial alcanzado por la mayoría de los tratamientos, tuvo un impacto directo sobre el rendimiento final de los distintos tratamientos. Los mayores rendimientos se obtuvieron en las parcelas tratadas con metribuzin en postemergencia. Este resultado se asocia directamente con un mayor control de malezas en esas condiciones, a pesar de los síntomas de fitotoxicidad observados en el cultivo (Figura 3).

CONSIDERACIONES FINALES

Los ensayos realizados permitieron confirmar la excelente tolerancia de la variedad evaluada, y presumiblemente de otros materiales clasificados como TT, a herbicidas de la familia de las triazinas, específicamente simazina y terbutilazina. Esta característica representa una valiosa herramienta para ampliar el abanico de opciones en el manejo de malezas de invierno en sistemas agrícolas del país.

La simazina y la terbutilazina demostraron un efecto limitado (solo supresión) sobre el rábano, utilizado como maleza a altas densidades en este experimento. En cambio, el metribuzin logró muy buenos niveles

de control de esta maleza, sobre todo cuando fue aplicado en postemergencia. No obstante, su uso en esa etapa generó síntomas de fitotoxicidad que podrían comprometer el desarrollo del cultivo, por lo que se requiere mayor investigación para precisar su seguridad y consistencia en distintas condiciones.

Hasta la fecha de elaboración de este artículo no existen registros nacionales que autoricen el uso específico de simazina, terbutilazina o metribuzin en barbecho, preemergencia o postemergencia sobre variedades de colza TT. Por lo tanto, resulta clave avanzar en los procesos de evaluación y registro correspondientes, a fin de facilitar la adopción segura y efectiva de esta tecnología en los sistemas productivos.

BIBLIOGRAFÍA

DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Anuario Estadístico Agropecuario 2024. Montevideo, Uruguay: MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/diea/anuario2024>. Accedido: 16 de mayo de 2025.

HRAC. Clasificación global de modos de acción herbicidas (2024). Comité de acción para la resistencia a herbicidas. En inglés: Herbicide Resistance Action Committee. HRAC global herbicide MOA classification. <https://hracglobal.com/tools/2024-hrac-global-herbicide-moa-classification> Accedido: 16 de mayo de 2025.

Baráibar, N.; García, M.; Kaspary, T. E.; Mazzilli, S. 2024. Manejo de Brassica spp. tolerante a herbicidas. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. <https://www.inia.uy/manejo-de-brassica-spp-tolerante-herbicidas>. Accedido: 16 de mayo de 2025.

Kaspary, T. E.; Waller, M.; García, M.; Fernández, E.; García, M.A.; Cabrera, M. 2024. Conyzas resistentes a herbicidas: estado actual y opciones de manejo. Revista INIA N° 78 - Setiembre 2024. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17845/1/Revista-INIA-78-Setiembre-2024-7.pdf>. Accedido: 16 de mayo de 2025.



Figura 4 - Enmalezamiento y fitotoxicidad durante el estadio reproductivo del cultivo en función de los tratamientos utilizados: A) Sim; ; B) Sim+S- met//Sim; C) Sim+S-met//Met+Clet y D) Met , ensayo 2024.



Foto: Marco Parentelli

¿ESTAMOS INOCULANDO BIEN?

Resultados de la encuesta sobre prácticas de inoculación en soja y su posible vínculo con los bajos niveles de proteína

Ing. Agr. Juan Marco Parentelli¹,
Lic. Bioq. PhD Federico Rivas²,
Ing. Agr. Dr. Eduardo Abreo²,
Lic. Bioq. Mag. Claudia Barlocco²,
Ing. Agr. Dr. Sebastián Mazzilli³

¹Sistema Agrícola-Ganadero

²Bioinsumos

³Director, Sistema Agrícola-Ganadero

Una encuesta a productores agrícolas de distintas zonas de Uruguay permitió identificar fortalezas y debilidades en las prácticas de inoculación de soja, destacándose su posible impacto sobre la nodulación y los bajos niveles de proteína observados en el grano.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el sector agrícola ha manifestado una creciente preocupación por la disminución del contenido de proteína en el grano de soja, un aspecto clave para la calidad y el valor comercial. Este fenómeno se ha asociado a múltiples factores, como las condiciones climáticas, el tipo de suelo y su estado de conservación, el material genético utilizado y las prácticas de manejo agronómico. Entre estas últimas, la calidad del proceso de inoculación de la semilla con bacterias del tipo rizobios aparece como un punto crítico (aunque no el único), ya que de ella depende en gran medida la nodulación y, por tanto, la fijación biológica de nitrógeno (FBN), proceso esencial para el desarrollo del cultivo y la síntesis de proteínas.

En este contexto, desde INIA se llevó adelante una encuesta dirigida a productores agrícolas de diferentes zonas de país, con los objetivos de: i) relevar cómo se está realizando actualmente la inoculación, ii) identificar posibles desviaciones respecto a las recomendaciones técnicas y iii) explorar si ciertas prácticas pudieran estar asociadas a fallas en la nodulación de las plantas.

Este estudio previo se enmarca en el componente 3 del proyecto que se espera ejecutar próximamente, titulado “Factores genéticos, ambientales y de manejo que determinan el nivel de proteína en la soja de Uruguay”, cuyo propósito es profundizar en las causas de la variabilidad en el contenido de proteína y orientar estrategias de mejora a nivel nacional.

Cuadro 1 - Resumen de las preguntas realizadas a los encuestados y su resultado en porcentaje del área (promedio por productor).

Pregunta	Resultado en % del área (promedio por productor)
Origen de la semilla	
Propia	43
Etiquetada	57
Forma de inoculación	
En el predio	48
Pre-inoculada de forma industrial	51
Chacra con historial soja / sin inoculación	1
Inoculante utilizado	
Turba	15
Líquido	85
Otro	0
Condiciones de almacenamiento del inoculante ¿Toma precauciones para la conservación del inoculante?	
Si	87
No	13
Condiciones de almacenamiento de la semilla	
En galpones	72
En el campo	18
Ambiente controlado (temperatura, humedad)	10
¿Agrega curasemillas o agroquímicos a la semilla inoculada?	
Si	87
No	13
¿Agrega otros productos como bioestimulantes a la semilla inoculada?	
Si	36
No	20
A veces	44
¿Realiza evaluaciones de plantas para chequear la efectividad del proceso de inoculación?	
Si	41
No	59
Si ha tenido problemas en la nodulación ¿Tiene un diagnóstico de la causa?	
Si	16
No	84

ÁREA RELEVADA Y ORIGEN DE LA SEMILLA

El relevamiento abarcó una superficie total de 73.892 hectáreas y contó con 30 respuestas válidas sobre el total de los encuestados provenientes de diversas zonas agrícolas del país, lo que permitió evaluar una muestra representativa de distintas realidades productivas (Cuadro 1).

En cuanto al origen de la semilla utilizada, se observó un uso combinado entre semilla etiquetada (57 %) y semilla propia (43 %), lo que está en línea con lo reportado por el observatorio de oleaginosos llevado adelante por INIA en conjunto con la Mesa Tecnológica de Oleaginosos (MTO) (www.mto.org.uy/novedades/actividades). Este dato es relevante, ya que la semilla adquirida pre-inoculada o tratada en origen puede tener condiciones de conservación distintas respecto a la manipulada en el predio, lo que influye directamente en la viabilidad del inoculante y su efectividad.

TIPO Y FORMA DE INOCULACIÓN

Uno de los aspectos clave relevados en la encuesta fue cómo se realiza la inoculación de la semilla. En promedio, el 51 % del área sembrada por productor corresponde a semilla pre-inoculada de forma industrial, mientras que el 48 % se inocula directamente en el predio. Ambas estrategias están ampliamente adoptadas, aunque la inoculación en campo requiere especial cuidado en el manejo, almacenamiento y aplicación. El tipo de inoculante más utilizado es el líquido (85 %), seguido por la turba (15 %), sin registrarse aplicaciones al surco, en concordancia con la tendencia regional hacia productos de fácil uso y rápida acción.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Previo a la inoculación, es fundamental conservar adecuadamente el inoculante para garantizar la viabilidad de los rizobios. En este sentido, el 87 % de los productores manifestó tomar precauciones básicas para conservar el inoculante (evitando la exposición directa al sol, conservando en galpones frescos, etc.), lo que ayuda a mantener su efectividad.

En cuanto al almacenamiento de la semilla ya inoculada, el 72 % del área promedio por productor se conserva en galpones, práctica generalmente adecuada si se mantienen condiciones de sombra y temperaturas moderadas. Un 18 % se almacena en el campo, lo que representa un riesgo si no hay protección con sombra, y solo un 10 % en ambientes controlados, pese a su

La inoculación está ampliamente adoptada, pero hay fallas frecuentes en su manejo.

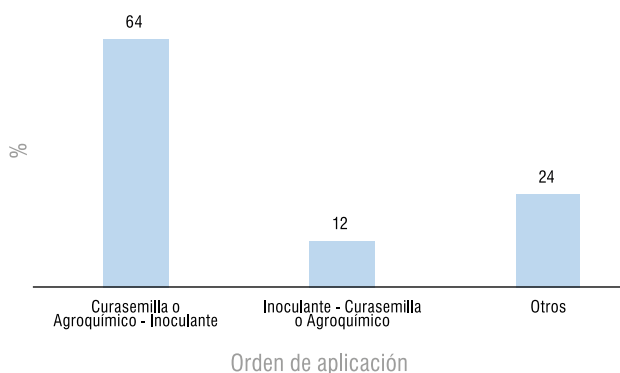


Figura 1 - Porcentaje de encuestados, según el orden de la aplicación del inoculante y curasemillas (u otros agroquímicos).

importancia para preservar la viabilidad del inoculante. Estos resultados muestran que, si bien las prácticas son en general aceptables, aún persisten condiciones que pueden afectar la supervivencia del inoculante y por ende la eficiencia de la FBN.

APLICACIÓN CONJUNTA CON OTROS PRODUCTOS

El proceso de inoculación puede verse comprometido cuando se utilizan fungicidas o insecticidas (curasemillas) u otros agroquímicos incompatibles con los rizobios (Beyhaut y Sicardi, 2013). Según la encuesta, un 64 % de los productores aplica primero los curasemillas y luego el inoculante, otro 12 % lo hace en el orden inverso, mientras que el resto aplica de otras formas: ambos productos en simultáneo, ya sea en compartimentos separados o incluso mezclados (Figura 1).

La combinación de productos puede afectar la viabilidad de los rizobios, por lo que es clave considerar la compatibilidad, el orden y el tiempo entre aplicaciones. Sin embargo, estos aspectos no siempre se manejan adecuadamente en el campo, ya sea por desconocimiento o falta de atención. El orden de aplicación correcto para generar el menor impacto negativo en los rizobios es primero aplicar el o los curasemillas y luego inocular (Campo y Hungría, 2000). Además, se observa un mayor uso de bioestimulantes y productos complementarios, que deben seleccionarse con cuidado para evitar interacciones negativas con los inoculantes y asegurar condiciones favorables para los rizobios.

TIEMPO TRANSCURRIDO ENTRE INOCULACIÓN Y SIEMBRA

El tiempo entre la inoculación y la siembra es clave para la viabilidad de los rizobios y la efectividad del proceso. Factores como temperaturas elevadas, falta de humedad y la exposición a la radiación solar, reducen drásticamente la supervivencia de estas bacterias. En el caso de semillas pre-inoculadas, este riesgo se incrementa si el intervalo de almacenamiento

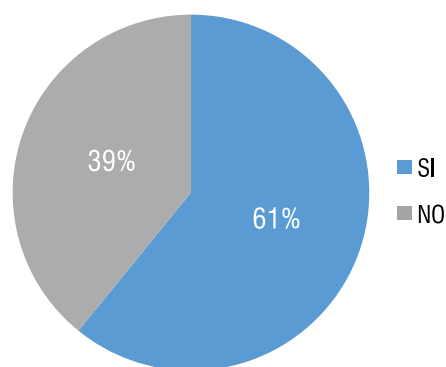


Figura 2 - Conocimiento del tiempo transcurrido desde la pre-inoculación hasta la llegada al predio.

es prolongado. Aproximadamente un 40 % de los productores encuestados desconocen cuántos días previos al momento de recibir la semilla se llevó a cabo la inoculación (Figura 2). Este es un riesgo importante de pérdida de eficacia en la fijación de nitrógeno, ya que, si el período transcurrido es de varios días, la concentración de rizobios viables sobre la semilla puede no ser suficiente para lograr el nivel FBN esperado.

Semilla pre-inoculada

En cuanto al período entre la recepción de la semilla pre-inoculada y la siembra, el 48 % del área relevada se sembró entre uno y tres días después, el 43 % luego de más de tres días, y solo el 9 % dentro de las 24 horas posteriores a la recepción (Figura 3). Este dato es relevante ya que, en muchos casos, como se comentó previamente, no se conoce con certeza cuántos días han transcurrido desde la inoculación industrial, lo que implica un riesgo de que la semilla se siembre fuera del período óptimo de efectividad del inoculante. Si a ese tiempo, se le suma lo que transcurre en el predio antes de la siembra, la viabilidad de las bacterias puede reducirse considerablemente.

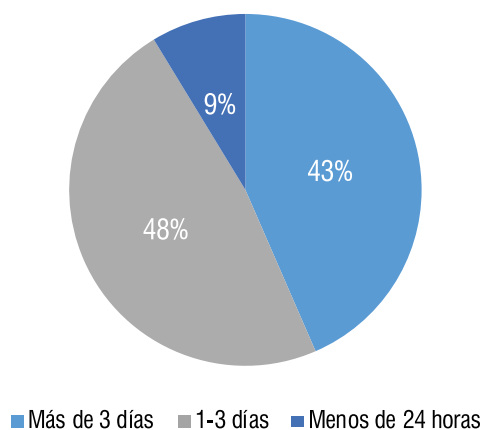


Figura 3 - Porcentaje del área según el tiempo transcurrido entre la recepción de la semilla pre-inoculada y la siembra.

El 43 % del área sembrada con semilla pre-inoculada lo hace luego de más de tres días desde la recepción, sin conocer la fecha exacta de inoculación: un riesgo subestimado para la fijación biológica de nitrógeno.

Inoculación en el predio

En el caso de la inoculación realizada en el establecimiento (Figura 4), la situación parece ser algo mejor para algunos factores, aunque no exenta de riesgos: el 32 % del área se siembra en menos de 24 horas, lo que se considera ideal. Sin embargo, el 63 % lo hace entre uno y tres días después, un período que puede ser aceptable solo si se asegura un almacenamiento adecuado de la semilla. Un 5 % siembra más allá de los tres días, lo que representa una ventana de mayor riesgo para la viabilidad del inoculante.

Estos resultados indican que, si bien muchos productores están dentro de márgenes aceptables, un manejo deficiente de las condiciones posteriores a la inoculación podría comprometer la efectividad del proceso, especialmente en escenarios de altas temperaturas, desecación y exposición directa al sol.



Foto: Pablo Torres

Semillas de soja inoculadas.

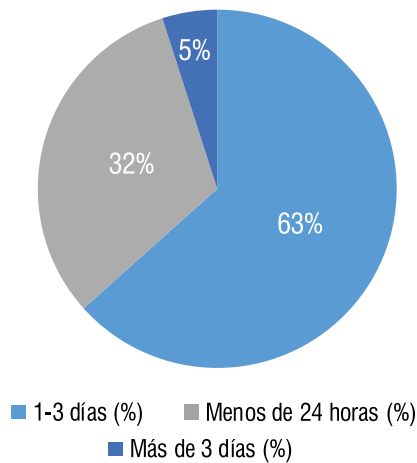


Figura 4 - Porcentaje del área de siembra según el tiempo transcurrido entre la inoculación en el predio y la siembra.

EVALUACIÓN DE LA NODULACIÓN EN CAMPO

La evaluación de la nodulación en campo es una práctica fundamental para validar la efectividad del proceso de inoculación y detectar posibles problemas que comprometan la FBN. Esta evaluación implica la extracción de plantas y la inspección visual de las raíces para verificar la presencia, cantidad y actividad de los nódulos.

Un hallazgo relevante fue que casi el 60 % de los encuestados no realiza evaluaciones sistemáticas de nodulación en plantas, por lo que no cuenta con información concreta sobre la efectividad del proceso. Solo una parte reportó haber detectado fallas en la nodulación, y entre las causas mencionadas se destacan: suelos con alto contenido de nitrógeno, condiciones muy secas al momento de la siembra, y compatibilidad limitada con ciertos curasemillas.

La falta de diagnóstico temprano dificulta determinar si la inoculación fue exitosa y/o identificar factores que puedan estar afectando negativamente la nodulación, tales como deficiencias de micronutrientes, compactación del suelo, salinidad o interacciones negativas con agroquímicos.

COMENTARIOS FINALES

La encuesta confirma una alta adopción de la práctica de inoculación de semillas con bacterias del tipo rizobios. Sin embargo, revela debilidades importantes en el manejo del proceso, como el almacenamiento inadecuado, el tiempo transcurrido desde inoculación a siembra, el uso combinado con otros productos sin un orden de aplicación adecuado, y la falta de

La coexistencia de múltiples productos en el tratamiento de semilla sin un orden técnico claro puede reducir la viabilidad de los rizobios y comprometer el resultado del proceso.

evaluación posterior. Además, sería recomendable incorporar monitoreos de nodulación, capacitar sobre la compatibilidad con ciertos tipos de agroquímicos y ajustar los tiempos de aplicación puede ser clave para mejorar la eficiencia del proceso.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

- La mayoría de los productores adopta la inoculación, con un uso casi equilibrado entre semilla pre-inoculada (51 %) e inoculación en el predio (48 %).
- El uso combinado de curasemillas y otros productos sin un orden de aplicación claro, así como la falta de evaluación de nodulación en campo (reportada por el 60 % de los productores), representan posibles cuellos de botella del proceso.

- El almacenamiento de semilla inoculada en condiciones no óptimas (18 % en campo, solo 10 % en ambiente controlado) y los intervalos prolongados entre inoculación y siembra, son factores de riesgo recurrentes.

- Estos resultados destacan la necesidad de mejorar aspectos puntuales del manejo para asegurar la efectividad de la inoculación y su impacto sobre la Fijación Biológica de Nitrógeno.

- Se requiere más investigación para determinar si hay una relación directa entre las fallas en la inoculación y la caída en los niveles de proteína, pero los datos preliminares indican que es una línea de trabajo relevante.

- Este trabajo es el primer paso hacia un proyecto mayor en el que buscaremos entender e incidir sobre los niveles de proteína en grano de soja a través de mejores prácticas agronómicas.

BIBLIOGRAFÍA

Beyhaut, E., Sicardi, M. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en soja: Compatibilidad entre curasemillas y rizobios. En Arroz-Soja: Resultados experimentales 2012-2013 (pp. 10-12). INIA. Serie Actividades de Difusión 713. ISSN: 1688-9258.

Campo, R. J., Hungria, M. (2000). Compatibilidad de uso de inoculante e fungicidas no tratamiento de semillas de soja (Circular Técnica N° 26). Embrapa Soja. ISSN: 1516-7860.



Foto: Eduardo Abreo

Cultivo de soja en parcelas.



Foto: Enrique Fernández

OPORTUNIDADES Y PERSPECTIVAS DE LA SOJA NO-GM EN URUGUAY

Lic., Magister en D.A.E., Mauricio Bruzzone¹,
Ing. Agr. MSc. Enrique Fernández²,
Ing. Agr. PhD. Bruno Lanfranco²

¹Estudiante de postgrado Dir. y Adm. de Empresas - UDE

²Unidad de Economía Aplicada - INIA

Este artículo resume algunos de los resultados de la tesis de maestría en Dirección y Administración de Empresas de la Universidad de la Empresa (UDE) del Lic. Mauricio Bruzzone. La investigación se enmarcó en el componente “Mercado de consumidores de soja no-GM” del proyecto INIA CS_49. El objetivo fue caracterizar el mercado de soja no transgénica (no-GM), su tamaño y potencial, estimar los resultados económicos esperados y evaluar la viabilidad del negocio para los agricultores uruguayos.

El mercado de soja no-GM

La producción mundial de soja no-GM ha venido creciendo en forma sostenida y a tasa creciente entre 2019 y 2023 (Cuadro 1), pasando de 45.185 a 51.214 kilotoneladas (13,3 %). Esto representó el 13 % de un total de 400 millones de toneladas de soja (GM + no-GM) producidas en 2023, en el planeta.

A pesar del papel predominante de América del Sur como exportador mundial de esta oleaginosa (50 %), contribuye solo con el 4 % de la producción no-GM global, la que representa el 1 % de su producción total de soja. América del Norte es la región líder en soja no-GM, con 20 mil kilotoneladas. Esto representa 16 % de su producción total (GM + no-GM) y 38 % de la producción no-GM mundial.

Cuadro 1 - Producción anual de soja no-GM por región y total, 2019-2023, en kilotoneladas (kt).

Región	2019	2020	2021	2022	2023
América del Norte	17.314	17.795	18.353	18.976	19.665
Europa	13.047	13.377	13.762	14.195	14.676
Asia-Pacífico	10.662	10.996	11.380	11.807	12.279
América del Sur	1.782	1.815	1.855	1.855	1.952
Oriente Medio y África	2.380	2.432	2.494	2.494	2.642
Producción Total (kt)	45.185	46.414	47.844	49.442	51.214
Crecimiento Anual	---	2,72 %	3,08 %	3,34 %	3,58 %

Nota: 1 kilotonelada (kt) = 1.000 toneladas.

Incluso las restantes regiones producen una mayor proporción no-GM que América del Sur, destacándose Europa con el 93 % (Cuadro 2).

En 2023, el valor del mercado de soja no-GM se estimó en USD 28.759 millones, previéndose un fuerte crecimiento (71 %) para 2030, cuando alcanzaría USD 49.235 millones. La mayor parte de este valor corresponde a aceite (45 %), continuando, por su orden, grano (31 %) y harina (24 %). El principal destino de la soja no-GM es el consumo humano (52 %) aunque admite otros usos (Cuadro 3).

La comercialización de soja no-GM se realiza de tres formas: indiferenciada (cultivos no-GM cuya

identidad no se conserva ni están certificados como tal), mixta (cultivos GM y no-GM mezclados, indiferenciados y etiquetados, si fuera necesario, como GM) o con identidad preservada (cultivos no-GM cuya identidad se conserva y certifica como IP). La referencia internacional para el precio FOB (*free-on-board*) considera las cotizaciones del mercado de futuros y opciones del *Chicago Board of Trade* (CBOT). Descontados los derechos y gastos de exportación se obtiene el precio local o FAS (*free-alongside-ship*). A pesar del crecimiento del mercado no-GM, estas cotizaciones (CBOT) no discriminan entre ambos tipos de soja y existen escasas fuentes de información disponible y actualizada para los productos no-GM.

Cuadro 2 - Producción mundial soja GM y no-GM por región, 2023, en kilotoneladas (kt).

Región	Producción 2023 (kt/año)			Exportación 2023	
	GM	No-GM	% no-GM	Total	%
América del Norte	100.834	19.665	16 %	52.313	43 %
Europa	1.034	14.676	93 %	4.688	30 %
Asia-Pacífico	20.907	12.279	37 %	182	1 %
América del Sur	221.862	1.952	1 %	112.905	50 %
Oriente Medio y África	3.093	2.642	46 %	853	15 %
Total (kt)	347.730	51.214	13 %	170.941	43 %

Nota: Las exportaciones incluyen GM y no-GM; los porcentajes son sobre producción total (GM+no-GM).

Cuadro 3 - Mercado mundial de soja no-GM según destino, 2019-2023, en millones de dólares (USD).

Destino	2019	2020	2021	2022	2023	2030
Consumo humano	11.611	12.299	13.081	13.979	14.973	25.545
Industria farmacéutica	6.202	6.549	6.945	7.399	7.901	13.561
Alimentación animal	4.645	4.899	5.187	5.519	5.885	10.129
Total no-GM	22.858	23.747	25.213	26.897	26.897	49.235

El valor del mercado de la soja no-GM ronda los USD 30 mil millones, previéndose que para 2030 alcanzaría casi USD 50 mil millones, 45 % como aceite, 31 % en forma de grano y 24 % como harina. Su principal destino es el consumo humano directo (52 %) aunque admite otros usos.

CHINA COMO CLIENTE POTENCIAL DE SOJA NO-GM

China podría ser un cliente con gran potencial aunque, en la práctica, el acceso presenta dificultades. Este país siembra unas 10 millones de hectáreas de soja no-GM para consumo humano (la soja GM no está autorizada), produciendo unos 20 millones de toneladas. Adicionalmente, importa 1,7 millones (2 % de su importación total de soja) mayoritariamente de Rusia, por frontera norte, con muy bajo costo de flete. Esta soja paga 30 % de arancel a precio CIF (USD 570 en 2022) inferior al obtenido por los productores chinos (USD 850, subsidiado por razones de seguridad alimentaria). Con un consumo anual de 18 millones de toneladas no-GM, China tiene cubierta su demanda doméstica, generando ocasionales excedentes.

MERCADO DE REFERENCIA PARA LA SOJA NO-GM

La escasez de información pública sobre la producción de soja no-GM vs GM en América del Sur, Europa y Asia y la significativa relevancia de Estados Unidos llevó a la consideración de este último como mercado de referencia. Alrededor del 85 % del área no-GM producida en Estados Unidos se realiza bajo contrato. El hecho de no contar con acuerdo previo en la totalidad del área plantada (15 % es plantada sin contrato) ha sido

señalado como causa de eventuales excedentes (~5 %) de soja no-GM a ser vendidos en el mercado regular, sin capturar el beneficio extra que podrían obtener con una prima estipulada por contrato.

En setiembre de 2022, el USDA, publicó un informe sobre soja no-GM a través de la USSEC (*United States Soybean Export Council*), titulado *Non-GMO Food Grade Soybeans Quantification Study*. Dicho informe, basado en información obtenida a través de una encuesta agrícola, reveló que la prima promedio estipulada para la soja no-GM con identidad preservada (IP) contratada fue USD 69,45 por tonelada en 2021, el mayor registro desde 2016. Esto supuso un incremento de 12,2 % en el precio recibido. El rendimiento promedio en chacra fue 3.813 kg/ha para el cultivo no-GM y 4.196 kg/ha para el de soja GM. El ingreso operativo bruto por hectárea sería de USD 2.435,10 para el cultivo no-GM y USD 2.388,28 para el GM. Esta diferencia, USD 46,8, en favor de la soja no-GM representa casi 2 %.

El costo de producción de soja no-GM superó al de soja GM en casi 10 %, alcanzando USD/ha 84,3. Este incremento correspondió a costos extras de limpieza de maquinaria y mayor uso de pesticidas, superando el menor costo en semilla, combustible y transporte. Como consecuencia, el margen operativo del cultivo GM fue USD/ha 1.534,5 en tanto que el no-GM reportó USD/ha 1.497. Esto resultó en una diferencia de USD/ha 37,5 (-2,4%) en favor del primero (Cuadro 4).

El acceso al mercado chino con soja no-GM presenta dificultades para Uruguay. China tiene cubierta su demanda doméstica y genera ocasionales excedentes, si bien importa 1,7 millones de toneladas no-GM mayoritariamente desde Rusia, con un costo de flete muy bajo.

Cuadro 4 - Resultado operativo del cultivo de soja GM y no-GM en Estados Unidos, año 2021.

Resultado	Soja no-GM	Soja GM	Diferencia (Δ)	
Precio de venta (USD/ton)	569,18	569,18	0,00	=
Prima o premio (USD/ton)	69,45	00,00	+69,45	↑
Rendimiento de chacra (kg/ha)	3.813	4.196	-383	↓
Ingreso operativo (USD/ha)	2.435,10	2.388,30	46,80	↑
Costo de producción (USD/ha)	938,10	853,80	84,30	↑
Margen operativo (USD/ha)	1.497	1.534,50	-37,50	↓

Nota: Estimaciones en base a datos de USSEC y MSC.

Cuadro 5 - Resultado operativo del cultivo de soja GM y no-GM en Uruguay, zafra 2021/22.

Resultado	Soja no-GM	Soja GM	Diferencia (Δ)	
Precio de venta (USD/ton)	533,0	533,0	0,0	=
Rendimiento de chacra (kg/ha)	2.799	2.799	---	=
Ingreso operativo (USD/ha)	1.491,9	1.491,9	0,0	=
Costo de producción (USD/ha)	714,1	616,1	98,0	↑
Margen operativo (USD/ha)	777,8	875,8	-98,0	↓
Prima de equilibrio (USD/ton)	35,0	---		

Nota: En Uruguay no existe un premio en el precio por plantar soja no-GM.

Si bien la diferencia no es grande, la prima establecida para la soja no-GM no logró equilibrar el diferencial en favor de las GM, surgida de un mayor rendimiento por hectárea y menores costos adicionales de esta últimas.

SOJA NO-GM EN URUGUAY

Para comparar el resultado operativo entre la soja no-GM y GM en Uruguay se consideró el mismo rendimiento promedio para ambos tipos (Cuadro 5).

La zafra de referencia fue 2021/22, que registró un rendimiento promedio de chacra de 2.799 kg/ha. Como precio de venta se utilizó el valor medio FOB para 2022/23 de USD 533 por tonelada, el mismo para ambos tipos de soja dado que no se cuenta con referencia de precios diferenciados en el mercado local. Al no existir un premio para la no-GM, el ingreso operativo que resulta es el mismo para ambos tipos de producción.

Para el cálculo de la estructura de costos de producción se utilizó como base información publicada por SOFOVAL (zafra 2021/22) para soja GM. Una práctica extendida en Uruguay combina el uso de semilla de producción propia con la compra de semilla etiquetada. El costo promedio de la semilla no-GM resultó un 8 % inferior al de la GM. El costo adicional de agroquímicos para la soja no-GM respecto a la GM (mayor número de aplicaciones y limpieza extra de maquinaria) se estimó en 14 %. Suponiendo una planta dedicada



Figura 1 - Materiales no-GM de INIA son evaluados en China pero Uruguay no consigue acceder a ese mercado.

La única manera viable de cultivar soja no-GM y participar de este creciente nicho de mercado sería bajo contratos de mediano o largo plazo con compradores extranjeros dispuestos a pagar una prima suficientemente atractiva como para inducir a los productores nacionales a optar por esta alternativa.

al procesamiento de soja no-GM, los procesos de logística y almacenamiento requieren infraestructura y procedimientos similares, por lo cual los costos en este rubro resultaron idénticos. Esto claramente podrá variar dependiendo del tipo de segregación (temporal o espacial) en el procesamiento (limpieza, secado, etc.) y almacenaje que finalmente se utilice y del volumen total procesado.

La comparación del resultado operativo entre ambos tipos de soja en Uruguay sugiere que la soja GM permite obtener alrededor de USD 100 más por hectárea a precios de la zafra 2022/23. Para obtener un margen de USD 876, similar al del cultivo GM, la producción no-GM debería recibir una diferencia USD 35 (+6,6 %) por encima del precio regular (USD 533) por tonelada. Esta prima de equilibrio es la que permite compensar los costos adicionales incurridos en la producción de soja no-GM, respecto al cultivo GM.

REFLEXIONES FINALES

La producción mundial de soja no modificada genéticamente (no-GM) ha venido creciendo a buen ritmo en los últimos años, constituyendo un importante nicho dentro del mercado mundial que alcanzó un valor de USD 26.897 millones en 2023. El segmento no-GM correspondiente a productos para el consumo humano directo es claramente el mayoritario, con 52 % del volumen físico. Los pronósticos indican que este nicho

seguiría creciendo, pudiendo alcanzar la cifra de 49 mil millones de dólares en 2030. Esto implicaría que la tasa anual de crecimiento debería acelerarse 3,5 % en forma constante.

Por razones de espacio, no es posible incluir aquí la discusión de varios puntos importantes que la investigación abordó en su análisis, como ser las características diferenciales de las variedades no-GM respecto a las GM, la percepción de los consumidores de distintas regiones, las regulaciones y normativas internacionales ambientales y de seguridad, los sistemas de segregación y certificación, entre otros aspectos. Todo esto puede encontrarse en el trabajo original de tesis que respalda este artículo.

Los resultados económicos para la soja no-GM en las actuales condiciones de mercado y producción, tanto en Uruguay como en el referente (Estados Unidos), sugieren que aun considerando rendimientos y costos fijos similares, el margen de beneficio esperado antes de impuestos es inferior al del tradicional producto GM. Uruguay produce soja exclusivamente para exportación. La única manera viable de cultivar soja no-GM y participar de este creciente nicho de mercado sería bajo la modalidad de contratos de mediano o largo plazo con compradores extranjeros dispuestos a pagar una prima suficientemente atractiva como para inducir a los productores nacionales a optar por esta alternativa.



Foto: Victoria Bonnedarrère

Figura 2 - China solo planta variedades de soja no-GM para consumo humano.



Foto: Irvin Rodríguez

BIOTECNOLOGÍA VEGETAL EN INIA: ciencia para el sector agropecuario

Autores:

Ana Arruabarrena¹, Carolina Tassano², Cecilia Monesiglio³, Diego Torres⁴, Juan Pablo Gallino², Juan Rosas^{2,5}, Marco Dalla Rizza², Mariana Menoni², Mario Giambiasi¹, Silvia Garaycochea², Victoria Bonnacarrère²

Funcionarios de biotecnología vegetal en INIA:

Ana Arruabarrena¹, Ana Lucía Britos¹, Belén Bonilla², Candela Yorio¹, Carolina Tassano², Cecilia Monesiglio³, Daniela Dieppa², Diego Torres⁴, Juan Pablo Gallino², Juan Rosas^{2,5}, Lauria Rogel², Marco Dalla Rizza², Mariana Menoni², Maribel Ceppa², Mario Giambiasi¹, Marlene Bentancor², Martina Villero³, Romina Rocha⁵, Sara Murchio^{2,6}, Silvia Garaycochea², Victoria Bonnacarrère², Wanda Iriarte²

¹INIA Salto Grande, ²INIA Las Brujas, ³INIA La Estanzuela, ⁴INIA Tacuarembó, ⁵INIA Treinta y Tres, ⁶En retiro

¿CÓMO LA BIOTECNOLOGÍA DE INIA CONTRIBUYE A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y AL SISTEMA I+D DE URUGUAY?

La biotecnología contribuye al sistema de producción de semillas haciendo más eficientes los programas de mejoramiento genético que generan mejores variedades. Las herramientas biotecnológicas utilizadas en INIA para este fin involucran el uso de marcadores moleculares, genómica, bioinformática y bioestadística para mejoramiento asistido, selección genómica, identificación varietal, y el descubrimiento de nuevos genes de interés agroalimentario, el cultivo de tejidos para propagación de materiales seleccionados y la edición génica para la variabilidad genética.

La biotecnología contribuye a la sustentabilidad de los sistemas productivos mediante el desarrollo de indicadores biológicos de salud del suelo y aportando al desarrollo de soluciones ambientalmente más sostenibles en el manejo de malezas, enfermedades e insectos.

La biotecnología genera productos y capacidades biotecnológicas disponibles para el sector y las empresas de I+D a través de patentes.

LA BIOTECNOLOGÍA VEGETAL EN INIA COMENZÓ HACE MÁS DE 30 AÑOS

En el año 1991 se crea la Unidad de Biotecnología del CIAAB en la Estación Experimental Las Brujas, con un importante apoyo del gobierno de Japón a través de JICA (Agencia Internacional de Cooperación de Japón). Por su localización, el énfasis de esta Unidad estaba en la producción frutícola y hortícola.

Cuando se crea INIA se decide estratégicamente fortalecer los trabajos en biotecnología, ampliando sus actividades a otros programas de mejoramiento (cultivos de secano, arroz, forrajeras, citrus, forestal). A partir de 1992, con el apoyo financiero del BID, se incorporaron nuevas metodologías en biología celular y molecular.

Con el transcurso del tiempo se desarrolló, en cada una de las estaciones experimentales de INIA, un laboratorio de biotecnología que abordaba soluciones vinculadas a las actividades llevadas a cabo en la estación experimental. Actualmente,

los cinco laboratorios de biotecnología de INIA, si bien mantienen un énfasis en los rubros productivos locales, trabajan en red para potenciar los aportes de los investigadores con formaciones disciplinarias específicas.

LA BIOTECNOLOGÍA VEGETAL EN CINCO GRANDES TEMAS

La biotecnología vegetal en INIA se estructura en los siguientes temas:

Marcadores moleculares en mejoramiento genético vegetal.

Genómica y bioinformática para la agricultura.

Cultivo de tejidos vegetales: cultivo de plantas en el laboratorio con diversas aplicaciones.

Edición génica: una herramienta para generar variabilidad genética con precisión.

Biotecnología aplicada a la protección vegetal y la sustentabilidad de los sistemas productivos.

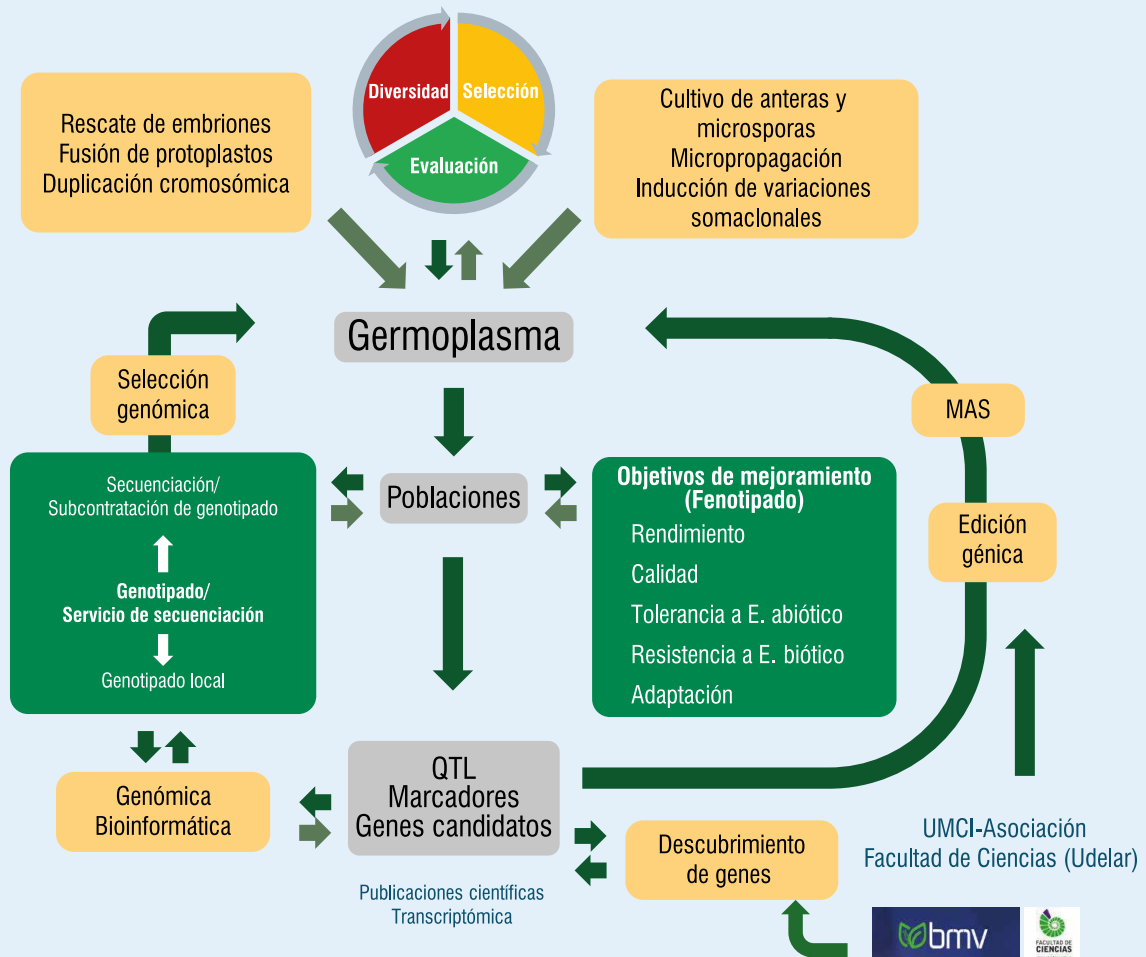
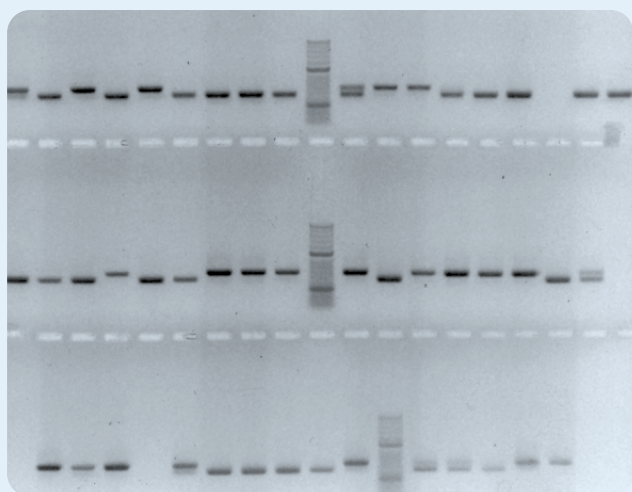


Figura 1 - Estrategia de usos de biotecnología en los programas de mejoramiento genético de INIA.

TEMA 1

MARCADORES MOLECULARES EN MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL

Los marcadores moleculares permiten analizar la molécula de ADN y, en particular, diferenciar individuos que portan diferentes versiones genéticas dentro de esta molécula. Cuando estas versiones del ADN están asociadas a diferentes comportamientos de los individuos frente a una



Electroforesis en gel de agarosa que muestra resultados de la Selección Asistida por Marcadores Moleculares para el gen de resistencia Sw5, que otorga al tomate resistencia a Tospovirus. Foto: Laboratorio de biotecnología INIA Salto Grande

¿QUÉ SON LOS MARCADORES MOLECULARES?

Un marcador molecular es un marcador genético que muestra diferencias en la secuencia de ADN (polimorfismos) con una localización cromosómica específica. Existen muchos tipos de marcadores moleculares, pero los más usados en los laboratorios de INIA son los SNP (del inglés, *Single Nucleotide Polymorphism*) que muestran diferencias en un nucleótido del ADN y SSR (del inglés, *Simple Sequence Repeat*) o microsatélites, que son secuencias repetidas cortas de ADN, altamente polimórficas y distribuidas en todo el genoma.

¿QUÉ ES LA SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES MOLECULARES O SAM?

La SAM permite seleccionar material genético en base a información de marcadores moleculares. Por ejemplo, si mediante marcadores se identifican genes de resistencia a una enfermedad, el o la mejorador/a seleccionará estos y no otros, sin necesidad de evaluar la respuesta a la enfermedad, directamente.

determinada característica, por ejemplo, plantas resistentes o susceptibles a una enfermedad, esta información se utiliza para seleccionar a los mejores. Esta metodología de selección se llama selección asistida por marcadores o SAM. De esta manera los marcadores posibilitan elegir individuos antes en el ciclo del cultivo y realizar menos ensayos a campo que pueden ser caros, poco precisos o consumir mucho tiempo.

Si bien las tecnologías de marcadores moleculares existen desde hace muchos años, hacer que sean accesibles para todos los programas de mejoramiento genético de manera rutinaria y que sean utilizadas como herramienta de selección no es trivial. La estrategia de INIA ha sido apostar a la generación de capacidades institucionales para el uso masivo y rutinario de marcadores moleculares en todos los programas de mejoramiento. Para este fin, recientemente, se ha fortalecido el equipo técnico en las diferentes estaciones experimentales y se ha adquirido equipamiento que permite automatizar procesos y acelerar las capacidades de genotipado (el genotipado es una forma genérica de llamarle a la caracterización de los genotipos en base a marcadores moleculares).

En el Cuadro 1 se muestran las características fenotípicas que están siendo seleccionadas por marcadores moleculares en los programas de mejoramiento de INIA.

Cuadro 1 - ¿Para qué usamos marcadores moleculares en los programas de mejoramiento de INIA?

Programa de mejoramiento	Los marcadores se usan para.....
Arroz	Identificar genes para adaptación a siembra temprana.
	Asistir en el desarrollo de híbridos.
	Seleccionar por mutaciones para resistencia a herbicidas.
	Identificar genes de aroma.
Trigo	Seleccionar por sensibilidad al fotoperíodo.
	Seleccionar por resistencia a enfermedades (roya de hoja, tallo y fusariosis).
	Seleccionar por fertilidad de la espiga.
	Seleccionar por vernalización.
	Seleccionar para altura de la planta.
Cebada	Seleccionar para fenología, fotoperíodo y dormancia.
	Seleccionar para altura y buena excersión.
	Seleccionar para resistencia a enfermedades.
Soja	Seleccionar por resistencia a roya.
	Identificar mutaciones que confieren resistencia a herbicidas.
Forrajeras	Caracterizar por estrés hídrico y rizomas en lotus.
	Identificar padres en familias de medio hermanos en festuca.
	Determinar el modo reproductivo de especies nativas de pasturas.
	Seleccionar por comportamiento fenológico en avena.
Especies hortícolas	Seleccionar por tolerancia a <i>Peronospora destructor</i> en cebolla.
	Seleccionar por color de fruto en frutilla. Identificar variedades INIA.
	Seleccionar genes de resistencia a virus, hongos y nemátodos y para el gen <i>CYC-B</i> relacionado al contenido de licopeno en fruto.
	Seleccionar por inmunidad a PVY y resistencia a nematodo dorado en papa.
Citrus	Caracterizar el tipo de reproducción (mono/poliembrionía).
	Seleccionar por gen Ruby (antocianinas en la pulpa del fruto).
	Seleccionar por resistencia al hongo <i>Alternaria alternata</i> .
	Identificar variedades generadas por INIA.
Especies frutícolas	Seleccionar por resistencia genética al mildiu de la vid.
	Identificar variedades de pera.
	Estudiar la compatibilidad genética.
Especies forestales	Control de la identidad genética en Eucalyptus y Pino .
	Caracterización genética de Eucalyptus.

TEMA 2

GENÓMICA Y BIOINFORMÁTICA PARA LA AGRICULTURA

En los últimos años, la secuenciación masiva ha revolucionado el mejoramiento genético vegetal al permitir el análisis del genoma con alta precisión y eficiencia. Para abordar el estudio de caracteres complejos, se utilizan principalmente dos enfoques: 1) la secuenciación de alta cobertura que permite un análisis detallado del genoma completo de individuos seleccionados y facilita la identificación de genes candidatos y 2) la secuenciación de baja cobertura que es ideal para caracterizar grandes poblaciones y generar marcadores moleculares. Para llevar a cabo estos análisis, es indispensable el uso de herramientas bioinformáticas, que permiten el procesamiento y alineamiento de las secuencias de ADN.

La información obtenida mediante estos abordajes puede aplicarse a distintos niveles del mejoramiento genético vegetal. Los datos de alta cobertura permiten diferenciar clones varietales e identificar genes candidatos, que luego pueden validarse y usarse en edición génica. Por su parte, la secuenciación de baja cobertura facilita la detección de marcadores SNP en todo el genoma, y puede aplicarse para selección asistida por *background* genético, identificación de líneas experimentales y cultivares, y selección genómica. Al combinar la información genómica con datos fenotípicos —como rendimiento, resistencia a enfermedades o calidad del grano— es posible localizar regiones cromosómicas asociadas a esas características.

¿QUÉ ES EL GENOMA, LA GENÓMICA Y LA BIOINFORMÁTICA?

El genoma es el conjunto completo de material genético —ADN— que posee un organismo o una especie. La genómica es la disciplina que se encarga de estudiar ese genoma en su totalidad, analizando su secuencia, estructura y organización para comprender cómo está codificada toda la información genética de un organismo.

La bioinformática es una disciplina que integra informática, biología y estadística para analizar datos biológicos —como ADN, ARN y proteínas— utilizando herramientas computacionales que permiten interpretar esta información en su contexto biológico.

Este método se conoce como mapeo asociativo o GWAS (del inglés *genome-wide association study*). Dependiendo de cuántos genes o regiones cromosómicas se encuentren asociadas a la característica de interés, los programas de mejoramiento podrán aplicar distintas estrategias de selección.

Las características determinadas por pocos genes pueden abordarse con SAM, como se mencionó antes.

¿QUÉ ES LA SECUENCIACIÓN MASIVA DE ADN?

El ADN se codifica en cuatro letras A, C, G y T, de acuerdo a las combinaciones de cuatro moléculas: adenina, citosina, guanina y timina. La secuenciación masiva es una metodología que permite leer millones de fragmentos de ADN al mismo tiempo, de forma rápida y precisa.



Monitoreo de procesos bioinformáticos utilizados en el análisis de información genética, clave para la investigación.

¿QUÉ SON LAS CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS, LOS QTL Y LA SELECCIÓN GENÓMICA?

La mayoría de las características de interés en el mejoramiento son cuantitativas, es decir, varían de forma continua entre los materiales evaluados. Esto se debe a que el fenotipo está influido por muchos genes de pequeño efecto, sus interacciones y el ambiente. Aunque no siempre se conocen los genes específicos, es posible identificar regiones del genoma que afectan estos rasgos, conocidas como QTL (*quantitative trait loci*). La selección genómica es una herramienta de la genética cuantitativa que permite predecir el valor genético de los materiales en evaluación. A través de modelos estadísticos que integran datos genómicos, de parentesco, ambiente y manejo, facilita una selección más precisa desde etapas tempranas, optimizando el uso de tiempo y recursos en el desarrollo de cultivares.

Sin embargo, muchas características de interés en el mejoramiento genético son complejas y están influenciadas por muchas regiones del genoma, llamadas QTL (locus de rasgo cuantitativo, *quantitative trait locus*). En estos casos, se recurre a la selección genómica, que utiliza información de todo el genoma para identificar los materiales con mayor valor genético, ya sea para desarrollar nuevos cultivares o para hacer cruzamientos más eficientes.

Un ejemplo de la aplicación de estas estrategias en el mejoramiento genético de cebada es el trabajo que se está realizando para caracterizar la arquitectura genética de la calidad maltera mediante herramientas genómicas. Este estudio permite caracterizar genéticamente muchos individuos de forma eficiente y económica. Al vincular estos datos con información de calidad maltera, es posible identificar regiones cromosómicas clave y desarrollar marcadores para aplicar SAM en etapas tempranas.

La estrategia de selección genómica se está utilizando en soja para un objetivo desafiante como es aumentar el contenido de proteína en el grano sin disminuir el rendimiento ni el contenido de aceite.

Genómica y bioinformática para la agricultura (artículo en Revista INIA)

Acceda **AQUÍ**

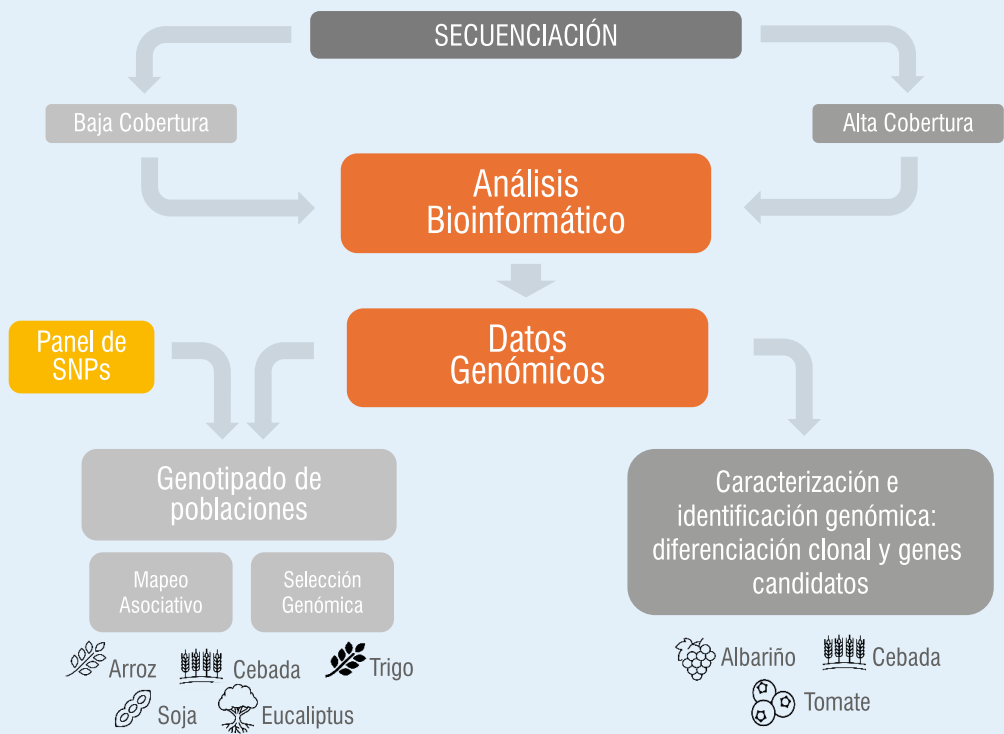


Figura 2 - Aplicación de herramientas genómicas y bioinformáticas en el mejoramiento genético de cultivos.

TEMA 3

CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES: CULTIVO DE PLANTAS EN EL LABORATORIO CON DIVERSAS APLICACIONES



Fotos: Irvin Rodríguez

El cultivo *in vitro* es una herramienta fundamental en varios programas de mejoramiento genético y en la producción de plantas con alta calidad genética y sanitaria. A continuación, se enumeran las aplicaciones de esta tecnología en INIA.

APLICACIONES DE CULTIVO DE TEJIDOS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL

El cultivo *in vitro* permite superar varias limitantes comunes en los programas de mejoramiento genético, como la baja tasa de reproducción en algunas especies, la dificultad para obtener híbridos viables y la lentitud en el avance de las generaciones. Además, esta técnica sirve como base para otros avances biotecnológicos, como la generación de diversidad mediante cultivos celulares y la edición génica, que permiten modificar y optimizar características de las plantas con mayor precisión. Las técnicas más utilizadas en INIA son:

- **Duplicación cromosómica:** permite obtener plantas poliploides que tienen más de dos juegos de cromosomas, las que presentan diferentes ventajas agronómicas. Estas características pueden aprovecharse en distintos programas de mejoramiento genético para ser utilizadas como parentales o directamente como nuevas variedades.
- **Cultivo de anteras y micrósporas:** este método permite obtener plantas haploides dobles, lo que acelera el desarrollo de líneas puras de especies autóгамas y mejora la eficiencia en la selección de nuevas variedades.
- **Rescate de embriones:** se utiliza para recuperar embriones que normalmente son inviables, facilitando la obtención de híbridos entre especies o variedades con características deseables.

• **Inducción de variaciones somaclonales:** a partir del cultivo celular prolongado se generan plantas con mutaciones al azar, las cuales pueden ser útiles para mejorar alguna característica agronómica de interés.

MULTIPLICACIÓN RÁPIDA DE PLANTAS LIBRES DE PATÓGENOS

En la multiplicación vegetativa tradicional, los patógenos presentes en el material madre se transmiten a las siguientes generaciones. Sin embargo, en el cultivo *in vitro*, se trabaja con meristemos, que son los tejidos más jóvenes y libres de patógenos, evitando la transmisión de enfermedades. El proceso se realiza en condiciones estériles dentro del laboratorio, lo que impide la contaminación durante la regeneración de las plantas. De esta manera, es posible obtener plantas sanas y libres de patógenos, garantizando una propagación limpia y eficiente de las variedades. Entre las enfermedades más comunes que esta herramienta ha permitido superar se encuentran los virus de papa y ajo, los virus y viroides que afectan a los frutales, así como diversos hongos que perjudican la frutilla, entre otros.

Además de garantizar la obtención de plantas sanas, el cultivo *in vitro* permite la multiplicación rápida de material vegetal, asegurando la producción de plantas homogéneas, con características genéticas consistentes y de alta calidad sanitaria. Un ejemplo claro de esta aplicación es la micropropagación clonal de especies forestales, donde el cultivo *in vitro* permite la rápida multiplicación de árboles de alto valor comercial, asegurando un material de plantación homogéneo y libre de patógenos.

¿QUÉ ES EL CULTIVO IN VITRO?

El cultivo *in vitro* es una técnica biotecnológica que permite el desarrollo de plantas en condiciones controladas de laboratorio. A partir de fragmentos vegetales (explantes), es posible regenerar plantas completas mediante el uso de medios de cultivo estériles con nutrientes específicos. Esta metodología es fundamental para la eliminación de patógenos, propagación masiva, conservación de germoplasma y el mejoramiento genético.

CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA

La preservación de la diversidad genética es esencial para el desarrollo de cultivos adaptados a condiciones cambiantes y resistentes a diversas amenazas, como plagas y enfermedades. El cultivo *in vitro* permite la conservación *ex situ* y posterior utilización de germoplasma de alto valor agronómico. INIA mantiene en un banco de germoplasma *in vitro* una colección de más de 1.000 materiales genéticos, que se conservan en condiciones controladas de laboratorio, utilizando medios de cultivo adecuados y almacenados a bajas temperaturas para asegurar su viabilidad a largo plazo.

Cuadro 2 - Aplicaciones de cultivo in vitro en diferentes especies.

Cultivos	Mejoramiento Genético					Multiplicación de plantas libres de patógenos	Conservación
	Duplicación cromosómica	Cultivo de anteras	Rescate de embriones	Variaciones somaclonales	Edición genómica		
Ajo							
Arroz							
Arándano							
Boniato							
Cebolla							
Durazno							
Citrus							
Eucaliptus							
Manzana							
Nativas							
Papa							
Paspalum							
Peral							
Tomate							
Soja							
Trigo							

TEMA 4

EDICIÓN GÉNICA: UNA HERRAMIENTA PARA GENERAR VARIABILIDAD GENÉTICA CON PRECISIÓN

La biotecnología contribuye a los programas de mejoramiento genético de soja, tomate, cítricos, trigo y especies forrajeras generando variabilidad o combinaciones novedosas de alelos a través de la Edición Génica (EG) en líneas avanzadas o cultivares élite.

Generar variabilidad utilizando la EG tiene varias ventajas, entre las cuales se destaca la capacidad de modificar un gen específico para todos los alelos presentes, incluso para especies poliploides como trigo y Paspalum. A diferencia de las mutaciones inducidas por agentes químicos o irradiaciones, cuando se utiliza la EG, se sabe exactamente dónde se produce el cambio en la secuencia de ADN y se evitan efectos no deseados producto de mutaciones inespecíficas.

En INIA, en colaboración con el Laboratorio de Biología Molecular Vegetal de la Facultad de Ciencias (Udelar), se utiliza EG en soja con el objetivo de generar soja con mayor valor nutricional. Para eso se están generando mutaciones en genes que cambian el perfil de aminoácidos y reducen el contenido de factores antríntricos, como la aglutinina, la estaquiosa y la rafinosa. Estos primeros trabajos se realizaron en genotipos de referencia y actualmente se está trabajando para lograr editar los mismos genes en cultivares élite del programa de mejoramiento genético de INIA. En tomate y mandarinas, se utiliza la EG para obtener frutos con color rojo intenso y mayor contenido de licopeno mediante la modificación

del gen de la enzima licopeno β -ciclase en ambas especies (Figura 3). Además, se está trabajando para comenzar a implementar esta herramienta también en cultivares élite de trigo y cebada.

La EG ha permitido lograr, en tomate, la combinación de hábito de crecimiento indeterminado con alto contenido de licopeno en frutos, dos caracteres que no se logran combinar utilizando mejoramiento convencional, ya que los genes responsables de estas características se encuentran estrechamente ligados.

¿QUÉ ES LA EDICIÓN GÉNICA?

La edición génica es una herramienta que permite realizar modificaciones específicas en los genes y generar características fenotípicas nuevas o difíciles de lograr mediante cruzamientos. Esta herramienta permite generar combinaciones génicas o variantes deseadas en cultivares o líneas élite de mejoramiento que son de interés para INIA.

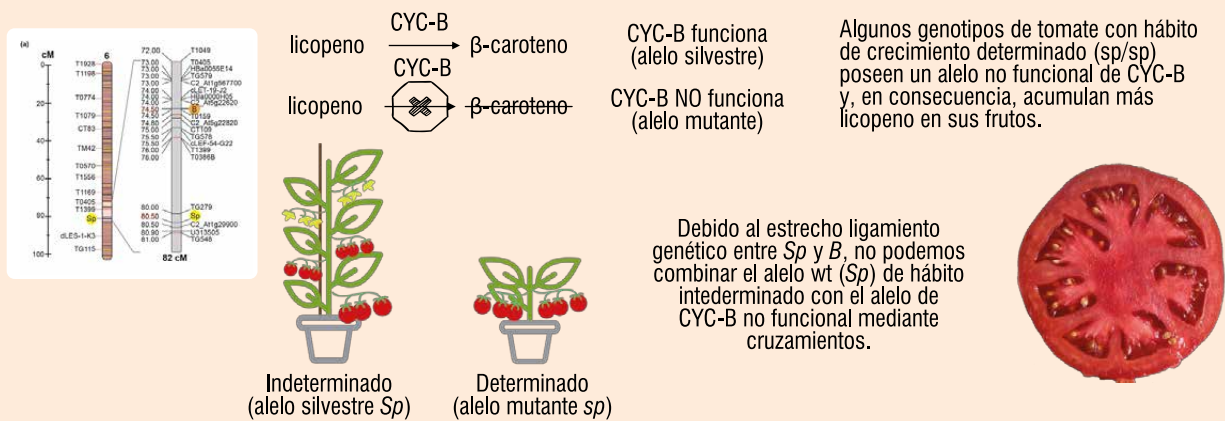


Genotipado



Edición génica en soja. En el panel superior se observan plantas de soja editadas regeneradas en cultivo *in-vitro* y posteriormente aclimatadas en maceta bajo condiciones controladas de invernáculo. En el panel inferior se muestra un ejemplo de resultado obtenido del genotipado de plantas editadas. Se observa una mutación puntual en el ADN con respecto a la referencia en la región esperada, que se traduce en un cambio en la composición de aminoácidos de la proteína expresada.

En el cromosoma 6 del genoma del tomate se encuentran los loci Sp y B a una distancia genética muy cercana, por lo que resulta muy difícil que recombinen durante la meiosis generando nuevas combinaciones de alelos. El locus Sp controla el hábito de crecimiento de la planta de tomate mientras que el locus B determina la capacidad de transformar el licopeno en β -caroteno.



Utilizando Edición génica, se logró generar alelos no funcionales de CYC-B en plantas de tomate con el alelo wt (Sp) de hábito indeterminado. Estas plantas acumulan mayor contenido de licopeno en sus frutos.



licopeno $\xrightarrow{\text{CYC-B}}$ β -caroteno



licopeno $\xrightarrow{\text{CYC-B}}$ β -caroteno



Además, estos frutos tienen una maduración poscosecha con un desarrollo de color rojo más homogéneo e intenso y una mayor tolerancia al daño causado por bajas temperaturas durante la conservación.



4 días a 25°C luego de la cosecha

WT

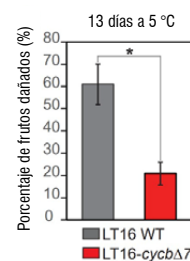


Figura 3 - Edición génica en tomate.

TEMA 5

BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA PROTECCIÓN VEGETAL
Y LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

La biotecnología en INIA, a través del uso de herramientas moleculares como PCR, RT-PCR, ARN de interferencia y genómica, realiza importantes aportes vinculados a la fitopatología, entomología, manejo de malezas y salud de suelos.

FITOPATOLOGÍA

En los últimos años la biotecnología ha brindado herramientas claves a la fitopatología, ofreciendo alta precisión en la detección, identificación y caracterización de hongos, bacterias, fitoplasmas y nemátodos que afectan a los cultivos. Mediante el uso de técnicas moleculares como PCR, secuenciación de ADN y análisis genómicos, es posible caracterizar y reconocer patógenos con un nivel de exactitud muy superior al de las metodologías tradicionales, permitiendo actuar en etapas tempranas de las enfermedades y reducir así su impacto en la producción. Además, estas herramientas permiten ampliar el conocimiento sobre sus mecanismos de patogenidad, adaptación y resistencia. Este conocimiento contribuye al diseño de estrategias de control más eficaces y sostenibles, adaptadas a las particularidades de cada patógeno y sistema productivo.

ENTOMOLOGÍA

La biotecnología ha fortalecido de manera significativa el trabajo en entomología en INIA, proporcionando herramientas de alta precisión para la identificación de insectos, tanto plagas como especies benéficas. A través de técnicas como el *DNA barcoding* (código de barras de ADN) y el análisis molecular del contenido intestinal, es posible identificar taxones con gran exactitud, incluso en etapas inmaduras o cuando las características morfológicas no permiten un diagnóstico confiable.

¿QUÉ ES LA METAGENÓMICA?

Es la disciplina que estudia el ADN total extraído directamente de un ambiente, analizando la estructura y función de las secuencias de todos los organismos presentes (principalmente microorganismos).



Visualización de ADN durante la etapa de precipitación en un protocolo de extracción.

Foto: Cecilia Monesiglio

Además de mejorar la identificación, estas metodologías permiten comprender mejor las interacciones ecológicas, como la detección de presas consumidas por depredadores o la confirmación de virus y fitoplasmas en insectos vectores. Este conocimiento es clave para diseñar estrategias más eficaces de manejo integrado de plagas y para fortalecer programas de conservación de enemigos naturales.

Por último, se ha trabajado en el desarrollo de ARNi como herramienta para combatir la chinche de la soja (Figura 4).

CARACTERIZACIÓN DE MALEZAS

La aplicación de técnicas moleculares como la PCR y la secuenciación de ADN permite identificar especies de malezas en estados iniciales de crecimiento, o cuando no presentan características morfológicas claras. Estas herramientas también hacen posible detectar genes asociados a rasgos de interés agronómico, como la resistencia a herbicidas, por ejemplo, a glifosato, inhibidores de ALS (acetolactato sintetasa) y otros modos de acción. De este modo, el laboratorio realiza extracción de ADN de las malezas con posterior PCR y

Cuadro 3 - Aplicaciones de biotecnología para la sostenibilidad ambiental.

Área	Aplicación	Técnica utilizada
Fitopatología	Piricularia en trigo.	PCR convencional
	Detección de marchitez bacteriana, PVY y nemátodos del género Globodera en papa.	
	Control de <i>Piezodorus guildinii</i> en soja.	
	Caracterización genómica de hongos del género <i>Diaporthe</i> , agentes del cancro del tallo en soja.	ARNi
	Caracterización genómica de bacterias de la género <i>Pseudomonas</i> , patógenas del peral.	
	Caracterización de <i>Candidatus Liberibacter</i> , responsable del HLB de los citrus.	
	Identificación de TYLCV, ToMV y TSWV en tomate.	Genómica
	Identificación de <i>Spiroplasma kunkelii</i> , MRFV, MSMV y phytoplasma en maíz.	
	Identificación de hongos de corona en frutilla.	
Entomología	Identificación de insectos plaga: Epicauta, Astylus, Acyrthosiphon, Aphis, Therioaphis y Piezodorus en alfalfa; Phytomyza en canola; Brevicoryne, Myzus, Armadillidium y Plutella en colza; Dalbulus y Helicoverpa en maíz; Rhopalosiphum y Spodoptera en raigrás; Melanagromyza, Anticarsia, Rachiplusia, Caliothrips, Tetranychus en soja; Bradysia y Xyleborus en especies forestales.	PCR convencional y RT-PCR
	Identificación de insectos benéficos como Coccinellidae, Dolichopodidae, Muscidae, Syrphidae, Tachinidae, Chrysopidae, Phlaeothripidae, Braconidae, Encyrtidae, Eulophidae y Thomisidae en cultivos hortícolas y Citrus.	
	Análisis de contenido intestinal para confirmar depredación de <i>Diaphorina citri</i> .	
	Determinación de infectividad de patógenos del achaparramiento del maíz en <i>Dalbulus maidis</i> .	Secuenciación Sanger
Caracterización de Malezas	Identificación de insectos plaga: Epicauta, Astylus, Acyrthosiphon, Aphis, Therioaphis y Piezodorus en alfalfa; Phytomyza en canola; Brevicoryne, Myzus, Armadillidium y Plutella en colza; Dalbulus y Helicoverpa en maíz; Rhopalosiphum y Spodoptera en raigrás; Melanagromyza, Anticarsia, Rachiplusia, Caliothrips, Tetranychus en soja; Bradysia y Xyleborus en especies forestales.	DNA Barcoding
	Identificación de insectos benéficos como Coccinellidae, Dolichopodidae, Muscidae, Syrphidae, Tachinidae, Chrysopidae, Phlaeothripidae, Braconidae, Encyrtidae, Eulophidae y Thomisidae en cultivos hortícolas y Citrus.	
Metagenómica para la Salud de suelo	Impacto de la intensificación agropecuaria en el microbioma del suelo.	Sonda TaqMan
	Efecto de cultivos de cobertura en la salud del suelo.	PCR convencional y Sonda TaqMan
Caracterización de Malezas	Identificación de mutaciones en el gen ALS.	PCR convencional
	Identificación de especie (<i>Amaranthus hybridus</i> , <i>A. tuberculatus</i> , <i>A. palmeri</i>).	
Metagenómica para la Salud de suelo	Impacto de la intensificación agropecuaria en el microbioma del suelo.	Secuenciación masiva de amplicones de genes 16S rRNA e ITS
	Efecto de cultivos de cobertura en la salud del suelo.	Secuenciación masiva de metagenoma completo (shotgun)

secuenciación Sanger en busca de estos sitios de acción mutados, pudiendo confirmar por biología molecular la presencia de la resistencia a este herbicida. En el caso de malezas emparentadas con la especie cultivada, como el arroz rojo, se presta el servicio de detección de estas mutaciones para contribuir al manejo integrado de sistemas con cultivares resistentes.

Resistencia
a herbicidas en
arroz maleza

Acceda AQUÍ

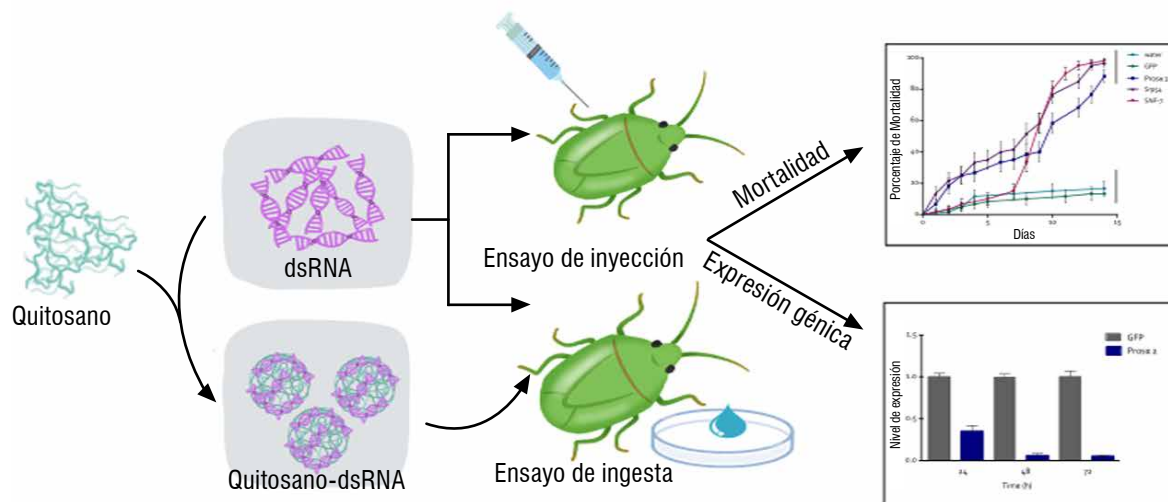


METAGENÓMICA PARA LA SALUD DEL SUELO

La salud del suelo depende en gran medida de la diversidad y actividad de sus comunidades microbianas. Hongos, bacterias, arqueas y otros organismos sostienen procesos esenciales como la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, la promoción del crecimiento vegetal y la supresión de enfermedades. La metagenómica permite analizar el conjunto de genomas presentes en un ambiente, brindando una visión profunda de la composición y las funciones de las comunidades microbianas.

Su aplicación, combinada con otras técnicas genómicas y determinaciones bioquímicas, facilita la detección de cambios en la biodiversidad microbiana, la identificación de microorganismos beneficiosos o patógenos emergentes, y la evaluación de la capacidad del suelo para recuperarse ante perturbaciones. Estos análisis permiten convertir la información obtenida en indicadores precisos del estado de salud del suelo.

Estudios sobre microbiomas de suelos sometidos a distintas condiciones de manejo han permitido caracterizar la composición y estructura de las comunidades microbianas según el uso del suelo, facilitando la evaluación del impacto de las prácticas agrícolas sobre la biodiversidad microbiana y, en consecuencia, sobre la salud del agroecosistema. Además, investigaciones recientes han permitido evaluar la funcionalidad de estos sistemas mediante la identificación de genes involucrados en la liberación de fósforo retenido en el suelo para su absorción por las plantas. Este conocimiento, junto con estudios funcionales, como la medición de actividades enzimáticas proporciona una visión integral del impacto del manejo del suelo en su biodiversidad y sustentabilidad.



Piezodorus guildinii (Hemiptera: Pentatomidae) causa pérdidas económicas en el cultivo de soja, reduciendo su productividad, afectando el tamaño y calidad, contenido de aceite y poder germinativo de los granos. El control se basa en piretroides y neonicotinoides que impactan en enemigos naturales, el ambiente y favorecen la aparición de resistencia. La interferencia por RNA (RNAi) es un proceso conservado de regulación génica en eucariotas desencadenado por RNA doble cadena con homología de secuencia a RNA mensajero. Si el blanco de la interferencia es un gen esencial, puede generar en el organismo la muerte, inhibición de la reproducción o fenotipos no viables en la descendencia. Estas características hacen que el RNAi sea una herramienta para combinar con estrategias de manejo integrado de plagas. Se generaron moléculas de RNAi que alcanzaron mortalidad acumulada a los 14 días mayor al 76 % por inyección, mientras que en ensayos de ingesta se evidenció una mortalidad acumulada del 52 %. Asimismo, se avanzó en la generación de moléculas más estables, mediante formulaciones de nanopartículas de quitosano. Finalmente, se evaluó el efecto de estas moléculas en especies no blanco, demostrando la especificidad de especie de este tipo de moléculas (Tesis de Doctorado de Claudia Schwartzman).

Imagen adaptada de: Schwartzman C, Murchio S, Castro A, Cibils X, Miranda P, Mujica MV, Pardo H, Dalla-Rizza M. Chitosan double-stranded RNA nanocomplexes for *Piezodorus guildinii* control. Pest Manag Sci. 2025 Jul;81(7):3774-3785. doi: 10.1002/ps.8744.

Figura 4 - Estrategia de control de la chinche de la soja usando RNAi.

LA BIOTECNOLOGÍA GENERA PRODUCTOS Y CAPACIDADES DE I+D

Los proyectos de biotecnología, además de aportar herramientas a los programas de mejoramiento y a la sustentabilidad, han generado y están generando productos biotecnológicos *per se*.

Este es el caso de la patente “*Methods of improving plant abiotic stress and yield*” que en el marco de la colaboración con el Laboratorio de Biología Molecular Vegetal de Facultad de Ciencias y el Laboratorio de Bioquímica de Facultad de Agronomía de la Udelar y la Estación Experimental Agropecuaria Obispo Colombes y el CONICET de Argentina, se presentó al PCT (WO 2019/122146 A1), y en fase nacional, en Brasil (BR112020012675-6A), Uruguay (UY38025A), Argentina (AR125770A1), Bolivia (SP-00274-2018 - N/ ref: 155.020) y USA. Actualmente se cuenta con la patente otorgada en Estados Unidos (US 11,618,903 B2) y Uruguay.

Se presentó una solicitud de patente provisional ‘RNAi como una alternativa al uso de pesticidas en el control de chinches de la soja’ en la Oficina de Patentes y

Marcas de Estados Unidos 69151 (*‘Hemipteran control pest in crops using RNAi’*) que fue otorgada en abril de 2024. Asimismo, en 2024 se ha obtenido la certificación de INIA de la tecnología de ARN de interferencia en el control de *Piezodorus guildinii*.

LA BIOTECNOLOGÍA EN INIA TRABAJA DE UNA MANERA INTEGRADA ENTRE LABORATORIOS DE TODAS LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES

Los laboratorios de biotecnología del INIA desempeñan un papel fundamental en la interacción con diversos programas de investigación, contribuyendo con un enfoque biotecnológico en cada estación experimental.

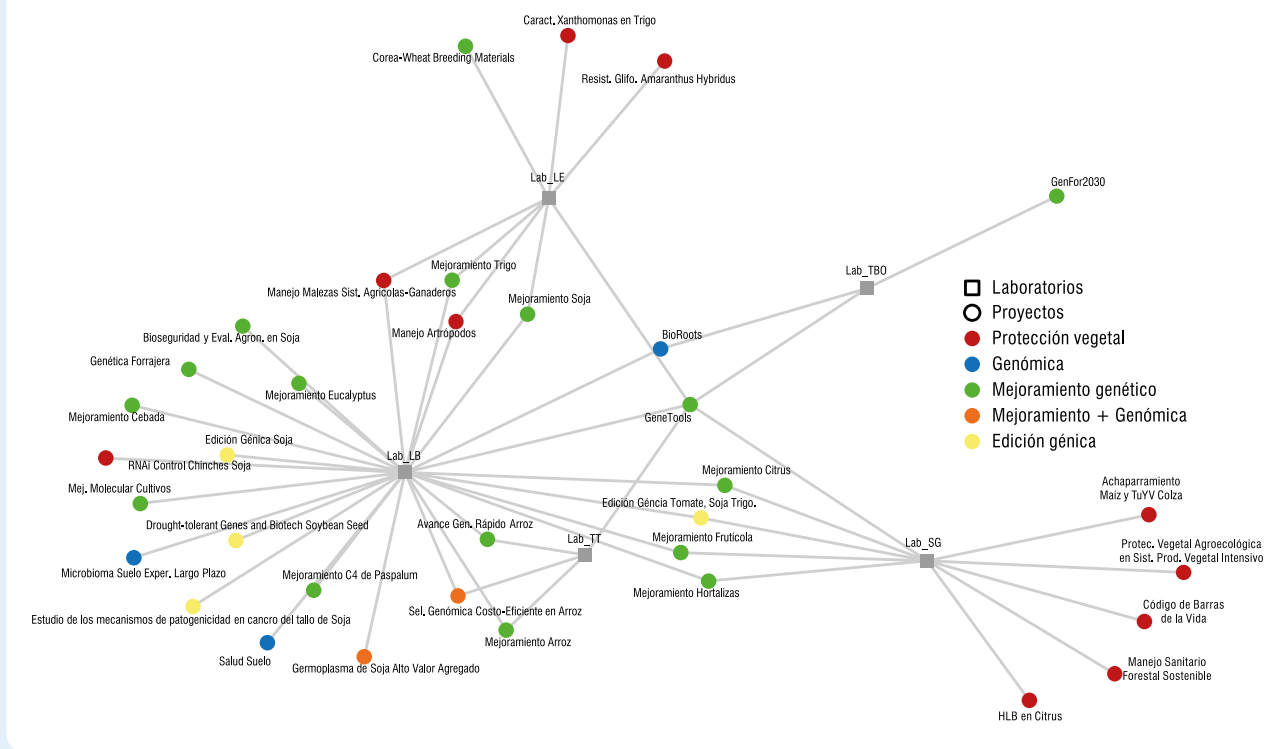
Desde hace dos años, y como estrategia para potenciar los trabajos de biotecnología en INIA, los cinco laboratorios ubicados en las diferentes estaciones experimentales han comenzado a integrarse mediante la implementación de herramientas de gestión y proyectos de investigación. Para esta integración, se realizan jornadas, capacitaciones y seminarios técnicos, entre otras actividades.



A través de una red colaborativa, los cinco laboratorios trabajan en sinergia, potenciando sus capacidades y especializaciones.



Red que muestra la vinculación entre laboratorios de Biotecnología de las cinco estaciones experimentales a través de los 35 proyectos de investigación.



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE INIA LA ESTANZUELA

Cecilia Monesiglio y Martina Villero

El Laboratorio de Biotecnología de INIA La Estanzuela, localizado en el departamento de Colonia, desarrolla

actividades de investigación en el marco de tres programas de investigación. En el Programa de Protección Vegetal, se brinda soporte en el diagnóstico de enfermedades mediante el empleo de técnicas moleculares, incluyendo la amplificación de ADN por PCR genérica seguida de secuenciación y análisis filogenético.



Laboratorio de Biotecnología de INIA La Estanzuela.



Laboratorio de Biotecnología de INIA Las Brujas.

Asimismo, se lleva adelante la detección de genes asociados a mecanismos de resistencia a herbicidas, tanto previamente caracterizados en poblaciones de *Conyza* spp. y *Amaranthus* spp., contribuyendo además a la identificación taxonómica de estas especies.

En el Programa de Mejoramiento Genético de Cultivos (trigo, cebada y soja), se apoya el proceso de selección asistida por marcadores moleculares, orientados a características claves como vernalización, respuesta al fotoperíodo y altura de planta, lo que permite acelerar el avance generacional y optimizar los programas de mejoramiento.

Respecto al Programa de Mejoramiento Genético de Pasturas y Forrajes, las actividades actuales comprenden la extracción de ADN en accesiones de *Festuca* spp., como etapa preliminar para estudios de diversidad genética. Se prevé además la incorporación de técnicas moleculares orientadas al mejoramiento genético de *Bromus* spp. y *Stipa* spp.

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE INIA LAS BRUJAS

Belén Bonilla, Carolina Tassano, Daniela Dieppa, Juan Pablo Gallino, Laura Rogel, Marco Dalla Rizza, Mariana Menoni, Maribel Ceppa, Marlene Bentancour, Sara Murchio, Silvia Garaycochea, Wanda Iriarte

El Laboratorio de Biotecnología de INIA Las Brujas, ubicado en Canelones, se especializa en el análisis por marcadores moleculares, en el cultivo *in vitro* de tejidos y en bioinformática. Los marcadores moleculares se aplican para asistir a los programas de mejoramiento genético de trigo, cebada, especies forrajeras y frutícolas. En el laboratorio de cultivo de tejidos se desarrollan diversas metodologías como la micropropagación, el mantenimiento de bancos de germoplasma, el cultivo *in vitro* de embriones, la obtención de doble haploides en arroz a partir del cultivo de anteras, los cultivos celulares de especies nativas para la producción de metabolitos. Por otra parte, se llevan a cabo trabajos de edición génica en soja y trigo, de gran impacto en los programas de mejoramiento.

En Las Brujas están localizadas las capacidades de bioinformática que realizan análisis genómicos y llevan a cabo el procesamiento de datos de secuenciación masiva para caracterizar genomas de cultivos, estudiar la diversidad genética y generar información clave para la toma de decisiones en los programas de mejoramiento.

Además, se realizan estudios de metagenómica que permiten, entre otras cosas, analizar y caracterizar microbiomas del suelo, asociados a diferentes estrategias de manejo.

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE INIA SALTO GRANDE

Ana Arruabarrena, Ana Lucía Britos, Candela Yorio, Mario Giambiasi

El Laboratorio de Biotecnología de INIA Salto Grande se especializa en biotecnología aplicada a cultivos hortifrutícolas, con énfasis en cultivo *in vitro* y marcadores moleculares.

Entre las actividades que se realizan se destacan la micropropagación de especies hortícolas como boniato y frutilla y el rescate de embriones triploides *in vitro* de cítricos. También se utilizan marcadores moleculares para la selección asistida de genes de resistencia a enfermedades en tomate, cebolla y cítricos y de genes relacionados con características de calidad de frutos, como el color en cítricos y frutillas.

Se trabaja en la identificación de patógenos, plagas e insectos benéficos en diversos cultivos, incluyendo especies forestales y cultivos extensivos, en colaboración con distintas áreas y estaciones de INIA. El equipo se ha consolidado como referente en el uso de técnicas de *barcoding* de ADN para la identificación rápida y precisa de organismos, contribuyendo activamente al desarrollo de capacidades en esta área. Por último, este laboratorio ha liderado la investigación en edición génica de tomate y mandarina para incrementar el contenido de licopeno.



Laboratorio de Biotecnología de INIA Salto Grande.

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE INIA TACUAREMBÓ

Diego Torres

El Laboratorio de Biotecnología de INIA Tacuarembó se especializa en el estudio y mejoramiento de especies arbóreas de alto valor comercial, como pinos y eucaliptos, mediante el uso de herramientas avanzadas de biología molecular. Su trabajo se enfoca en la identificación de marcadores moleculares tipo SNPs y microsatélites, lo que permite analizar la diversidad genética y desarrollar estrategias de selección que fortalecen los programas de mejoramiento genético.

Además, el laboratorio lleva a cabo la caracterización genética de plagas y enfermedades forestales utilizando técnicas de PCR. Este enfoque permite una identificación precisa de agentes patógenos, el análisis de su variabilidad genética y la detección temprana de brotes, facilitando así el desarrollo de estrategias de control más eficaces.

A través de estos estudios, el laboratorio contribuye al fortalecimiento del sector forestal, apoyando la generación de germoplasma adaptado a las necesidades nacionales y promoviendo la sanidad de las plantaciones. Su labor es clave para garantizar una producción forestal más sostenible y resiliente frente a desafíos ambientales y fitosanitarios.



Foto: INIA

Laboratorio de Biotecnología de INIA Tacuarembó.

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE INIA TREINTA Y TRES

Juan Rosas, Romina Rocha

El Laboratorio de Biotecnología de INIA Treinta y Tres se enfoca en contribuir a potenciar la producción agropecuaria de la región este del Uruguay a través de la aplicación de herramientas biotecnológicas y de principios de genética. Su principal foco es el mejoramiento genético del arroz, para lo que



Foto: INIA

Laboratorio de Biotecnología de INIA Treinta y Tres.

se desarrollan y aplican marcadores moleculares y estrategias de selección asistida para acelerar la obtención de cultivares con mayor rendimiento, resistencia a enfermedades como el brusone (*Pyricularia grisea*), tolerancia a herbicidas y mejor calidad e inocuidad del grano.

Una de sus líneas de investigación y desarrollo más destacadas es el servicio de diagnóstico molecular de resistencia a herbicidas en arroz maleza. Mediante el uso de marcadores moleculares específicos para mutaciones que confieren resistencia a herbicidas como imidazolinonas y quizalofop, el laboratorio permite la detección temprana de malezas resistentes, facilitando la implementación de estrategias de manejo adecuadas para preservar la utilidad de los sistemas de producción de arroz tolerantes a herbicidas.

Integrado al Campus con el Centro Universitario de la Región Este (CURE) Treinta y Tres, el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), INASE y otras instituciones afines, el laboratorio amplía sus capacidades y líneas de investigación, incluyendo proyectos en genética de poblaciones de organismos tóxicos como *Senecio ssp.*, buscando generar información que sustente recomendaciones de manejo para minimizar las intoxicaciones en el ganado. El laboratorio también brinda apoyo biotecnológico al FLAR para el mejoramiento de arroz para la zona templada, y colabora con INASE en el desarrollo de herramientas biotecnológicas para la identificación molecular de cultivares de arroz.

Desarrollo de herramientas biotecnológicas para el sector arrocero

Acceda **AQUÍ**



Revista de la Asociación de Cultivadores de Arroz

Acceda **AQUÍ**



DIFUSIÓN DEL TRABAJO EN BIOTECNOLOGÍA DE INIA: “BIOTECNOLOGÍA EN ACCIÓN”

Con el objetivo de visibilizar el rol del área de Biotecnología tanto dentro como fuera de la institución, y destacar el trabajo de quienes la integran se generó “Biotecnología en acción”. En el marco de esta iniciativa, desde 2024 se coordina la participación de los investigadores y técnicos en la Semana de la Ciencia y la Tecnología, donde se comparten las actividades con un enfoque accesible y participativo. Además, en colaboración con el equipo de imagen institucional, se generó una serie de videos breves que explican en lenguaje claro y sencillo las principales herramientas biotecnológicas que se utilizan. La primera entrega, centrada en el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales, está disponible en el siguiente enlace:

Acceda **AQUÍ**



LA BIOTECNOLOGÍA EN INIA TRABAJA EN RED CON OTROS INSTITUTOS DEL PAÍS Y DEL MUNDO

El trabajo en red ha sido y es fundamental para viabilizar y potenciar gran parte del trabajo en biotecnología en INIA. De hecho, esta ha sido la estrategia llevada adelante por los grupos de biotecnología de INIA al vincularse con institutos públicos nacionales e internacionales, así como empresas del sector privado. Un hito ha sido la formación de la Unidad Mixta UMCI, formada por el Área de Mejoramiento Genético y Biotecnología Vegetal de INIA y el Laboratorio de Biología Molecular Vegetal de Facultad de Ciencias, Udelar. Esta Unidad permitió consolidar una larga trayectoria de vinculación científica, principalmente enfocada en la edición génica de diferentes cultivos.

UNIDAD MIXTA UMCI:
Innovación en
Biotecnología Vegetal
(artículo en Revista INIA)

Acceda **AQUÍ**



Entre las cooperaciones internacionales recientes se destacan las que se llevan adelante con: la CAAS (Academia de Ciencias Agrícolas China), la RDA (Administración de Desarrollo Rural) de la República de Corea, el INTA de Argentina, el FLAR (Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego), el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), el Instituto Rothamsted de Reino Unido y el Instituto iDIV (Instituto para la investigación integral de la Biodiversidad) de Alemania.

PENSANDO LA BIOTECNOLOGÍA EN EL INIA DEL FUTURO

El futuro de la biotecnología está relacionado al nuevo Plan Estratégico de INIA con una fuerte visión de

innovación, incorporación de tecnologías avanzadas y vinculaciones estratégicas con empresas del sector privado y público. En este sentido, se plantea potenciar un área de biología computacional, que dé soporte y fortalezca la implementación de herramientas genómicas, bioinformáticas y bioestadísticas. De esta forma, se incrementarán descubrimientos asociados a la identificación de genes, al desarrollo de indicadores medioambientales vinculados a la salud del suelo y uso de selección genómica por los programas de mejoramiento de INIA, entre otros. Además, se consolidará una estrategia institucional para el uso de marcadores moleculares por todos los programas de mejoramiento y estudios de diversidad, que valoren los recursos fitogenéticos nacionales y aceleren los ciclos de selección de variedades. Para ello, se coordinará más y mejor el trabajo en red entre los laboratorios de INIA y se buscarán formas de financiar la modernización del equipamiento, para poder generar nuevos productos biotecnológicos apropiables y contribuir a los diferentes equipos de investigación con tecnologías más eficientes y precisas. Por último, se consolidarán colaboraciones claves, como la UMCI y se fomentará la vinculación con empresas del sector privado, que aseguren procesos modernos de innovación.



Foto: INIA

Charlas en el marco de la Semana de la Ciencia y la Tecnología en un liceo de Montevideo.



Foto: INIA

Captura de pantalla de un video de la serie Biotecnología en acción sobre el cultivo de embriones de mandarinas.

INTEGRANTES DEL EQUIPO DE BIOTECNOLOGÍA DE INIA

Ana Arruabarrena
Investigadora Adjunta
INIA Salto Grande



Lauria Rogel
Auxiliar de Laboratorio
INIA Las Brujas



Marco Dalla Rizza
Investigador Referente
INIA Las Brujas



Ana Lucía Britos
Auxiliar de Laboratorio
INIA Salto Grande



Mariana Menoni
Investigadora Asistente
INIA Las Brujas



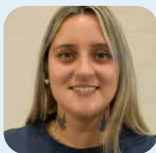
Belén Bonilla
Asistente de Laboratorio
INIA Las Brujas



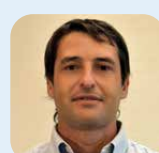
Maribel Ceppa
Asistente de Laboratorio
INIA Las Brujas



Candela Yorio
Auxiliar de Laboratorio
INIA Salto Grande



Mario Giambiasi
Técnico Adjunto de Laboratorio
INIA Salto Grande



Carolina Tassano
Secretaria Técnica del AMGBV
INIA Las Brujas



Marlene Bentancor
Auxiliar de Laboratorio
INIA Las Brujas



Cecilia Monesiglio
Técnica Asistente de Laboratorio
INIA La Estanzuela



Martina Villero
Asistente de Laboratorio
INIA La Estanzuela



Daniela Dieppa
Auxiliar de Laboratorio
INIA Las Brujas



Romina Rocha
Asistente de Laboratorio
INIA Treinta y Tres



Diego Torres
Investigador Adjunto
INIA Tacuarembó



Silvia Garaycochea
Investigadora Adjunta
INIA Las Brujas



Juan Pablo Gallino
Investigador Adjunto
INIA Las Brujas



Victoria Bonnacarrère
Coordinadora del Área
de MGBV



Juan Rosas
Investigador Principal
INIA Las Brujas
INIA Treinta y Tres



Wanda Iriarte
Asistente de Laboratorio
INIA Las Brujas



LA VISIÓN DE INVESTIGADORES Y ESTUDIANTES PASANTES

“La biotecnología juega un papel central en el mejoramiento genético de cultivos. Gracias a herramientas como los marcadores moleculares y la genómica es posible identificar y seguir genes clave para la producción agrícola. Estas tecnologías permiten agrupar genotipos por similitud, localizar regiones genómicas asociadas a características deseables y predecir el comportamiento para caracteres de interés de nuevas variedades. Además, la edición génica abre la puerta a modificar genes específicos en variedades elite, acelerando los procesos de mejora a necesidades actuales y futuras. Por lo señalado, es de destacar la labor del Área de Mejoramiento Genético y Biotecnología Vegetal de INIA”.

Leonardo Vanzetti
Mejoramiento Genético de Trigo

“El uso de herramientas biotecnológicas ha permitido incorporar la selección asistida por marcadores moleculares al Programa de Mejoramiento de Cebada de INIA. Para características de alta relevancia, como por ejemplo la respuesta al fotoperíodo, es posible seleccionar líneas promisorias incluso antes de llevarlas al campo. Esto ha aumentado la eficiencia del proceso de mejoramiento y del uso de recursos. De esta forma hemos podido acelerar el desarrollo de variedades de cebada adaptadas a las condiciones agroclimáticas de Uruguay que ofrezcan mayor estabilidad y productividad para los productores nacionales.”

Monika Kavanová
Mejoramiento Genético de Cebada

“La inclusión de herramientas bioinformáticas permite comprender mejor cómo las prácticas agronómicas –por ejemplo, implementadas en los experimentos de largo plazo– cambian el microbioma del suelo y, por lo tanto, los procesos y servicios que allí ocurren (como secuestro de C, formación de agregados del suelo, regulación de plagas y enfermedades, ciclado de nutrientes), para luego pensar alternativas de manejo menos dependientes de los insumos.

“A futuro, el uso de la secuenciación de alto rendimiento de ADN junto al análisis bioinformático permitirá mejorar el diagnóstico de enfermedades y la identificación de nuevas variantes de los patógenos presentes y/o emergentes en nuestros sistemas productivos”.

Carolina Leoni
Protección Vegetal - Salud del suelo

“La biotecnología ha tenido un impacto creciente acumulativo y no puede separarse de los procesos de mejoramiento genético de hortalizas como hoy los conocemos. Desde un inicio, se utilizó el cultivo de tejidos junto con metodologías sencillas de diagnóstico de virus para el saneado, la conservación y la multiplicación de semilla básica en especies vegetativas. Luego, se fueron incorporando nuevas técnicas de diagnóstico y herramientas moleculares para aumentar significativamente la eficiencia de los procesos de selección. Actualmente, se exploran posibilidades para generar, desde el conocimiento de las bases moleculares de la genética, nueva diversidad asociada a caracteres de interés.

La biotecnología siempre tiene margen para mejorar la eficiencia y la precisión de los procesos en los que hoy ya está involucrada. Por eso, su incidencia seguirá siendo incremental con relación a los procesos de mejoramiento genético de hortalizas. Además, respecto a la generación de conocimiento basado en la biotecnología, hay un espacio estratégico en la identificación de genes y bases moleculares detrás de las características de interés productivo. Esta información alimentará los procesos de mejoramiento genético de precisión, que podrán derivar en la generación de nuevos productos tecnológicos”.

Matías González
Director del Sistema Vegetal Intensivo

“Desde el primer momento me sentí motivado en desarrollar mi etapa académica en INIA y Fagro por el aporte que realizan al sector productivo nacional. Por tal motivo, como centro de investigación de referencia, INIA fue un pilar fundamental para realizar mi tesis de maestría en mejoramiento genético. Durante esta etapa, profundicé en aspectos técnicos del mejoramiento genético vegetal, desarrollo productivo sustentable y también aprendí a abordar los desafíos de la investigación con una mirada crítica, analítica y colaborativa.

Hoy, desde mi rol en el Registro Nacional y el Registro de Propiedad de Cultivares, INASE, sigo vinculado al mundo del mejoramiento genético con las nuevas variedades vegetales que se brindan al sector productivo y con la propiedad intelectual en el derecho de los obtentores varietales. Valoro profundamente lo aprendido y considero que fue una etapa que marcó mi camino tanto personal como profesional”.

Federico Boschi
Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía, Udelar

“La biotecnología ha tenido un impacto significativo en nuestra investigación, especialmente en lo que refiere al monitoreo y manejo integrado de plagas. El uso de herramientas moleculares, como el análisis de ADN mediante *barcoding* para la identificación precisa de especies, nos ha permitido mejorar la detección temprana de plagas y el seguimiento de sus poblaciones. Además, nuestra colaboración nos ha permitido identificar también patógenos presentes en insectos vectores, específicamente el complejo del achaparramiento en maíz. En un futuro cercano, queremos incorporar técnicas de biología molecular que nos permitan estudiar en mayor profundidad distintos procesos dentro de los agroecosistemas. Esto incluye la identificación de mecanismos de resistencia a insecticidas mediante la detección de mutaciones o cambios en la expresión de genes relacionados con la detoxificación; el análisis de interacciones insecto-planta a través de estudios transcriptómicos para comprender cómo responden los insectos a diferentes genotipos o defensas vegetales; y la investigación de relaciones tróficas utilizando análisis de contenido intestinal (*gut content*) con marcadores moleculares, lo que nos permitirá mapear con mayor precisión las redes alimentarias entre plagas y enemigos naturales. Estas herramientas nos ayudarán a desarrollar estrategias de manejo integrado más específicas, sostenibles y adaptadas a cada contexto productivo. En resumen, la biotecnología representa una herramienta clave para enfrentar los desafíos actuales y futuros en la protección de cultivos, siempre bajo un enfoque responsable y complementario a otras prácticas sustentables”.

Ximena Cibils
Protección Vegetal - Entomología

“Lo que me motivó a realizar mi tesis en INIA fue que sentí que allí podría adquirir conocimientos, desarrollarme, contribuir y participar en proyectos con un verdadero impacto en el país. Si bien sabía que era un gran desafío, desde el comienzo me sentí acompañada por el equipo de Mejoramiento Genético y Biotecnología Vegetal, lo que marcó una gran diferencia.

La experiencia me permitió comprender el rol de la investigación aplicada, asumir desafíos y crecer en un entorno colaborativo e inspirador. Agradezco profundamente el respaldo y la ayuda que me han brindado durante este tiempo”.

Lucía Muñoz
Estudiante del doctorado en Biotecnología,
Facultad de Ciencias, Udelar

“Elegí INIA para hacer mi maestría porque quería formar parte de la generación y adaptación de conocimientos para el agro uruguayo. Me atrajo la oportunidad de aprender sobre genética cuantitativa, la calidad humana de mis tutores y de sus equipos, y la posibilidad de trabajar en un entorno interdisciplinario.

Mi experiencia fue muy enriquecedora: participé en discusiones y seminarios con grupos de toda la organización, colaboré en la escritura y ejecución de proyectos, realicé pasantías, asistí a congresos y publiqué artículos. Esto potenció mi carrera y mis habilidades para la investigación interdisciplinaria y el trabajo en equipo”.

Inés Rebollo
Estudiante (egresada) de Maestría en Ciencias
Agrarias (Op. Bioestadística), Facultad de
Agronomía, Udelar

“Elegí realizar mi tesis en INIA porque buscaba salir del entorno académico y vincularme con el trabajo diario en laboratorio. La experiencia fue enriquecedora, logré reafirmar mi vocación, desarrollar nuevas habilidades y despertar mi curiosidad en el área de la investigación.

El acompañamiento de una tutora comprometida y colaborativa fue fundamental para cumplir con mi objetivo en el plazo previsto y fortalecer mi autonomía”.

Gisela Nikitchuk
Estudiante de Licenciatura en Análisis de
Alimentos de UTEC

“Mi motivación para estar en INIA nace desde la elección de mi carrera: tratar de aportar soluciones a la industria agropecuaria. Luego, me di cuenta de que la biotecnología era la herramienta que más me gustaba y que tiene más potencial para aportar productos y soluciones innovadoras.

Mi experiencia fue súper enriquecedora a nivel académico, profesional y personal. Mis compañeros de trabajo fueron muy cálidos conmigo. Fue una experiencia que me aportó mucho conocimiento y horas prácticas fundamentales. Después, en Montevideo, traté de difundir la oportunidad de hacer pasantías en INIA entre mis compañeros de carrera. Como dicen por ahí ‘uso y recomiendo’”.

Joaquín García
Estudiante de Facultad de Ciencias (Udelar).
Pasantía de final de grado en biotecnología/
control de malezas



Foto: Irvin Rodríguez

GUAYABO DEL PAÍS: conocerlo es quererlo

Resultados de una encuesta realizada en la Rural de Melilla 2025

Ing. Agr. Laura López
Téc. Agr. Pablo Montaldo
Téc. Agr. Pablo Rodríguez
Ing. Agr. PhD. Maximiliano Dini

Sistema Vegetal Intensivo, Fruticultura - INIA Las Brujas

Nativo, nutritivo y delicioso: ¿qué falta para que el guayabo del país ocupe un lugar en la mesa de los consumidores uruguayos?

INTRODUCCIÓN

Las condiciones históricas, geográficas, climáticas y económicas de cada país influyen en las costumbres, en la formación de la cultura y en los hábitos alimentarios de su población. En América Latina, la alimentación ha sido fuertemente moldeada por la influencia de colonizadores e inmigrantes, aspecto fundamental para la identidad y la productividad de

cada región. No obstante, la incorporación de productos autóctonos puede enriquecer la diversidad y fortalecer la gastronomía local (Nunes dos Santos, 2007). En Uruguay, la historia marcada por la inmigración europea y las condiciones productivas del país han favorecido el desarrollo y conocimiento popular de especies frutales provenientes de otros continentes, como los frutales de hoja caduca y los cítricos (Ayestarán, 2025). Sin embargo, también existen especies frutales

nativas presentes en nuestro territorio desde antes de la colonización que aún son poco conocidas por la población a pesar de tener destacadas cualidades organolépticas y nutricionales (Vignale *et al.*, 2016; Ibañez y Ferrari, 2020).

Desde hace más de dos décadas se viene trabajando en el mejoramiento genético y el manejo productivo de estas especies nativas. Una de las más prometedoras por su potencial para el consumo en fresco (tamaño de los frutos y mejor conservación poscosecha) es el guayabo del país (Vignale *et al.*, 2016; Cabrera *et al.*, 2018; 2023). Aunque su producción y oferta en el mercado nacional han aumentado en los últimos años, su presencia comercial sigue siendo incipiente y no llega a la mayoría de los consumidores uruguayos (UAM, 2024).

El guayabo del país (*Feijoa sellowiana*), también conocido en diferentes partes del mundo como feijoa, es una especie de la familia Myrtaceae, parte de la flora nativa del Uruguay. Produce frutos carnosos comestibles que pueden ser consumidos frescos o industrializados, y cuenta con reconocidas propiedades nutricionales y medicinales (Karami, 2013, 2014; García-Rivera *et al.*, 2016). Entonces, ¿por qué no es una fruta más conocida y consumida por los uruguayos? ¿Son aceptadas por los consumidores sus características como el sabor, el tamaño, el color, la textura o la forma? Para explorar estas preguntas, el 5 de abril de 2025, durante la 14ª edición de la Rural del Melilla, se realizó una encuesta entre los visitantes del stand de INIA (Figura 1). En el marco de la 3ª Exposición de frutales de hoja caduca y nativos - Zafra 2024-2025, este tipo de exposiciones o muestras de frutos tiene sus orígenes hace muchos años dentro del grupo de fruticultura de INIA Las Brujas y ya hace unos años se volvió un clásico de los sábados de la Rural de Melilla en el stand de INIA.



Figura 1 - Encuesta realizada durante la 14ª edición de la Rural del Melilla, en el stand de INIA, en el marco de la 3ª Exposición de frutales de hoja caduca y nativos - Zafra 2024-2025.

En dichas exposiciones se preparan muestras de frutos de las selecciones y cultivares destacados de la zafra y del período correspondiente (entre la última exposición y la siguiente), resaltando las principales características de cada uno de los materiales, donde los participantes tienen la oportunidad de ver y probar los materiales expuestos. En esta edición, se incluyeron muestras de selecciones y cultivares de manzanas, peras, duraznos y ciruelas, además de incluir a los frutales nativos, entre los que se destacaron selecciones y cultivares (nacionales y neozelandeses) de guayabo del país. En esa oportunidad, se realizaron dos actividades en paralelo con el público visitante, por un lado, una cata de manzana titulada “Ayúdanos a mejorar el sabor de nuestras manzanas. Cata con consumidores” realizada en conjunto con la UTEC de Paysandú, y por el otro, una encuesta sobre guayabo del país. En este artículo se desarrollará la segunda actividad, en la que se consultó a los asistentes si conocían la fruta del guayabo del país, si la consumían habitualmente y en el caso de que no, cuáles eran los motivos por los cuales no la consumían. También se les pidió una evaluación basada en la percepción visual y, posteriormente, una calificación del sabor tras la degustación.

RESULTADOS

¿Quiénes respondieron?

Un total de 116 personas participaron en esta encuesta. Las edades fueron muy variadas, desde niños hasta adultos mayores, con una media de 48 años.

Más de la mitad (55 %) ha vivido la mayor parte de su vida en zonas rurales, mientras que el 45 % provenía de zonas urbanas. Aun así, casi 9 de cada 10 personas (89 %) dijeron tener algún tipo de vínculo con el sector agropecuario, por lo tanto, no es una muestra representativa de la totalidad de los consumidores nacionales.



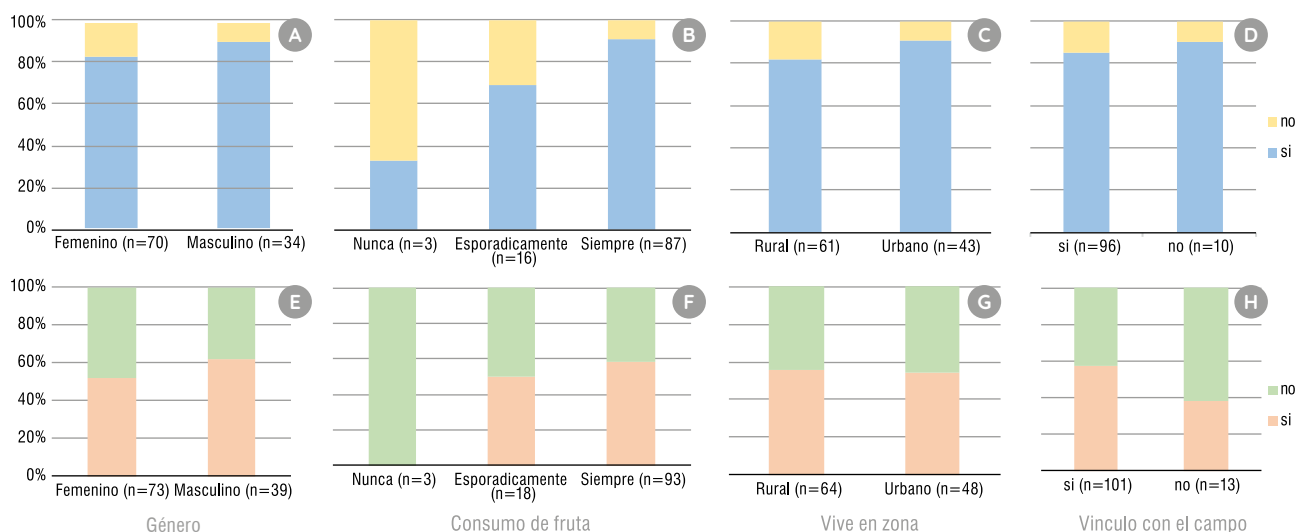


Figura 2 - Proporción de personas que manifestaron conocer el guayabo del país según: género (A), frecuencia con la que consumen fruta (B), lugar donde viven (C) y vínculo con el campo (D) y proporción de personas que suelen consumir el guayabo del país según: género (E), frecuencia con la que consumen fruta (F), lugar donde viven (G) y vínculo con el campo (H). Encuesta realizada a visitantes del stand de INIA en la 14ª edición de la Rural de Melilla.

¿Conocen y consumen el guayabo del país?

El 78 % de las personas conoce esta fruta, pero solo el 54 % dice que la consume habitualmente, a pesar de que el 81 % afirma consumir frutas frescas con frecuencia. Entre quienes no consumen guayabo del país (46 %), los motivos principales fueron:

- 🔍 No la conocen (48 %)
- ✗ No saben dónde conseguirla, aunque la conocen (31 %)
- 👂 Un pequeño porcentaje dijo que no la consume porque no le gusta o le parece cara (4 %)
- 👉 El resto (17 %) mencionó otros motivos.

En este estudio no se encontraron diferencias significativas entre el consumo de guayabo del país

y factores como el género, el lugar donde vive la persona, la edad, o su relación con el campo. Sin embargo, algunos resultados sugieren tendencias que podrían confirmarse en próximas encuestas con mayor número de encuestados y más representativa a la totalidad de población (Figura 2). Sí hubo una diferencia interesante: quienes comen frutas todos los días son quienes más conocen el guayabo del país (84 %), en comparación con quienes no consumen frutas frecuentemente.

Percepción visual de la fruta

Se mostraron cajones de frutas de guayabo del país con distintas características y se les pidió elegir su preferida (Figura 3).



Figura 3 - Muestras de frutos de guayabo del país con diferentes características, color verde claro (1A) y verde oscuro (1B); cáscara lisa (2A) y rugosa (2B); selección avanzada LB98 (3A), cultivares INIA FAGRO Cerrillana (3B) e INIA FAGRO Isleña (3C).



Figura 4 - Nube de palabras que surgieron a partir de probar la fruta de guayabo del país por 116 encuestados, realizada a visitantes del stand de INIA en la 14ª edición Rural de Melilla en 2025.

El 54 % prefirió una fruta de color verde oscuro (1B) y el 46 % fruta de color verde claro (1A). El 58 % eligió la fruta con piel lisa (2A), frente al 42 % que prefirió una fruta rugosa (2B). Al mostrar tres tipos de frutas diferentes: la más elegida (61,5 %) fue una de forma redonda y buen tamaño (selección avanzada LB98, opción 3A). Las otras dos opciones fueron menos preferidas: 20,9 % (3C) y 17,6 % (3B).

¿Y qué tal el sabor?

Después de probar el guayabo del país, el sabor tuvo muy buena aceptación en la mayoría de los encuestados (94 %), 66 % dijo que tenía un sabor muy bueno, 28 % dijo que era bueno, el 5 % lo consideró “medio”, y casi nadie dijo que era malo. Es de resaltar, que incluso las personas que no conocían el guayabo del país y, por lo tanto, en la encuesta lo probaron por primera vez, lo calificaron como una fruta de muy buen sabor (56 %), bueno (32 %) y medio (12 %). Esto se percibió además cuando, se les pidió que escribieran

tres palabras para describir la fruta. Las más repetidas estaban relacionadas con su buen sabor (Figura 4), y con características tan particulares como el equilibrio entre dulce y ácido, sabor único y diferente.

Cabe aclarar que esta alta aceptación por parte de los consumidores no está asociada a el sabor de un cultivar en particular, ya que se dio a probar de un conjunto mezclado de variedades con el fin de saber cuál es la aceptación de la fruta en general, sin embargo, el sabor varía entre distintos genotipos, así como también según las prácticas de manejo especialmente en cosecha y poscosecha (Zhao *et al.* 2023). En una encuesta realizada en distintos estados de México, el guayabo del país no se diferenció en la aceptación de los consumidores del kiwi (*Actinidia chinensis*), y fue mejor que la guayaba (*Psidium guajava*) y la carambola (*Averrhoa carambola*) (Nolasco *et al.*, 2021).

¿Cuánto pagarían por esta fruta?

Los precios que las personas estarían dispuestas a pagar por un kilogramo de guayabo del país variaron entre 40 y 500 pesos uruguayos. Sin embargo, el 68 % dijo que pagaría entre 100 y 200 pesos uruguayos.

¿Qué buscan las personas en una fruta?

Cuando se preguntó por las características más importantes a la hora de elegir frutas, las respuestas no tuvieron una clara tendencia, siendo los resultados los siguientes:

- Forma: 26 % • Textura: 22 % • Sabor: 19 %
- Color: 17 % • Tamaño: 15%

Incluso las personas que no conocían el guayabo del país lo calificaron como una fruta de muy buen sabor (56 %), bueno (32 %) y medio (12 %).

Cuando se les pidió a las personas encuestadas que escribieran tres palabras para describir la fruta, las más repetidas estaban relacionadas con su buen sabor.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

El alcance de este estudio estuvo limitado a personas vinculadas al medio rural. No obstante, los trabajos con consumidores constituyen un aporte valioso para comprender la realidad y las preferencias en torno a esta fruta nativa. Resulta necesario continuar con investigaciones de este tipo, incorporando un mayor número de encuestados y muestras más representativas de la población general.

Este estudio evidenció que existe un grupo de personas que no conoce el guayabo del país, y un porcentaje aún mayor que, si bien lo conoce, no tiene acceso a su consumo. Esto indica que esta fruta aún no se ha consolidado como una opción popular entre los consumidores uruguayos. Esta situación no está asociada a un rechazo por su sabor o características externas, sino más bien a la falta de información, la escasa disponibilidad en los puntos de venta y su limitada presencia en el mercado. Por ello, es fundamental abordar estas limitantes para avanzar en la consolidación comercial de este producto.

El guayabo del país tiene un gran potencial, tanto para el consumidor por su valor nutricional y sabor, como para

el productor por su adaptación local, diversificación y fuente de ingresos. Además, al tratarse de una fruta nativa, su promoción representa un valor agregado que puede contribuir a la construcción de una identidad territorial, fortalecer la producción local y convertirse en un elemento distintivo en estrategias de marca país, vinculadas al turismo y la valorización de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

A todos los visitantes del stand de INIA en la Rural de Melilla, especialmente a los que dedicaron tiempo para realizar la encuesta. Agradecer también a Mónica Trujillo e Irvin Rodríguez de la UCTT de INIA Las Brujas por la organización y soporte en todas las actividades realizadas en el stand de INIA. Por último, agradecer especialmente a Laura Do Canto Souza, estudiante de la Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), por el apoyo en la preparación y desarrollo de la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Ayestarán, A. (2025). Reseña sobre la gastronomía en Uruguay desde sus inicios hasta las primeras épocas. Ministerio de Educación y Cultura. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-educacion-cultura/comunicacion/noticias/resena-sobre-gastronomia-uruguay-desde-sus-inicios-hasta-primeras-epocas>

Cabrera, D., Vignale, B., Machado, G., Rodríguez, P., Zoppolo, R., Nebel, J. P. (2018). Primeras selecciones registradas de guayabo del país en Uruguay. Revista INIA, (52), 29–32.

Cabrera, D., Vignale, B., Rodríguez, P., Luizzi, D., Dini, M. (2023). INIA FAGRO ARMONÍA: nuevo cultivar de guayabo del país para Uruguay. Revista INIA, (75), 71–76.

García-Rivera, L. M., Váquiro-Herrera, H. A., Solanilla-Duque, J. F. (2016). Physicochemical characterization and nutritional composition analysis of pineapple guava at three different ripening stages. Agronomía Colombiana, 34(2), 217–227.

Ibáñez, F., Ferrari, V. (2020). Las “superfrutas” nativas del Uruguay y por qué tenemos que avanzar en el desarrollo de su cadena de producción-comercialización. Revista INIA, (61).

Karami, M., Nokabadi, F. K., Ebrahimzadeh, M. A., Naghshvar, F. (2014). Nephroprotective effects of Feijoa sellowiana leaves extract on renal injury induced by acute dose of ecstasy (MDMA) in mice. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 17(1), 69–73.

Karami, M., Saeidnia, S., Nosrati, A. (2013). Study of the hepatoprotective activity of methanolic extract of Feijoa sellowiana fruits against MDMA using the isolated rat liver perfusion system. Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR, 12(1), 85–91.

Nolasco-Matías, J. A., Hernández-Montes, A., Rendón-Medel, R., Cruz-Castillo, J. G. (2020). Caracterización sensorial y percepción del nuevo consumidor de feijoa (Acca sellowiana (Berg) Burret). Nova Scientia, 12(25).

Nunes dos Santos, C. (2007). Somos lo que comemos: identidad cultural y hábitos alimenticios. Estudios y Perspectivas en Turismo, 16(2), 234–242.

Unidad Agroalimentaria Metropolitana. (2024). Anuario estadístico UAM 2024. Observatorio Granjero. Disponible en: <https://www.uam.com.uy>

Vignale, B., Cabrera, D., Rodríguez, P., Machado, G. (2016). Selección de frutales nativos en Uruguay. Horticultura Argentina, 35(87), 19–29.

Zhao, Y., Febrianto, N. A., Zhu, F. (2023). Characterization of physicochemical properties, flavor volatiles and phenolic compounds of feijoa fruit varieties. Food Chemistry, 419, 136074.



Foto: Irvin Rodríguez

Equipo que desarrolló la encuesta.



MANDARINAS SIN SEMILLAS: intercompatibilidad y fenología floral de cultivares de origen nacional registrados. Parte II

Ing. Agr. MSc. Natalia Guimaraes¹, Ing. Agr. MSc. Ana Paula Mautone², Ing. Agr. Dr. Fernando Rivas¹, Ing. Agr. MSc. Alfredo Gravina², Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta²

¹Sistema Vegetal Intensivo - INIA

²Facultad de Agronomía - Udelar

La ausencia de semilla es un parámetro importante de calidad de fruta que define el acceso a los mercados y su valor comercial, especialmente en mandarinas. Los resultados de investigaciones enfocadas en la optimización de la producción de frutos sin semillas se presentan en dos artículos. El primero (Parte I) aborda la biología reproductiva e intercompatibilidad de tres cultivares de origen nacional [Acceda AQUÍ](#). En esta segunda entrega (Parte II) se presentan los resultados sobre la fenología floral de dichos cultivares.

INTRODUCCIÓN

La citricultura nacional está orientada a la exportación de fruta para consumo en fresco. La calidad de fruta es fundamental para mantener la competitividad del sector, que se ha posicionado como un proveedor de frutos cítricos de alta calidad para los mercados más exigentes.

La ausencia de semillas es considerada un importante atributo de calidad, especialmente en mandarinas, determinando el acceso a los mercados y su valor comercial. Los híbridos de mandarinas codificados como F4P7, F3P8 y F2P3 fueron desarrollados por el programa de mejoramiento genético de cítricos en Uruguay (INIA-Fagro).

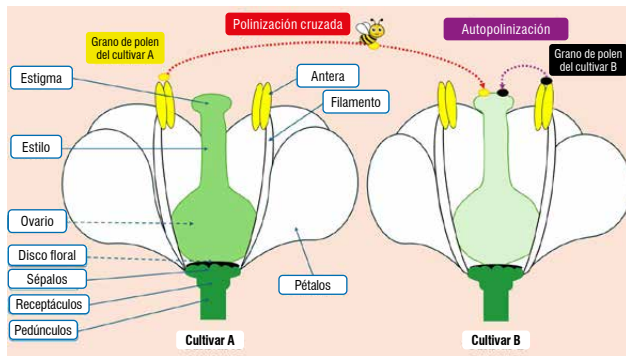


Figura 1 - Esquema de la morfología de la flor de cítricos y los tipos de polinización: el polen proviene del mismo cultivar que el estigma (autopolinización) o de un cultivar diferente (polinización cruzada).

Estos genotipos se destacan por su excelente calidad de fruta (color, sabor y textura) y su bajo número de semillas en condiciones de polinización cruzada (Rivas & Vignale, 2015). En el marco de la reconversión varietal, estos cultivares son de interés para el sector productivo debido a que satisfacen las demandas de los mercados internacionales.

En climas templados, las especies cítricas, a excepción del limonero (*Citrus x limon*), presentan normalmente un solo flujo de brotación reproductiva, que ocurre en primavera, y dos brotaciones vegetativas, una al inicio y otra al final del verano. Los cítricos pueden desarrollar cinco tipos de brotes: 1) vegetativo (solo hojas), 2) terminal (una flor terminal acompañada de hojas), 3) mixto (varias flores y hojas), 4) solitario (una flor sin hojas) y 5) inflorescencia (varias flores sin hojas). La fenología relaciona eventos biológicos periódicos con el clima. En cítricos, al igual que para otros cultivos, estos eventos se han estandarizados a través de la escala fenológica BBCH (Agustí *et al.*, 1997). La fenología floral incluye los estadios principales de desarrollo de las flores (estadio 5) y la floración (estadio 6). Además se destaca la plena floración, estadio secundario alcanzado cuando la mayor proporción (≥ 50 %) de las flores se encuentran abiertas (antesis). También puede determinarse el inicio y el final de la floración, definidos respectivamente como el primer día de flores en antesis (FDA) y el último día de flores en antesis (LDA), y calcular su duración como el número de días desde el FDA hasta el LDA. En la mayoría de los cítricos, al momento de antesis ocurre la liberación de los granos de polen maduros (dehiscencia de las anteras) y los estigmas están receptivos, liberando secreciones estigmáticas que permiten la hidratación y la germinación de los granos de polen. Para que ocurra la fecundación y la formación de semilla, los granos de polen deben llegar a un estigma receptivo, germinar y alcanzar óvulos aún fértiles. Por lo tanto, el estado de plena floración es crítico para evitar la formación de semillas, ya que

existe una alta proporción de flores receptivas a ser polinizadas y alta disponibilidad de polen maduro, posibilitando la fecundación de los óvulos.

La producción de frutos sin semillas en cultivares autoincompatibles con óvulos fértiles se basa en evitar la polinización con polen compatible. Las abejas (*Apis mellifera*) son las principales polinizadoras en los cítricos, transportando los granos de polen desde las anteras a los estigmas (polinización) (Figura 1). Para evitar la presencia de semillas se han desarrollado diferentes estrategias que impiden la polinización cruzada (Gravina, 2014). Además, la desincronización de la floración entre variedades compatibles evita su polinización cruzada, debido a que las flores de ambas no coinciden temporalmente (Podestá, 2007). Por tanto, la desincronización en la fecha de antesis contribuye a disminuir la presencia de semillas en variedades compatibles de cítricos (Bono *et al.*, 2000).

METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron en la Estación Experimental de INIA Salto Grande, entre los años 2020 y 2023. Se utilizaron árboles adultos de los híbridos de mandarina F4P7, F3P8 y F2P3 injertados sobre 'Trifolia' (*Poncirus trifoliata* Raf.). Se evaluó la fenología floral (Figura 2) utilizando una modificación de la escala BBCH adaptada para cítricos (Agustí *et al.*, 1997). Además, se determinó el primer día de flores en antesis (FDA), el momento con mayor proporción de flores en antesis (plena floración), el último día de flores en antesis (LDA) y se calculó la duración del período de floración (LDA-FDA). Para esto, se seleccionaron cinco árboles de cada cultivar y se marcaron dos ramas por árbol. Se colocaron sensores de temperatura en la

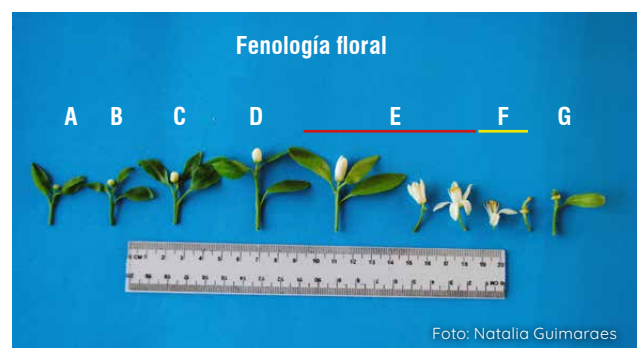


Figura 2 - Escala de fenología floral: (A) botón floral cubierto completamente por los sépalos, (B) botón floral con sépalos envolviendo la mitad de la corola, (C) botón floral redondo con pétalos envolviendo la corola, (D) botón floral alargado, (E) botón floral alargado y hueco hasta apertura floral o antesis, (F) flor durante caída de pétalos y estambres y (G) fruto en desarrollo rodeado por los sépalos sin pétalos, estambres ni estilo.

copa de los árboles. Las evaluaciones se realizaron dos veces por semana desde inicio de la brotación hasta el fin de la floración, en tres primaveras consecutivas. Las comparaciones de la fenología floral entre años y entre cultivares se analizaron a partir de la media, moda y el desvío estándar (DE).

FENOLOGÍA FLORAL

La distribución de tipos de brotes de las flores nuevas (desde estado fenológico A hasta C según la escala de la Figura 2) durante el período de floración fue similar entre los cultivares y en los tres años evaluados, por lo que se presentan solamente los resultados de un año (Figura 3). En los tres cultivares, al inicio de la estación, la mayoría de los brotes fueron flores solitarias; la proporción de flores nuevas de brotes con hojas (terminales y mixtos) aumentó con el avance de la floración, en detrimento de nuevas flores solitarias. Estos resultados concuerdan con Lovatt et al. (1984), quienes reportaron que el orden de aparición es diferente según el tipo de brote, brotando inicialmente los reproductivos sin hojas y posteriormente los brotes reproductivos con hojas. En los tres años de estudio, en los cultivares F3P8 y F2P3 se destacó el

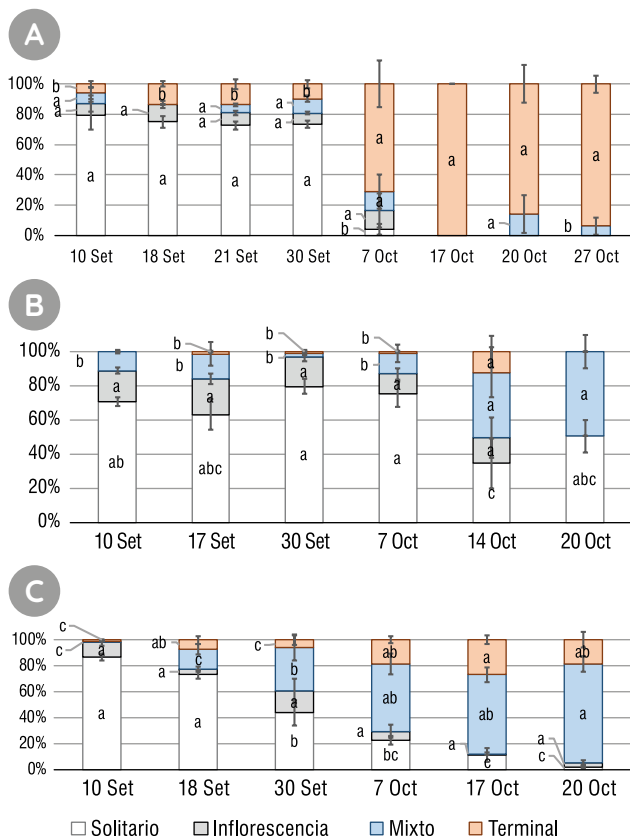


Figura 3 - Distribución porcentual de brotes reproductivos terminales (naranja), mixtos (azul), inflorescencias (gris) y solitarios (blancos) de las flores nuevas (desde estado fenológico A hasta C), en los cultivares F4P7 (A), F3P8 (B) y F2P3 (C) en la primavera 2020. Los datos son las medias de cinco repeticiones, las barras indican el error estándar y las letras indican para cada tipo de brote diferencias entre fechas.

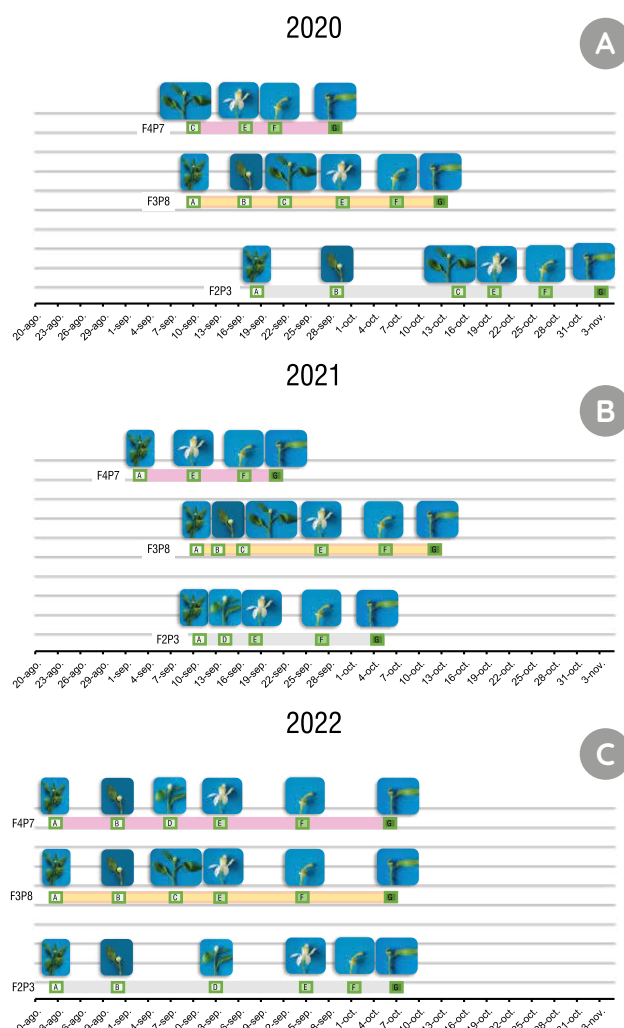


Figura 4 - Evolución de la fenología floral de los cultivares F4P7, F3P8 y F2P3 evaluado en 2020 (A), 2021 (B) y 2022 (C). Las letras en los recuadros indican el estado fenológico según la escala de la Figura 2.

incremento de los brotes mixtos (Figura 3B, C), mientras que en F4P7 se incrementaron principalmente los brotes terminales (Figura 3A).

El estudio de la fenología floral permitió establecer un solapamiento del período de floración (FDA-LDA) de F4P7, F3P8 y F2P3 en los tres años evaluados (Figura 4 y 5). La fenología floral se analizó comparando los resultados entre años y entre cultivares. El análisis entre años estableció que la duración de la floración fue mayor en 2020, respecto a 2021 y 2022. Estas diferencias se observaron en los tres cultivares. Así, en 2020 la floración se extendió en los tres cultivares, alcanzando 61, 40 y 40 días en F4P7, F3P8 y F2P3 respectivamente, mientras que en 2021 se redujo a 25 días en F4P7, 21 días en F3P8 y 29 días en F2P3. En los tres cultivares las fechas de FDA, plena floración y LDA fueron más tardías en 2020 que en 2021 o 2022.

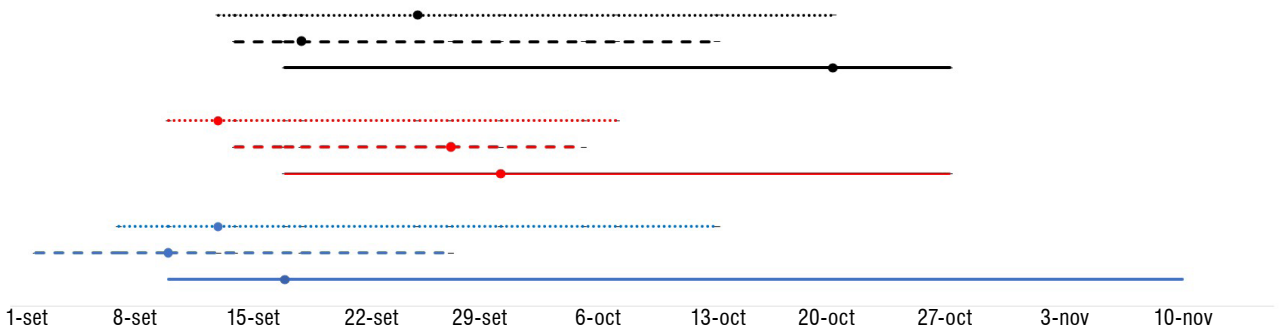


Figura 5 - Evolución de la fenología floral de F4P7 (líneas azules), F3P8 (líneas rojas) y F2P3 (líneas negras) injertados sobre 'Trifolia' (*Poncirus trifoliata* Raf.), en 2020 (líneas continuas), 2021 (líneas discontinuas) y 2022 (líneas punteadas). El inicio y el fin de las líneas indican el primer día de flores en antesis (FDA) y el último día de flores en antesis (LDA) y los círculos, la plena floración (mayor proporción de flores en antesis).

Al analizar el efecto del año sobre estas variables, es posible observar que en F4P7 la fecha de FDA (DE 4 días) y la de plena floración (DE 4 días) presentaron baja variación entre años. Sin embargo, la fecha de LDA presentó más de tres semanas de diferencia entre años (DE 22 días), aumentando la variabilidad en la duración de la floración (DE 18 días). En F3P8, el FDA también fue similar entre años (DE 4 días), aunque las fechas de plena floración (DE 9 días), LDA (DE 12 días) y la duración de la floración (DE 10 días) presentaron mayores desvíos. Por otro lado, en F2P3 el FDA fue muy estable entre años (DE 2 días), al igual que el LDA (DE 7 días) y el período de floración (DE 6 días). Sin embargo, las fechas de plena floración presentaron mayores diferencias entre años (DE 17 días). Las variaciones entre años registradas en LDA en F4P7 y F3P8 se debieron fundamentalmente a su retraso en el primer año, alargando el período de floración.

El aumento de la temperatura durante el desarrollo del botón floral adelanta la antesis y disminuye la duración de la floración, debido al aumento de la tasa de crecimiento de la flor (Distefano *et al.*, 2018). Sin embargo, no se registraron variaciones importantes de la temperatura durante el desarrollo del botón floral entre años, que puedan explicar el atraso en LDA (Figura 6). Por otro lado, la variación entre años en la fecha en que se alcanzó la plena floración en F2P3 puede explicarse por un atraso en el primer año, en el cual predominaron los brotes reproductivos con hojas (78 % del total de brotes reproductivos), que brotan más tarde en la estación (Lovatt *et al.*, 1984). A pesar de la variabilidad entre años en la fenología floral de los cultivares, no se

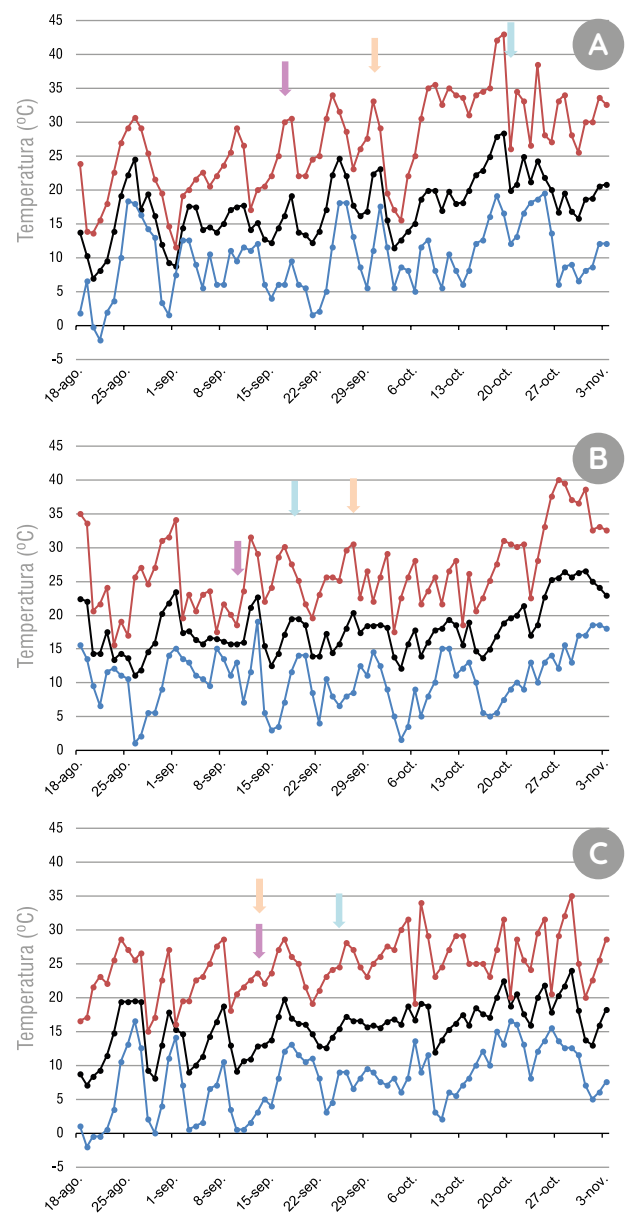


Figura 6 - Temperatura mínima (azul), máxima (rojo) y promedio diario (negra) del aire (°C) registrada en 2020 (A), 2021 (B) y 2022 (C). Las flechas indican la fecha de plena floración en F4P7 (rosada), F3P8 (naranja) y F3P2 (celeste).

La floración de F4P7 inicia más temprano, mientras que la de F2P3 lo hace más tardíamente.



Figura 7 - Rama del híbrido F2P3 en plena floración.

registró el solapamiento de la plena floración en F4P7 y F2P8, es decir, la mayor proporción de flores abierta de estos cultivares no coinciden temporalmente. La desincronización en la antesis es un factor importante que reduce la polinización cruzada y la formación de semillas (Bono *et al.*, 2000; Podestá, 2007).

CONSIDERACIONES FINALES

A través del estudio de la fenología floral se determinó que el estado fenológico con menor variabilidad entre años fue el inicio de la floración, siendo F4P7 el cultivar más precoz y F2P3 el más tardío. Los tres cultivares presentan solapamiento del período de floración, posibilitando la fecundación y formación de semilla en

En F4P7, F3P8 y F2P3 la mayor proporción de flores solitarias brotan al inicio de la floración, mientras que la mayoría de los brotes reproductivos con hoja (terminales y mixtos) lo hacen avanzada esta etapa.

La etapa de plena floración en F4P7 y F2P3 presenta una desincronización, por lo tanto, en estos cultivares el período con mayor proporción de flores en antesis no coincide temporalmente.

los cruzamientos compatibles (F4P7 x F2P3 y F3P8 x F2P3). No obstante, F4P7 y F2P3 presentan una desincronización del período con mayor proporción de flores en antesis (plena floración), lo que podría reducir el porcentaje de frutos con semillas y/o el número de semillas por fruto. En síntesis, el estudio de la biología reproductiva (compatibilidad/incompatibilidad), la intercompatibilidad y la fenología floral de F4P7, F3P8 y F2P3 permite optimizar el diseño de nuevas plantaciones y el manejo agronómico con objetivo de producir fruta sin semilla.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Doctorado en Ciencias Agrarias (Fagro-Udelar) de la Ing. Agr. MSc Natalia Guimaraes Acuña, financiado con Beca de posgrado INIA.

REFERENCIAS

- Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., & Stauß, R. (1997). Adaptation de l'échelle BBCH à la description des stades phénologiques des agrumes du genre *Citrus*. *Fruits*, 52(5), 287–295.
- Bono, R., Soler, J., & Buj, A. (2000). Parámetros de calidad de los cítricos. El problema de las semillas. *Revista Comunidad Valenciana Agraria*, 16, 7–15.
- Distefano, G., Gentile, A., Hedhly, A., & La Malfa, S. (2018). Temperatures during flower bud development affect pollen germination, self-incompatibility reaction and early fruit development of clementine (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.). *Plant Biol (Stuttg)*, 20(2), 191–198.
- Gravina, A. (2014). *Fisiología de citrus* (A. Gravina, Ed.). Facultad de Agronomía-Universidad de la República. 145 p.
- Lovatt, C. J., Streeter, S. M., Minter, T. C., O'Connell, N. V., Flaherty, D., Freeman, M. W., & Goodell, P. B. (1984). Phenology of flowering in *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. 'Washington' Navel orange. *International Citrus Congress*, 186–190.
- Podestá, L. (2007). Floración, polinización y cuaje. In G. Sozzi (Ed.), *Árboles frutales: Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. (pp. 285–308). Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires.
- Rivas, F., & Vignale, B. (2015). Nuevas oportunidades varietales de *Citrus* para la mejora de la competitividad. *Resultados de Investigación En Citricultura*, 8–12.



Foto: Evelin Pechi



Foto: Abel Rodríguez



Foto: Evelin Pechi

Control de *Diaphorina citri*: aportes de la investigación y futuros desafíos

Ing. Agr. Msc. Evelin Pechi¹, Qca. Dra. Maria Eugenia Amorós², Bach. Soledad Retamar¹, Ing. Agr. Valeria Asutin³, Ing. Agr. MSc. Virginia Pereira das Neves⁴, Asist. Lab. Verónica Galván¹, Asist. Inv. Juan Amaral¹, Asist. Inv. Abel Rodríguez¹, Ing. Agr. MSc. José Buenahora³

¹Sistema Vegetal Intensivo - INIA

²Laboratorio de Ecología Química, Facultad de Química - Udelar

³UPEFRUY

⁴Dirección General Servicios Agrícolas - MGAP

Diaphorina citri es el insecto vector de HLB, la enfermedad más destructiva de los cítricos a nivel mundial y está presente en Uruguay. Sus poblaciones deben mantenerse tan bajas como sea posible, y para esto no se debe descartar ninguna medida de acción. Sin embargo, cualquier programa de manejo que se emplee no debe afectar el ambiente, el complejo de enemigos naturales, ni generar un incremento en el nivel de residuos para un país con un perfil predominantemente exportador de fruta fresca. Además, debe ser compatible con el manejo de otras plagas. Nuestra estrategia apunta al desarrollo de herramientas integradas de supresión del psílido, utilizando productos selectivos de bajo impacto, bio-insecticidas y repelentes, y el desarrollo del control biológico en Uruguay.

El *Huanglongbing* (HLB) se ha convertido en el principal desafío sanitario para la citricultura en Uruguay y el mundo. Esta enfermedad es causada por bacterias del género *Candidatus Liberibacter* spp., que obstruyen el floema, deterioran el sistema radicular y alteran la relación fuente-fosa, lo que compromete tanto el rendimiento como la vida del árbol (Limayem, A. 2024). Es transmitida por el psílido asiático de los cítricos,

Diaphorina citri, un insecto vector que, en Uruguay, ha estado presente en la zona litoral norte durante más de tres décadas. La primera detección de HLB en el país fue en enero de 2023, en una planta de traspatio en la ciudad de Bella Unión (Resolución 44023 - DGSA). Posteriormente, se reportaron nuevos casos en la ciudad de Salto y en una quinta comercial en el departamento de Artigas.



Figura 1 - Síntomas del Huanglonging A: fruto, B-C: hojas.

Actualmente, el HLB no tiene cura y su manejo se sostiene en tres componentes: a) utilización de material vegetal sano de origen conocido, [Acceda AQUÍ](#)

b) erradicación de plantas infectadas para eliminar el inóculo y c) control de las poblaciones de *D. citri* para limitar la dispersión del patógeno. Sobre este último punto, desde la primera detección en el continente americano (San Pablo - Brasil, en 2004), instituciones como INIA, Facultad de Agronomía (Udelar), Facultad de Química (Udelar), Dirección General de Servicios Agrícolas (MGAP) y el sector productivo cítrico comenzaron acciones para generar conocimientos y contribuir en el diseño de una estrategia multitáctica para el control del vector, con el fin de reducir poblaciones ante un eventual ingreso de la enfermedad al país.

ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *D. citri*

La biología del psílido asiático de los cítricos está asociada a los tejidos en crecimiento, la oviposición la realiza únicamente en brotes tiernos. En Uruguay, se identifican tres flujos marcados de brotación a lo largo

El control del vector es uno de los pilares en el manejo del HLB y debe abordarse en el marco de una estrategia multitáctica.

del año: primavera, verano y otoño. Estos períodos coinciden con la presencia de ninfas, dado que requiere tejido tierno para su desarrollo. Durante el invierno, cuando la brotación es escasa o ausente, se encuentra en estado adulto. La duración del ciclo es variable y depende de la temperatura, con un rango de 13 a 47 días. Estudios de poblaciones de *D. citri* en condiciones cítricas locales muestran que suele encontrarse en bajas densidades, de forma agregada, con variabilidad entre variedades, cuadros y plantas. Las lluvias tienen un efecto negativo en *D. citri*, precipitaciones por encima de 100 mm provocan un lavado mecánico (Amuedo, 2010; Asplanato *et al.*, 2011; Buenahora *et al.*, 2016).



Figura 2 - Distintos estadios de *D. citri* A: Huevos, B: Ninfa, C: Adulto.



Figura 3 - Centro de cría de *Tamarixia radiata*.

En el marco de una maestría en Ciencias Agrarias se evaluó la dispersión de *D. citri* considerando diferentes estados de brotación (brotes jóvenes y maduros) y la presencia de cortinas vegetales. Los resultados indicaron que, en esta región, *D. citri*, presenta baja movilidad tanto dentro como entre cuadros de cítricos, independiente del estado fenológico de las plantas. Sin embargo, se observó que la dispersión es estimulada por la presencia de brotes tiernos. Por otra parte, las cortinas rompevientos contribuyen a disminuir el movimiento, actuando como barreras físicas (Pereira das Neves, 2022).

CONTROL BIOLÓGICO

Los enemigos naturales contribuyen en la regulación de poblaciones de plagas. Tanto en la zona litoral norte como en la zona sur del país se han realizado monitoreos con el fin de conocer la entomofauna benéfica asociada a los cítricos y seleccionar potenciales controladores biológicos. Se han encontrado depredadores pertenecientes a los siguientes grupos: arañas, crisópidos, hemeróbidos, mantíspidos, coccinélidos y sírfidos.

[Acceda AQUÍ](#)

Entre los que se destaca el crisópido *Chrysoperla externa* por alimentarse de todos los estadios de *D. citri* y ser una especie abundante, frecuente y constante en cítricos (Pechi, 2021). *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) es parasitoide de ninfas (III, IV y V) y fue reportado en Uruguay en predios con presencia del vector en 2006 (Asplanato *et al.*, 2011). Constituye una herramienta sustentable para manejar *D. citri* en plantaciones abandonadas, zonas urbanas y quintas cítricas. En el año 2020 en el marco de un proyecto conjunto entre INIA, MGAP y Upefruy se instaló un centro de cría para su implementación como agente de control biológico (Figura 4). Se realizan liberaciones desde noviembre a mayo en quintas y centros poblados

con presencia de ninfas del vector con parasitismo que oscilan entre 50 y 90 %. En lo que respecta a los entomopatógenos, existen antecedentes locales de

Es necesario seguir evaluando productos de bajo impacto y su compatibilidad en un contexto de manejo integrado de plagas.

la efectividad de algunas cepas sobre *D. citri* (Corallo *et al.*, 2021). Actualmente, se están evaluando cepas seleccionadas de cuatro géneros: *Beauveria*, *Isaria*, *Metarhizium* y *Lecanicillium* pertenecientes a la colección de INIA y formulaciones en alianza con empresas.

CONTROL QUÍMICO DE BAJO IMPACTO

Desde hace más de diez años INIA y Facultad de Química han trabajado en el desarrollo de herramientas de control químico de bajo impacto de *D. citri*. Los estudios se han centrado principalmente en la evaluación de la acción de insecticidas sobre ninfas, priorizando productos de bajo impacto en la salud humana, en el ambiente, en organismos no blanco, que no generen resistencia y de baja residualidad en frutas (Amorós, 2017, Amorós, *et al.* 2023, Amorós *et al.*, 2024). Entre estos se incluyen aceites minerales, aceites de soja, adyuvantes derivados de aceites esenciales de cítricos y adyuvantes siliconados, aceites de neem, y extractos vegetales. También se han estudiado productos de uso

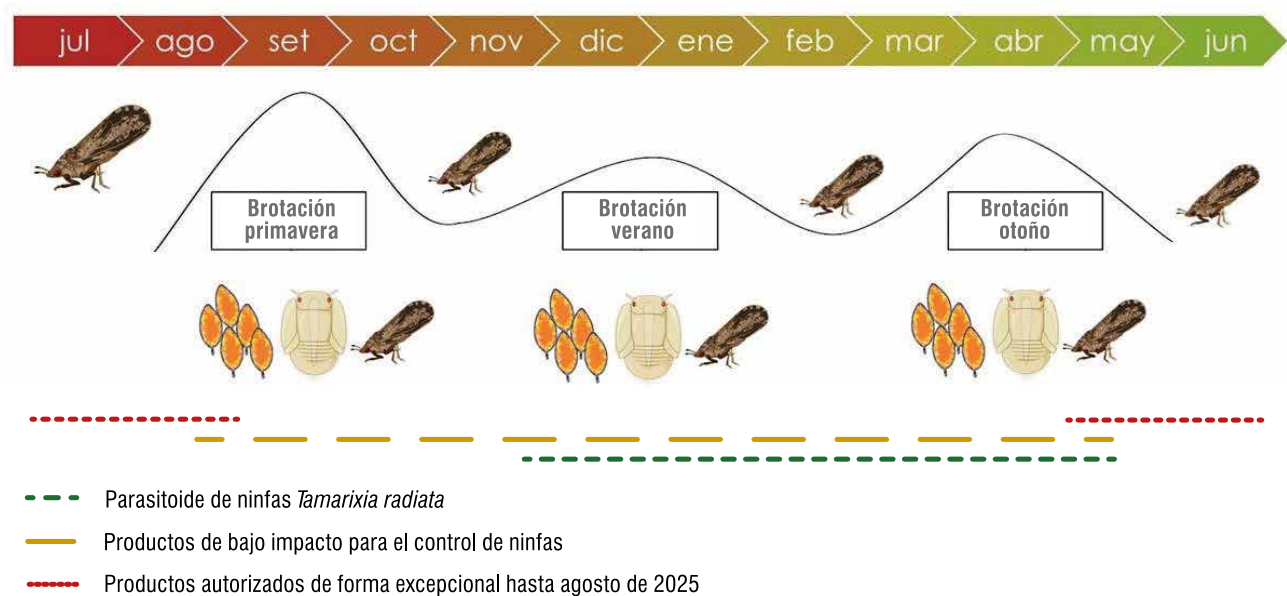


Figura 4 - Estadios de desarrollo de *D. citri* presentes en función del estado fenológico de cítricos en Uruguay, y herramientas de control disponibles.

común en citricultura para otras plagas que cohabitan en tiempo y espacio con *D. citri*, como la abamectina. Las alternativas más eficientes se resumen en el Cuadro 1. Además, los aceites muestran actividad anti-alimentaria y repelente sobre adultos. Finalmente, se ha estudiado el impacto de los productos evaluados sobre

la avispa parasitoide *Tamarixia radiata*, para valorar la compatibilidad entre su liberación y la aplicación de tratamientos químicos en un contexto productivo.

De estos trabajos ha surgido, en conjunto con el MGAP, la habilitación excepcional hasta agosto de 2025 de una serie de productos y formulados para su uso sobre *D. citri*. Estos han sido probados en otras regiones de producción de cítricos, pero no a nivel local. Sin embargo, dada la magnitud de la problemática se autorizaron por tiempo limitado. Debe considerarse la recomendación sugerida de uso en la resolución N°777/024. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-777024-autorizar-uso-forma-excepcional-productos-registrados>

Control biológico, herramienta disponible para ciudades, quintas abandonadas y momentos especiales en quintas en producción.

Cuadro 1 - Productos de bajo impacto recomendados para el control de ninfas de *D. citri*.

Principio activo	Dosis (%)	Efecto sobre <i>T. radiata</i> una semana post-aplicación	Otras plagas controladas
Aceite de naranja	0,25	muy bajo	Cochinillas, pulgones
Surfactantes siliconados	0,1	muy bajo	Cochinillas, pulgones
Aceite de soja	1	bajo	Cochinillas, pulgones
Aceite mineral	1 ó 0,5 + 0,02 de silwet	bajo	Cochinillas, pulgones
Abamectina	0,05	bajo	Minador de los cítricos
Spirotetramat	0,075	bajo	Insectos picosuctores

Productos de bajo impacto, evaluados en la EE INIA Salto Grande para el control de ninfas de *D. citri*. Las ninfas deben estar presentes en los brotes para la efectividad del tratamiento (a excepción de spirotetramat los productos listados no poseen residualidad). Los colores indican la clasificación en cuanto a impacto y riesgo de generación de resistencia. Mortalidad baja de *T. radiata* implica menor o igual del 20 %, muy baja es menor a 10 %.

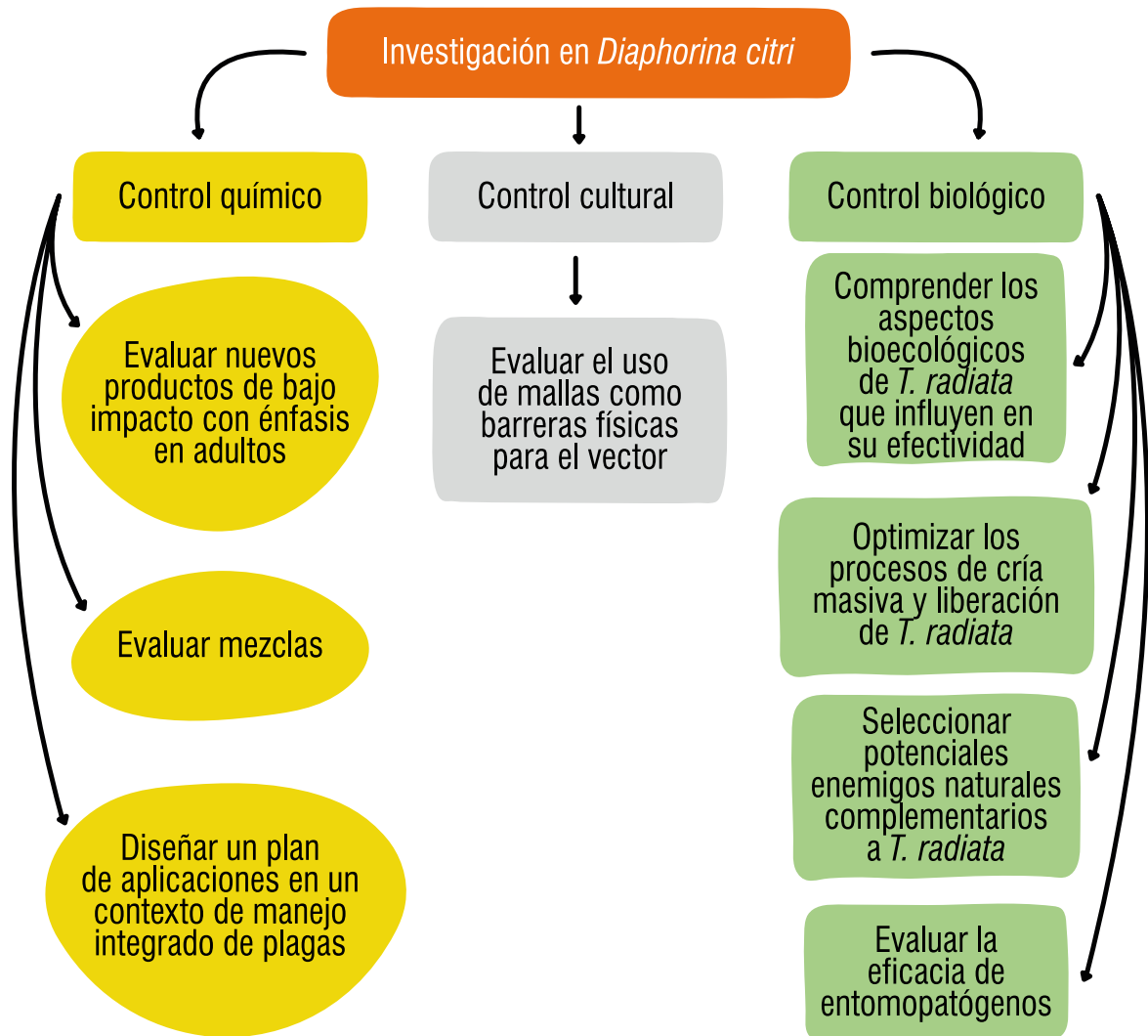


Figura 5 - Principales desafíos de la investigación asociada al control de *D. citri*.

BIBLIOGRAFÍA

Amorós, M., V. Galván, A. Rodríguez, J. Amaral, C. Rossini and J. Buenahora (2023). "Nuevas alternativas de bajo impacto para el control de ninfas de *Diaphorina citri* y su efecto sobre el parasitoide *Tamarixia radiata*." Revista INIA 73: 47-51.

Amorós, M. E. (2017). Control de *Diaphorina citri* mediante metodologías eco-compatibles. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias, opción ciencias Vegetales. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.

Amorós, M. E., V. Pereira Das Neves, V. Galván, A. Rodríguez, E. Pechi, J. Amaral, V. Asutin, F. Rivas, J. Buenahora and C. Rossini (2024). "Control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) using environmentally friendly chemical alternatives." International Journal of Pest Management: 1-13.

Amuedo, S. (2010). Abundancia y agregación de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Tesis Maestría en Ciencias Agrarias, opción ciencias Vegetales. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía

Asplanato, G., J. Pazos, J. Buenahora, S. Amuedo, L. Rubio y J. Franco (2011). El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae): Primeros estudios bioecológicos

en Uruguay. Serie FPTA Montevideo, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). N° 28: 48p.

Buenahora J. Pereira das Neves, V. Galván, V. 1. Amorós, M. Rodríguez, A. Amaral, J. 2016. Estudio de la abundancia y fluctuación de poblaciones en dos predios citrícolas de Salto y Paysandú. In: INIA SAD 769 Avances de Investigación en *Diaphorina citri* pp 22-28.

Corallo, A. B., Pechi, E., Bettucci, L., & Tiscornia, S. (2021). Biological control of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) by entomopathogenic fungi and their side effects on natural enemies. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 31(1), 1-9.

Pechi, E. 2021. Preferencia de tamaño de presa y respuesta funcional de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Tesis Maestría en Ciencias Agrarias, opción ciencias Vegetales. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.

Pereira das Neves, V. (2022). Dispersión de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) frente a diferentes estadios fenológicos de brotación en plantas cítricas y barreras vegetales. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias, opción ciencias Vegetales. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.



Foto: Mariana Arias

PAPAS INIA: bases simples para su diferenciación comercial según el tipo de consumo

Ing. Agr. Mag. Mariana Arias¹, Ing. Agr. Mag. Fabiana Hernández², Ing. Agr. Dr. Francisco Vilaró³, Ing. Agr. Dr. Matías González-Arcos¹

¹Sistema Vegetal Intensivo, Área de Mejoramiento Genético Vegetal, Biotecnología y Bioinsumos

²Sistema Vegetal Intensivo

³Ex investigador de INIA. Colaborador del programa de mejoramiento genético de papa

El objetivo del mejoramiento genético de papa es generar diferentes alternativas que aporten a la producción y el consumo nacional. Este trabajo pretende generar bases simples de clasificación por aptitud de consumo de los seis cultivares INIA disponibles a nivel productivo. La información podría ser útil para respaldar procesos de diferenciación comercial y deja las bases para continuar profundizando el proceso de selección de nuevos materiales destacados.

INTRODUCCIÓN

Desde su domesticación, la papa ha sido un alimento básico en la dieta humana. Se cultiva en más de 100 países y actualmente, es el tercer cultivo alimentario más consumido a nivel mundial según la FAO. La papa es esencial para la dieta de más de mil millones de personas y es clave para la seguridad alimentaria, sobre todo en países con altos niveles de pobreza (Devaux *et al.* 2020). En Uruguay, es el principal cultivo

hortícola (Unidad Agroalimentaria Metropolitana, 2025). En los últimos 25 años se ha observado una disminución del 60 % del área sembrada y un 50 % del volumen producido (González-Arcos *et al.*, 2021). Este escenario se enmarca en un cambio de los patrones de consumo de la población uruguaya que ha significado una sustitución del producto fresco por productos procesados, en gran medida importados (MGAP, 2022). Los motivos que explican esta tendencia son múltiples y podrían estar vinculados no sólo con la disponibilidad

de papa de calidad, sino también con componentes culturales y sociales.

El modelo de producción de papa está basado en variedades que no presentan potencial para diferenciar el producto y atender nuevas demandas de consumo (González-Arcos *et al*, 2021). En Uruguay, actualmente, el 90 % de la papa producida se destina a consumo en fresco, mientras que la industria tiene poco peso absorbiendo sólo el 1 % de la producción. El 9 % restante se utiliza como papa semilla para instalar nuevos cultivos (Ackermann y Díaz, 2022).

Los objetivos del programa de mejoramiento genético de papa de INIA se centran en dos ejes: aportar a los procesos productivos locales y contribuir con el consumo de papa en fresco. Para abordar estos objetivos se generan y seleccionan materiales con potencial de diferenciación. Para esto, es fundamental generar información asociada a la aptitud de consumo que brinde la posibilidad de valorizarlos. Este trabajo tuvo como objetivo actualizar la información de aptitud de consumo de seis cultivares de papas INIA disponibles actualmente en el mercado, generando elementos sencillos de clasificación para diferentes usos a nivel doméstico e industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron seis cultivares de papas INIA (Cuadro 1) actualmente disponibles a nivel productivo. Los seis materiales presentan características diferentes y entre ellos conforman una oferta diversa que se puede adaptar a los sistemas de producción.

Todos los cultivares fueron sembrados a principios de setiembre y cosechados en el mismo momento (cuando el follaje estuvo senescente), a mediados de enero. Las pruebas de cocción se realizaron a los 10 días post cosecha y luego de 40 días de conservación en tres condiciones diferentes: (1) a 6 °C, HR >90 %, (2) 15 °C, HR>90 % y (3) en condiciones de galpón (temperatura media 22,5 °C, temperatura máxima 38 °C). Todas las formas de conservación se mantuvieron en ausencia de luz.

Se evaluaron tres métodos de cocción: chips, bastones y hervido, utilizando los protocolos del Centro Internacional de la Papa (CIP, 2010). Para la segunda prueba de cocción las muestras se aclimataron por ocho días en galpón y se evaluó la fritura en chips y el hervido. De cada material se seleccionaron cuatro tubérculos por cocción, libres de enfermedades y daños.

Cuadro 1 - Resumen de características de los seis cultivares de papa INIA.

	Color de piel	Color de pulpa	Forma del tubérculo	Materia seca	Foto
INIA Pindó	Blanca	Blanca	Redonda - oval	23 %	
INIA Aiguá	Amarilla	Amarilla	Oval - alargada	21 %	
INIA Guaviyú	Crema	Crema	Ovalada	20 %	
INIA Daymán	Rojo intenso	Blanca	Ovalada - redonda	18 %	
INIA Kiyú	Rojo intenso	Amarilla clara	Oval	17 %	
INIA Arequita	Roja	Amarilla clara	Oval - alargada	17 %	

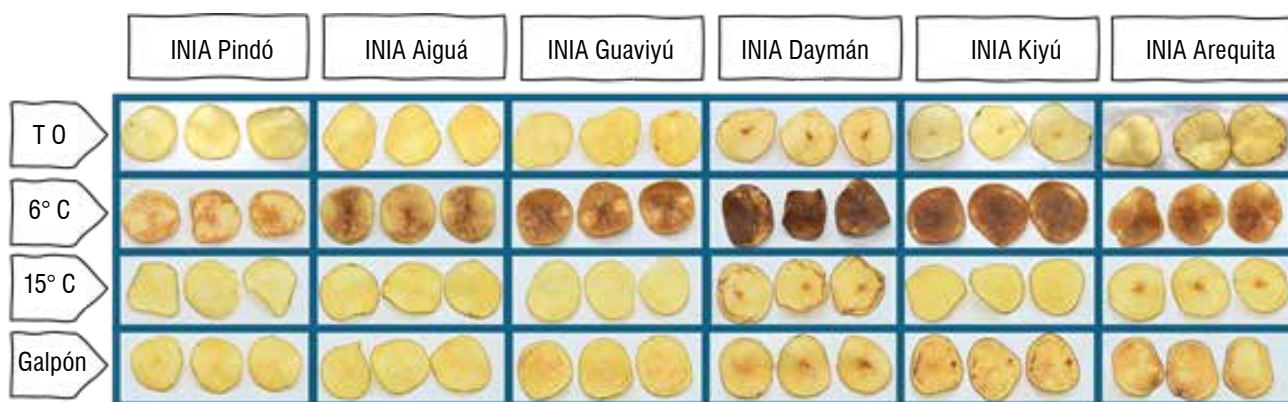


Figura 1 - Apariencia de los chips de una papa por cultivar y por momento de evaluación. Los tres chips por celda pertenecen al mismo tubérculo.

Chips

Se eligieron los tubérculos con mayor diámetro ecuatorial, se lavaron y se realizaron tres láminas de la zona central por tubérculo de 0,5 mm de espesor perpendiculares al eje más largo. Los chips se enjuagaron, se escurrieron y se secaron con papel. Luego se frieron a 176 °C - 180 °C hasta que el aceite terminó de burbujear (aproximadamente 3 minutos). Se evaluó el color según la cartilla estándar de color de hojuela de papa (CIP, 2010). El procedimiento se repitió a los 40 días para los tres tipos de almacenamiento.

Bastones

Los tubérculos más alargados de cada cultivar fueron seleccionados para la elaboración de bastones, se lavaron y se cortaron con piel en piezas de 1 cm de lado. Se utilizaron cuatro bastones de todas las zonas del tubérculo, se enjuagaron, se escurrieron y se secaron con papel. Se realizó una doble cocción, se frieron a 193 °C por un minuto, se dejaron enfriar durante 1,5 minutos y se volvieron a freír a 193 °C durante 1,5 minutos. Se evaluó el color externo e interno según la cartilla de color del CIP (2010) y la firmeza (se mantiene firme cuando es tomado por un extremo).

Hervido

Los tubérculos, con un peso de entre 130 y 150 g, fueron lavados y colocados enteros y con piel en agua hirviendo, hasta que se pudieron atravesar con un palillo. Se cortó cada tubérculo por la mitad y se evaluó

color de pulpa y textura (harinosidad y cohesividad). Una hora después de cortados se volvió a evaluar el color de la pulpa para observar cambios.

RESULTADOS

Chips

La fritura en formato de chips (hojuelas) es un tipo de procesamiento con estándares establecidos por la industria. Chips con coloraciones claras (grado 1 y 2) son considerados de calidad industrial, chips con coloraciones oscuras (grado 3, 4 y 5) como no aptos para industrializar. El color no es el único parámetro de calidad, pero es determinante para el procesamiento industrial. En la Figura 1 se observan los tres chips de una papa de la muestra por cada cultivar, para los dos momentos de evaluación y las tres condiciones de conservación.

Para los dos momentos y las tres condiciones de almacenamiento 'INIA Pindó', que es el cultivar de mayor materia seca, presentó el menor grado de color (entre 1,25 y 2,25). En todos los materiales se observó, luego de 40 días de almacenamiento, una pérdida de calidad respecto al punto cero. El almacenamiento a 6 °C presentó el mayor grado de oscurecimiento en los materiales. En 'INIA Pindó', si bien se observa oscurecimiento, mantiene calidad de industria. La conservación durante 40 días a 15 °C fue el método de almacenamiento que mostró mejor mantenimiento de la calidad para los seis cultivares. A galpón se mantiene parcialmente la calidad, en 'INIA Kiyú', 'INIA Arequita' e 'INIA Daymán' se observan zonas de oscurecimiento de los chips.

Bastones

La cocción en bastones fue evaluada sólo al momento cero ya que la fritura en formato de chips es más exigente y puede usarse como parámetro de mantenimiento de calidad (se conservan bajos grados de color en la fritura).

Las papas INIA conforman una oferta diversa a nivel productivo y de consumo.

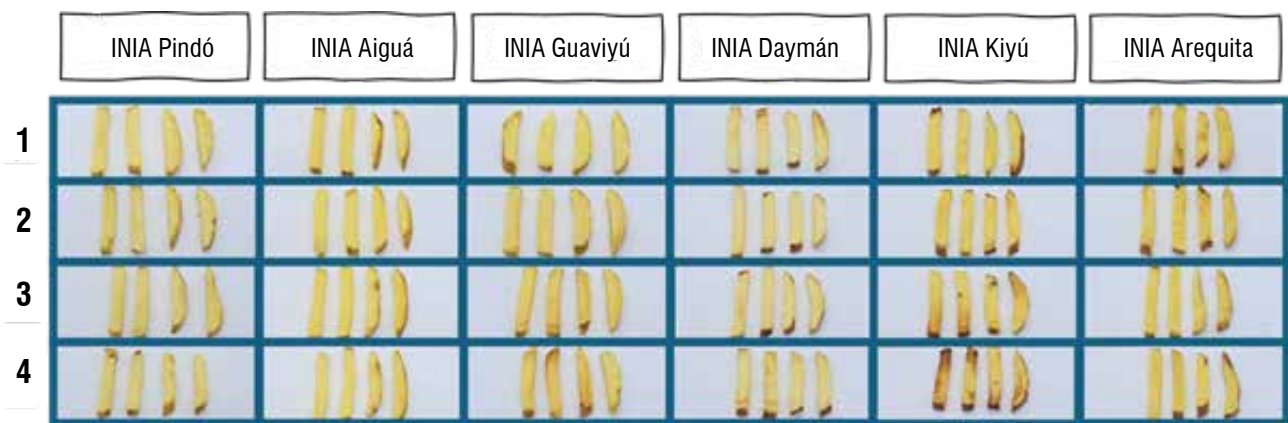


Figura 2 - Apariencia de los bastones de cada cultivar en el tiempo cero de evaluación. Todos los bastones de una misma celda pertenecen al mismo tubérculo. Se muestran los cuatro tubérculos de cada cultivar que conforman la muestra.

En la Figura 2 se muestran las cuatro muestras por cultivar. ‘INIA Pindó’, ‘INIA Guaviyú’ e ‘INIA Aiguá’ fueron los materiales que presentaron mejor calidad en cuanto al color (1; 1,5 y 2, respectivamente). ‘INIA Arequita’, ‘INIA Daymán’ e ‘INIA Kiyú’ mostraron un color de base de grado bajo en general, pero aparecen zonas oscuras que bajan la calidad del bastón. Los cultivares ‘INIA Pindó’ e ‘INIA Aiguá’ presentaron mayor firmeza. En los materiales de menor materia seca, representados por ‘INIA Arequita’, ‘INIA Daymán’ e ‘INIA Kiyú’ los bastones tuvieron baja firmeza.



Hervido

En la Figura 3 se muestra el aspecto de los seis cultivares inmediatamente post cocción. ‘INIA Arequita’, ‘INIA Daymán’ e ‘INIA Kiyú’ presentaron harinosidad media a baja y cohesividad de media a alta. Esto quiere decir que son materiales que se desgranar poco y mantienen su estructura y su forma luego de hervidos. Ninguno de los materiales evaluados presentó cambio de color a la hora en tiempo cero. Luego de una hora post cocción, en conservación a 6 °C, los más harinosos

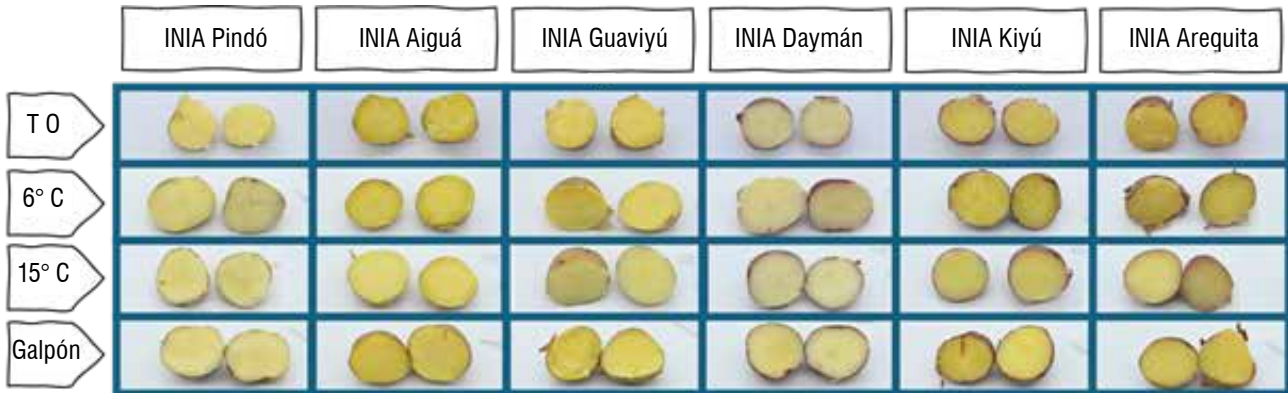


Figura 3 - Apariencia de hervido de una papa por cultivar y por momento de evaluación inmediatamente luego de cocido.

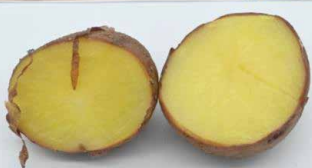
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
			
Materia seca (contenido de almidón)	alto	medio	bajo
Cultivares	'INIA Pindó'	'INIA Aiguá', 'INIA Guaviyú'	'INIA Kiyú', 'INIA Daymán', 'INIA Arequita'
Cocción recomendada	fritura	fritura, hervida, horneada	hervida
Usos recomendados	industria chips, doméstico	doméstico, gourmet	doméstico
Preparaciones relacionadas	Chips, preparaciones especiales con alto almidón	Puré, sopas, tortilla, revueltos, bastones, horneada gratinados	Ensaladas, guisados

Figura 4 - Grupos de clasificación de papas según su aptitud de consumo

(como 'INIA Pindó') mostraron coloraciones grises. Para preparaciones como ensaladas o guisados, las papas de menor materia seca son las que nos brindan la mejor calidad en la cocción.

CONCLUSIONES

Este trabajo permitió ajustar los protocolos básicos y actualizar la información de la aptitud de consumo para diferentes tipos de cocción de los cultivares INIA.

Se pueden definir tres grupos para clasificar a las papas INIA disponibles a nivel productivo. Esta clasificación simple permite relacionar a los cultivares de cada grupo con diferentes destinos, usos o preparaciones, y brindan las bases para una potencial diferenciación comercial (Figura 4).

- Papas con alta materia seca: aptas para la elaboración de chips de alta calidad con destino industrial. A nivel doméstico, se adaptarían a usos muy específicos aprovechando su alto contenido de almidón (relacionado a la materia seca). El mejor representante de este grupo es 'INIA Pindó' [Acceda AQUÍ](#) que además ha mantenido buenos estándares de calidad luego de períodos de conservación, aspecto fundamental si se piensa abastecer la industria local con producción nacional.
- Papas con materia seca intermedia: son multipropósito, pueden ser empleadas a nivel doméstico tanto para fritura como para hervido. Las papas de este grupo son las más versátiles y recomendadas por su calidad para diversas preparaciones. El mejor exponente de este grupo es 'INIA Aiguá' [Acceda AQUÍ](#).
- Papas con baja materia seca: brindan excelente calidad para consumirlas hervidas, aportando menos calorías

en relación con las anteriores. Uno de los mejores representantes de este grupo es 'INIA Kiyú' [Acceda AQUÍ](#)

Además, se observó el efecto de las diferentes condiciones de almacenamiento aplicadas durante 40 días. En general, el almacenamiento a 15 °C fue el que mejor conservó las características iniciales de calidad para todos los cultivares. Temperaturas más bajas (6 °C) o más altas (conservación en galpón), pueden hacer perder la calidad para el consumo de una determinada variedad. Las variedades responden diferente a los efectos del almacenamiento. 'INIA Pindó' se caracteriza por su estabilidad frente a diversas condiciones, una cualidad clave para el abastecimiento de la industria local de chips.

AGRADECIMIENTOS

Participaron de este trabajo: Alberto Lenzi, Adriana Reggio, Adilcia Bentancor, Natalia Passini, Julieta Antúnez. Las fotografías interiores fueron tomadas por Irvin Rodríguez.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) (2022). Anuario OPYPA 2022: Análisis de las cadenas productivas. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Uruguay. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2022/>

Devaux, A., Goffart, JP., Kromann, P. et al. The Potato of the Future: Opportunities and Challenges in Sustainable Agri-food Systems. Potato Res. 64, 681–720 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09501-4>

González-Arcos, M., Rodríguez, G., Grela, A. (2021). Genética y semilla nacional de papa: grandes desafíos y nuevas propuestas. Revista INIA N° 65.

Ackermann, M. N. y Díaz, A. (2022). Horticultura: situación y perspectivas. Anuario OPYPA 2022.

Centro Internacional de la Papa (2010). Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales.



Ferti
RIEGO
Horticultura
inia
URUGUAY

Riego y nutrición
a medida
de su cultivo de tomate

Ya disponible en **inia**
móvil

Available on the
App Store
Descarga aquí 

GET IT ON
Google Play
Descarga aquí 



Pasos para su uso



1.

Personalice la App con la información de su sistema productivo



3.

Ajuste las recomendaciones de riego y fertilización en tiempo real

4.

Combine el uso de la App con el seguimiento predial



2.

Obtenga su plan de fertirriego previo al trasplante





Mesa para la sostenibilidad institucional de la Producción Familiar.

PROFUNDIZANDO LOS VÍNCULOS ENTRE LA PRODUCCIÓN FAMILIAR E INIA

Ing. Agr. Clara Villalba Clavijo

Referente de Producción Familiar

Sostenibilidad: la necesidad de vasos comunicantes activos entre sistemas para la mejora de la calidad de vida de la población rural.

El 24 de abril en Las Brujas y el 11 de junio en Tacuarembó se llevaron a cabo las Jornadas de Producción Familiar (JPF) 2025 en las respectivas estaciones experimentales de INIA.

El objetivo fundamental de estas actividades es que los productores y las productoras familiares sientan a INIA su casa, un lugar donde plantear problemas, buscar soluciones en forma conjunta y diseñar alternativas para las trayectorias posibles y deseadas de la producción familiar atendiendo a la especificidad de cada caso en forma conjunta con la red interinstitucional que respalda a este sujeto colectivo. En ese sentido, ambas jornadas

se estructuraron en bloques. Cada uno de ellos nucleaba temáticas que hacen a la sostenibilidad y robustez de los sistemas de producción familiar de la región donde se encuentra cada estación experimental involucrada. Así, en cada jornada hubo bloques dedicados a las dimensiones: social, ambiental, económico-productiva e institucional.

En la dimensión social se buscó apelar a la identidad de la producción familiar atendiendo a conceptos surgidos de varios estudios de la academia durante muchos años, de los cuales surge la definición en la que se basan las políticas públicas (ver artículo publicado en

Revista INIA N° 80 [Acceda AQUÍ](#). En esta dimensión también se integró la metodología de co-innovación a cargo de Andrea Ruggia y Verónica Aguerre.

En Las Brujas, contamos con la presencia de representantes de la Red de Jóvenes del PROCISUR quienes compartieron su experiencia de cuatro años entre los institutos de investigación del cono sur. Una de las riquezas de estas vivencias fueron las diversas actividades que apostaron a crear ciencia y compartir aprendizajes entre investigadores y jóvenes productores/as de la producción familiar del cono sur atendiendo especialmente a la integración generacional en los establecimientos.

Por otra parte, también en lo referente a la sostenibilidad social, se atendió a la percepción de los sistemas de producción desde la perspectiva de la ciudadanía uruguaya, un estudio exploratorio llevado adelante por Gastón Ares y Lucía Antúnez de la Udelar, en conjunto con el área de Agroalimentos y el Sistema Vegetal Intensivo de INIA. Este tema resulta vital a la hora de pensar las políticas públicas para la producción familiar ya que conocer la valoración de los consumidores y crear un nexo entre productores y consumidores resulta importante en los circuitos de comercialización de la producción familiar.

Además, se presentaron algunos resultados del FPTA 379 que muestran la articulación con la Dirección de Planeamiento, Seguimiento y Evaluación de INIA. Uno de ellos trató sobre la “Investigación participativa para la sostenibilidad de la producción familiar de cerdos en predios de la zona sur del país” coordinado por Andrea González de Fagro, en especial una aplicación digital para facilitar el registro de los productores acerca de las condiciones de su plantel de suinos.

Respecto a la dimensión ambiental, también se presentaron resultados de la plataforma de largo plazo que toma como eje fundamental la salud de los suelos y su recuperación en condiciones similares a los sistemas de producción familiar, a cargo de Carolina Leoni. Y, por último, el FPTA 374 “Revalorización del estiércol de ave. Propuesta y evaluación de diferentes alternativas incluyendo producción de energía y fertilizantes orgánicos” coordinado por Amabelia del Pino.

El reconocimiento de personas concretas que hacen a la producción familiar parece fundamental a la hora de plantear la especificidad de este sujeto colectivo, ya que esas personas concretas son quienes, generalmente, pertenecen y juegan un rol decisivo a través de dos modos, básicamente: actos heroicos o bien la mezcla de constancia, persistencia y paciencia. En ambos modos su participación y representación en espacios colectivos y espacios de diálogo son procesos fundamentales de la construcción de identidad y reconocimiento de las especificidades de la producción familiar y la necesidad de políticas públicas diferenciadas.



Foto: Sebastián Bogliacino

Mesa donde representantes de organizaciones de la producción familiar ponen en común sus fortalezas para la construcción de políticas públicas en la temática.

En este sentido, se reconocieron la vida y la labor de: Hugo Bértola (1950 - 2024) y la de Jacqueline de Amores (1969). En el caso de Bértola, entre otros procesos, es importante señalar que fue pionero de la agricultura ecológica en Uruguay, fundó junto a otros productores: la Asociación de Productores Orgánicos del Uruguay (APODU), fue impulsor y referente de la Red de Agroecología del Uruguay (RAU) y participó activamente en la conformación del Plan Nacional de Agroecología. Contribuyó incansablemente en la organización social de productores, consumidores y técnicos.

En el caso de Jacqueline de Amores, se reconoció en ella, la imagen de tantas mujeres rurales que, en colaboración con otras mujeres productoras o técnicas de campo, logran procesos de mejora de la autoestima y empoderamiento los cuales prosiguen en procesos de generación, participación y representación colectiva, en general. Esto va consolidando la autonomía económica y la sororidad. Además, en el caso de Jacqueline también hay una opción por la agroecología y los procesos de cuidado y restauración ambiental y de la salud humana.

Al reconocer una mujer rural, como Jacqueline de Amores, se reconoce a tantas mujeres rurales que, en colaboración con otras, logran procesos de mejora de la autoestima y empoderamiento que prosiguen en procesos de participación y representación colectiva, y van consolidando la autonomía económica y la sororidad.

Posteriormente, se realizó una mesa de diálogo entre representantes de las organizaciones de productores y productoras y autoridades de los diferentes espacios de la institucionalidad agropecuaria ampliada. La idea de la mesa fue poner en diálogo las fortalezas de las organizaciones y la visión de las autoridades para la construcción democrática de las políticas públicas.

Estuvieron presentes representantes de: CNFR (vicepresidente Mario Buzzalino), CAF (Sofía Fossati), RAU (Gastón Carro), Red de Semillas Nativas y Criollas (Juan Pablo Carbone), Red de Grupos de Mujeres Rurales (Luisa Villalba), AMRU (Rosario Cabrera), DGDR (Gabriel Isola), DIGEGRA (Laura González), INALE (Ricardo de Izaguirre), INAVI (Diego Spinoglio) y UTU (Aroma Ramos).

En el cierre contamos con la presencia del director nacional de INIA: Gerardo Marchesini y el subsecretario del MGAP, Matías Carámbula.

En Tacuarembó, la jornada se propuso ser una antesala para el lanzamiento del Programa Procría, liderado por el Instituto Plan Agropecuario que involucra gran parte de la institucionalidad agropecuaria ampliada. Con esa intención la jornada se estructuró en cuatro bloques:

a) sostenibilidad social: donde se caracterizó al productor/a familiar y el enfoque de coinnovación,

b) sostenibilidad económica donde se contó con cinco charlas sobre: manejo del campo natural, a cargo de Gerónimo Cardozo, manejo de la cría vacuna cuya responsable fue Graciela Quintans, manejo del ovino en los sistemas mixtos realizada por Ignacio de Barbieri y las charlas sobre sanidad en vacunos (especialmente garrapata, Pablo Parodi) y en ovinos cumplida por América Mederos;

La vinculación sostenida entre los sistemas de investigación, educación, comunicación y extensión, diseño y gestión de políticas públicas, y la participación de las organizaciones sociales son quienes revitalizan a la producción familiar.

c) sostenibilidad ambiental que refirió al rol del monte nativo, tanto como ingreso económico con criterios específicos y los múltiples servicios ecosistémicos a cargo de Verónica Pastorini, técnica de MGAP – DGDR y los suelos sanos como base de los sistemas de producción familiar atendiendo especialmente a la horticultura presente en Rivera y Tacuarembó, cuya responsable fue Fabiana Hernández de INIA.

d) sostenibilidad institucional: que se buscó representar a través de la sostenibilidad de las políticas públicas hacia la producción familiar. Por ende, se llevó a cabo una mesa con el mismo sentido que en la Jornada de Las Brujas, pero con la especificidad del norte. Estuvo integrada por representantes de la Intendencia de Tacuarembó: director de desarrollo: Gustavo Montemurro, de la MDR departamental de Tacuarembó: Fermín Silveira, ANEP/CETP - UTU: Elena Apezteguía, UTEC: Marcelo Ubal, Udelar: Rodolfo Franco, DGDR: Gabriel Isola, DIGEGRA: Laura González, Servicios Ganaderos Carlos Corujo, CNFR: Alejandro Henry, Unidad de Descentralización: Ricardo Teixeira, SUL: Aldo Yiansens y por el IPA: Santiago Scarlato (CAF no pudo participar).

También se realizaron reconocimientos a productores y productoras familiares: Ruben Ferreira y Lourdes Sequeira de la zona de influencia de INIA Tacuarembó. Vale la pena repasar algunos momentos de sus historias en relación con sus compromisos con la Producción Familiar.

Ruben Ferreira nació el 4 de setiembre de 1960. Falleció el 17 de abril de 2024. Criado en el Barrio Vignoli, en la calle Nieto Clavera, de la que siempre tenía hermosos relatos de sus andanzas de niño y adolescente, nos dice su hijo Federico. A comienzos del 2000 decide volver desde Montevideo a Tacuarembó comenzando sus primeros pasos en la horticultura en la zona de Rincón de Tranqueras y en distintos grupos de productores familiares. En 2003 formaba parte de los agricultores de Lourdes, y fue descubriendo que le gustaba mucho trabajar la tierra. En 2014 formaron el Grupo hortícola Sociedad, Unión y Trabajo con cuatro miembros más y en 2015/2016 se muda al predio colectivo que le otorga



Mesa de autoridades de la institucionalidad pública agropecuaria ampliada.

el INC y hace su casa a través del sistema MEVIR. Participó de la REAF, especialmente en la Comisión de Cambio Climático.

Lourdes Sequeira es una mujer rural de la zona de Zaporá. Su familia es de productores familiares y ha dedicado gran parte de su vida a participar socialmente en diversos espacios y organizaciones rurales; así como a su desarrollo profesional para volcar su conocimiento y experiencia en el medio rural. En 2014 se recibió de Tecnóloga Cárnica, una carrera tecnológica de CETP - UTU, que aporta valor a la cadena cárnica nacional. Su labor social con más de 10 años en la Sociedad de Fomento Rural Sexta Sección y Mesas de Desarrollo Rural la han llevado a incidir localmente en varios grupos de trabajo interinstitucionales a favor de la producción familiar, las mujeres y los jóvenes rurales; siendo parte de la organización de los sucesivos encuentros departamentales de mujeres y jóvenes rurales. También participa de la Comisión de Género de la REAF.

Matías Carámbula, subsecretario del MGAP, realizó las características fundamentales de la producción familiar. Entre ellas mencionó: 1) que la producción familiar se caracteriza actualmente por una identidad de la resistencia y que es necesario construir una identidad del proyecto, 2) la necesidad de provocar una fuerte intersección entre las políticas públicas de CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación) con las acciones hacia la soberanía alimentaria, 3) la importancia del empleo rural asociado a la producción familiar, 4) la necesidad de abordar en forma estratégica la renta sectorial y la renta territorial y sus distribuciones, 5) esta forma y estilo de producción como sintetizadora

de una forma de salud ampliada: salud del ambiente, de los productores, consumidores, trabajadores, etc., 6) configura identidad, estilos de vida y cultura específicos y 7) la necesidad de reconocer a la población rural como sujetos de derecho (por ejemplo: en términos de acceso a la salud, a la educación, a la vivienda, a la caminería, etc.).

Por otro lado, también señaló que la producción familiar plantea problemas complejos y, por tanto, es necesaria la integración de las disciplinas científicas para colaborar en que la población involucrada tome las mejores decisiones posibles en su propio escenario. Para esto se vuelve fundamental la coproducción creativa de tecnologías apropiadas y apropiación tecnológica por parte de productores/as y de un sistema de asistencia técnica y extensión rural en comunicación estrecha con la producción científica y la institucionalidad agropecuaria.

Se refirió a la considerable significación e influencia de la genética, en especial de las semillas compartidas entre productores y productoras como parte de la soberanía en recursos pero también, unida al acceso a la tierra, al agua y a la asistencia técnica, como articulaciones necesarias para hacer frente al cambio climático.

Por último, valoró la acumulación –tanto en las personas como en el estado– de la construcción colectiva e histórica que ha permitido lograr planes nacionales como el de Producción Familiar, el de Agroecología, el de Género, etc. Planes que han logrado transversalizar políticas públicas y el diálogo constructivo para responder a problemas complejos.

El ministro Fratti por su parte resaltó la importancia de: 1) la descentralización, y por tanto de 2) la atención a los territorios en función de las singularidades y especificidades de cada uno. Explicitó que si bien Uruguay es un país pequeño tiene mucha diversidad de territorios. Hizo hincapié en: 3) la necesidad de una interinstitucionalidad fuerte y presente en cada territorio. Por otra parte, reconoció la falta de programas de transferencia y extensión rural por eso la apuesta actual al Procría liderado por el IPA con entramado interinstitucional de base donde participa INIA, Udelar, SUL y otras organizaciones.

Con relación a INIA, mencionó la importancia de transitar caminos hacia: 1) la investigación acción-participativa y la investigación acerca de cómo se logra la adopción y apropiación por parte de la familia productora 2) las transiciones agroecológicas cuidando el ambiente y 3) el fortalecimiento del capital social en el medio rural.

Por último, felicitó esta iniciativa, agradeciendo estos pasos en la producción familiar, especialmente en el norte del país.



Foto: Luisina Mezquita

Autoridades y público presente en la jornada de Producción familiar de INIA Tacuarembó.



APORTES DESDE LA INVESTIGACIÓN AL DESARROLLO DE SISTEMAS GANADEROS FAMILIARES SOSTENIBLES

Ing. Agr. Dra. Verónica Aguerre¹,
Ing. Agr. MSc. Andrea Ruggia¹,
Lic. Soc. PhD Mariela Bianco²

¹INIA
²Udelar - Fagro

En este artículo se presentan resultados de un trabajo de investigación reciente que estudió, bajo el lente de transiciones sostenibles, una secuencia de proyectos de investigación institucionales basados en coinnovación e intensificación ecológica. Su objetivo es aportar conocimiento para el desarrollo sostenible de la ganadería familiar en Uruguay.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la ganadería familiar enfrenta desafíos importantes para sostenerse en el tiempo. A pesar de ser un sector clave en lo económico, ambiental y social, con fuerte presencia en el territorio nacional y base en el campo natural (CN), el número de productores familiares está disminuyendo. Enfrentan amenazas exógenas, provenientes del avance de la agricultura

y la forestación con el consecuente reemplazo de CN por cultivos; y endógenas, asociadas a problemas de sucesión y relevo generacional; y a la degradación del CN por sobrepastoreo, lo que va en detrimento de la producción de forraje y de carne, del ingreso y a la vez que disminuye la provisión de servicios ecosistémicos. La transformación hacia sistemas más sostenibles requiere de cambios radicales. En este sentido, la intensificación ecológica es una estrategia que permite

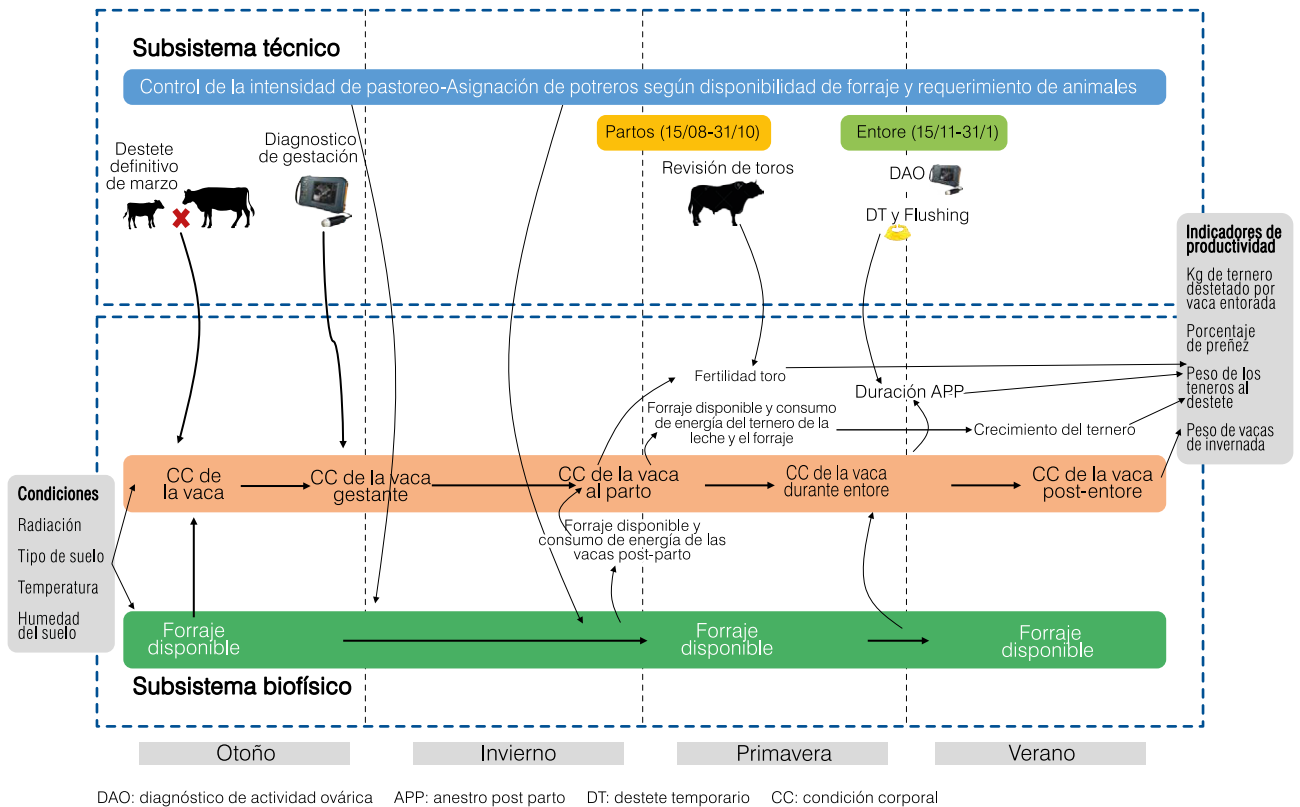


Figura 1 - Principios para la gestión de sistemas ganaderos con base en la intensificación ecológica.

Nota: Adaptada de Paparamborda *et al.* (2023).

combinar la provisión de servicios ecosistémicos y la productividad de carne mediante la implementación de cambios destinados a revertir las prácticas de manejo de pastos y animales que llevaron al sobrepastoreo (Modernel *et al.*, 2016). Como alternativa al modelo tradicional basado en insumos externos y dependiente de recursos no renovables (fertilizantes, raciones y productos químicos), promueve un uso más eficiente y equilibrado de las funcionalidades naturales de los ecosistemas. La clave es realizar una buena sincronización entre la producción del CN y los requerimientos animales en las diferentes estaciones del año. Paparamborda *et al.* (2023) y Ruggia *et al.* (2021) elaboran una lista de principios de gestión que se sintetizan en la Figura 1, que implican un conjunto de medidas de manejo estratégicas, tácticas y de apoyo a la toma de decisiones.

Las instituciones de investigación han generado tecnologías de proceso que pueden sustentar trayectorias de intensificación ecológica en la ganadería sobre CN (Soca *et al.*, 2024). Se trata de tecnologías de manejo, que no están necesariamente comprendidas en un formato físico y requieren de conocimiento contextualizado para que su implementación resulte efectivamente en mejoras de la sostenibilidad. Por ello, las lógicas verticales de transferencia de tecnología

resultan poco eficientes requiriéndose lógicas horizontales donde el conocimiento se construye de forma compartida. Desde esta perspectiva, el enfoque de coinnovación posibilita abordar problemas socio-científicos complejos del agro, revistiendo un cambio desde la investigación convencional y los métodos



Ganadería sobre campo natural.

Cuadro 1 - Descripción de proyectos de coinnovación/intensificación ecológica en sistemas de producción familiares en Uruguay (2004-2019).

Proyecto	Región	Período de Ejecución	Actores	Número de predios
Validación de Alternativas Tecnológicas para Producción Hortícola Sostenible (FPTA 160).	Sur (Canelones y Montevideo).	2004-2006	Organización nacional de productores (CNFR), instituciones de investigación (Fagro e INIA).	6 hortícolas y hortícola-ganaderos.
Diseño, implementación y evaluación de sistemas de producción intensivos sostenibles en la zona sur del Uruguay (FPTA 209) + European-Latin American Co-Innovation of Agro-ecoSystems (Eulacias) - Caso Uruguay.	Sur (Canelones y Montevideo).	2006-2010	Institutos de investigación (Fagro , INIA y WU Holanda), organización nacional de productores (CNFR).	16 predios hortícolas y hortícola-ganaderos.
Coinnovando para el desarrollo sostenible de sistemas de producción familiar de Rocha-Uruguay (Proyecto Rocha).	Región este (Rocha).	2012-2015	Institutos de investigación (INIA , Fagro y WU Holanda), organización nacional de productores (CNFR), organizaciones locales de productores (SFR R109 y SFR Castillos), Instituto de extensión (IPA), gobierno local (IMR) y nacional (MGAP).	7 predios ganaderos familiares
Coinnovación para la promoción del desarrollo de sistemas productivos sustentables: estudios de caso en predios familiares del norte (Proyecto Norte).	Región norte (zona de basalto).	2012-2015	Instituto de investigación (INIA), organizaciones locales de productores (SFR Basalto R31, SFR Mataojo Grande y SFR Vera y Cañas).	3 predios ganaderos familiares
Mejora en la sostenibilidad de la ganadería familiar de Uruguay (UFFIP).	Región norte (zona de basalto) y región este (zona Sierras del Este).	2013-2017	Institutos de investigación (INIA y AgResearch-Nueva Zelanda), Instituto de extensión (IPA), gobierno nacional. Ministerio de Agricultura (MGAP).	20 predios foco ganaderos familiares
Ganaderos Familiares y Cambio Climático (GFCC) + Plataforma de innovación para mejorar la gestión de la intensidad de pastoreo de Sistemas Ganaderos Familiares en Uruguay y Argentina (Fontagro).	Región norte (zona de basalto) y región este (zona Sierras del Este).	2016-2019	Gobierno nacional Ministerio de Agricultura (MGAP), Institutos de Investigación (Fagro, INIA, WU-Holanda e INTA-Argentina).	27 predios ganaderos familiares

Nota; Los actores que lideraron la implementación de los proyectos, el número de predios y tipo de sistema de producción se resaltan con negrita.

habituales seguidos por los investigadores en ciencias agrícolas.

En Uruguay se vienen implementando enfoques de investigación participativos, trabajando directamente en los predios, e involucrando a los productores en la identificación de problemas y el diseño de soluciones. Entre 2004 y 2019, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (Fagro) implementaron una secuencia de seis proyectos de investigación que utilizaron un enfoque específico —coinnovación— para promover y evaluar

estrategias de intensificación ecológica, principalmente en el sector ganadero (Cuadro 1).

En este artículo se presentan, sintéticamente, resultados de un trabajo de investigación reciente (Aguerre, 2025; Aguerre y Bianco, 2023; 2024), que estudió dicha secuencia de proyectos bajo el lente de transiciones sostenibles (TS). Su objetivo es aportar conocimiento para el desarrollo sostenible de la ganadería familiar de Uruguay que contribuya a impulsar transiciones sostenibles basadas en procesos de coinnovación e intensificación ecológica.

Las transiciones sostenibles son procesos de transformación de largo plazo alineadas con el cambio radical en sistemas que atienden necesidades sociales como la producción de alimentos (Geels, 2004). La Perspectiva Multinivel es el modelo teórico más utilizado para analizar estas transformaciones complejas y plantea que las transiciones se producen a través de procesos de interacción en tres niveles de agregación que consisten en: nichos (ambiente para el desarrollo de alternativas radicales), regímenes (forma dominante de “hacer las cosas”) y paisajes (contexto macro). La dinámica general del cambio implica que las innovaciones de nicho gradualmente acumulan impulso interno (por ejemplo, a través de procesos de aprendizaje, mejoras de rendimiento, expansión de redes sociales) y junto a cambios en el paisaje crean presión sobre el régimen. Esto genera la desestabilización del régimen y abre ventanas de oportunidad para que las innovaciones de nicho se difundan, modificando el régimen existente.

UN NICHOS COMO SEMILLA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LA GANADERÍA FAMILIAR

La investigación constató el desarrollo de un nicho sociotécnico que se constituye en la potencial semilla de un proceso de transformación hacia la sostenibilidad de la ganadería familiar asociada a coinnovación e intensificación ecológica. El encadenamiento de proyectos de investigación y la continuidad lograda a lo largo de 15 años fue fundamental para el desarrollo de

Se constató el desarrollo de un nicho sociotécnico que se constituye en la potencial semilla de un proceso de transformación hacia la sostenibilidad de la ganadería familiar, asociada a coinnovación e intensificación ecológica.

este nicho, que a lo largo del proceso logró alinear la visión de la ganadería familiar sostenible, asociada a su intensificación ecológica acompañada por procesos de coinnovación; la conformación y crecimiento de una red de actores que incluyó investigadores, productores, extensionistas y otros actores relevantes (vinculados a los territorios en los que se trabajó, pero también en el ámbito nacional); y la acumulación de conocimiento en torno a una nueva forma de promover la innovación a través de la investigación en contexto de aplicación (Figura 2).

El nicho se constituyó en torno a prácticas de coinnovación que, en todos los proyectos de la secuencia, se caracterizaron por (Figura 3):

a) Trabajo en predios en los que, a partir de la visita mensual de un extensionista que interactúa con la familia, se transita por las etapas de caracterización y

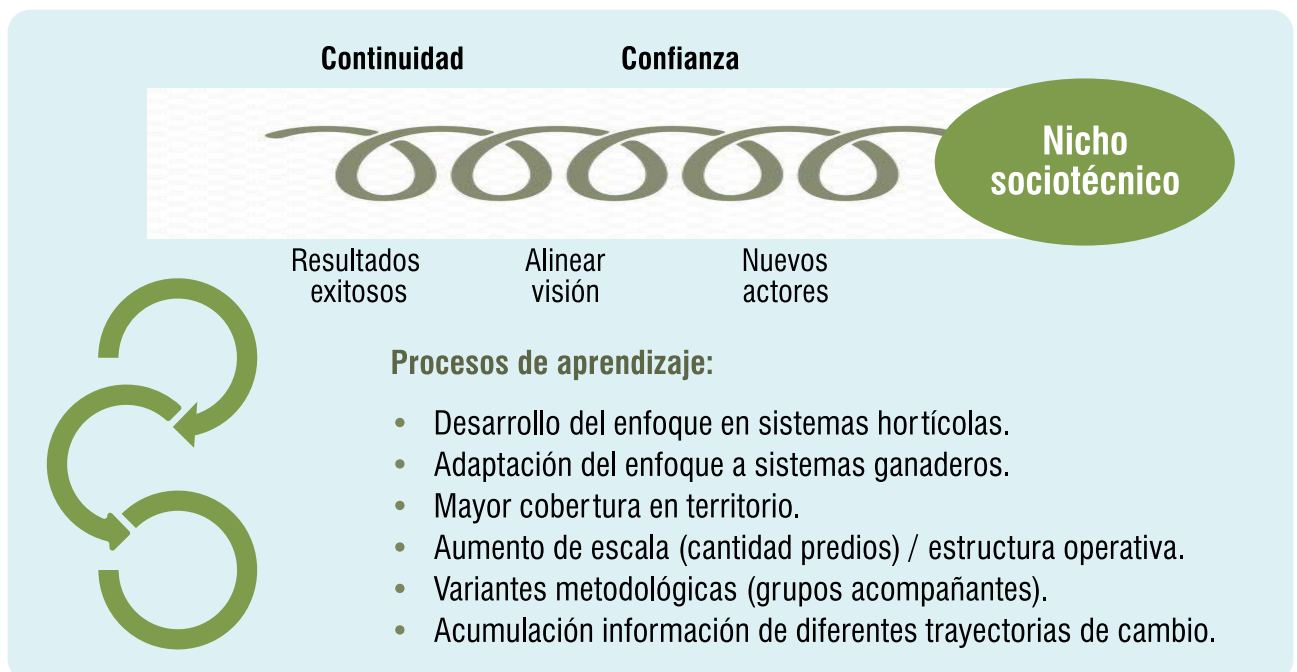


Figura 2 - Procesos involucrados en el desarrollo del nicho.

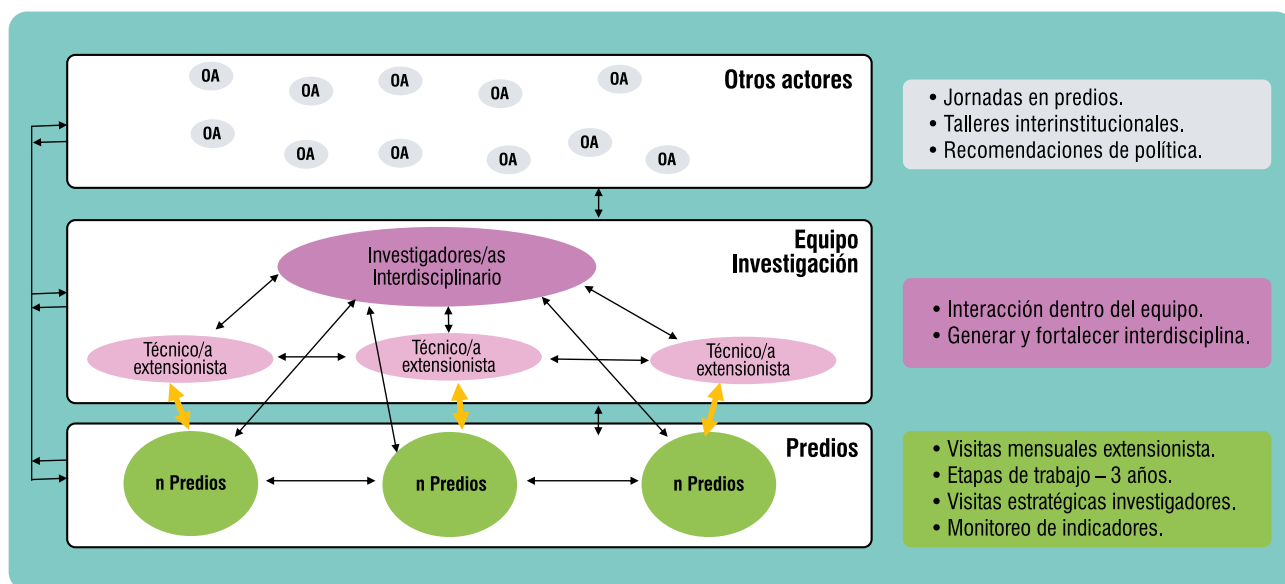


Figura 3 - Coinnovación en la práctica. Niveles de trabajo.

diagnóstico, propuesta de rediseño e implementación, monitoreo y ajustes. Son procesos de trabajo de tres a cuatro años, con una perspectiva global del predio y con la participación de las familias en el diseño de las soluciones. La incorporación de tecnologías de proceso en las que se basa la intensificación ecológica requiere cambios en la organización del sistema socio-productivo y fundamentalmente una planificación de mediano a largo plazo.

b) Conformación de un equipo de investigación que promovió el trabajo interdisciplinario (integrado por especialistas de las ciencias agrarias y, en menor grado, de las ciencias sociales y ambientales), con baja presencia en los predios pero que nutrió indirectamente las intervenciones, generando el soporte para el desarrollo de la visión sistémica necesaria para promover los cambios deseados. La integración activa de múltiples disciplinas como estrategia para abordar problemáticas complejas es fundamental.

c) Acciones orientadas a vincular a diversos actores relevantes del sistema de innovación: actividades de divulgación en los predios, talleres de reflexión, contactos formales e informales con organizaciones de productores, instituciones y con decisores y gestores de políticas públicas y elaboración de recomendaciones para el diseño de nuevas políticas. Procuran trascender el trabajo a nivel predial y promover el aprendizaje colectivo, interactuando con nuevos actores.



Jornadas en predios como estrategia para comunicar resultados.

La implementación de esta estrategia permitió aumentar la productividad y el ingreso, proteger los recursos naturales, organizar y simplificar el trabajo en más de 50 predios ganaderos involucrados en la secuencia. La clave fue el desarrollo de una modalidad de trabajo conjunto entre familias y extensionistas, apoyados por investigadores, que no se configura como la más común en las ciencias agrarias. Los proyectos financiaron asistencia técnica y no inversiones en los predios, que ha sido lo más común en los proyectos de apoyo predial*.

*En el próximo número de la Revista INIA nos proponemos caracterizar en forma detallada esta modalidad de trabajo con productores, en el entendido de que es la base para el escalamiento de los resultados obtenidos a nivel de nicho e impulsar la transformación de la ganadería familiar.

Una política pública de extensión para la ganadería familiar, que promueva esta modalidad de intervención, sería una gran oportunidad para escalar y avanzar en el proceso de transformación de la ganadería familiar.

También es relevante mencionar que el nicho está en movimiento y ha seguido creciendo. Luego de la secuencia de proyectos considerada en este trabajo, a partir del 2020, se implementaron dos nuevos proyectos de investigación en predios que siguen reforzando el nicho en ganadería. El proyecto Ganadería y Clima (2020-2023), liderado por el MGAP y el proyecto Ganadero Familiar Resiliente (2021-2024), liderado por una organización de productores en el ámbito nacional (Comisión Nacional de Fomento Rural, CNFR), involucraron a 110 productores ganaderos familiares en todo el país. Cabe señalar que ambos proyectos se alejaron del liderazgo de las instituciones de investigación y fueron impulsados por actores no académicos que habían acompañado proyectos durante la secuencia estudiada (Cuadro 1) y que consiguieron financiamiento para sus propias iniciativas.



Foto: INIA

Taller interinstitucional para interaccionar con otros actores relevantes.

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA AVANZAR EN LA TRANSFORMACIÓN DE LA GANADERÍA FAMILIAR

El nicho evidenciado puede pensarse como una semilla para las TS, pero para conseguir un efecto transformador en la ganadería familiar se requieren acciones coordinadas para fortalecerlo y expandirlo y así avanzar en el proceso de cambio. Siendo que el trabajo en predios con una modalidad conjunta entre familias y extensionistas constituye el factor clave del proceso analizado, una política pública de extensión para la ganadería familiar, que promueva esta modalidad de intervención sería una gran oportunidad para escalar y avanzar en el proceso de transformación de la ganadería asociada a la intensificación ecológica.

La experiencia acumulada en el nicho permitió identificar algunas limitantes para su escalamiento en base a una política de extensión, derivadas de la débil formación y de la falta de experiencia de los extensionistas para trabajar con coinnovación e intensificación ecológica en predios. Ello impone un desafío muy importante, ya que no se podrán aumentar las intervenciones con este enfoque sin recursos humanos capacitados. Sin embargo, también generó una estrategia que permite lidiar con esta limitante basada en la conformación de un equipo de apoyo al trabajo de los extensionistas (interdisciplinario e interinstitucional), que realiza una capacitación inicial y el acompañamiento posterior a los técnicos durante todo el proceso.

En este sentido se considera como una excelente oportunidad el lanzamiento del programa de innovación para una ganadería de cría sostenible que impulsará el MGAP – Procría (<https://rurales.elpais.com.uy/valor-agregado/procria-el-programa-de-promocion-de-la-cria-que-impulsara-el-ministerio-de-ganaderia-con-el-objetivo-de-alcanzar-a-1-000-productores-y-mejorar-sus-indices>), que comenzará a ejecutarse a inicios de julio. El mismo tiene el objetivo de alcanzar a 1000 productores, de perfil familiar y productores medianos, financiando asistencia técnica para mejorar la eficiencia reproductiva, generando una estructura técnica de apoyo, capacitación y soporte al trabajo de dichos técnicos.

El lanzamiento del programa Procría se considera como una excelente oportunidad para el escalamiento del nicho.

Desde la experiencia generada en el nicho identificado, algunos aspectos clave a considerar en el diseño de una política de extensión para la ganadería familiar en clave de coinnovación e intensificación ecológica serían:

- Diseñar intervenciones en predios que promuevan cambios orientados a la sostenibilidad de los sistemas productivos y al logro de los objetivos familiares, alineadas con los principios de la intensificación ecológica.
- Trabajar con un abordaje sistémico, orientado a la planificación con una perspectiva de mediano/largo plazo y con plazos de ejecución de cuatro a cinco años y visitas mensuales del extensionista al predio. Se requiere una comunicación horizontal entre el extensionista y la familia, combinando el conocimiento técnico y la experiencia de los productores.
- Conformar un equipo de trabajo amplio, de carácter interdisciplinario e interinstitucional: 1) extensionistas que trabajan directamente en los predios. 2) equipo de apoyo que incluye especialistas en ciencias económico-productivas, ambientales y sociales. Destinar un tiempo inicial al armado y promoción del equipo, alineando con la estrategia técnica y forma de trabajo.
- Implementar una capacitación inicial al equipo de extensionistas, con foco en habilidades relacionales, visión sistémica y conocimiento técnico para la intensificación ecológica.
- Diseñar e implementar un sistema de seguimiento y apoyo al trabajo de los extensionistas, mediante

la interacción con el equipo interdisciplinario e interinstitucional y el desarrollo de herramientas de soporte como, por ejemplo, pautas para el relevamiento de información, protocolos para su registro y procesamiento, modelos de simulación que apoyen la toma de decisiones, discusiones e intercambio sobre casos concretos.

El proceso está en marcha, pero requiere del compromiso de productores, técnicos, investigadores y, sobre todo, instituciones y decisores políticos que apuesten por una ganadería familiar sostenible.

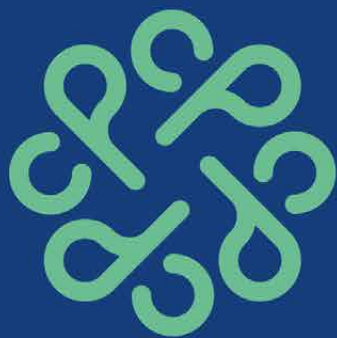
REFERENCIAS

- Aguerre, V. (2025). Tesis Doctorado Facultad de Agronomía. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/50009>.
- Aguerre, V., & Bianco, M. (2023). Journal of Rural Studies. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.12.003>.
- Aguerre, V., & Bianco Bozzo, M. (2024). Revista de Economía e Sociología Rural. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.279500en>.
- Geels, F.W. (2004). Research Policy. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Modernel, P. *et al.* (2016). Environmental Research Letters. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/113002>
- Paparamborda, I. *et al.* (2023). Animal. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100953>.
- Ruggia, A. *et al.* (2021). Agricultural Systems. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103148>.
- Soca, P. *et al.* (2024). Animal. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101372>.



Foto: INIA

Rodeo de cría en el Este del país.



Procría

Programa de innovación para una
ganadería de cría sostenible



Convocatoria a técnicos y técnicas extensionistas para participar en el Programa PROCRÍA.

Formá parte de PROCRÍA, un programa a largo
plazo, con un equipo técnico sólido,
capacitación continua y la posibilidad de
contribuir al desarrollo sostenible de la
ganadería y del medio rural.



Ministerio
de Ganadería
Agricultura y Pesca



PLAN
AGROPECUARIO

inac
Instituto Nacional de Carnes

inia
URUGUAY



INSTITUTO
NACIONAL de
COLONIZACIÓN



GRUPO BANCO MUNDIAL



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Foto: Cecilia Rachid

FORESTACIÓN EN ESTABLECIMIENTOS GANADEROS

Ing. Agr. MSc. PhD. Gustavo Balmelli¹,
Ing. Agr. Mag. Juan Pedro Posse²

¹Investigador Principal - Sistema Forestal
²Director Regional - INIA Tacuarembó

El productor ganadero que decide plantar árboles en su establecimiento puede tener diferentes objetivos, utilizar distintos esquemas o diseños de plantación, plantar áreas relativamente importantes o hacerlo en pequeñas superficies y puede utilizar diferentes especies forestales, pero en todos los casos la producción ganadera se verá beneficiada por la función protectora de los montes.

INTRODUCCIÓN

La forestación en establecimientos ganaderos ya sea a pequeña escala o en áreas más o menos importantes, es una práctica que viene aumentando en los últimos años. Si bien el productor persigue diferentes objetivos, a grandes rasgos se pueden agrupar en: 1) diversificar la producción, 2) mejorar la producción ganadera y 3) acceder a determinados mercados. Estos objetivos se orientan a incrementar

la rentabilidad del establecimiento, ya sea a corto, mediano o largo plazo. El primero de los objetivos mencionados se relaciona con la diversificación de los ingresos, incorporando la madera a la oferta de productos prediales, o con la reducción de riesgos productivos, es decir, con la posibilidad de generar ingresos en situaciones críticas. En algunos casos la inversión en forestación está pensada directamente como una “caja de ahorro” para el mediano o largo plazo.



Figura 1 - Diferentes formas de incorporar forestación en establecimientos ganaderos: en macizo, en forma de cortina y en pequeños montes o islas.

El segundo motivo, es decir, la mejora de la producción ganadera se relaciona con la función protectora del monte, ya sea por el efecto de la sombra, al reducir el estrés térmico en verano, como del abrigo, principalmente para ovinos en invierno-primavera, al reducir el riesgo de mortalidad por temporales durante la parición y post-esquila. En definitiva, lo que busca el productor ganadero con la instalación de pequeños montes protectores es aumentar la producción de carne, leche o lana.

El último motivo está relacionado con la expectativa de cumplir con determinados requisitos (actuales o futuros) para acceder a algunos mercados, como por ejemplo la cría en condiciones de bienestar animal o la producción de carne carbono neutral.

Los motivos antes mencionados para invertir en forestación en predios ganaderos no son excluyentes, de hecho, el productor puede beneficiarse en mayor o menor medida de todos ellos. Sin embargo, es fundamental tener claro qué importancia relativa se les atribuye a los diferentes objetivos, ya que en buena medida determina las características de los montes a instalar.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MONTES EN FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tanto el sistema productivo a implementar, como las características de los montes deberían estar estrechamente relacionados con los objetivos planteados al decidir invertir en forestación en predios ganaderos. En términos generales, se pueden utilizar tres sistemas productivos más o menos contrastantes: forestación comercial, arreglos silvopastoriles y montes de sombra y abrigo (Figuras 1 y 2). En cada caso, también dependiendo de si el objetivo principal es brindar protección al ganado o si es diversificar los ingresos del establecimiento, habrá que decidir tanto la especie a utilizar, como el tamaño, la forma, la ubicación y el manejo de los montes.

Diversificación productiva

Cuando el objetivo principal de incorporar montes en establecimientos ganaderos es diversificar la inversión, y por tanto los ingresos, es probable que se piense forestar una superficie relativamente importante, por ejemplo, un 10 o 15 % del predio (esta alternativa quedará restringida a establecimientos que tengan suelos de prioridad forestal). Por otro lado, la escala a utilizar hace que la existencia de un mercado que demande un gran volumen de madera deba tenerse en



Figura 2 - Sistemas silvopastoriles: plantación en filas simples o dobles, con callejones.

El productor ganadero debe tener claro cuál es el objetivo principal que busca al incorporar el rubro forestal en su establecimiento, ya que esto determina en buena medida las características de los montes a instalar.

cuenta a la hora de elegir la especie a plantar. A su vez, el manejo del monte también deberá ser acorde a los objetivos productivos, siendo muy diferente si se pretende producir madera para celulosa (tanto para el mercado local como para exportación) que si es para la industria de transformación mecánica (tableros y madera aserrada). Respecto a la ubicación de los montes dentro del establecimiento, debería definirse en base a aspectos productivos, como tipo de suelos, topografía, caminería, para que faciliten la plantación y la extracción futura de madera. En resumen, cuando lo que busca el productor es diversificar su producción, el sistema productivo elegido probablemente sea similar al utilizado por el sector forestal. De hecho, los acuerdos comerciales con empresas forestales, donde se determina la especie a plantar y se prioriza la producción de madera, son una de las alternativas más utilizadas por los productores ganaderos al momento de integrar la forestación en sus establecimientos.

Mejora de la producción ganadera

Cuando el productor ganadero decide incorporar montes en el establecimiento con el objetivo de brindar protección al ganado, y por tanto mejorar la producción animal, es probable que se piense forestar una superficie relativamente pequeña, por ejemplo, 1 o 2 % del predio. En este caso, que puede implementarse en todo el país y por lo tanto en diferentes tipos de suelo, la especie a plantar debería ser bastante plástica, tener rápido crecimiento (para reducir el tiempo que el potrero debe permanecer cerrado al pastoreo y para que el monte comience a brindar protección lo antes posible) y debería tener un follaje relativamente denso y poco desrame natural (para que el monte cumpla adecuadamente la función protectora). Por otra parte, dado que en el mediano o largo plazo el monte constituirá una fuente de ingresos para el establecimiento, deberían elegirse especies cuya madera tenga alto valor, ya sea para la venta o para su uso en el predio, como los eucaliptos colorados, que además de tener una aceptable velocidad de crecimiento, presentan una madera de alta densidad y durabilidad a la intemperie. Respecto a las características de los montes, tanto la ubicación como la forma y la cantidad de montes dependerá de las necesidades de sombra y abrigo en los diferentes

potreros. Una práctica bastante común para reducir los costos es instalar montes en forma de cortina en la divisoria entre dos o más potreros.

Acceso a mercados

En los últimos años el bienestar animal y la huella de carbono de los productos agropecuarios han venido ganando importancia en los sistemas productivos. En el corto o mediano plazo la obtención de carne, leche o lana carbono neutral será un requisito para acceder a mercados de alto valor adquisitivo. La instalación de montes de protección seguramente sea la alternativa más económica que dispone el sector productivo para mejorar simultáneamente el bienestar animal y la producción carbono neutral. Esto último implica lograr un balance en el largo plazo entre el secuestro y la liberación de CO₂ en el establecimiento como un todo. Para mejorar la huella de carbono de los productos pecuarios del establecimiento se debe mejorar el balance de carbono de los montes, es decir, aumentar el secuestro y reducir la liberación de CO₂. Para lograr esto, los montes deben tener buena tasa de crecimiento, permanecer muchos años en pie, ser replantados luego de la cosecha (o manejados como segunda rotación por rebrotes), y que la madera sea utilizada en productos muy duraderos. En este sentido, las especies cuya madera se utilice para la fabricación de productos sólidos y que sean manejadas en turnos largos, serán las más adecuadas.

MATERIALES FORESTALES DESARROLLADOS POR INIA DE INTERÉS PARA EL SECTOR GANADERO

Como se mencionó anteriormente, los motivos para incluir el rubro forestal en establecimientos ganaderos pueden variar de acuerdo con necesidades productivas o requerimientos de mercado. Pero dado que los objetivos planteados determinan tanto el sistema productivo como la especie a utilizar y las características de los montes y su manejo, el productor ganadero debería definir claramente cuál es su principal objetivo y en base a eso realizar una cuidadosa planificación de la inversión. En cualquier caso, el sistema productivo y la especie forestal a utilizar son los factores que deben definirse en primer término porque inciden directamente en el resto de las decisiones a tomar.

Si lo que se busca es que el ganado tenga acceso a sombra y abrigo en los diferentes potreros, la distribución, la ubicación y la forma de los montes será más importante que el tamaño de estos.

Cuando el objetivo principal es la diversificación productiva, los sistemas más adecuados son la forestación en macizo y los arreglos silvopastoriles, con especies cuya madera tiene buena demanda, como *E. grandis* y *E. dunnii*. Por el contrario, si el objetivo principal se orienta a mejorar la producción animal se deberían instalar pequeños montes de protección distribuidos en los diferentes potreros, preferentemente con especies cuya madera se pueda utilizar en productos de alto valor, como *E. tereticornis*. Esta especie tiene una madera de alta densidad y durabilidad a la intemperie, lo que la hace muy apta para diversos usos, como leña y carbón, columnas, postes, piques y carpintería rural, resultando una de las alternativas más adecuadas para utilizar en montes de protección.

Una vez definido el sistema productivo y la especie a utilizar, el siguiente paso es la elección del material genético, el que preferentemente debería provenir de un programa de mejoramiento local que garantice la adaptación y productividad en nuestras condiciones agroecológicas. El Sistema Forestal de INIA ha venido implementando programas de mejoramiento genético en varias especies, entre ellas *E. grandis* y *E. tereticornis*, que han permitido producir semilla mejorada localmente y hacerla disponible para el sector foresto-agropecuario.

Ambos programas de mejoramiento se basan en un proceso de selección recurrente, comenzando cada

generación con la formación de una amplia base genética, cuyo comportamiento productivo es evaluado en diferentes sitios, para finalmente seleccionar los mejores genotipos, los cuales serán tanto los progenitores de la siguiente generación de mejora como los productores de semilla comercial.

Actualmente, INIA tiene disponibles dos lotes de semilla mejorada de *E. grandis*¹ (de primera y de segunda generación) y un lote de semilla mejorada de *E. tereticornis*² (INIA Sombra). En el segundo semestre de 2025 se liberará un nuevo lote de semilla de *E. tereticornis*, obtenida luego de completar la segunda generación de mejora genética. Este nuevo lote de semilla será puesto a disposición del sector agropecuario con el nombre comercial de INIA Sombra 2.

CONCLUSIONES

El Sistema Forestal de INIA apoya a los productores ganaderos que deciden incorporar plantaciones forestales en sus establecimientos mediante materiales genéticos orientados a mejorar la productividad y el retorno económico predial.

¹La descripción del plan de mejoramiento de *E. grandis* puede consultarse en la Serie Técnica INIA N° 159.

²La descripción del plan de mejoramiento de *E. tereticornis* puede consultarse en la Revista INIA N° 56.



Madera aserrada de eucalypto colorado. Diferentes productos obtenidos en el establecimiento mediante un aserradero portátil.



Foto: Cecilia Rachid

NUEVAS FUNCIONALIDADES EN EL MÓDULO DE TROZADO DE LOS SISTEMAS DE APOYO A LA GESTIÓN FORESTAL DE INIA

Ing. Agr. PhD. Cecilia Rachid Casnati¹
 Ing. Agr. Dr. Andrés Hirigoyen¹
 Ing Agr. MSc. Fabián Varela²

¹Sistema Forestal - INIA
²Programador en Desarrollo FV

Los simuladores forestales de INIA han incluido desde su desarrollo inicial un módulo de trozado que permite estimar el número y volumen de trozas producidas por una población o rodal objetivo en función de las especificaciones dimensionales ingresadas. En este artículo se repasa la utilidad y se detallan las mejoras realizadas a dicho módulo para proveer más información y propiciar un uso más ágil de esta herramienta.

INTRODUCCION

Los Sistemas de Apoyo a la Gestión Forestal (SAG) de INIA son herramientas de simulación y análisis esenciales para la toma de decisiones informadas respecto al manejo y prácticas silviculturales en las plantaciones forestales. Dentro de estos sistemas, el módulo de trozado permite estimar el número y volumen de trozas que se obtendrán de un rodal, optimizando así la producción

según las especificaciones dimensionales deseadas. En simuladores de "ciclo productivo completo" como SAG grandis, SAG globulus, SAG dunnii y SAG taeda, el módulo de trozado estima los volúmenes comerciales por tipo de troza en raleos y tala rasa, permitiendo analizar la cantidad de productos con características específicas. Por ejemplo, se puede determinar el volumen de trozas de alto valor para aserrío y de menor valor para pulpa en diferentes momentos de cosecha.

La estimación de productos de diferentes valores comerciales permite:

- a) definir la combinación de productos más conveniente,
- b) calcular el volumen de desperdicios y
- c) determinar las dimensiones óptimas del rodal para maximizar la producción de los productos deseados y ajustar el manejo silvicultural.

Los volúmenes estimados por el módulo de trozado se integran al módulo de análisis económico, donde se pueden asignar precios a las trozas para evaluar los resultados económicos de las decisiones de manejo.

¿CÓMO SE UTILIZA EL SIMULADOR DE TROZADO?

Para acceder al simulador de trozado, en primer lugar se debe ingresar la información dasométrica del rodal a cosechar en la pantalla inicial.

El módulo de trozado permite estimar el volumen de trozas con diferentes especificaciones en un rodal y así analizar opciones de productos a obtener.



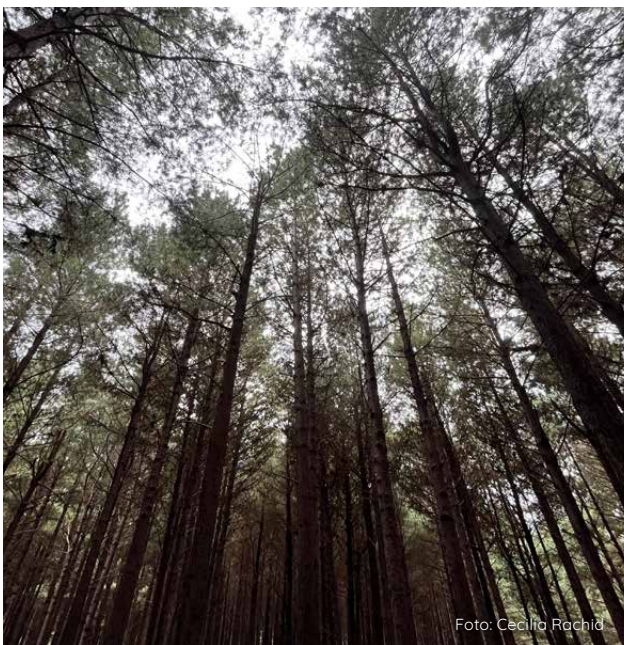
Trozas podadas de *Pinus taeda*.

La información inicial ingresada puede referirse a un ciclo de crecimiento o directamente información de un rodal en edad de cosecha. En el primer caso, la edad inicial y edad final de la proyección son diferentes, mientras que en el segundo caso la edad inicial y la edad final son iguales.

De esta forma la información que caracteriza la población corresponde a la edad inicial en el primer caso o edad única en el segundo. La información requerida es:

- a) número de árboles por hectárea,
- b) diámetro promedio o área basal por hectárea,
- c) desvío estándar de los dap (diámetros a la altura del pecho),
- d) dap máximo y
- e) altura media dominante o índice de sitio (IS).

La altura media dominante se define en el sistema como la altura promedio de los 100 árboles de mayor dap de la hectárea y el IS como la altura dominante a la edad clave de 10 y 15 años para *E. grandis* y *P. taeda* respectivamente y ocho años para *E. globulus* y *E. dunnii*.



Rodal de *Pinus taeda* a edad de cosecha.

Figura 1 - Pantalla de ingreso de información.

Al oprimir el botón “Ejecutar simulación” aparecerá en el cuadro de salida las variables de rodal proyectadas para cada edad de interés o el momento actual de cosecha (Figura 2). En este momento se genera la información necesaria para las consultas de trozado, es decir, las distribuciones diamétricas de todas las edades incluyendo los raleos y cosecha.

Al oprimir el botón “Trozado y análisis económico” se abrirá una nueva ventana para ingresar las especificaciones de las trozas en cada momento de cosecha y simular el trozado (Figura 3). Para ello se debe:

- 1) Seleccionar la edad de trozado según las cortas intermedias y tala rasa indicadas en la pantalla de ingreso de información (raleos y tala rasa) como se indica en la Figura 4.

Si se desea que el sistema contabilice el máximo número de trozas de dicha categoría se deja el valor por defecto de “99” trozas por árbol, caso contrario se debe ingresar el número de trozas de esa categoría (por ejemplo, en el caso que se desee estimar volúmenes de la primera troza porque está podada se ingresa “1”).



Agregar categoría de troza

Guardar trozado actual

Seleccionar trozados guardados

Seleccionar edad trozado

Definición de trozado

descripción del trozado

Edad Trozado : 25.0 años.

Edad de cosecha / Categoría de troza	Diámetro mínimo (cm)	Largo de Troza (m)	Trozados por árbol	CANTIDAD	Volúmen (m3/ha)
Edad 25.0/Aserrable 1 - S/P	35,00	3,00	99	0	0,0
Edad 25.0/Aserrable 2 - S/P	25,00	3,00	99	0	0,0
Edad 25.0/Pulpa	8,00	4,00	99	0	0,0

Altura del tocón0,20 m

Simular trozado

Análisis Económico

*Recuerde trozado de raleos para incluirlos en Análisis Económico

Figura 3 - Ventana de ingreso de especificaciones de trozas, donde se proveen valores por defecto. El ejemplo indica que se analiza una tala rasa a los 25 años. Los botones de la izquierda ofrecen nuevas opciones funcionales.

3) Oprimir el botón “Simular trozado”. Al realizarlo, el sistema devuelve la cantidad de trozas y volumen por categoría. También se ofrece un cuadro con el volumen total en pie, el volumen total de las trozas y el desperdicio total (resultante de restar las trozas al volumen total) y gráficos para facilitar la comparación visual de estos resultados (Figura 5).

Los pasos 1 a 3 se deben repetir de forma individual para cada momento de cosecha (cortas intermedias o tala rasa).

¿EN QUÉ CONSISTEN LAS MEJORAS INCORPORADAS?

El simulador de trozado incorpora las siguientes mejoras, accesibles a través de los botones ubicados a la izquierda de la pantalla (Figura 3):

- Categorías de trozas ilimitadas: el sistema ahora permite agregar todas las categorías de trozas deseadas, eliminando la limitación del sistema anterior. Esto se realiza mediante el botón "Agregar categoría de troza".
- Gestión de esquemas de trozado: es posible guardar múltiples esquemas de trozado, asignándoles un nombre en el casillero "Definición de trozado", a través del botón "Guardar trozado actual".

Las mejoras implementadas permiten definir un número ilimitado de categorías de trozas, guardarlas para subsiguientes análisis y recoger los volúmenes detallados por categoría de trozas en el módulo de análisis económico, mejorando la experiencia de uso y capacidad de análisis.

Agregar categoría de troza

Guardar trozado actual

Seleccionar trozados guardados

Seleccionar edad trozado

Definición de trozado

descripción del trozado

Edad de cosecha / Categoría de troza

Diámetro mínimo

Edad 25.0/Aserrable 1 - S/P	
Edad 25.0/Aserrable 2 - S/P	
Edad 25.0/Pulpa	

Altura del tocón0,20 m

Simular trozado

*Recuerde trozado de raleos para incluirlos en An

Figura 4 - Detalle del menú para indicar la edad de trozado (señalado en naranja).

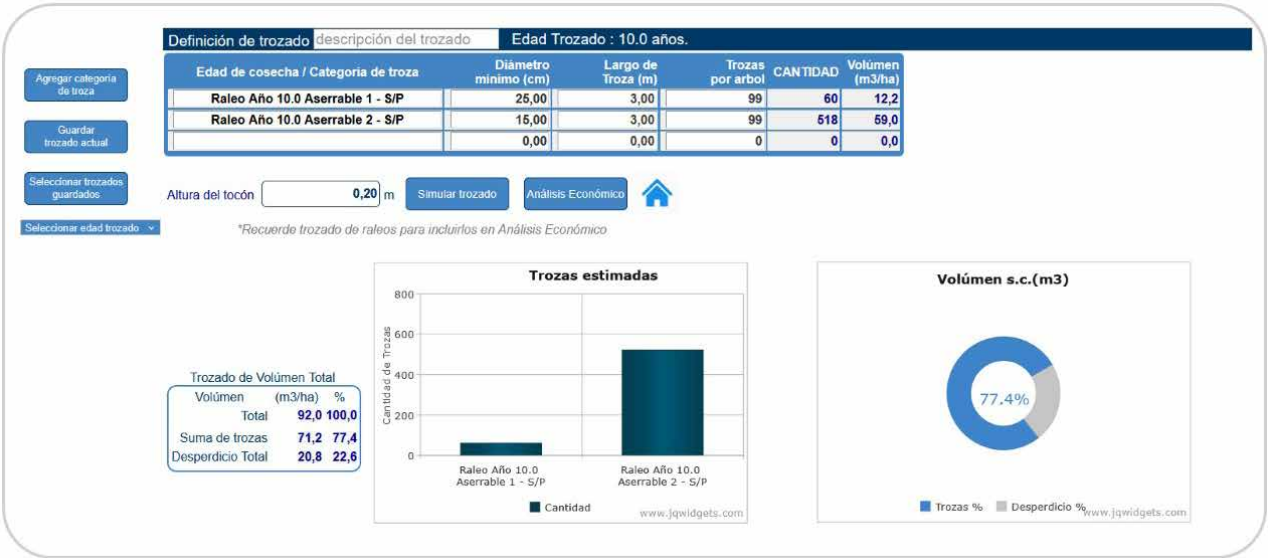


Figura 5 - Visualización de resultados de trozado correspondiente a un raleo a los 10 años.

Estos esquemas guardados pueden ser reutilizados en análisis futuros, seleccionándolos de una lista mediante el botón "Seleccionar trozados guardados" (Figura 6).

• Análisis económico detallado: el análisis económico ahora muestra el detalle de los volúmenes por tipo de troza para cada evento de cosecha. Esta información se visualiza al hacer clic en el botón "Análisis económico" (Figura 7).

Estas nuevas funcionalidades permiten una mayor capacidad de análisis y mayor eficiencia en la carga de información, lo que favorece la exploración de alternativas para la toma de decisiones.

CARACTERISTICAS DE LA HERRAMIENTA A CONSIDERAR PARA SU USO

La información poblacional inicial ingresada es clave para estimar el número de trozas por hectárea para cada rodal, considerando sus características de crecimiento y conformación. Dicha información permite estimar el rango de diámetros, el número de árboles de cada diámetro (distribución diamétrica) y la altura de los árboles de cada clase diamétrica.



Cosecha y trozado en una plantación de *Eucalyptus grandis*.

El ingreso de la información inicial de calidad es fundamental para definir la correcta variabilidad, crecimiento y número de los fustes disponibles para el trozado y obtener el máximo provecho de la herramienta.

A cada clase diamétrica se aplica una función de volumen y una función de ahusamiento compatibles. El ahusamiento es la disminución en diámetros que sufre el fuste desde la base hasta el ápice y es de utilidad para estimar el diámetro a cualquier altura o la altura comercial a la cual ocurre el diámetro mínimo objetivo.

Su compatibilidad asegura que al volumen estimado por la ecuación de volumen sea igual al volumen calculado por la ecuación de ahusamiento (integrando el perfil del tronco). Esto proporciona estimaciones más consistentes y precisas.

Al oprimir “simular trozado” las especificaciones de las trozas se ordenarán automáticamente en orden decreciente de diámetro límite en la punta fina y luego en largos decrecientes si los diámetros son iguales. Esto es porque el sistema intenta obtener la troza ingresada en la tabla de categorías, si dicha troza no cumple con los requisitos establecidos de diámetro mínimo o largo, el sistema intentará obtener

Agregar categoría de troza

Guardar trozado actual

Seleccionar trozados guardados

Descripción		
BP25	✓	✕
EM4	✓	✕
PTaeda	✓	✕

Definición de trozado

EM4

Edad de cosecha / Categoría de troza	Diámetro mínimo
Edad 25.0/Aserrable 1 - S/P	
Edad 25.0/Aserrable 2 - S/P	
Aserrable 3	
Edad 25.0/Pulpa	

Altura del tocón m

Simular trozado

*Recuerde trozado de raleos para incluirlos en Análisis

Figura 6 - Detalle del menú desplegado para la selección de esquemas de trozado (señalado en naranja).

la segunda troza ingresada y así sucesivamente.

Al momento el sistema no controla el diámetro del cilindro nudoso o el volumen de madera libre de nudos resultante del calendario de podas utilizado. Por esto, en el uso de esta categoría registrarán los supuestos de alturas de poda y tiempos desde la última poda que considere el usuario bajo su criterio, experiencia y objetivo de análisis.

Ingresar valores de venta, costo de flete y cosecha

Edad de cosecha / Categoría Troza	Volumen (m3/ha)	Precio (US\$/m3)	Costo cosecha (US\$/m3)	Costo flete (US\$/m3)
Edad 25.0/Aserrable 1 - S/P	555,63	0,00	0,00	0,00
Edad 25.0/Aserrable 2 - S/P	82,58	0,00	0,00	0,00
Raleo Año 10.0 Aserrable 2 - S/P	12,24	0,00	0,00	0,00
Raleo Año 10.0 Pulpa	72,39	0,00	0,00	0,00

Calcular Ingreso Neto Trozas

Ingresar otros Costos e Ingresos

Año inicio	Año fin	Descripción	Valor US\$	Eliminar
0	25	Tasa de descuento	0,08	✕
0	0	Precio de la tierra (US\$/ha)	600,00	✕
1	25	Costo anual de administración (US\$/ha/año)	100,00	✕
0	0	Costo del establecimiento al año 0 (US\$/ha)	80,00	✕
1	1	Costo de mantenimiento al año 1 (US\$/ha)	70,00	✕

Agregar Costos

Agregar Ingresos

Resultados

Calculo VAN y TIR

VAN US\$ 0,00

TIR 0,00 %

Reporte (pdf)

Generar Planilla

Figura 7 - Pantalla de análisis económico con desglose de trozas de raleo y tala rasa (señalado en naranja).

ACCESO A LOS SISTEMAS DE APOYO A LA GESTIÓN DE INIA

Recordamos que el acceso a los simuladores forestales es gratuito, ingresando en el siguiente enlace y registrando un usuario en forma rápida.

Acceda AQUÍ

Puede acceder a una breve descripción de todas las herramientas disponibles en este acceso.

Acceda AQUÍ

Junio 2025 - Revista INIA 121

Jornada de puertas abiertas en INIA Tacuarembó

Semana de la Ciencia y la Tecnología 2025

Téc. Luisina Mezquita
Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología



FOMENTANDO LA CURIOSIDAD CIENTÍFICA

El pasado 22 de mayo de 2025, en el marco de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2025, INIA Tacuarembó abrió sus puertas a más de 130 estudiantes de diversas instituciones educativas de la región. Esta jornada tuvo como objetivo acercar el mundo de la ciencia agropecuaria a niños, niñas y adolescentes, a través de actividades diseñadas para despertar su curiosidad y fomentar vocaciones en temas científicos y tecnológicos.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES Y PROPUESTA DIDÁCTICA

La actividad fue organizada por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, en colaboración con equipos técnicos de diferentes áreas de investigación. Estudiantes de la Escuela N° 25 de Quebra Yugos, el Liceo N.º 6 Centro María Espínola, el CEA La Matutina y la Escuela Agraria Anexo Carumbé se unieron a esta experiencia. Se crearon circuitos diferenciados según el nivel educativo y áreas de interés, con contenidos adaptados especialmente para cada grupo.

CAMBIO CLIMÁTICO, SOSTENIBILIDAD Y CIENCIA APLICADA

El tema central de la jornada fue la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios y su relación con el cambio climático. Las actividades incluyeron visitas a laboratorios de fitopatología, entomología y salud animal, así como recorridos por parcelas experimentales y módulos demostrativos de pasturas. Además, se compartieron contenidos sobre la

Regional INIA Tacuarembó



Acceda a la noticia con más detalles sobre la participación de INIA en la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2025

Acceda **AQUÍ**



importancia de la investigación científica en INIA y las medidas de seguridad en los laboratorios.

CIENCIA CON ENFOQUE EN EL TERRITORIO

Desde INIA, se destacó la importancia de esta iniciativa como una oportunidad para democratizar el acceso al conocimiento científico, contribuir a la apropiación territorial de los procesos de investigación y fomentar el interés por carreras en el ámbito científico-tecnológico.

Al cumplirse 20 años de este evento, cabe destacar que INIA fue una de las instituciones protagonistas en su génesis para promover la ciencia y la tecnología a lo largo y ancho de todo el país.



ACTIVIDADES DE INIA LA ESTANZUELA

Curso de NECROPSIA y Jornada de ACTUALIZACION en SALUD ANIMAL de la Plataforma de Salud Animal del INIA

Durante el mes de mayo pasado, la Plataforma de Salud Animal de INIA organizó en La Estanzuela dos importantes actividades dirigidas a profesionales veterinarios y estudiantes avanzados de la carrera de veterinaria.

El Curso de Necropsia fue llevado adelante en las propias instalaciones de la Plataforma de Salud Animal de INIA, donde los investigadores compartieron con los participantes, los procedimientos para extracciones de muestras, observaciones y diagnóstico en animales muertos, que permitan avanzar en el estudio de las causas de muerte.

El curso contó con el apoyo de los Centros Médicos Veterinarios de Colonia y San José y del Colegio Médico Veterinario del Uruguay. Tuvo un cupo acotado

Ing. Agr. Ernesto Restaino¹, DMV Alejo Menchaca²
DMV Ma. Clara Caffera³

¹Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología

²Director de la Plataforma de Investigación en Salud Animal

³Plataforma de Investigación en Salud Animal



Foto: INIA

por la propia dinámica y seguridad en el trabajo y fue altamente valorado por los concurrentes. Seguramente, dada la buena recepción del curso por parte de los profesionales veterinarios, la actividad pase a integrar la programación anual de actividades de la Plataforma.

Actualización en Salud Animal

Anualmente, INIA La Estanzuela es sede de una instancia de actualización profesional para veterinarios. Este año, la presencia de más de 140 profesionales vuelve a corroborar el valor de la actividad como instancia de intercambio y actualización.

La actividad fue organizada junto a los Centros Médicos Veterinarios de Colonia y San José, contó con el apoyo del Colegio Médico Veterinario del Uruguay y el invalorable auspicio de MICROSULES, NUTRITEC, TECNOVAX, FATRO, GENSUR, VIRBAC y PROCRO que hicieron posible contar con un importante panel técnico.

El programa permitió el intercambio en temas de alta importancia, incluyendo experiencias de destacados profesionales uruguayos referentes en el exterior en



Foto: INIA

Selección genómica en lechería: avances y perspectivas y Salud y fertilidad de la vaca lechera: ¿cómo ayuda la genómica? a cargo de Francisco Peñagaricano, de la Universidad de Wisconsin (EE.UU), *Abortos y muerte neonatal de origen genético en Uruguay* (Fernando Dutra - Dilave).

Asimismo, Andrea Branda, de INIA, presentó resultados en enfermedades de transmisión genética en ganado Holando, específicamente las mutaciones genéticas recesivas que definen abortos y muertes neonatales en Uruguay.

El manejo y estado de situación de enfermedades como el control de Brucelosis Bovina (Luis Samartino - Universidad del Salvador y Universidad Católica de Cuyo) y las Campañas Sanitarias referidas a Brucelosis (Pablo Charbonier – MGAP, Uruguay), Tuberculosis (Cyntia Moreira - MGAP, Uruguay) y los avances en herramientas diagnósticas sobre la base de experiencias de veterinarios de campo (Alejandra Suanes -DILAVE, MGAP) y los comentarios de la mesa redonda junto a

Martín Fraga y Laura Casaux PSA - INIA y John Silveira M.V. representante del CMV Colonia, Miguel Chiarlone M.V. representante del CMV San José.

Ambas actividades contaron para el sistema de créditos obligatorios del Colegio Médico Veterinario del Uruguay para los veterinarios colegiados, lo que ratifica su valor en lo que respecta la capacitación veterinaria.

Parte de las grabaciones de esta actividad puede encontrarlas en el siguiente enlace:

Acceda **AQUÍ**

Reunión de Expertos Mundiales en Trigo en INIA La Estanzuela – Jamboree 2025 de la *Wheat Initiative*

Ing. Agr. Ernesto Restaino¹
Ing. Agr. Silvia Pereyra²
Lic. Biol. Paula Silva³
Ing. Agr. Silvia Germán⁴

¹Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología

²Fitopatología

³Mejoramiento Genético

⁴Investigadora Emérita

El JAMBOREE 2025, liderado por la Iniciativa Mundial del Trigo (*Wheat Initiative*, WI), sesionó durante tres días en INIA La Estanzuela con unos 20 expertos provenientes de distintos países y una decena que participaron virtualmente, con el objetivo de analizar los avances y los desafíos en cuanto a la investigación y los programas de mejoramiento genético de trigo en el mundo.

La *Wheat Initiative* fue creada en el marco de la reunión de ministros de agricultura G20 en 2011 y provee un marco para establecer prioridades de investigación e intercambio a nivel internacional en trigo. Su principal propósito es “contribuir a la seguridad alimentaria, al valor nutricional y a la inocuidad del trigo, teniendo en cuenta las demandas sociales de sistemas de producción agrícolas sostenibles y resilientes, y maximizando las oportunidades de obtener valor agregado, a nivel internacional”.

JAMBOREE, palabra de origen zulú que significa “encuentro de tribus”, define el significado de este encuentro donde distintos centros de investigación y organizaciones vinculadas al cultivo se reúnen y analizan el estado del arte y definen prioridades de forma coordinada, para la mejora general del cultivo de trigo en el mundo.

Esta reunión marcó otro hito en la larga historia de la investigación de trigo en La Estanzuela, con uno de los programas de mejoramiento genético más antiguos en



el mundo, fundado en 1914 por el Dr. Alberto Böerger. La instancia resultó oportuna, además, para destacar la calidad del trabajo desarrollado en las líneas de investigación de INIA en trigo, las capacidades institucionales y de los equipos de trabajo y, especialmente, su alineación con los objetivos globales relacionados con este cultivo.

La *Wheat Initiative* representa una excelente plataforma para trabajos en redes, así como una fuente de información permanentemente actualizada.

Acceda **AQUÍ**

XXI Taller de Evaluación de Zafra de Arroz: récord de producción y fuerte articulación del sector

Ing. Agr. Pablo Llovet¹
Ing. Agr. PhD Federico Molina²

¹Validación y Transferencia de Tecnología

²Sistema Arroz-Ganadería

Regional INIA Treinta y Tres



El pasado 29 de mayo se realizó en la sede de INIA Treinta y Tres el XXI Taller de Evaluación de Zafra de Arroz, una instancia de referencia para todo el sector arrocero. Destinada a productores, técnicos e instituciones vinculadas al rubro, la jornada tuvo como objetivo compartir información relevante sobre la reciente zafra, avances tecnológicos y perspectivas productivas. La actividad, organizada por INIA, refleja el alto nivel de articulación entre actores del sistema: los productores, representados por la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA); la agroindustria, mediante la Gremial de Molinos, y las políticas públicas, a través del MGAP.

En la zafra 2024-2025 se alcanzó un rendimiento promedio de 9.407 kg/ha, el tercero más alto de la serie histórica. La producción total fue de 1,72 millones de toneladas, récord explicado por los altos rendimientos y el aumento del área sembrada, que llegó a 182.874 ha, un 20 % más que en la campaña anterior. Las presentaciones técnicas estuvieron a cargo de representantes de los molinos Arrozal 33 (Ing. Agr. Agustín Platero), Adecoagro (Ing. Agr. Felipe García), Casarone (Ing. Agr. Fernando Casterá), Cooper (Ing. Agr. Gonzalo Rovira), Dambo (Ing. Agr. Diego Gauna) y Saman (Ing. Agr. Muzio Marella), quienes compartieron información sobre fechas de siembra, prácticas de manejo, resultados de cosecha y variedades utilizadas.

Según los técnicos, fue una zafra en la que las condiciones climáticas fueron de menos a más favorables a medida que avanzaba el cultivo. Una alta proporción del área se sembró en fecha óptima y las siembras de noviembre se beneficiaron particularmente de buenas condiciones de radiación y temperatura durante el llenado de grano y la cosecha (febrero-abril). El relevamiento realizado por el taller cubrió el 83 % del área sembrada del país. Por zonas, el este registró un rendimiento promedio de 9.546 kg/ha, el norte 9.337 kg/ha y el centro 8.885 kg/ha. Las variedades de mayor rendimiento fueron INIA Merín (9.802 kg/ha), Gurí INTA CL (9.499 kg/ha) e INIA Olimar (9.258 kg/ha). En cuanto a superficie sembrada, INIA Merín continúa liderando con el 41,5 % del área, seguida por Gurí INTA CL (19 %). En la distribución regional, INIA Merín representó el 54 % del área sembrada en el este y el 40 % en el centro.



Homenajeados: Gonzalo Rovira; Enrique Deambrosi; Andrés Lavecchia y Alfredo Lago.

El sector arrocero logró incrementar el área en 34.000 ha respecto a la zafra anterior, manteniendo una tendencia positiva de mejora de rendimientos que se sostiene desde hace dos décadas a razón de 100 kg/ha por año. Estos resultados se explican por el ajuste en el manejo nutricional, la eficiencia del riego, los avances genéticos y las condiciones ambientales favorables. Como es habitual, el taller reservó un espacio para el reconocimiento a personas y equipos con destacada trayectoria en el sector. Este año se distinguió al productor Alfredo Lago, referente de la zona este y presidente de la ACA en tres períodos (1994-2006, 2012-2014 y 2016-2024), por su compromiso con INIA Treinta y Tres y el desarrollo del sector; al Ing. Agr. Gonzalo Rovira, de COOPAR Lascano, por su continua contribución al rubro arrocero; y a los investigadores de INIA, Ings. Agrs. Enrique Deambrosi y Andrés Lavecchia, por su extensa trayectoria, dedicación y compromiso con el Programa de Investigación de Arroz y el Sistema Arroz-Ganadería.

JORNADA TÉCNICA: sensoramiento remoto para la gestión sostenible del agro

Ing. Agr. Dr. Andrés Hirigoyen¹, Lic. Biol. Mag. Dra. Guadalupe Tiscornia², Lic. en Com. Mag. Mónica Trujillo³

¹Sistema Forestal

²Sistemas de información y transformación digital

³Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología

El interés que despierta el uso de sensores remotos y de Inteligencia Artificial aplicados al agro, motivó la organización de esta jornada que se llevó a cabo los días 4 y 5 de junio en INIA Las Brujas.

La actividad reunió a investigadores y técnicos que están incorporando estas herramientas a su trabajo, conscientes de su relevancia para el sector por los beneficios que pueden generar y también los desafíos que se abren, asociados a la generación de grandes volúmenes de datos, su interpretación e interoperabilidad con diferentes áreas del conocimiento.

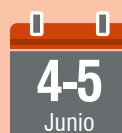
La jornada técnica "Sensoramiento remoto para la gestión sostenible del agro" se focalizó en temas que despiertan gran interés en la población debido a las potencialidades que tienen estas tecnologías como herramientas aplicables a la producción agropecuaria y el monitoreo ambiental.

Las actividades se organizaron en torno a seis ejes temáticos con énfasis en:

- Introducción a la percepción remota y su aplicación en el ámbito agrícola y forestal;
- Aplicaciones de la percepción remota en hidrología y recursos hídricos, explorando el uso de estas tecnologías en la estimación de la evapotranspiración en zonas forestales, la dinámica espacio-temporal de represas, y el uso de herramientas para la prevención, detección y verificación de incendios forestales;
- Uso de algoritmos de Inteligencia Artificial y datos de sensores remotos para la estimación de variables hidrológicas y la gestión de recursos hídricos en cuencas forestales;
- Uso de tecnologías de percepción remota para el monitoreo de la salud forestal y el desempeño ambiental de predios agropecuarios;
- Uso de sensores remotos para el monitoreo de malezas, la estimación de biomasa y la toma de decisiones en sistemas pastoriles; y
- Uso de drones, imágenes satelitales y otras tecnologías para la estimación del rendimiento de cultivos y el seguimiento satelital de cultivos agrícolas.

En el transcurso de la jornada, el Ing. Agr. Juan Pedro Posse (director regional de INIA Tacuarembó) destacó que "no hay teledetección útil, si no hay buena información de terreno". Para poder desarrollar algoritmos, analizarlos y

Regional INIA Las Brujas



Presentaciones y video de la jornada

Acceda **AQUÍ**



Foto: Irvin Rodríguez

utilizarlos de buena forma, es necesaria la información a campo, por tanto, "generar información de calidad sigue siendo un desafío".

El Ing. Agr. Andrés Hirigoyen, coordinador del evento e investigador del Sistema Forestal de INIA, explicó que la principal motivación de la jornada fue mostrar que hay muchas personas de diferentes ámbitos trabajando en los mismos temas, pero con diferentes focos o en distintos sistemas productivos o ambientales; y con esta actividad se apuntó a que se conozcan y se generen sinergias. Es importante que el resultado conlleve ciencia aplicada y que se llegue al sector productivo con información directa o un producto concreto y accionable, sin que sea necesario aprender un código o un idioma de programación.

En el cierre, la Lic. Biol. Guadalupe Tiscornia coordinadora del Área Sistemas de información y transformación digital (GRAS), enfatizó que los desafíos que genera el uso de sensores remotos e IA van asociados a la generación de grandes volúmenes de datos; y por ello es necesario tener la capacidad de análisis, de interpretación y de interoperabilidad. "Cada vez más tenemos que operar con datos que están en diferentes escalas y eso requiere capacitación, uso de varias plataformas y la necesidad de la multidisciplinariedad para entenderlos", enfatizó.

Desde INIA se está trabajando fuertemente en este abordaje; hay un foco en el tema datos para los próximos años y desde la institución los investigadores y las investigadoras están abiertos a continuar trabajando y colaborando con terceros para seguir generando información útil y de calidad.

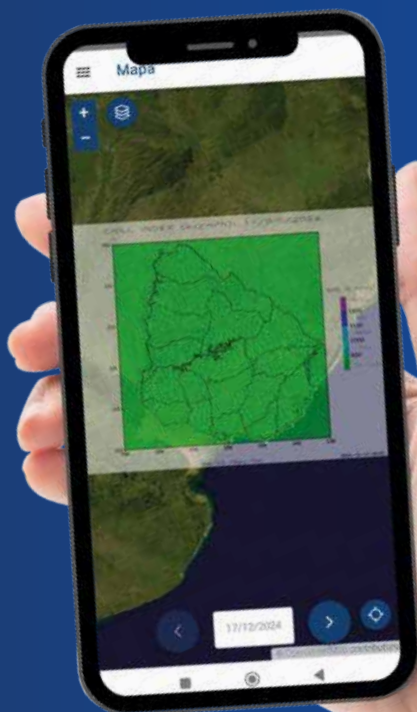
AlertaOvina

Previsión para prevenir, tecnología para cuidar

Una aplicación gratuita para productores ovinos que permite anticiparse a riesgos climáticos en la parición

Con **AlertaOvina** podés:

- Evaluar el riesgo climático para distintas **fechas de encarnerada**
- Recibir **alertas personalizadas** por riesgo de enfriamiento
- Consultar el **índice de enfriamiento** a 5 días con mayor precisión espacial
- Establecer tus **predios favoritos** y acceder a materiales técnicos de apoyo



Disponible en: **inia
móvil**



INIA EN EL TERRITORIO

INIA SALTO GRANDE

Camino al Terrible s/n, Salto - Tel. 4733 2300

113 hectáreas de campos experimentales

INVESTIGACIÓN: Citricultura

- Mejoramiento genético hortícola
- Riego en pasturas y cultivos
- Biotecnología vegetal
- Programa Nacional de Producción y Certificación de Plantas cítricas

INIA TACUAREMBÓ

Ruta 5 Km. 386, Tacuarembó - Tel. 4632 2407

1.961 hectáreas de campos experimentales

INVESTIGACIÓN Forestal

- Genética de pasturas y forrajes
- Ovinos/bovinos extensivo y semi extensivo
- Arroz
- Manejo agronómico de campo natural y pasturas
- Tecnología de la carne

PLATAFORMAS Agroambiental: Campo natural
Salud Animal

+ CAMPUS INTERINSTITUCIONAL

INIA LA ESTANZUELA

Ruta 50 Km. 11, Colonia - Tel: 4574 8000

1.204 hectáreas de campos experimentales

INVESTIGACIÓN Ovinos y bovinos intensivo

- Pasturas
- Cultivos oleaginosos y cereales
- Semillas y recursos fitogenéticos
- Lechería
- Apicultura
- Sustentabilidad ambiental
- Evaluación nacional de cultivos

PLATAFORMAS Agroambiental: Cultivos con y sin riego
Agroambiental: Suelos Salud Animal

INIA TREINTA Y TRES

Ruta 8 Km. 28, Treinta y Tres - Tel. 4452 2023

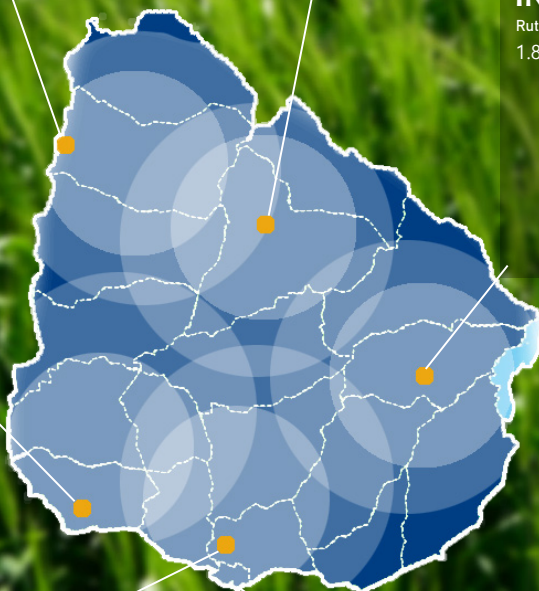
1.831 hectáreas de campos experimentales

INVESTIGACIÓN Ovinos y bovinos extensivo y semi-intensivo

- Arroz
- Pasturas y forrajes
- Semillas

PLATAFORMAS Agroambiental: Arroz-Ganadería
Agroambiental: Ganadero-Agrícola

+ CAMPUS INTERINSTITUCIONAL



INIA LAS BRUJAS

Ruta 48 Km. 10, Canelones - Tel. 2367 7641

442 hectáreas de campos experimentales

INVESTIGACIÓN Producción vegetal intensiva

- Mejoramiento genético (vegetal/animal)
- Biotecnología y bio-inssumos
- Producción familiar
- Ovinos y bovinos intensivo
- Agroclima, riesgo y cambio climático
- Riego y recursos hídricos
- Economía agropecuaria

PLATAFORMAS Agroambiental: Rotaciones hortícolas
Agroclimáticos

INIA DIRECCIÓN NACIONAL

Parque Tecnológico | Av. Italia 6201, Montevideo - Tel. 2605 6021

- Gerencia de Investigación
- Gerencia de Operaciones
- Gerencia de Innovación y Comunicación
- Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología
- Cooperación Internacional
- Planificación, Monitoreo y Evaluación

inia
URUGUAY

www.inia.uy

 INIA_UY

 Canal INIA Uruguay