



Avances en los últimos 20 años de la genética forrajera INIA para una ganadería eficiente


Rafael Reyno¹, Javier Do Canto¹, Félix Gutiérrez¹, Federico Condón², Diego Giorello¹, Fernando Lattanzi², Robin Cuadro¹, Rodrigo Zarza², Martín Jaurena¹, Gerónimo Cardozo³, Marco Dalla Rizza⁴, Walter Ayala³, Florencia Maranges², Carlos Rossi²
¹INIA Tacuarembó; ²INIA La Estanzuela; ³INIA Treinta y Tres; ⁴INIA Las Brujas.

En nuestro país, las pasturas naturales y cultivadas continúan siendo la base de la alimentación de los rodeos en distintos sistemas productivos. El escenario actual presenta como principal problema la persistencia de gramíneas perennes y leguminosas. Además, se plantea la necesidad de incrementar la productividad y la calidad, para lo cual existen limitantes, tanto genéticas como de manejo. Nuestros recursos forrajeros necesitan de mayor productividad, persistencia y calidad, siendo estas las principales demandas de los sectores ganaderos y lecheros. Por lo tanto, en los últimos 20 años, los proyectos de mejoramiento genético de forrajeras han trabajado fuertemente en estos aspectos, liberando nuevos cultivares y promoviendo un cambio varietal importante en varias especies, así como desarrollando y ofreciendo cultivares de especies que no eran utilizadas comercialmente en los sistemas productivos de Uruguay.

Los cultivares recientemente liberados y los productos a generar apuntan a contribuir en una amplia gama de sistemas productivos, buscando intensificar de manera sostenible la producción ganadera y focalizando en la eficiencia productiva. El equipo de Pasturas y Forrajes (Genética+Manejo) ha tenido un claro objetivo, es decir, lograr pasturas más productivas, más persistentes y de mejor valor nutritivo a través de la mejora genética y de la generación de paquetes tecnológicos de manejo específicos de cada cultivar para diferentes ambientes, aún en aquellos más restrictivos. En este artículo tratamos de resumir la nueva genética de forrajeras INIA generada entre los años de 2005 y 2024, además de los nuevos desafíos para el futuro cercano.

Objetivos de mejoramiento genético

El mercado de variedades forrajeras cuenta con especies y cultivares que son producto de la adaptación, selección y mejoramiento genético local, p. ej. la Avena Estanzuela 1095a, el Raigrás Estanzuela 284, el Trébol blanco Estanzuela Zapicán o la Alfalfa Estanzuela Chaná. El proceso de mejora genética de estos buenos cultivares es un proceso largo y continuo de selección, cruzamientos y evaluación local para, además de mantener sus buenas características de adaptación, superarlos en características como productividad, tolerancia a enfermedades, persistencia vegetativa o valor nutritivo.



En ocasiones se han tenido en cuenta nuevos biotipos, no considerados previamente, y que ofrecen nuevas características productivas, como el uso de raigrases de tipo itálicos o Festucas continentales de ciclo largo. En los últimos años, los programas de mejoramiento genético de forrajeras han buscado dotar a los nuevos cultivares de órganos capaces de colonizar, acumular reservas y tolerar eventos extremos, ya sea por estrés térmico, déficit hídrico o inundaciones. Como ejemplos, podemos mencionar los *Lotus uliginosus* INIA E-Tanin e INIA Gemma, la Festuca rizomatosa Rizar y el *Paspalum notatum* INIA Sepé.

La toma de decisiones en la selección de genotipos o alternativas de especies con tolerancia a ambientes extremos puede contribuir a disminuir la vulnerabilidad de los predios ganaderos, aportando opciones en escenarios donde hay una menor oferta varietal. En las últimas dos décadas, este proceso se fue intensificando y el segmento de forrajeras se fue especializando cada vez más, ofreciendo especies y cultivares adaptados a condiciones particulares. Hoy vemos una amplia oferta forrajera de especies tradicionales y con alta demanda (raigrás, festuca, etc.); o especies con demanda creciente, como leguminosas adaptadas para siembras en cobertura; o especies nativas de gramíneas, las cuales están siendo mejoradas.

El Cuadro 1, muestra la lista de cultivares liberados comercialmente, desde el 2006 al presente, y sus principales características. Esta nueva genética ha tenido una buena adopción por parte de los productores, lo que evidencia interés y avidez por acceder a cultivares mejor adaptados a los nuevos escenarios productivos. Sin embargo, es necesario seguir profundizando en las líneas de trabajo desarrolladas, así como en nuevas acciones para seguir contribuyendo con una genética más productiva y adaptada a nuestros sistemas productivos.

Es importante resaltar que el concepto de sostenibilidad de los sistemas productivos ha cobrado importancia no solo del punto de vista productivo-económico, sino también ambiental. Los cultivos de servicio o puentes verdes constituyen hoy un nuevo requerimiento en las cadenas forrajeras, promoviendo un mejor balance en el ciclo de nutrientes y en las propiedades físicas, una reducción de la erosión o en el control de malezas, plagas y enfermedades.

Cuadro 1. Año de liberación de cultivares forrajeros INIA en el período 2006-2023.

Año liberación	Cultivar	Características / Usos
2006	Cebadilla INIA Leona	2-3 años e invernol
2006	Trébol blanco Aquiles	Perenne invernol
2006	Trébol blanco Goliath	Perenne invernol
2008	Ornithopus INIA Molles	Anual invernol / Mejoramientos extensivos
2009	Festulolium INIA Merlin	2 años e Invernol
2009	Raigrás INIA Camaro	Diploide de ciclo intermedio
2009	Raigrás INIA Escorpio	Tetraploide de ciclo largo
2009	Raigrás INIA Bakarar	Diploide de ciclo intermedio
2010	Festuca INIA Aurora	Temprana / Alta productividad
2010	Festuca INIA Fortuna	Tardía / Alta calidad
2010	Dactylis INIA Perseo	Temprano / Alta productividad y sanidad
2010	Dactylis INIA Aurus	Tardío / Alta calidad, sanidad
2010	Lotus corniculatus INIA Rigel	Perenne estival / Productividad y sanidad
2010	Trébol rojo INIA Antares	Sin latencia / Alta productividad
2010	Holcus INIA Virtus	Bi-anual e Invernol / Sanidad y re-siembra
2012	Avena INIA Columba	Doble propósito / Productividad y sanidad
2012	Avena INIA Halley	Anual e invernol
2014	Lotus uliginosus INIA E-Tanin	Perenne estival / Alta producción semilla
2014	Trébol resupinatum INIA Sirius	Anual invernol / Puentes verdes, sin re-siembra
2014	Trébol vesiculosum INIA Sagit	Anual invernol / Puentes verdes
2016	Lotus uliginosus INIA Gemma	Perenne estival / Rizomatoso
2016	Raigrás Winter Star 3	Tetraploide de ciclo intermedio
2016	Raigrás Cambará	Diploide de ciclo intermedio-largo
2017	Lotus angustissimus INIA Basalto	Anual invernol / Mejoramientos extensivos
2018	Festuca Rizar	Rizomatosa / Alta productividad
2018	Paspalum notatum INIA Sepé	Perenne estival / Alta productividad
2019	Festuca Carapé	Tardía / Calidad
2021	Raigrás perenne Virazón	Perenne vida corta / Producción y sanidad
2021	Achicoria INIA Nova	Baja inducción, sanidad, persistencia
2022	Bromus INIA Los Paraísos	Perenne invernol / Persistencia
2023	Alfalfa INIA Charrúa	Perenne estival / Productividad y sanidad
2023	Avena INIA Capella	Forrajera / Alta productividad y sanidad



Gramíneas anuales y de rotación corta

Avena

Con respecto a la avena, el material más sembrado históricamente ha sido la variedad Estanzuela 1095a, seleccionada en 1925 y evaluada en 1934 (Fischer et al., 1937). Sin embargo, esta variedad actualmente presenta susceptibilidad a la roya de la hoja (*Puccinia coronata sp. avenae* Eriks), a la roya del tallo (*Puccinia graminis sp. avenae* Erikss. & Henning), así como al daño causado por el pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum* Rondani). Estas vulnerabilidades suelen comprometer el establecimiento del cultivo y la producción de forraje (Boerger, 1943; Silveira Guido y Conde, 1946; Condón et al., 2010).


Las actividades de mejoramiento en avena llevaron a la liberación, en 1981, de la variedad RLE115, una selección de la Estanzuela 1095a (Millot et al., 1981). En 1992, se liberaron las variedades INIA Tucana e INIA Polaris, de tipo sativa, que, a pesar de la buena adaptación para la producción forrajera, perdieron su resistencia a la roya de la hoja. Posteriormente, en 2010, se liberó la variedad INIA Columba (Condón et al., 2010), que aún se mantiene en el mercado, la cual fue obtenida a partir de cruzamientos entre líneas resistentes a la roya, seleccionadas de la E1095a, y avenas sativas introducidas. En 2023 se liberó INIA Capella, actualmente en proceso de multiplicación de semilla, que se caracteriza por su excelente adaptación forrajera en siembras tempranas y producción forrajera de otoño-invierno.

A partir de estas liberaciones, los objetivos del programa de mejoramiento se han centrado en: 1) asegurar una adecuada adaptación a siembras tempranas (durante la primera quincena de febrero en el sur del país), garantizando un desarrollo fenológico adecuado, sin inducción floral en condiciones de fotoperiodo largo y alta temperatura; 2) mejorar la sanidad foliar (resistencia a la roya de la hoja en plantas adultas) y a roya de tallo como estrategia sostenible para la producción de forraje; y 3) optimizar la producción de semilla y heno. Estos tres objetivos incluyen la identificación de parentales superiores con perfiles de crecimiento adaptados a un manejo de producción de forraje para cosecha directa o como doble propósito (forraje/heno, forraje/silo de planta entera o forraje/grano).

Raigrás anual (*Lolium multiflorum*)

A comienzos de la década del 50, fue liberado por el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" (CIAAB) el cultivar Estanzuela 284, siendo el primer cultivar nacional de raigrás (Henry, 1952). Recién a fines de los 80 se obtiene el cultivar Estanzuela Matador, siendo este el primer tetraploide y de floración tardía (García et al., 1991). La siguiente generación de cultivares nacionales aparece a fines de los 90 con la liberación de los cultivares INIA Cetus, diploide de ciclo corto, e INIA Titán, tetraploide de floración tardía (García, 1998). De estos cultivares, actualmente solo Estanzuela 284 e INIA Titán continúan siendo sembrados.

Una nueva generación de cultivares, generados a partir de cruzamientos con germoplasma extranjero, sale al mercado en 2009: INIA Camaro, INIA Bakarat e INIA Escorpio (Ayala et al, 2010). Los cultivares INIA



Camaro e INIA Bakarat son los primeros diploides de ciclo largo, con floración de fines de octubre. Ambos cultivares, en comparación a Estanzuela 284 e INIA Cetus, logran mayor producción anual de forraje al tener un mayor período de crecimiento, que se extiende en la primavera. La principal diferencia entre ellos es el hábito de crecimiento, siendo INIA Camaro de tipo intermedio, ofreciendo flexibilidad en el manejo del pastoreo, mientras que INIA Bakarat es de hábito semierecto ofreciendo alta accesibilidad del forraje y buena aptitud para siembra en mezclas (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013a). El INIA Escorpio es un tetraploide de ciclo largo que viene a reemplazar en gran medida a INIA Titán. Además de presentar una mejora en productividad total, estos tres cultivares, debido a la selección local y fuerte énfasis en resistencia a enfermedades, se destacan en el mercado por su excelente sanidad (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013a).


Una nueva etapa comienza en 2007 con la firma de la alianza temprana entre INIA, PGG Wrightson Seeds y Grasslands Innovation (INIA, 2024a). Los primeros productos de esta alianza son los cultivares Winter Star 3 y Cambará, ambos liberados en 2016. El cultivar Winter Star 3 es uno de los más competitivos en el segmento de los tetraploides de ciclo intermedio, destacándose por su alta producción de forraje invernal y total, además de una muy buena tolerancia a roya (Maranges et al., 2018). Cambará es un cultivar diploide de floración tardía, con alta producción total de forraje, tolerancia a roya y buena producción de semillas (Maranges et al., 2020). La alianza ha tenido gran impacto en el desarrollo de cultivares superiores y en su colocación en el mercado. Según Maranges y Rossi (2021), en raigrás anual la genética INIA + INIA-GIL, a pesar de significar solo el 10% de la oferta varietal, constituye el 65% de la semilla vendida.

Actualmente el mejoramiento genético de raigrás anual se enfoca en los segmentos diploides de ciclo largo y tetraploides de ciclo intermedio. En el primer caso se busca incrementar la producción otoño-invernal manteniendo la alta productividad total. En el caso de los tetraploides, el objetivo es incrementar la productividad anual sin perder productividad en invierno. En ambos se busca alta capacidad de macollaje y rebrote, alta producción de semillas y excelente sanidad, incluyendo trabajos específicos en *Pyricularia grisea*.

Cebadilla criolla (*Bromus catharticus*)

En 2006, el programa de mejoramiento de plantas forrajeras de INIA liberó un cultivar de cebadilla, denominado comercialmente INIA Leona. El mejoramiento y la selección de esta nueva especie y cultivar se realizó en INIA La Estanzuela, teniendo como aspectos destacables sus características de superioridad en rendimiento de forraje, macollaje, rebrote, sanidad de hoja, persistencia y resiembra, así como la facilidad para instalarse muy bien en siembra directa, siendo ideal para utilización en praderas intensivas de rotación corta en mezclas con leguminosas.

La liberación de este cultivar, de una especie en la cual solo existían cultivares introducidos en Uruguay, constituye un hito importante para la producción, ya que amplió la frontera de utilización de esta especie,



con un material con adaptación local y que supera a los tradicionales cultivares extranjeros de cebadilla. Este cultivar tuvo una adopción muy importante por parte de los productores en sistemas ganaderos intensivos.

Gramíneas perennes

Raigrás perenne (*Lolium perenne*)

El raigrás perenne es ampliamente sembrado en las regiones templadas, debido a su alta productividad y valor nutritivo, pero en Uruguay se ha mantenido como una especie secundaria. Los cultivares utilizados han sido introducidos de otras regiones y, si bien presentan buenas producciones y valor nutritivo en el año de siembra, tienen muy baja persistencia (1-2 años) y serios problemas sanitarios (Gutiérrez et al., 2023a; Gutiérrez et al., 2023b). A pesar de esto, y considerando su potencial forrajero, en 2008 se decide comenzar con su mejoramiento, poniendo foco en la adaptación a las condiciones de nuestro país, así como en la persistencia, productividad y sanidad. Como resultado, en 2021, se registra y comercializa por primera vez el cultivar Virazón, que logra altas producciones de forraje, producción de semilla local, excelente comportamiento frente a enfermedades y persistencias de al menos 3 años (Gutiérrez et al., 2023a; Gutiérrez et al., 2023b). Los trabajos de mejoramiento en esta especie continúan, con el objetivo principal de seguir aumentando su persistencia para expandir su área de uso, sin detrimento de sus otras características que la hacen destacable.


Festuca (*Festuca arundinacea*)

Festuca es la gramínea perenne invernal más usada en el país, con una estimación de uso promedio de 1979 t de semillas anuales, equivalente a unas 132 mil hectáreas sembradas por año (INASE, 2024). El material de referencia ha sido el cultivar Estanzuela Tacuabé, liberado por CIAAB a mediados de los años 70 (Formoso, 2010).

En 2010, INIA liberó dos nuevos cultivares, INIA Aurora e INIA Fortuna. El cultivar INIA Aurora fue obtenido por sucesivos ciclos de selección sobre materiales tempranos, con énfasis en rendimiento y sanidad. Se destaca por su floración de fines de agosto, por su mejor sanidad y por ser altamente

competitivo entre los cultivares de alta producción de forraje (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013b). Por su parte, el cultivar INIA Fortuna se obtuvo como producto de procesos de selección, con énfasis en calidad del forraje (DMO, FDN), flexibilidad y sanidad foliar. Su ciclo es tardío, florece a principios de octubre, su producción es similar a Estanzuela Tacuabé, pero la supera en valor nutritivo (2% DMO superior), además de ser más productivo y con mejor sanidad que otros cultivares de ciclo tardío (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013b).

Desde entonces, el programa de mejoramiento genético de festuca de INIA apunta a contribuir a la mejora de la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas productivos desde tres conceptos: i) festucas de alta



productividad, tipo INIA Aurora; ii) festucas de floración tardía y alta calidad, tipo INIA Fortuna; y iii) festucas de alta persistencia, del tipo rizomatoso. La estrategia pasa por la identificación de materiales elite, cruzamientos con los cultivares de referencia y selección en el ambiente objetivo por las características de interés según cada concepto. En el primer caso, se ha desarrollado una nueva línea experimental (IGP14) con mayor producción estacional y total que INIA Aurora, que será liberada en el corto plazo. En las tardías de alta calidad, se liberó, en 2022, el cultivar Carapé, con mayor productividad que Estanzuela Tacuabé y moderada presencia de rizomas (INIA, 2024b), y se están generando nuevas líneas experimentales seleccionadas por mayor valor nutritivo. Entre las de alta persistencia, se liberó, en 2019, el cultivar Rizar (Maranges et al., 2019), capaz de formar un tapiz denso y destacarse por su alta productividad, persistencia y rusticidad, contribuyendo a la expansión del área de festuca hacia zonas marginales. Actualmente, continúa el proceso de selección en ambientes desafiantes.

Dactylis (Dactylis glomerata)

El cultivar de dactylis INIA Oberón significó el comienzo del uso de la especie en Uruguay. Este fue desarrollado localmente y marcó un importante crecimiento en el uso de esta especie en pasturas de rotación larga y, principalmente, asociadas a sistemas de producción lecheros y de producción de carne que valoraban significativamente aspectos de calidad y ciclos largos.


A partir de la liberación del cultivar INIA Oberón, considerando su éxito en cuanto a incorporación en los sistemas productivos, el programa de mejoramiento continuó su esfuerzo en esta especie, buscando mejorar aspectos de productividad, resistencia a enfermedades y ciclo productivo. De esta manera, fueron obtenidos dos nuevos cultivares, INIA Aurus e INIA Perseo, los cuales continúan disponibles en el mercado.

El cultivar INIA Aurus, de ciclo tardío, se destaca sobre INIA Oberón por su productividad en verano y otoño y en productividad anual a partir del segundo año, incorporando una excelente sanidad foliar. El INIA Perseo, seleccionado con énfasis en rendimiento y sanidad foliar, se diferencia por su floración temprana, hábito semierecto y un color más oscuro. Ambos cultivares fueron fundamentales para el recambio varietal en esta especie, la cual se limitaba básicamente al cultivar INIA Oberón y a materiales introducidos con serios problemas sanitarios y producción de forraje menor.

Los cultivares disponibles de dactylis, junto a los cultivares de Festuca, constituyen la base de las gramíneas perennes invernales para utilización en pasturas largas en mezclas con leguminosas. Por su parte, los cultivares de dactylis se destacan por su resistencia a la sequía y la capacidad de crecer durante verano, lo cual los hace especialmente competitivos frente a festuca y especialmente indicados en aquellas situaciones donde la competencia de especies estivales, como la gramilla, es un problema.

Leguminosas anuales

Las leguminosas anuales han tenido dos usos muy contrastantes en cuanto a los sistemas productivos a los cuales contribuyen. Las especies del género *Trifolium* (*T. alexandrinum*, *T. resupinatum* y *T. vesiculosum*)



se han utilizado, mayoritariamente, en mezclas para verdeos de invierno o, en menor medida, en puentes verdes. La excepción es el *T. vesiculosum* INIA Sagit, el cual, aunque en menor escala, tuvo un uso destinado a mejoramiento de campo natural, por su adaptación a suelos ligeramente ácidos y buena resiembra natural. Por otro lado, las especies del género *Lotus* han sido las principales en desarrollar los mejoramientos de campo natural.

La tecnología de mejoramientos de campo, definida como la siembra en cobertura de una o más especies (generalmente leguminosas) en el campo natural, ha significado una gran oportunidad para incrementar la productividad y el valor nutricional del forraje ofrecido en sistemas de ganadería extensiva. El *Lotus subbiflorus* El Rincón, desarrollado por el Ing. Agr. Rafael Gallinal, ha sido la leguminosa más utilizada con este fin y demostró su potencial para dinamizar enormemente los sistemas pastoriles. Con el objetivo de ampliar las opciones de especies y variedades forrajeras disponibles para estos mejoramientos, con especial énfasis en generar nuevas opciones de mayor adaptación a las áreas ganaderas, es que, desde 1998, se comenzó, por parte de INIA, un proyecto de mejoramiento genético de forrajeras en INIA Tacuarembó, donde uno de los productos generados ha sido el *Lotus angustissimus* INIA Basalto.

El *Lotus angustissimus* es una especie anual, de muy buena producción invierno-primaveral, con excelente adaptación a suelos profundos, medios y superficiales de las regiones de Basalto, Cristalino, Lomadas y Sierras del Este, así como también a suelos livianos de la región de Areniscas. Germina temprano en otoño (marzo-abril) y vegeta hasta diciembre, culminando su ciclo productivo luego de florecer. La floración se concentra a fines de octubre y primera quincena de noviembre. El mejoramiento genético se focalizó en seleccionar plantas por producción de forraje, buena sanidad (tolerancia a roya de hoja), ciclo corto y con adecuada producción de semilla. El resultado de este proceso generó el cultivar denominado comercialmente INIA Basalto.

En validaciones del *Lotus* INIA Basalto, con bovinos en predios comerciales, en el marco de la Red Participativa de Evaluación de Forrajeras INIA, se obtuvieron muy buenos resultados productivos (Cuadro 2). Siendo así, este cultivar constituye una excelente oportunidad para elevar la productividad forrajera y el desempeño de animales manejados en campo natural.

Leguminosas perennes

En la ganadería, las leguminosas perennes juegan un rol importante por aumentar la cantidad y calidad de la dieta, por su capacidad de fijar biológicamente nitrógeno, que es aprovechado por las gramíneas acompañantes, y por brindar estabilidad productiva. Para la ganadería, la intensificación demanda mayores producciones y también estabilidad, especialmente en los últimos años de vida de la pradera. Por lo tanto, el foco en el mejoramiento genético de leguminosas forrajeras ha estado en la persistencia y en la productividad. Estos trabajos se han concentrado en tres especies que, por sus particularidades, aportan a pasturas cultivadas, como *Lotus corniculatus* o alfalfa, o a mejoramiento de campo, como *Lotus uliginosus* (ex *pedunculatus*).



Cuadro 2. Resultados productivos de terneros/as, pastoreando mejoramientos de campo con Lotus INIA Basalto de primer y de más años de evaluaciones, en establecimientos comerciales ubicados sobre suelos de profundidad media en el norte de Uruguay.

	Mejoramiento de Lotus INIA Basalto 1er año (sitios=5, total 340 ha)			Mejoramiento de Lotus INIA Basalto 2do y 3er año (sitios=4, total 245 ha)		
	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
Carga promedio (kg PV/ha)	425	395	449	417	300	550
Días pastoreo	181	137	204	285	261	310
GMD promedio (kg/a/d)	0,75	0,53	1,00	0,58	0,45	0,75
Producción (kg PV/ha)	188	123	264	247	222	287

Prom. = promedio. Mín. = mínimo. Máx. = máximo.
GMD = ganancia media diaria de peso.

Lotus corniculatus

Lotus corniculatus es una especie de interesantes características productivas y ecológicas, de amplia difusión, principalmente del cultivar San Gabriel, que se adapta muy bien a suelos de diferentes texturas, pH y niveles de fertilidad, con menores requerimientos de fósforo en comparación con alfalfa o tréboles, que basa su persistencia en un fuerte sistema radicular y que hace el reclutamiento de nuevas plantas desde el banco de semillas del suelo. En esta especie, el objetivo fue mejorar la persistencia a través de una mayor tolerancia a enfermedades de raíz y corona. Esta mejor tolerancia al complejo de enfermedades radiculares provocó una mayor proporción de plantas productivas al tercer y cuarto año, tanto de los cultivares INIA Draco (liberado en 1999) como INIA Rigel (liberado en 2010 INIA) (INA, 2024b). En la actualidad, se continúa con el desarrollo de la denominada línea de “Lotus persistente”, donde se busca alta persistencia a través de nueva genética de amplias coronas, de alta ramificación y de presencia de rizomas cortos, a los efectos de potenciar el sistema radicular, además de mostrar mejor tolerancia al pastoreo intenso y/o frecuente.

Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa de mayor persistencia y producción disponible para sistemas intensivos (Rebuffo et al., 2000), aunque presenta restricciones en el establecimiento, desarrollo y persistencia provocados por las características de los suelos. La alfalfa Estanzuela Chaná, de latencia intermedia, es la más sembrada y ha demostrado gran adaptación a nuestro ambiente. Sin embargo, presenta una altísima variabilidad en hábitos, tipos productivos y persistencia. Trabajando sobre el cultivar Estanzuela Chaná, Crioula y otra genética adaptada, se seleccionaron tipos productivos con menor latencia, de alta productividad de forraje y semilla y mayor persistencia, dando origen al recientemente liberado cultivar INIA Charrúa. Este cultivar supone un avance importante sobre Estanzuela Chaná, con aumentos de productividad de 13, 7 y 7% para los años 2, 3 y 4, respectivamente.





Lotus uliginosus

Lotus uliginosus (sinónimo *Lotus pedunculatus* Cav) es una leguminosa perenne de crecimiento primavera-estivo-otoñal, adaptada a suelos ácidos, de pobre drenaje y con baja disponibilidad de fósforo. Presenta muy buena producción de forraje en diversos suelos de uso ganadero (regiones Este, Centro-sur y Basalto de Uruguay), combinando el rendimiento de forraje con alto valor nutritivo y alta persistencia. Estos Lotus presentan diversos hábitos de crecimiento, desde semipostrado a semierecto, variable según el cultivar. Son capaces de desarrollar un amplio sistema radicular compuesto por raíces principales, raíces fibrosas, estolones y rizomas. Esto le permite tener una gran capacidad colonizadora, persistencia vegetativa y capacidad de integrarse a las comunidades de campo natural. Por lo tanto, estos Lotus son una gran contribución para la mejora productiva en sistemas ganaderos extensivos, donde los mejoramientos de campo juegan un rol clave.

Los primeros registros de evaluaciones de esta especie se encuentran entre 1960-70, en jardines de introducción en Estanzuela y Treinta y Tres, descartándose por su baja producción. En los años 80 se retoma su evaluación, incorporando el rizobio específico apropiado y demostrando su adaptación (Risso y Albicette, 2000). El cultivar Grasslands Maku, introducido por INIA, fue el primer material utilizado de esta especie, el cual rápidamente mostró su excelente potencial forrajero, aunque dificultades en la producción de semilla enlentecieron su desarrollo. Por lo tanto, los objetivos del mejoramiento genético estuvieron focalizados en mejorar la producción de semilla sin perder los atributos forrajeros.

Los cultivares de *Lotus uliginosus* se clasifican según su ploidía en diploides o tetraploides. Los cultivares de tipo diploide tienden a ser de hábito más erecto, presentar menor densidad de rizomas, mayor floración y producción de semilla. El cultivar INIA E-Tanin es una selección sobre materiales de tipo diploide que destacan por su producción de semilla, conservando una amplia red de rizomas y logrando buenos balances de gramíneas/leguminosas. Su abundante floración y mayor producción de semilla hace que su persistencia no sólo dependa de su sistema radicular, sino que también en la resiembra natural que, ocasionalmente, pueda ocurrir desde el banco de semillas del suelo. Los de tipo tetraploides tienden a ser de hábito semipostrado, presentar mayor densidad de estolones y rizomas, gran capacidad colonizadora, menor floración y producción de semilla. El cultivar INIA Gemma es una reselección sobre Grasslands Maku, buscando incrementar la producción de semilla y conservar los atributos forrajeros.

Estos cultivares tiene el potencial de intensificar la producción en zonas de campos bajos anegables y otros de características similares, dinamizando los procesos de cría y recria en establecimientos ganaderos. Por otro lado, es importante destacar la presencia de taninos condensados en su tejido, los cuales mejoran la eficiencia en el uso de proteínas, disminuyen el riesgo de meteorismo, contribuyen en el control de parásitos gastrointestinales y permiten una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Alecrim et al., 2024).



Compuestas

La achicoria (*Cichorium intybus* L.) es una especie de alto potencial forrajero y utilizada, principalmente, en praderas de rotación corta sembrada en mezclas junto a cebadilla y trébol rojo. El INIA Lacerta fue el primer cultivar desarrollado de esta especie en Uruguay y es actualmente una de las más comercializadas en el mercado. Profundizando el desarrollo de esta especie, el mejoramiento genético buscó seleccionar plantas por ciclo reproductivo tardío, de mejor relación hoja/tallo, de menor densidad de vástagos florales, de mejor sobrevivencia de plantas y hábito semi-erecto, buscando mejorar la productividad y el valor nutritivo del forraje ofrecido.

El INIA Nova (LE 308) es un nuevo cultivar de achicoria seleccionado a partir del INIA Lacerta. Comparadas con INIA Lacerta, las hojas de INIA Nova son más largas y ligeramente más anchas, con mayor cobertura de suelo, relacionado a su profusa producción de hojas. Cuando florecidas, los vástagos florales presentan menor grado de ramificación que los de INIA Lacerta, favoreciendo una mejor relación hoja/tallo. El INIA Nova presenta un aumento consistente en productividad con respecto al INIA Lacerta cuando se compara la producción del primer año, segundo año o el total producido durante toda la vida útil de la pastura. Las mayores diferencias en productividad se observan en el segundo año, lo que, en parte, es debido a la mejora en sobrevivencia de INIA Nova durante el primer verano. Del mismo modo, en el corte de persistencia (corte que se realiza al cierre del segundo verano), INIA Nova presentó una productividad 19% superior a INIA Lacerta (INASE, 2021).

A diferencia de otras achicorias que se comercializan con baja inducción floral, INIA Nova, además de las muy altas tasas de crecimiento primavera-estival, presenta las más elevadas tasas de crecimiento invernal. Este cultivar es una achicoria de floración más tardía, con menor presencia inicial de vástagos florales de forma que facilita el manejo y su utilización durante los meses de primavera y verano. Las achicorias se recomiendan para su uso en rotaciones cortas en sistemas ganaderos de alta producción. Realiza un aporte de calidad durante todo el año, adaptándose a distintos tipos de suelos.


Gramíneas nativas

Nuestro campo natural es dominado, principalmente, por especies de gramíneas y conserva un rico acervo genético de alto potencial forrajero. Superando algunas limitantes como la producción de semilla, la dormición de estas y, en algunas ocasiones, el lento vigor inicial, algunas de estas especies podrían hacer grandes aportes a nuestros sistemas pastoriles y/o en la recuperación de área de campo degradadas o de áreas que salen de la agricultura, entre otras. A continuación, se presentan los trabajos realizados en estos últimos años en dos especies de alto potencial, *Paspalum notatum* y *Bromus auleticus*.

Paspalum notatum

El pasto horqueta (*P. notatum*) es una gramínea perenne estival, rizomatosa y una de las principales gramíneas presentes en las pasturas naturales de Uruguay, con potencial para ser cultivada como pastura





permanente de alto potencial productivo o como componente estival de praderas cultivadas. A su vez, tiene un gran potencial como especie recuperadora de campos naturales degradados o campos que salen de un sistema agrícola y buscan retornar a un sistema ganadero.

Como producto de la colección de germoplasma (Figura 2A), evaluación, selección, caracterización (Reyno et al., 2012) e incremento (2006-2017), es que, en 2018, se libera como producto de este proceso el clon denominado INIA Sepé. El INIA Sepé pertenece a la variedad botánica *latiflorum* de *Paspalum notatum*, es tetraploide y apomítica, con gran capacidad colonizadora a través de una amplia red de rizomas estoloniformes. El ciclo de producción comienza en la primavera tardía, desarrollándose a través del verano y otoño, finalizando ante la presencia de heladas severas, donde las plantas pierden el forraje verde, rebrotando desde sus rizomas en la primavera siguiente. Por lo tanto, su ciclo productivo es completamente complementario con festucas, dactylis u otras gramíneas perennes invernales. En esta especie, el manejo del pastoreo es el principal factor para el control de la productividad, calidad y persistencia, siendo sumamente plástica y adaptable a diversos manejos (Giorello, 2020).

En evaluaciones realizadas a nivel experimental y en predios comerciales, el ciclo de pastoreo varió de 120 a 150 días, la ganancia de peso individual promedio fue de 0,60-0,80 kg/a/d en novillos sobreaño durante la etapa de recría y de 0,40-0,80 kg/a/d en ovinos post-destete, con las cargas variando, durante el ciclo, de 500 hasta 2.000 kg PV/ha. Las productividades fueron de 100 a 200 kg PV/ha en situaciones sin agregado de fertilizantes, mientras que aumentaron a valores de 330 hasta 450 kg PV/ha en situaciones donde se ha incorporado urea en niveles moderados y adecuada disponibilidad de agua.

El cultivar INIA Sepé puede jugar un rol clave en varias situaciones productivas. Su alta flexibilidad y plasticidad le permite hacer parte de sistemas de alta producción de forraje, con o sin riego, puro o formando parte de mezclas junto a gramíneas o leguminosas invernales, incrementando la producción estivo-otoñal de las mismas y reduciendo el riesgo de enmalezamiento (gramilla).

Bromus auleticus

Bromus INIA Los Paraísos (*Bromus auleticus* Trinius ex Nees) es un cultivar perenne seleccionado a partir de un trabajo de colecta y caracterización de *Bromus auleticus* de Uruguay. El material fue seleccionado de un ecotipo de la región de Basalto, por ciclo corto, persistencia, reducido problema de arista en su semilla y hábito postrado. En el período 2008-2010, se colectaron 110 accesiones de *Bromus auleticus* en nuestro país (Figura 2B), cubriéndose los principales tipos de suelos y diferentes intensidades de pastoreo.

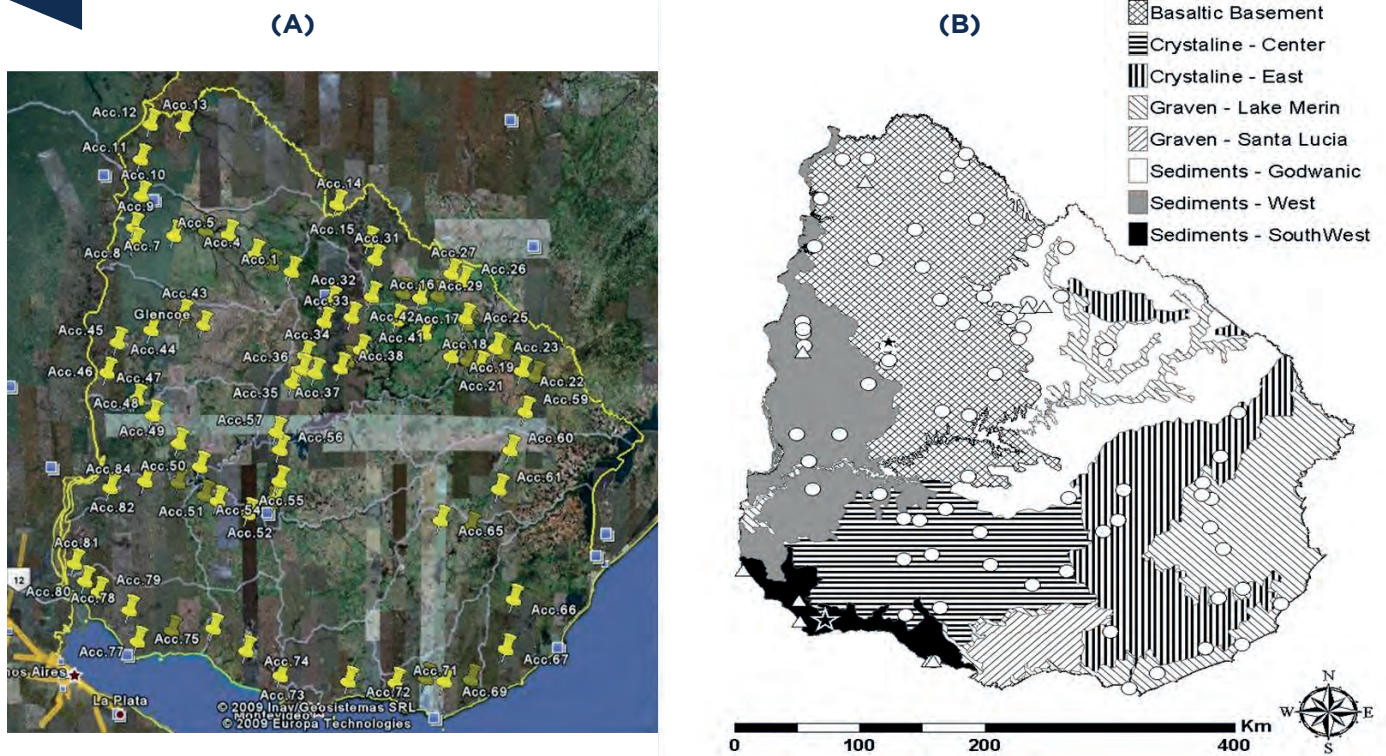


Figura 2. (A) Sitios de colecta (n=90) de *Paspalum notatum* en 2005-2006 y (B) sitios de colecta de *Bromus auleticus* y sitios de evaluación en INIA La Estanzuela e INIA Glencoe.

La evaluación y caracterización de esta colección realizada en los años siguientes permitió hacer la primera caracterización nacional del germoplasma de *Bromus auleticus*, identificando “ecotipos” según sus características y su zona agroecológica de origen (Condón et al., 2017). De estos trabajos surge el cultivar *Bromus auleticus* INIA Los Paraísos, destacado por su adaptación a diversos ambientes, facilidad de cosecha y procesamiento de semilla.

Las plantas de INIA Los Paraísos presentan hojas largas, finas, muy pilosas y color verde-grisáceo. Comparadas otros dos cultivares, INIA Tabobá o Potrillo, las hojas son más finas y ligeramente más largas. Una gran proporción de las plantas presentan diámetros muy grandes, relacionado a su profusa producción de hojas. Las plantas son mayoritariamente postradas, con una menor proporción de plantas con hábito semi-postrado.

En siembras en cobertura sobre campo natural, el cultivar INIA Los Paraísos mostró muy buenos aportes a la producción y cobertura evaluados en dos sitios de suelos contrastantes en la región este (Lomadas y Sierras del Este). Al otoño e invierno del cuarto año de haber sido introducido, *Bromus* INIA Los Paraísos mostraba coberturas del entorno del 30%. Este cultivar fue evaluado a nivel de ensayos en INIA y en predios comerciales participantes de la Red de Evaluación Participativa de Forrajeras INIA. El mismo ha sido utilizado como especie restauradora de tapices degradados y, más recientemente, en siembras en cobertura en sistemas silvopastoriles. También podría ser utilizado como componente en especies de forrajeras templadas e, incluso, en mezclas con otras especies nativas.



Desafíos futuros

Nuestros sistemas pastoriles cada vez están bajo mayores presiones en cuanto a la eficiencia de su producción, el resultado de la productividad, la cosecha de forraje y su transformación en producto animal y la variabilidad climática caracterizada por eventos extremos. Por lo tanto, los nuevos cultivares de especies forrajeras deben ser cada vez ser más productivos, más eficientes en el uso de recursos, de alto valor nutritivo y con alta persistencia. Estos son los atributos que hacen los sistemas ganaderos sostenibles. Por este motivo, con el mejoramiento genético se busca contribuir en: a) reducir las emisiones del sistema a través de la mejora en productividad y calidad, acelerando los procesos productivos; b) aumentar la utilización de la proteína de la dieta, excretar menos nitrógeno (reducciones de óxido nitroso), reducir las emisiones de metano y disminuir los problemas asociados a los parásitos gastrointestinales a través de la presencia de compuestos secundarios, como lo son los taninos condensados en Lotus, que permiten, además, disminuir el riesgo de meteorismo; y c) desarrollar cultivares de especies nativas para procesos de restauración de campo natural. El mejoramiento forrajero nacional de INIA demostró su aporte en estos últimos 20 años, y todo indica que las estrategias definidas y las alianzas establecidas han instaurado el camino que consolide el aporte de los próximos 20 años.

Para esta nueva etapa, algunas de las estrategias incluyen la exploración de nuevo germoplasma y de nuevos métodos de mejoramiento, incorporando herramientas biotecnológicas, hibridando especies, caracterizando compuestos secundarios y sus efectos y revalorizando nuestros recursos genéticos forrajeros nativos. La investigación básica, a través de biotecnologías, se ha ido integrando en nuestros objetivos realizando aportes en la determinación del sistema reproductivo (Real et al., 2007), en la caracterización de la diversidad genética (Dalla-Rizza et al., 2007) y de híbridos interespecíficos (Castillo et al., 2012) y, más recientemente, con aportes en la identificación de fuentes genuinas de resistencia al ergot en especies de Paspalum (Reyno et al., 2023), insumos para la edición génica (Narancio et al., 2024) y de la respuesta al ergot en especies del género Paspalum en nuestras condiciones (Oberti et al., *in press*). Estas herramientas biotecnológicas nos brindan opciones muy interesantes para la obtención de nuevos cultivares forrajeros.

AGRADECIMIENTOS

A Mónica Rebuffo y Jaime García, dos reconocidos mejoradores de forrajeras de INIA La Estanzuela, por su significativo aporte a estos logros presentados aquí, a Daniel Real, mejorador en INIA Tacuarembó, a Francisco Formoso y a Raúl Bermúdez, investigadores en manejo agronómico y a Diego Risso en su rol de director del Programa de Pasturas y Forrajes. Al personal de apoyo del Área de Pasturas y Forraje de INIA, Técnicos Sectoriales de la UCTT de INIA y a los técnicos y productores de la Red Participativa de Genética Forrajera de INIA. El mejoramiento genético es un continuo proceso de agregado de valor, y sin sus aportes nada de lo logrado hubiera sido posible.