

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

Festuca alta y sus hongos endófitos en la región pampeana: aliados invisibles

Festuca alta es la forrajera templada más usada en el mundo. En los pastizales pampeanos está muy difundida, pero la presencia de ergo-alcaloides producidos por hongos endófitos que la hacen tóxica para el ganado (festucosis) restringe su valoración. Hoy, nuevas variedades con endófitos no tóxicos ofrecen una solución a futuro.

POR PEDRO GUNDEL A , SABRINA MIRI B , Y LUCAS PETIGROSSO C, D

^A INSTITUTO DE BIOLOGÍA FUNCIONAL Y BIOTECNOLOGÍA (BIOLAB-INBIOTEC-CONICET-CICBA), FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (UNICEN). AZUL, BUENOS AIRES, ARGENTINA.

^B ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (GENTOS S.A.). PERGAMINO, BUENOS AIRES, ARGENTINA.

^C FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS (UNMDP). BALCARCE, BUENOS AIRES, ARGENTINA.

^D FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA (UCA). CABA, ARGENTINA.

Introducción

Algunas especies domesticadas e introducidas como forrajeras pueden tener la capacidad de dispersarse y establecerse fuera de los sistemas agrícola-ganaderos, naturalizándose en las comunidades vegetales locales. Un caso de estos es el de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb. = *Schedonorus arundinaceus* = *Lolium arundinaceum*), una gramínea perenne C3 originaria del norte de Europa y de la región mediterránea, actualmente distribuida en las regiones templado-húmedas y frías del mundo, incluida la Región Pampeana (Johnson *et al.*, 2013; Scheneiter *et al.*, 2016).

Debido a su alto valor forrajero, la festuca alta se ha convertido en una especie muy estudiada a nivel mundial, con una importante contribución de la ciencia argentina (Figura 1A, B). No obstante, también ha sido objeto de numerosas investigaciones por su capacidad de asociarse con hongos endófitos que, al producir alcaloides, pueden volverla altamente tóxica para el ganado (Figura 1A, C). En las últimas décadas, se ha implementado una estrategia de mejoramiento que consiste en reemplazar los endófitos tóxicos por cepas no tóxicas (Gundel *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2013).

En este artículo, revisamos brevemente la historia de la festuca alta y sus hongos endófitos, destacando oportunidades y desafíos

como especie implantada y naturalizada en la Región Pampeana. También señalamos vacíos de conocimiento relevantes para evaluar la incorporación de endófitos no tóxicos al comercio de semillas en Argentina.

Orígenes, ecotipos (morfotipos) y cultivares

El rango nativo de la especie incluye Europa y el Mediterráneo, donde la adaptación a diversos ambientes dio origen a dos morfotipos: continental y mediterráneo (Hand *et al.* 2010). Los primeros, originados en el norte de Europa y la Península Ibérica, son hexaploides y activos en verano; los segundos, provenientes del sur de Europa, norte de África y Medio Oriente, muestran mayor diversidad genética y son activos en invierno. Estas diferencias permiten seleccionar cultivares según el ambiente o el propósito productivo.

Orígenes y usos de festuca alta en la región pampeana

Festuca alta fue introducida en Argentina en la década del 50, con los cultivares “Kentucky 31” y “Alta” (Mazzanti *et al.*, 1992). En la Chacra Experimental Pergamino se iniciaron los primeros trabajos de mejoramiento buscando cultivares con buen desempeño en las condiciones edafoclimáticas de la Región Pampeana, y en ese contexto, en 1953, comenzó la difusión de la variedad “Pergamino El Palenque MAG” (Rimieri *et al.*

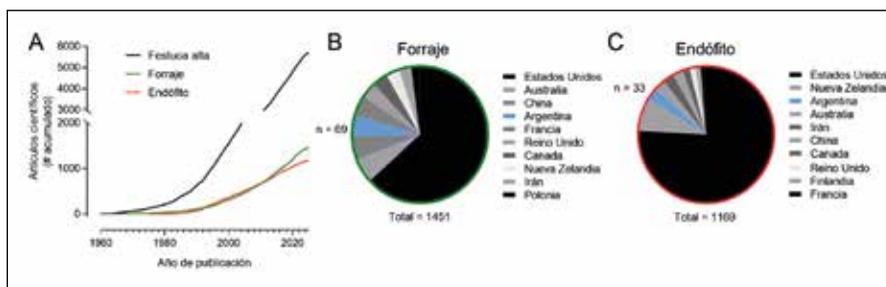
2021). Entre 1981 y 2025, se inscribieron en el Registro Nacional de Cultivares del INASE 148 cultivares de festuca alta, 40 de origen local y 108 extranjeros.

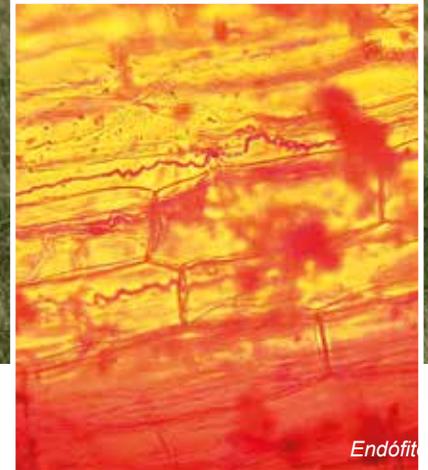
Entre sus principales ventajas agronómicas se destacan su alta productividad invernal, buena palatabilidad y digestibilidad respecto de muchos pastos nativos, y gran adaptación a distintas condiciones climáticas y edáficas (Mazzanti *et al.*, 1992). Se utiliza en la siembra de pasturas y, mediante intersiembra, en estrategias de mejoramiento de pasturas y pastizales degradados (Maddaloni y Ferrari 2005; Principi *et al.*, 2011; Scheneiter y Kaufmann 2016). La especie está completamente naturalizada en la región pampeana, con alta constancia en los pastizales. En la pampa inundable crece de forma natural en las praderas mesofíticas de las lomas y en las húmedas de media-loma (Gundel *et al.*, 2009).

Hongos endófitos: de los desafíos a las oportunidades

Los primeros registros de intoxicaciones en ganado bovino por consumo de festuca alta se remontan a la década del cuarenta en Estados Unidos (US) y Nueva Zelanda (NZ). Sin embargo, recién en 1977 un artículo científico asoció estas intoxicaciones con la presencia de hongos endófitos en las plantas (Bacon *et al.*, 1977). En Argentina, el primer diagnóstico de festucosis, es decir, intoxicación por consumo de festuca alta con

Figura 1. (A) Dinámica temporal acumulada de publicaciones científicas sobre *festuca arundinacea* (negro), su uso forrajero (verde) y su simbiosis con hongos endófitos (rojo). Los gráficos (B) y (C) muestran la contribución de Argentina (proporción y número de publicaciones) en cada enfoque. La información proviene de búsquedas bibliográficas en Scopus, para combinaciones entre *festuca alta*, forraje y endófito.





endófitos, se realizó en 1972 por el grupo de Patología del INTA EEA Balcarce (De Battista *et al.* 1995; Campero 1996). Hoy, tras casi cinco décadas de investigación (Figura 1A), está bien establecido que la toxicidad se debe a la producción de ergocalcoides, en particular ergovalina, por parte de los endófitos presentes en festuca alta (Young *et al.*, 2014).

Dado que la simbiosis con endófitos no es vital para las plantas, la solución inicial fue eliminarlos mediante tratamientos de las semillas con fungicidas, calor, o envejecimiento (Petigrosso *et al.*, 2019). En línea con esta estrategia, desde 1995 rige en Argentina una normativa (Ley de Semillas y Creaciones Filogenéticas del INASE, Ley 20.247), en la cual se expresa el porcentaje máximo de tolerancia de infección para la comercialización de semillas de festuca alta (Petigrosso *et al.*, 2019). Según esta ley, y de acuerdo con la legislación vigente a partir del 2007 sobre la comercialización de semillas forrajeras (Resolución N° 217/2007 del INASE), solo es posible comercializar semilla de festuca alta de clase fiscalizada que no supere el 1% de infección con endófito para la categoría de semilla original y al

3% para las primeras tres generaciones de multiplicación.

La especie de hongo endófito que típicamente se asocia a festuca alta es *Epichloë coenophiala* (ex. *Neotyphodium coenophialum*). Las plantas con endófito presentan mayor crecimiento y tolerancia a estreses bióticos y abióticos en comparación con aquellas sin endófito (Gundel *et al.*, 2013; Petigrosso *et al.*, 2019). Uno de los mecanismos más claramente establecidos es el papel otros alcaloides fúngicos (e.g., lolinas y peramina) que, producidos por los mismos endófitos, confieren resistencia a insectos plaga tanto de suelo como de la parte aérea (Bastías *et al.*, 2017). Entonces, pronto surgió abundante evidencia de que la eliminación de los endófitos, si bien quitaba la toxicidad, también disminuía la competitividad de las plantas y la persistencia de las pasturas. Además, las pasturas implantadas con cultivares sin endófito, pronto eran colonizadas por plantas con endófitos (Petigrosso *et al.*, 2019). Las poblaciones que hoy se encuentran en las comunidades de la pampa inundable exhiben un 100% de infección con endófitos silvestres (Gundel *et al.*, 2009). Así, la estrategia progresó

hacia la selección de cepas de *Epichloë* que no produjeran los alcaloides tóxicos, pero sí los otros que confieren resistencia a plagas. Estos endófitos, denominados “seguros” o no tóxicos, se seleccionan a partir de la variabilidad natural de la especie y se inoculan en cultivares comerciales con el objetivo de mejorar su persistencia y productividad sin comprometer la salud del ganado (Gundel *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2013). Materiales con estas cepas seguras se comercializan con éxito en países como US, España, Holanda, Australia, NZ, y Uruguay.

Discusión y perspectivas

La estrategia de prohibir la venta de semilla de festuca alta con endófitos apunta a reducir el riesgo de intoxicaciones en el ganado y, desde ese punto de vista, es efectiva. Sin embargo, cabe preguntarse si esta medida sigue siendo razonable, considerando que las poblaciones naturalizadas de festuca alta en los pastizales de la pampa inundable ya albergan endófitos silvestres, posiblemente

productores de alcaloides tóxicos. Al restringir la posibilidad de incorporación de endófitos no tóxicos como herramienta técnica de mejoramiento de festuca alta, se desaprovecha una oportunidad valiosa para aumentar la resiliencia y productividad de las pasturas y de los pastizales. Esta limitación se debe a la Resolución N° 217/2007, que prohíbe la comercialización de cualquier tipo de endófito, lo cual dificulta la adopción de esta tecnología. Además, dado que los endófitos no pueden identificarse fácilmente (Young *et al.*, 2014), su caracterización requiere el uso de marcadores moleculares específicos, lo que implica la necesidad de contar con laboratorios habilitados para determinar el perfil de alcaloides y autorizar su comercialización.

Las cepas endofíticas “seguras” actualmente disponibles fueron seleccionadas dentro de la variabilidad genética propia de la especie *E. coenophiala* (Johnson *et al.* 2013; Young *et al.*, 2014), por lo que su uso no implica la creación ni la liberación de organismos exóticos en sentido estricto, al menos no más de lo que ya ocurre con la introducción de cultivares u otros bioinsumos ampliamente utilizados (e.g., hongos micorrízicos, rizobios). Dado el tiempo transcurrido desde las múltiples introducciones de festuca alta en el país, no puede descartarse que ya existan asociaciones naturales con cepas menos tóxicas o incluso no tóxicas. Esto abre una línea de trabajo posible: el relevamiento local de germoplasma que permita identificar y caracterizar asociaciones endofíticas seguras ya presentes en la región.

Si bien la modificación de la normativa requiere acciones en el plano de lo legal, desde el punto de

vista técnico creemos necesario contar con evaluaciones más precisas sobre la distribución y abundancia de festuca alta, tanto en pasturas de diferente antigüedad como en pastizales bajo diversas condiciones ambientales de las subregiones de la región pampeana. Además, resulta pertinente incluir relevamientos en ambientes marginales o relictos —como bordes de caminos y terraplenes de vías— que, si bien no se destinan directamente al pastoreo, pueden actuar como reservorios y fuentes de inóculo de semillas de festuca alta con endófitos productores de alcaloides tóxicos.

Esta evidencia generada más los argumentos esgrimidos en este artículo de debate, podrían fundamentar una revisión de la normativa vigente, que contemple el uso regulado de endófitos no tóxicos en festuca alta y promueva prácticas forrajeras más sostenibles, sin comprometer la sanidad animal. En un contexto global que promueve la adopción de bioinsumos en reemplazo de los insumos sintéticos o agroquímicos tradicionales, los hongos endófitos representan una alternativa sostenible para mejorar el desempeño de las forrajeras en la región pampeana (Gundel *et al.*, 2013).

BIBLIOGRAFÍA

- BACON CW, *et al.* 1977. *Epichloe typhina* from toxic tall fescue grasses. *Applied Environmental Microbiology* 34, 576–581.
- BASTIAS DA, *et al.* 2017. *Epichloë* fungal endophytes and plant defenses: not just alkaloids. *Trends in Plant Science* 22, 939–948.
- CAMPERO CM. 1996. Efectos de la festuca tóxica sobre el desempeño reproductivo y producción en bovinos. Una revisión. *Therios* 25, 306–316.
- DE BATTISTA J, *et al.* 1995. Evolución de la incidencia de la infección de *Acremonium coenophialum* en la oferta de semilla de festuca alta en Argentina. Período 1987–1994. *Revista Argentina de Producción Animal* 15, 300–302.
- GUNDEL PE, *et al.* 2009. Imperfect vertical transmission of the endophyte *Neotyphodium* in exotic grasses in grasslands of the Flooding Pampa. *Microbial Ecology* 57, 740–748.
- GUNDEL PE, *et al.* 2013. Symbiotically modified organisms: nontoxic fungal endophytes in grasses. *Trends in Plant Science* 18, 420–427.
- HAND ML, *et al.* 2010. Evolutionary history of tall fescue morphotypes inferred from molecular phylogenetics of the *Lolium-Festuca* species complex. *BMC Evolutionary Biology* 10, 303.
- JOHNSON LJ, *et al.* 2013. The exploitation of *Epichloae* endophytes for agricultural benefit. *Fungal Diversity* 60, 171–188.
- MADDALONI J, FERRARI L. 2005. *Festuca alta*. En *Forrajeras y pasturas del Ecosistema Templado Húmedo de la Argentina* (Ed. UNLZ). INTA y UNLZ, Lomas de Zamora, Argentina.
- MAZZANTI A, *et al.* 1992. Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la Provincia de Buenos Aires. INTA CRABAS. EEA Balcarce.
- ODRIOZOLA E, *et al.* 2002. *Festuca tóxica*. Su efecto en diferentes razas bovinas. *Revista Veterinaria Argentina* 19, 12–21.
- PETIGROSSO LR, *et al.* 2019. Hongos endófitos en festuca alta: del problema a las soluciones. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 45, 292–303.
- RIMIERI P 2021. Contribution of the genetic improvement of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in Argentina: synthesis of achievements and advances. *Journal of Basic and Applied Genetics* 32, 9–13.
- SCHENEITER JO, *et al.* 2016. The herbage productivity of tall fescue in the Pampas region of Argentina is correlated to its ecological niche. *Grass and Forage Science* 71, 403–412.
- YOUNG CA, *et al.* 2014. Characterization of *Epichloë coenophiala* within the US: are all tall fescue endophytes created equal? *Frontiers in Chemistry* 2, 95.