

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

FESTUCA ALTA y FESTUCOSIS EN LA CUENCA DEL SALADO: ALTERNATIVAS DE MANEJO

Tall fescue and fescue toxicosis in the Cuenca del Salado: management alternatives

Borrajo CI^{1*}

¹EEA Cuenca del Salado-CERBAS/INTA.

*E-mail: borrajo.celina@inta.gob.ar

Índice

1- Festuca alta	70
1.1 Características, introducción y difusión en Argentina	70
1.2 Manejo del pastoreo y fertilización	71
2- Interacción festuca-endófito	72
2.1 Hongo endófito- hospedero	72
2.2 Festuca-huésped	72
2.3 Determinación del endófito en festuca alta	73
3- Festuca- endófito y ergocalcoides	73
3.1 Ergocalcoides en festuca alta	73
3.2 Ergocalcoides en bovinos	72
4- Alternativas de manejo	74
4.1 Manejo de erradicación	74
4.2 Manejo de convivencia (MaCo)	75
4.2.1 Pastoreo otoño-invernal y confección de reservas	75
4.2.2 Pastoreo todo el año	75
4.2.3 Precaución al agregar N	76
4.2.4 Uso de Herbicidas: aplicación selectiva vs. total	76
4.2.5 Uso de Fungicida: semilla vs. planta	77
4.2.6 Forraje alternativo: interseembra vs. suplementación	77
4.3 Contaminación y prevención	78
5- Comentarios finales	78
6- Bibliografía	78

RESUMEN

Esta revisión se basa en estudios desarrollados a nivel nacional, especialmente en ambientes de la Cuenca del Salado, sobre festuca alta y su asociación con el hongo endófito (*Epichloë coenophiala*) que sintetiza ergocalcoides tóxicos para el ganado; valorando las medidas de manejo para evitar la festucosis. La importancia de festuca en los sistemas pastoriles pampeanos: introducción, desarrollo varietal y manejo de la pastura (pastoreo y fertilización) es comentada; analizando la dispersión en pastizales de la Cuenca del Salado y los inconvenientes derivados de festucas infectadas (cv. "Kentucky 31"). Se señala la relación entre la festuca-endófito-ergocalcoides y su variabilidad debido al estado fenológico, ambiente (clima, fertilización) y/o genotipo (endófito "no tóxico"). Se presentan los primeros datos nacionales de la variación en la concentración de ergocalcoides en festucas infectadas durante el ciclo de crecimiento y según el manejo, confirmando los máximos valores durante la floración primaveral. Este dato es fundamental para considerar las medidas de manejo para evitar la festucosis basado en registros locales. Se desarrollan las ventajas e inconvenientes del manejo de erradicación (contemplando loma vs bajo), convivencia y prevención en los ambientes de la Cuenca del Salado. Son detalladas las posibilidades de manejo de convivencia, recomendadas en ambientes bajos, buscando minimizar la toxicidad del forraje ofertado al animal a través de prácticas que provocan un efecto de dilución (forrajes alternativos o suplementos) o una reducción de la floración-semillazón (a través del pastoreo, corte mecánico, herbicidas, fungicida y/o combinados) limitando la diseminación de semillas infectadas. La valoración de las prácticas de manejo analizadas facilitara la toma de decisiones para evitar la festucosis en los sistemas ganaderos de la Cuenca del Salado.

Palabras clave. *Festuca arundinacea*, hongo endófito, *Epichloë coenophiala*, ergocalcoides, convivencia, erradicación.

Recibido: Agosto 2024

Aceptado: Febrero 2025

ABSTRACT

This review is based on studies developed at national level, especially in environments from Cuenca del Salado on tall fescue and its association with the endophytic fungus (*Epichloë coenophiala*), which synthesizes ergoalkaloids toxic to livestock. Management measures to prevent festucosis are assessed. The importance of fescue in Pampas pastoral systems: its introduction, varietal development, and pasture management (grazing and fertilization) are discussed. The dispersion in grasslands from Cuenca del Salado and the problems caused by infected fescues (cv. "Kentucky 31") are analyzed. The relationship between fescue, endophyte, and ergoalkaloids is highlighted, as well as their variability due to the phenological state, environment (climate, fertilization), and/or genotype ("non-toxic" endophyte). The first national data on the variation in ergoalkaloid concentrations in infected fescues during the growth cycle and according to management are presented, confirming the highest values during spring flowering. This data is essential for considering management measures to prevent festucosis based on local records. The advantages and disadvantages of eradication management (considering hill vs. lowland), coexistence, and prevention in the Cuenca del Salado environments are discussed. The possibilities for coexistence management, recommended in lowland environments, are detailed, seeking to minimize the toxicity of forage offered to the animal through practices that cause a dilution effect (alternative forages or supplements) or a reduction in flowering-seeding (through grazing, mechanical mowing, herbicides, fungicides, and/or combinations), limiting the dissemination of infected seeds. The evaluation of the analyzed management practices will facilitate decision-making in livestock systems in the Cuenca del Salado.

Key words. *Festuca arundinacea*, endophytic fungus, *Epichloë coenophiala*, ergoalkaloids, coexistence, eradication.

1- Festuca alta

1.1 Características, introducción y difusión en Argentina

Festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb. o *Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort) es una gramínea forrajera C₃ perenne de ciclo otoño-inverno-primaveral, con máximas tasa de crecimiento durante la floración en primavera. Se destaca por su plasticidad y persistencia en diversos suelos y climas, con alta producción y valor nutritivo (Mazzanti *et al.* 1992; Maddaloni y Ferrari 2005). Existen tres morfotipos: Mediterráneos, provenientes de África, muestran mayor crecimiento otoño-invernal y latencia estival; Continentales, originarios de zonas templado-húmedas de Europa, presentan un mayor crecimiento en primavera-verano (Mazzanti *et al.* 1992; Maddaloni y Ferrari 2005); Rizomatosos, asociados a los Continentales, pero con un rizoma desarrollado, originarios de Portugal y España (Talukder *et al.* 2018).

En Argentina, la festuca alta fue introducida desde 1950 a partir de germoplasma proveniente de Estados Unidos, Inglaterra y Australia (Mazzanti *et al.* 1992), siendo "Kentucky 31" y "Alta" los primeros cultivares importados (Maddaloni y Ferrari 2005). Simultáneamente, en la Chacra Experimental Pergamino se iniciaron programas de mejoramiento, creando el primer cultivar argentino de festuca "El Palenque MAG" en 1953, a partir de selección masal del cv. Alta (Mazzanti *et al.* 1992). "El Palenque MAG", de morfotipo continental y floración temprana, tuvo una amplia difusión por su gran adaptación a diversos ambientes, pastoreos intensos y persistencia (Mazzanti *et al.* 1992).

En las décadas del '60-'70, la festuca alta mostró la máxima expansión con el Plan Balcarce de Desarrollo Ganadero, decayendo su uso por la frecuente aparición de ganado intoxicado con ergoalkaloides formados por el hongo endófito de festuca, enfermedad denominada "festucosis" (De Battista 1989; Campero 1996). En Argentina, el primer caso de festucosis se reportó en 1972. Desde entonces, la festucosis es una enfermedad frecuente que ocasiona cuadros clínicos como: síndrome distérmico, pie de festuca, baja ganancia de peso y baja performance reproductiva (De Battista *et al.*

1991a; Campero 1996; Armendano *et al.* 2015; Cantón *et al.* 2016; Acuña *et al.* 2022). La festucosis ocasiona pérdidas económicas en la ganadería vacuna argentina valuadas en 54 millones de dólares anuales (De Battista *et al.* 1995; Campero 1996). El origen de la festucosis estuvo asociado a la importación de semilla con el endófito *Epichloë coenophiala*, principalmente el cultivar "Kentucky 31", siendo libre del endófito el cultivar argentino El Palenque MAG (De Battista *et al.* 1997; Rimieri 2021). La siembra de cultivares de festuca libre del endófito fue la clave para evitar la festucosis (De Battista *et al.* 1995), dando el marco legal con la ley que exige comercializar semilla sin endófito y fija la tolerancia por categoría de semilla (INASE 1995).

Desde 1990, los programas de mejoramiento buscaron incrementar la productividad y el valor nutritivo, siendo pionera en Argentina la EEA Pergamino del INTA creando cultivares sintéticos destacados en caracteres como: adaptación y persistencia en ambientes adversos, digestibilidad, flexibilidad de lámina y tolerancia a enfermedades (Rimieri 2021). Actualmente, el INASE registra 39 cultivares de festuca alta creados en Argentina, de los 141 inscriptos (INASE 2024). Los nuevos cultivares de festuca alta potenciaron su adopción como la gramínea perenne más utilizada en los sistemas pastoriles de la pampa húmeda y subhúmeda, con 3,5 millones de hectáreas, representando el 30% de las pasturas (De Battista *et al.* 1997).

La Cuenca del Salado posee una gran diversidad de ambientes en 6,5 millones de hectáreas (Figura 1A), dominando los pastizales y pasturas como base forrajera de la ganadería (Figura 1B; INTA 2023). Festuca alta, debido a la tolerancia a encharcamientos temporales y sequías moderadas en verano, es fundamental en la Pampa Deprimida (Borrajó 2015; Mazzanti *et al.* 1992). Se recomienda según el ambiente, la siembra en cultivo puro o consociada en campos mixtos con alfalfa o trébol blanco (Maddaloni y Ferrari 2005) y, en campos bajos de aptitud ganadera con *Lotus tenuis* (Mazzanti *et al.* 1992).

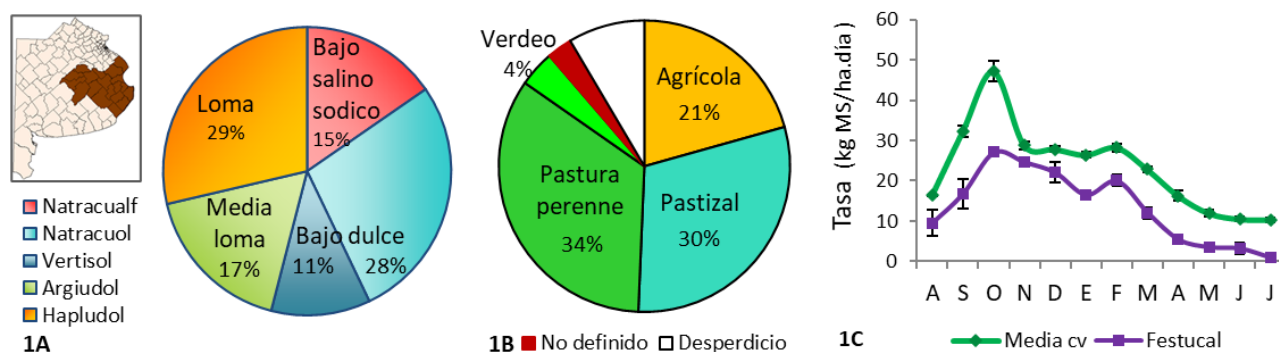


Figura 1. Datos de Cuenca del Salado en porcentaje de superficie (%) según: **A)** Ambientes y grupo de suelos, **B)** Uso del suelo (adaptados de INTA 2023). **C)** Tasa de crecimiento de festuca alta continental (Media cv= promedio ponderado de 7 cultivares en 4 años, adaptado de Bailleres y Otondo 2015) y festucal (festuca naturalizada, promedio ponderado de 4 años, adaptado de Ressia *et al.* 2014), ambas sobre suelos ganaderos (Natracuulf típico).

Figure 1. Cuenca del Salado data in percentage of surface area (%), according to: **A)** Environments and soil group, **B)** Land use (adapted from INTA 2023). **C)** Growth rate of continental tall fescue (Media cv= weighted average of 7 cultivars in 4 years, adapted from Bailleres and Otondo 2015) and festucal (naturalized fescue, weighted average of 4 years, adapted from Ressia *et al.* 2014), both on livestock soils (Typical natracuulf).

La festuca alta ha encontrado nichos ecológicos similares al de su hábitat de origen en gran parte de la Región Pampeana (Scheneiter *et al.* 2016), lo cual facilitó la difusión en los sistemas productivos, así como la dispersión natural. Actualmente, es frecuente encontrar festuca alta creciendo espontáneamente entre las comunidades del pastizal de la Cuenca del Salado (Colabelli *et al.* 2006; Lacoste *et al.* 2020; Scheneiter *et al.* 2016), desplazando a las especies nativas (Vázquez *et al.* 2014).

La festuca naturalizada, sea infectada con endófito o no, ha sido superada en calidad y producción por los nuevos cultivares sintéticos (Figura 1C). La elección del cultivar a sembrar dependerá de las características del ambiente, cadena forrajera y sistema productivo en que se utilizará (Borrajó 2015). En los ambientes bajos de la Cuenca del Salado (Figura 1A) se realizan ensayos para evaluar los nuevos cultivares de festuca en los suelos con mayores limitantes, destacándose los cultivares de morfotipo continental (Borrajó 2015; Bailleres y Otondo 2015, 2021).

1.2 Manejo del pastoreo y fertilización

Luego de establecida festuca alta, es fundamental planificar su utilización considerando la morfogénesis para optimizar el equilibrio entre la producción, calidad, persistencia y eficiencia de utilización (EU) del forraje. El manejo morfogenético se basa en planificar la utilización considerando la acumulación de hojas vivas del macollo, que en festuca alta son tres (3H) (Colabelli *et al.* 1998; Lattanzi 1998), evitando la senescencia foliar y el sombreado, y pastorearla dejando un remanente de lámina verde (fotosintéticamente activa) para facilitar el rebrote (Agnusdei *et al.* 2013). Este manejo contempla el control temprano del desarrollo reproductivo, para reducir la competencia intraplanta que produce el crecimiento del tallo e inflorescencia sobre la supervivencia de los macollos hijos, manteniendo a la pastura formando hojas y macollos

(Agnusdei *et al.* 2013; Scheneiter *et al.* 2023). En festucas puras aplicando el manejo morfogenético o 3H, se produjo 11-12 t MS /ha.año, donde el 65-70% fueron láminas foliares, manteniendo la pastura verde y en estado vegetativo durante el con una alta supervivencia de macollos y una excelente calidad forrajera. Asimismo, se alcanzaron 800 kg/ha.año de producción de carne (Recavarren *et al.* 2014).

En la Cuenca del Salado, festuca alta permanece en estado vegetativo formando hojas y macollos entre marzo-julio, y a fines de invierno con los días alargándose y el incremento de la temperatura, comienza el desarrollo reproductivo. Los macollos principales perciben estímulos ambientales transformando el ápice de crecimiento (doble arruga) y comenzando la diferenciación floral (agosto-septiembre) (Borrajó 2024). Al avanzar la primavera aumenta la altura del canopeo, debido al desarrollo de tallo y la inflorescencia, culminando con el inicio de la floración (octubre). Fecundada las flores, comienza la formación de la semilla, la madurez y dispersión (noviembre-febrero) (Figura 2).

El control del desarrollo reproductivo debe anticiparse a la floración, con pastoreos intensos en el momento en que el ápice del tallo se transforma en inflorescencia y se inicia la elongación de festuca (Recavarren *et al.* 2014). En festucas de la Cuenca del Salado, fue más efectivo realizar dos pastoreos intensos (5 cm de remanente) distanciados por 15 días entre agosto-septiembre (Figura 2). Si no se pudo controlar el desarrollo floral, también fue efectivo un corte mecánico post-pastoreo en antesis para eliminar los macollos reproductivos y mantener la pastura productiva y frondosa (Scheneiter *et al.* 2019). El desarrollo foliar y/o reproductivo pueden variar con el ambiente, especialmente la temperatura y nutrición (Colabelli *et al.* 1998; Lattanzi 1998), la latitud (Bailleres y Otondo 2015; Borrajó 2015) y el cultivar (Mazzanti *et al.* 1992; Bailleres y Otondo 2021), por ello, se deberá planificar el ajuste de la carga o el tiempo de utilización en cada situación.

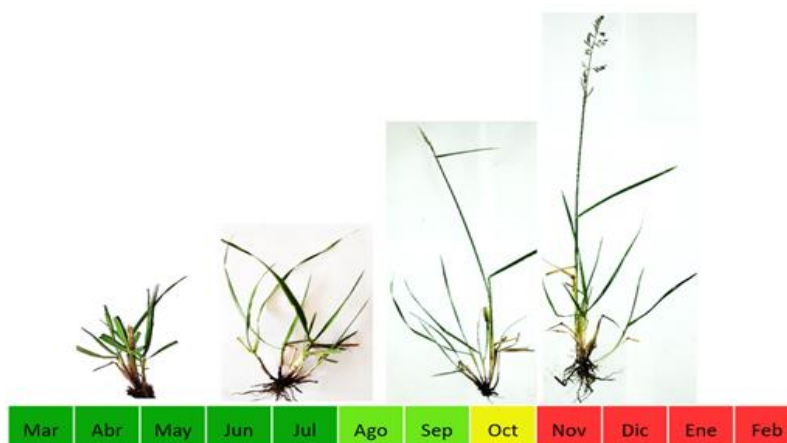


Figura 2. Desarrollo fenológico de festuca alta en la Cuenca del Salado. Estado vegetativo (verde oscuro), inducción floral (verde claro), elongación del tallo e inflorescencia, e inicio de floración (amarillo), fin de floración, formación de semillas y dispersión (rojo) (Borrajo 2024).

Figure 2. Phenological development in fescues from Cuenca del Salado. Vegetative state (dark green), floral induction (light green), stem and inflorescence development and beginning of flowering (yellow), end of flowering, seed formation and dispersal (red) (Borrajo 2024).

Junto al manejo morfogenético, la fertilización de pasturas es una práctica recomendada debido a la baja disponibilidad de nutrientes y la gran respuesta al agregar nitrógeno (N) y fósforo (P) (Lattanzi 1998; Agnusdei *et al.* 2013). En festuca alta se analizó la fertilización con P, N, y P y N (P+N), combinado dosis a fines del invierno sobre un suelo ganadero de Rauch (pH 8,3, P 5,5 ppm, MO <3,8%) (Figura suplementaria 1). La producción invierno-primaveral de festuca alta aumentó en forma consistente hasta dosis de N200 (200 kgN/ha) y P50 (50 kgP/ha) (Borrajo *et al.* 2023a). Aunque la mayor EU de P+N se logró con dosis de P50 y N50, incrementando la producción y calidad forrajera (Borrajo *et al.* 2023a,b,c). La dosis de P50 permitió una óptima nutrición fosforada y la mayor EU, quedando como residual en el suelo para los siguientes rebrotes (Borrajo *et al.* 2023c). Al agregar N, se recomienda maximizar la EU con dosis de N50 (50 kgN/ha) refertilizando en vez de usar dosis más altas (Borrajo *et al.* 2023b), para minimizar las pérdidas y evitar el desbalance entre nutrientes (Borrajo *et al.* 2024).

2- Interacción festuca-endófito

2.1 Hongo endófito- hospedero

La festuca alta infectada por el hongo endófito asexual *Epichloë coenophiala* (= *Acremonium coenophialum* = *Neotyphodium coenophyalum*, de aquí en adelante definida como "Fi") genera una asociación potencialmente mutualista, variando las características de la asociación según el germoplasma de festuca, la cepa del hongo y el ambiente (De Battista *et al.* 1990; Siegel *et al.* 1990; Thomas *et al.* 2022; Bastías *et al.* 2023). El hongo endófito es microscópico y completa su ciclo de vida dentro de la planta, infectando la semilla como única vía de diseminación (De Battista 1989; Figura 3). Los micelios del hongo presentes en la semilla de Fi (aleurona) crecen e infectan las plántulas, desarrollando las

hifas en las vainas foliares. Con el desarrollo floral de festuca alta, el hongo expande los micelios intercelularmente en tallos, inflorescencia y semillas en formación, pero no se observan hifas en láminas foliares, raíces o granos de polen (Hinton y Bacon 1985; De Battista 1989). La asociación festuca-endófito implicaría un costo neto para la planta, dado que el hongo se alimenta a expensas de los carbohidratos generados por la planta (Helander *et al.* 2016; Petigrosso *et al.* 2021). Pero a su vez sintetiza ergocalcoides, metabolitos que pueden ser tóxicos para los herbívoros, reduciendo la depredación por insectos y mamíferos (De Battista 1989; Graff *et al.* 2020; McCarty *et al.* 2020; Acuña *et al.* 2022).

El hongo endófito en semillas de Fi pierde viabilidad (0 a 10%) entre 15 y 18 meses post-cosecha, dependiendo de la temperatura y humedad de almacenamiento (Costa y De Battista 1988; Maddaloni y Ferrari 2005). Se ha encontrado que prácticamente desaparece después de 15 meses de almacenamiento en galpón bajo condiciones naturales (INASE 1995).

2.2 Festuca-huésped

La Fi se beneficia debido a la mayor resistencia a enfermedades y al ataque de vertebrados e invertebrados, sumado al incremento en la tolerancia a ciertos estreses abióticos, especialmente sequía (Siegel *et al.* 1990; De Battista 1989; Assuero *et al.* 2000; Hume *et al.* 2020; Thomas *et al.* 2022; Bastías *et al.* 2023). También, se ha reportado que la preferencia animal disminuye en gramíneas con endófitos (Hernández-Agramonte *et al.* 2018) y, dado el sabor amargo característico de los ergocalcoides (Henning 2013), éste podría ser un motivo de la menor palatabilidad. En consecuencia, la Fi incrementa su capacidad competitiva por luz, agua y nutrientes, logrando mayor crecimiento, floración y persistencia comparada con festuca sin endófito (De Battista 1989; Hume *et al.* 2020; Petigrosso *et al.* 2021).

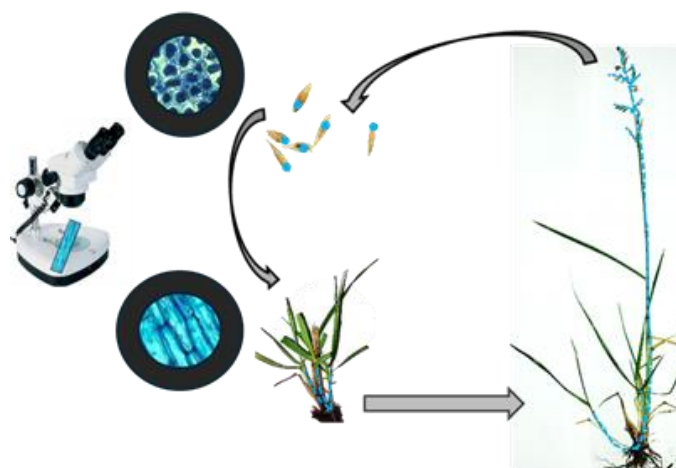


Figura 3. Ciclo de vida del hongo endófito asexual *Epichloë coenophiala* en festuca alta. Los micelios del hongo pueden ser observados previa tinción, en microscopio en semillas (aleurona, círculo superior) o vainas foliares (círculo inferior).

Figure 3. Life cycle of the asexual endophytic fungus *Epichloë coenophiala* in tall fescue. The fungal mycelia can be observed under a microscope in seeds (aleurone, upper circle) or leaf sheaths (lower circle).

La Cuenca del Salado conserva un 30% de pastizales (Figura 1B), en gran parte invadidos por Fi (Colabelli *et al.* 2006; Lacoste *et al.* 2020), dominando el pastizal y desplazando las especies nativas (Vázquez *et al.* 2014), llegando a limitar su utilización para evitar la festucosis. La principal zona afectada por festucosis fue el centro-oeste de la Cuenca del Salado (Vázquez y Rojas 2008). Posteriormente, muestreos a campo y con imágenes satelitales, sumaron importantes áreas infectadas con Fi en el centro-este (i.e. Rauch, Ayacucho, Maipú y Mar Chiquita; Lacoste *et al.* 2020). El Servicio de Diagnóstico Veterinario Especializado (EEA Balcarce-INTA) menciona valores superiores a 56% de Fi en el 87% de los potreros estudiados (Cantón *et al.* 2016). Otros estudios, encontraron más del 90% de Fi en pastizales de la Depresión del Salado (Colabelli *et al.* 2006), sin diferencias entre ambientes de lomas o bajos (Petigrosso *et al.* 2013).

2.3 Determinación del endófito en festuca alta

El porcentaje de Fi (%Fi) es la forma indirecta utilizada para estimar su grado de toxicidad (De Battista *et al.* 1995; Thompson *et al.* 1993). La determinación del hongo endófito en Fi se analiza en laboratorio sobre tejidos de semillas o macollos, donde se tiñen las hifas del hongo e identifican mediante microscopio óptico (Clark *et al.* 1983; De Battista *et al.* 1990) (Figura 3). El porcentaje de plantas o semillas de Fi, permitiría clasificar como nula (0,1-5%), baja (5,1-20%), media (20,1-40%) o elevada toxicidad potencial al superar un 40,1% (Thompson *et al.* 1993; De Battista *et al.* 1995); debiendo ajustarse según la abundancia de Fi en pastizales o pasturas (Armendano *et al.* 2015). En Argentina, se han reportado pérdidas en la ganancia de peso en novillos de 100 g por cada 10% de Fi (De Battista *et al.* 1991a).

Aunque se considera el %Fi el parámetro para estimar su toxicidad potencial, la concentración de ergoalcaloides no está estrictamente correlacionada con éste (De Battista *et al.* 1991a; Salvat y Godoy 2001). Hecho relevante porque existen programas de mejoramiento creando cultivares con genotipos de festuca-endófito 100%Fi que no sintetizan ergoalcaloides tóxicos para el ganado y mantienen la resistencia a enfermedades y al ataque de invertebrados (Parish *et al.*

2013; Hume *et al.* 2020). En Argentina, esos cultivares sin toxicidad para el ganado (llamados endófitos “amigables”, “beneficiosos” o “seguros”) no están disponibles comercialmente, debiendo cambiar la legislación (INASE 1995) para poder hacerlo. Aunque, a nivel experimental se han realizado ensayos con ganado vacuno con resultados alentadores (Bigliardi *et al.* 2020).

3- Festuca- endófito y ergoalcaloides

3.1 Ergoalcaloides en festuca alta

La concentración de ergoalcaloides en Fi varía durante la estación del año, la fenología, y los órganos de la planta. Los ergoalcaloides podrían incrementarse con la fertilización nitrogenada (Lyons *et al.* 1986; Rottinghaus *et al.* 1991; Rogers *et al.* 2011) y ante déficit hídricos moderados (Lyons *et al.* 1986; Arechavaleta *et al.* 1992; Helander *et al.* 2016), aunque no con el anegamiento (Lyons *et al.* 1986).

La ergovalina es el principal ergoalcaloide presente en la Fi que afecta al ganado (Lyons *et al.* 1986; Siegel *et al.* 1990; Arechavaleta *et al.* 1992). En Estados Unidos se encontró un comportamiento bimodal de la curva de ergoalcaloides, con picos en primavera y en otoño en Fi (Lyons *et al.* 1986; Rogers *et al.* 2011). La mayor síntesis de ergovalina acompaña el desarrollo reproductivo de Fi a fines de primavera (Belesky *et al.* 1988; Rottinghaus *et al.* 1991). La ergovalina puede multiplicarse hasta 10 veces en las inflorescencias y semillas, comparada con el resto de la planta (Rottinghaus *et al.* 1991). En láminas foliares se reportan las menores concentraciones de ergovalina (0,1-0,5 mg/kg MS), representando menos del 50% de lo encontrado en vainas (Lyons *et al.* 1986; Rottinghaus *et al.* 1991). El manejo podría jugar un rol importante para variar la concentración de ergovalina en Fi, como fue encontrado en Estados Unidos al analizar rebrotes mensuales que redujeron el pico de ergovalina en primavera-verano, conservando el pico de otoño (Rogers *et al.* 2011).

En Estados Unidos y Europa, sobre Fi se registraron incrementos en la concentración de ergoalcaloides al agregar N como fertilizante químico o abono (Arechavaleta *et al.* 1992; Belesky *et al.* 1988, Helander *et al.* 2016, Lyons *et al.* 1986, Rottinghaus *et al.* 1991). El N forma parte de la estructura

molecular del ergoalcaloide, por ello la mayor disponibilidad de N favorecería su síntesis (Arechavaleta *et al.* 1992, Helander *et al.* 2016).

En Argentina, se ha estudiado la asociación festuca-endófito (Assuero *et al.* 2000; Colabelli *et al.* 2006; De Battista 1989; De Battista *et al.* 1995; Lacoste *et al.*, 2020; Petigrosso *et al.* 2013; 2018; 2019ab; 2021), así como la festucosis como enfermedad en mamíferos (De Battista *et al.* 1991ab; Campero 1996; Odriozola *et al.* 2002; Armendano *et al.* 2015; Cantón *et al.* 2016; McCarty *et al.* 2020; Acuña *et al.* 2022). Aunque son escasos los trabajos donde se ha cuantificado ergoalcaloides en Fi. El Laboratorio Toxicología del Instituto de Patobiología CICVyA-INTA, fue pionero en Argentina en analizar ergovalina, cuantificando en festucas bonaerenses valores de ergovalina en vainas de 0,3-0,8 mg/kg MS en lotes con más de 50% Fi y estimando valores inferiores a 0,2 mg/kg MS en lotes con menos de 15% Fi (Salvat y Godoy 2001). Posteriormente, en el Laboratorio Contaminantes Químicos, ITA CIA-INTA, se desarrolló una técnica más rápida que facilitó la cuantificación de ergovalina en las distintas experiencias realizadas con Fi en el país (Borrajó *et al.* 2018, 2024; Graff *et al.* 2020; Petigrosso *et al.* 2020).

3.2 Ergoalcaloides en bovinos

En los mamíferos los ergoalcaloides provocan vasoconstricción y disminución en la secreción de prolactina (Campero 1996; Parish *et al.* 2013; Klotz 2015), pudiendo variar los signos en el animal según la especie, la raza, la categoría, el ambiente (temperatura-humedad), el acceso a sombra y la calidad del agua (Stamm *et al.* 1994; Campero 1996; Tor-Agbidye *et al.* 2001; Odriozola *et al.* 2002; Parish *et al.* 2013; Armendano *et al.* 2015; Klotz 2015).

En Estados Unidos, en vacunos que consumían Fi durante primavera y otoño, observaron signos clínicos con más de 0,2 mg ergovalina/kg MS (Parish *et al.* 2013) y durante invierno a concentraciones de 0,3 mg/kg MS (Stamm *et al.* 1994). Otras experiencias en bovinos mencionan mayores valores de ergovalina (0,4-0,75 mg/kg MS) para detectar signos, dependiendo de la temperatura ambiente (Tor-Agbidye *et al.* 2001). Es complejo fijar un umbral de toxicidad de ergovalina en Fi, debido al efecto sinérgico del ambiente sobre el animal intoxicado, el cual varía su tolerancia con la categorías, razas y especies (Klotz 2015). Sin embargo, una revisión de investigaciones compendió un umbral de toxicidad entre 0,35-0,50 mg ergovalina/kg MS para bovinos (Craig 2009), aunque puede haber casos subclínicos por debajo de esos valores.

Los ergoalcaloides influyen en la termorregulación y dependiendo de la temperatura ambiental provoca hipotermia o hipertermia en el animal, ocasionando pérdidas productivas y reproductivas, e incluso la muerte (De Battista *et al.* 1991a; Campero 1996; Armendano *et al.* 2015; Cantón *et al.* 2016; Acuña *et al.* 2022). El “síndrome de verano” es el más frecuentemente reportado en bovinos en la Depresión del Salado, provocado por el pico de ergoalcaloides en Fi florecidas y las mayores temperaturas con alta humedad ambiente, acentuado el estrés térmico en el ganado (hipertermia o asoleamiento) (Armendano *et al.* 2015; Acuña *et al.* 2022). Además, en primavera-verano se suma el “ergotismo”, con sinología similar a la festucosis, pero causada por los ergoalcaloides producidos en los esclerotos formados

por el hongo *Claviceps purpurea*, que infecta en floración a gramíneas templadas (Armendano *et al.* 2015). Para ambas enfermedades, se recomienda considerar el índice de temperatura y humedad (ITH), que estima el estrés térmico en bovinos, como medida preventiva para planificar el manejo del rodeo según las previsiones climáticas (Armendano *et al.* 2015; Acuña *et al.* 2022).

Durante otoño-invierno en la Cuenca del Salado es infrecuente observar signos de festucosis, aunque existen casos de “pie de festuca” con gangrena seca en las extremidades en bovinos (Campero 1996; Di Paolo *et al.* 2023). En Ayacucho, en rodeos de cría se observaron efectos negativos sobre vacas gestantes y su descendencia al pastorear Fi (70% de Fi) durante mayo-julio. Las vacas redujeron el peso corporal y la prolactina, e incrementaron la temperatura corporal, la frecuencia respiratoria y la ergovalina en orina. Los terneros fueron más livianos al nacimiento y al destete (McCarty *et al.* 2020). Estos estudios hacen preguntarnos si serán frecuentes los casos subclínicos de intoxicación que pasan desapercibidos durante el otoño-invierno.

4- Alternativas de manejo

Considerando los conocimientos citados y las nuevas experiencias, se presentan diversas alternativas de manejo adaptadas a los sistemas productivos de la Cuenca del Salado, las cuales deberán contemplar el %Fi, el ambiente, la categoría animal, la época del año y la practicidad-rentabilidad en cada caso. Se mencionan prácticas de manejo de Fi contemplando la ERRADICACION, la CONVIVENCIA y la PREVENCIÓN, para evitar la reinfección y/o diseminación de Fi.

4.1 Manejo de erradicación

En la Cuenca del Salado, la erradicación de Fi y siembra de una pastura nueva es la solución en ambientes de lomas y medias lomas, siendo una inversión posible pero más riesgosa en ambientes bajos (54% de la superficie, Figura 1A), donde se conservan los pastizales (30% de la superficie, Figura 1B). Las recomendaciones para la siembra, implantación y fertilización de nuevas pasturas son prácticas comunes a lotes sin Fi (Agnusdei *et al.* 2013; Borrajó 2015; Otondo *et al.* 2019), aquí sólo se describirán las posibles diferencias.

Prevía siembra de una pastura es importante eliminar las malezas presentes como semillas, estolones y/o rizomas del banco de simientes del suelo (Otondo *et al.* 2019), en particular semillas de Fi (Campero 1996; Petigrosso *et al.* 2018). Para erradicar la Fi, es insuficiente una aplicación de herbicida (e.g. glifosato 48%, 3 L/ha y/o metsulfurón 60%, 5 g/ha) porque festuca puede rebrotar. Además, si el suelo es removido favorece la germinación de semillas Fi (Petigrosso *et al.* 2018), reinfectando el lote recién sembrado. El planteo de rotaciones por 2-3 años, con alternancia de barbechos y cultivos-verdeos, es recomendado para eliminar el banco de simientes del suelo (Agnusdei *et al.* 2013). En la Cuenca del Salado, es conveniente iniciar el barbecho con la aplicación de herbicida en septiembre, eliminando la nueva semillazón de Fi (Figura 2, ver 4.2.4), para luego continuar con las rotaciones programadas. En suelos bajos, la mayor frecuencia de inundaciones en abril-mayo (Vázquez *et al.* 2009) implican un

mayor riesgo durante los años de rotaciones para limpiar el lote de forma económicamente rentable, así como en la implantación y persistencia de la pastura.

El reemplazo por una nueva festuca es una excelente opción dado que existen cultivares adaptados a distintos ambientes (Rimieri 2021), incluyendo suelos bajos (Bailleres y Otondo 2015, 2021; Borrajo 2015). Se recomienda sembrar cultivares con 0% Fi, aunque la ley establece una tolerancia de hasta 3% Fi para semilla fiscalizada (INASE 1995). Tampoco es conveniente utilizar semilla de Fi almacenada por más de 15 meses (INASE 1995), dado que disminuye el poder germinativo de la semilla y ponemos en riesgo lograr una óptima densidad de plántulas a la implantación.

4.2 Manejo de convivencia (MaCo)

El 54% de los suelos de la Cuenca del Salado son bajos (Figura 1A), con inundaciones frecuentes (Vázquez *et al.* 2009), donde el riesgo de sembrar una pastura es mayor. En esas áreas invadidas por Fi el MaCo muestra opciones a considerar. Las prácticas de MaCo son alternativas que buscan reducir la concentración de ergocalcoides en el forraje ofertado al animal, minimizando la posibilidad de contraer festucosis. Algunas prácticas de MaCo plantean provocar una dilución de las toxinas ofertando forrajes sin ergocalcoides. Otras prácticas se basan en eliminar la floración de Fi (Figura 2) mediante pastoreo, corte mecánico, herbicidas y/o fungicida. Esto evitaría la formación-diseminación de semillas de Fi (Figura 3, ver 2.1), además de la afección por *Claviceps purpurea* (ver 3.2).

Las prácticas de MaCo en Fi serán más efectivas en conjunto con medidas preventivas en el manejo del rodeo y el bienestar animal. Durante el MaCo es imprescindible el monitoreo del ganado que pasta Fi, debiendo interrumpir el pastoreo al primer signo del animal, ofreciendo un forraje sin ergocalcoides para minimizar la gravedad de la afección y, facilitar que el animal elimine las toxinas, pudiendo recuperarse dependiendo del cuadro de intoxicación (De Battista *et al.* 1991b; Armendano *et al.* 2015). La disponibilidad de agua en cantidad y calidad, sumado al acceso a sombra natural o artificial, son esenciales durante primavera-verano. También, se recomienda utilizar el índice ITH (ver 3.2) para planificar el movimiento del rodeo (Armendano *et al.* 2015; Acuña *et al.* 2022). A veces, el pastoreo con bovinos de razas índicas o sus cruza (i.e. Bradford y Brahman) podría ser un paliativo para reducir los signos de asoleamiento por Fi, porque estas razas muestran mayor tolerancia al calor que las razas británicas (i.e. Angus, Hereford) (Odriozola *et al.* 2002).

4.2.1 Pastoreo otoño-invernal y confección de reservas

El uso de Fi en pastoreo durante su estado vegetativo otoño-invernal (marzo-septiembre; Figura 2), busca minimizar los riesgos de festucosis, cerrando el lote y retirando los animales entre octubre-marzo, momento en que los sistemas de cría se encuentran en servicio y primer tercio de gestación (Armendano *et al.* 2015). De esta manera se evitaría la mayor sinología de festucosis, dada por las altas temperaturas y el pico de ergocalcoides (ver 3.1 y 3.2). En vaquillonas criadas sobre dos pasturas de gramíneas templadas, una mezcla forrajera con 74% festuca alta (100%Fi) y otra pastura libre

(Chacra Experimental Integrada Chascomús INTA-MAIBA), se registraron similares ganancias de peso animal entre mayo-septiembre (0,350 kg/animal.día). Desde octubre, las vaquillonas que pastaban Fi presentaron signos de festucosis (i.e. pelaje arratonado, babeo y estrés térmico), culminando con importantes pérdidas de peso a mediados de noviembre, coincidiendo con la floración y formación de semillas de Fi y el aumento de la temperatura ambiente (Figura suplementaria 2; Otondo *et al.* 2024).

La clausura primaveral de lotes con Fi promueve la producción y dispersión de semillas, recomendando un corte mecánico (Campero 1996) que será más efectivo al realizarlo con el 10% de los macollos en floración, para eliminar la mayor cantidad de macollos elongados-florecidos. En general, en la Cuenca del Salado, esto ocurre durante octubre (Figura 2), variando la fecha según el cultivar y manejo de la pastura (ver 1.2). El crecimiento primavera-verano de Fi puede emplearse para la confección de forrajes conservados, complementando el pastoreo otoño-invernal. Es importante considerar que los ergocalcoides persisten en la materia seca de festuca alta (Campero 1996; Craig 2009). Por ende, el forraje conservado debería utilizarse diferido a la estación otoño-invernal y/o en mezcla con otro forraje libre de ergocalcoides (i.e. verdeo, pastura o suplemento).

4.2.2 Pastoreo todo el año

El desarrollo reproductivo de festuca alta en la Cuenca del Salado (Figura 2), puede ser limitado con el manejo del pastoreo. El manejo considerando la morfogénesis de festuca o 3H (ver 1.2) promueve un canopeo en estado vegetativo, generando hojas y macollos. Si aplicamos el manejo de 3H en Fi, el animal estaría pastoreando láminas foliares, donde es mínima la concentración de ergovalina (ver 3.1) y el forraje ofertado tendría valores de ergocalcoides por debajo el umbral de toxicidad mencionado internacionalmente (Craig 2009) (ver 3.2).

Estos antecedentes, motivaron los ensayos para cuantificar la concentración de ergovalina asociada al manejo sobre plantas de Fi de la Cuenca del Salado (Rauch y Maipú) creciendo sobre suelos bajos, sin fertilización. Se aplicaron dos tratamientos con cortes, uno siguiendo el manejo de 3H y otro tradicional con cortes estacionales (Est) durante 3 años. Se determinó la producción materia seca (MS), el porcentaje de floración (%Flor) y la concentración de ergovalina (mg/kg MS), agrupando los cortes por estación (Figura 4). Durante el primer año, la MS fue similar entre tratamientos; el mayor crecimiento ocurrió en primavera junto con el desarrollo reproductivo de festuca, que presentó una reducción de una tercera parte del %Flor en el manejo 3H comparado con Est (Tabla suplementaria 1; Borrajo *et al.* 2018). Las concentraciones de ergovalina fueron bajas y similares entre tratamientos durante otoño-invierno (<0,15 mg/kg MS; Figura 4, Tabla suplementaria 1). En primavera, la ergovalina aumentó exponencialmente en el tratamiento Est (0,99 mg/kg MS) superando el umbral de toxicidad y duplicando los valores promedios de 3H (Oct-Dic 0,4 mg/kg MS; Tabla suplementaria 1). En 3H, la ergovalina aumentó en menor magnitud tardíamente, manteniendo bajos registros en octubre (0,1 mg/kg MS), incrementando en noviembre (0,45 mg/kg MS), presentando el máximo en diciembre (0,6 mg/kg MS),

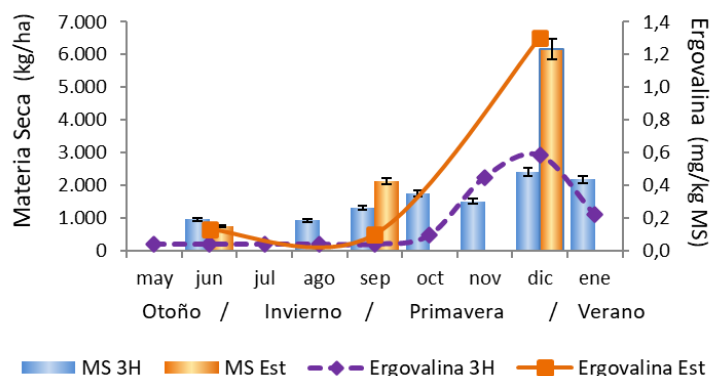


Figura 4. Producción de materia seca y concentración de ergovalina en festucas infectadas manejadas con dos frecuencias de cortes: cada 3 hojas (3H) o tradicional-estacional (Est). Se presentan las medias $\pm$ EE (Adaptado de Borrajo *et al.* 2018).

Figure 4. Dry mass production and ergovaline concentration in infected fescues managed with two cutting frequencies: every 3 leaves (3H) or traditional-seasonally (Est). Data represents means $\pm$ EE (Adapted from Borrajo *et al.* 2018).

superando el umbral de toxicidad de Craig (2009), para luego disminuir en enero (0,2 mg/kg MS; Figura 4). Los picos de %Flor coincidieron con las máximas concentraciones de ergovalina, en ambos tratamientos (Borrajo *et al.* 2018).

Los siguientes años muestran resultados similares en producción MS, con un menor desarrollo reproductivo con el manejo de 3H (< 15% Floración). La determinación de ergovalina (Lab. de Inst. Tecnología de Alimentos-CIA-INTA Castelar) presentó valores mínimos en verano (< 0,2 mg/kg MS), bajos en otoño-invierno (< 0,26 mg/kg MS) y máximos durante primavera (< 0,32 mg/kg MS) en los tratamientos de 3H, siendo superiores en los de manejo estacional (> 0,5 mg/kg MS) (Borrajo 2024). Sin embargo, aún están pendiente la repetición de algunas determinaciones de ergovalina.

En base a los resultados mencionados por Borrajo *et al.* (2018, 2024) se presentan los primeros datos de concentración de ergocaloides durante el ciclo de crecimiento de Fi a nivel nacional, y la posibilidad de reducir la toxicidad a través del manejo de la pastura (Figura 5). El manejo considerando 3H, podría mantener a la ergovalina por debajo del umbral de toxicidad de Craig (2009), si logramos eliminar totalmente la floración (Borrajo 2024). El pastoreo para realizar el “control temprano de la floración” coincide con meses fríos (agosto-septiembre) y con valores bajos de ergovalina en Fi en la Cuenca del Salado, lo que permitiría realizarlo con mínimo riesgo de contraer festucosis. El manejo de 3H en Fi deberá corroborarse en experiencias con animales a campo, integrando el corte mecánico al manejo del pastoreo de hacer falta, para eliminar el desarrollo reproductivo (ver 1.2).

4.2.3 Precaución al agregar N

En Argentina, el suministro de N de las pasturas depende principalmente de las leguminosas en lugar de los fertilizantes nitrogenados (De Battista *et al.* 1997). Y aunque el agregado de N es recomendado en pasturas (ver 1.2), debería realizarse precavidamente dado que incrementaría la concentración de ergocaloides en Fi (ver 3.1). En hojas de Fi dominando un pastizal de Pila, se evaluó el agregado de N, P y N+P sobre: la concentración de ergocaloides, de nutrientes foliares (%N,

%P) y la depredación por insectos-herbívoros. Los resultados mostraron una relación inversa entre la depredación y la ergovalina (Graff *et al.* 2020). La ergovalina foliar fue máxima al agregar N y mínima al agregar P, mientras que el agregado de P+N presentó valores intermedios-bajos (P: 0,01, N: 0,1, N+P: 0,03 mg ergovalina/kg MS, respectivamente). Este estudio demuestra que la ergovalina foliar estuvo asociada a una alta relación N:P (> 20, significando un exceso de N en proporción a P) y que el P podría tener un efecto inhibitor sobre la síntesis de ergocaloides (Graff *et al.* 2020).

En Rauch, en festucas establecidas en suelos bajos en P (P<8ppm) fertilizadas con 50 kg P/ha y 50 kg N/ha se encontró una relación N:P entre 8 y 10; mientras que, en dosis superiores de N ($\geq$ 100 kg N/ha) se registraron valores N:P entre 16 y 28 en rebrotes invierno-primaverales (Borrajo *et al.* 2024). Por esto, se recomienda en lotes dominados por Fi no agregar N, pudiendo agregar P o en algunos casos P+N, dependiendo del análisis de suelo para utilizar dosis balanceadas.

4.2.4 Uso de Herbicidas: aplicación selectiva vs. total

En los ambientes ganaderos bajos de la Cuenca del Salado, la Fi brinda una valorada producción de forraje otoño-invernal difícil de reemplazar con otro recurso forrajero, dadas los inconvenientes para implantar otras especies o incrementar la producción del pastizal. Por esto, se evalúa limitar el desarrollo de Fi durante primavera-verano (Figura 2) con la aplicación de herbicidas.

El control de Fi en forma selectiva consiste en la aplicación de un herbicida con rodillo, alfombra o soga embebida en el producto, que toca y moja solamente las plantas que superan determinada altura, sin afectar el resto del canopeo. Este manejo es especialmente útil en pastizales o pasturas invadidas parcialmente por Fi. Esta técnica se basa en la mayor capacidad competitiva y la menor palatabilidad de Fi (ver 2.2). Esto provocaría una mayor altura de Fi con respecto a las otras especies, particularmente luego de un pastoreo laxo y/o durante la etapa reproductiva. Experiencias en primavera sobre Fi en la Cuenca del Salado fueron realizadas, utilizando un caldo al 33% en tanque (Glifosato 48%) aplicado

Est	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
3H	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb

Figura 5. Riesgo de intoxicación por ergoalcaloides en festucas infectadas de la Cuenca del Salado manejadas con dos frecuencias de cortes: tradicional-estacional (Est) o cada 3 hojas (3H). Información mensual basada en datos de Borrajo *et al.* (2018; 2024) y umbral de toxicidad según Craig (2009) representando por colores, en tonos de verde mínimo (<0,35 mg/kg), en amarillo intermedio (entre 0,35 y 0,50 mg/kg) y en rojo alto riesgo de contraer festucosis (> 0,50 mg/kg).

Figure 5. Risk of ergoalkaloid poisoning in infected fescues from Cuenca del Salado managed with two cutting frequencies: traditional-seasonal (Est) or every 3 leaves (3H). Monthly information based on data from Borrajo *et al.* (2018; 2024) and toxicity threshold according to Craig (2009) represented by colors, in shades of green minimum (<0.35 mg/kg), in yellow intermediate (between 0.35 and 0.50 mg/kg) and in red high risk of contracting fescue (> 0.50 mg/kg).

con la máquina de “botalón de alfombra” (creada por el Ing. Marcelo Braco, AER Ayacucho). En Ayacucho, sobre un pastizal dominado por festuca (70% Fi), se cuantificó el porcentaje de plantas e inflorescencias afectadas, al aplicar herbicida con una pasada simple y otra doble. Se registró una alta mortandad de macollos florales (55% pasada simple vs. 87% doble), con una afección parcial sobre la planta de festuca (<50%), que ocasionó un retraso en el rebrote, impidiendo que la planta florezca esa primavera (Tabla suplementaria 2; Braco *et al.* inédito). La dominancia del destino reproductivo podría haber limitado la traslocación del herbicida al resto de la planta.

La aplicación de un herbicida total se recomienda cuando el pastizal está dominado por Fi. Por ello, se realizaron experiencias buscando favorecer la “promoción” de forrajeras nativas estivales en detrimento de Fi. En pastizales de Ayacucho y Maipú, sobre lotes dominados por Fi se realizó, en septiembre, una aplicación de herbicida total con altas dosis (Glifosato 48% 6L/ha) sin remoción del canopeo. Eso provocó la mortandad de Fi, permitiendo que las semillas de especies estivales existentes en el suelo germinen y se establezcan durante la primavera-verano. Al siguiente otoño, el suelo estaba cubierto mayoritariamente por forrajeras nativas estivales y material muerto, sin presencia de Fi (Casal *et al.* 2015). La cobertura del suelo lograda habría limitado la germinación de Fi, situación que sería diferente si se hubiese removido el suelo (Petigrosso *et al.* 2018).

Estas prácticas pueden ser el primer paso para controlar Fi en los pastizales de la Cuenca del Salado, debiendo valorar en cada lote la sucesión de especies, dado que depende del banco de semillas-propágulos del suelo (podríamos favorecer las malezas, *e.g.* gramilla) y de las condiciones ambientales para que se establezcan las especies de verano (Casal *et al.* 2015). Avanzado el otoño-invierno, se deberá continuar evaluando la sucesión del pastizal, para adecuar el manejo si aparece Fi. Se destaca la aplicación estratégica de herbicida en septiembre, para eliminar la floración-semillazón de Fi (Figura 2) evitando repoblar el banco de semillas del suelo y determinando que la semilla de Fi existente en el suelo haya perdido la viabilidad del hongo en el otoño siguiente (ver 2.1).

4.2.5 Uso de Fungicida: semilla vs. planta

Décadas atrás, se evaluó la posibilidad de eliminar el hongo endófito en semillas de Fi mediante la aplicación de fungicidas, con resultados variables según el producto, dosis y

momento de aplicación, además del nivel de infección y edad de la semilla (Costa y De Battista 1988). Los mejores resultados se encontraron con fungicidas sistémicos del grupo de triazoles (tiadimenol), aunque las dosis que mataron al hongo produjeron efectos fitotóxicos en la semilla y, dosis menores que no perjudicaran la semilla, redujeron el control del endófito (Costa y De Battista 1988).

En la Unidad Integrada Balcarce, se estudiaron los efectos de fungicidas sobre plantas de Fi, buscando alterar el ciclo de vida de la asociación festuca-endófito (Figura 3). La experiencia evaluó diferentes fungicidas y dosis, aplicados con pipeta sobre las vainas de Fi, previo desarrollo reproductivo, bajo condiciones controladas. Los resultados fueron alentadores con fungicidas que combinaban triazol e imidazol, deteniendo el crecimiento del hongo e impidiendo la infección a las semillas, que fueron viables y libre de endófito. Aunque, no mató al hongo que permaneció vivo en el pseudotallo (Petigrosso *et al.* 2019a). Ensayos posteriores, encontraron que al pulverizar el producto bajaba la efectividad, necesitando duplicar la concentración o repetir las aplicaciones para detener el crecimiento del hongo y conseguir semillas sin infección (Petigrosso *et al.* 2024). El uso de esos fungicidas podría recomendarse en pastizales dominados por Fi para disminuir el banco de semillas de Fi del suelo (Petigrosso *et al.* 2019a). También, en criaderos de forrajeras para lograr semillas de festuca con 0% Fi, en forma previa a la multiplicación del germoplasma a gran escala.

4.2.6 Forraje alternativo: intersembrado vs. suplementación

La posibilidad de pastorear Fi brindando un forraje alternativo (sin ergoalcaloides), busca provocar un efecto de dilución de la toxina en el forraje ofertado al animal, ocasionando un efecto de adición y/o sustitución sobre la dieta de la Fi, fundamental en primavera. En la Figura 5, se representa la variación en la concentración de ergovalina a lo largo de ciclo de crecimiento de Fi en la Cuenca del Salado con diferentes manejos, indicando los meses con mayor riesgo de contraer festucosis donde debería ofrecerse un forraje alternativo (en color amarillo intermedio y rojo alto riesgo).

La intersembrado de otra especie forrajera en lotes con Fi es una práctica factible para lograr la dilución de la toxina (De Battista *et al.* 1997; Roberts y Andrae 2010; Petigrosso *et al.* 2020). La complejidad de esta práctica radica en lograr una óptima intersembrado y conseguir que el forraje alternativo produzca volumen en los momentos de máxima concentración

de toxinas de Fi (Figura 5). En la Cuenca del Salado se recomiendan consociaciones con leguminosas que produzcan forraje durante primavera-verano, como *Lotus tenuis*, *Lotus corniculatus* o *Medicago sativa*, dependiendo del ambiente (similar a festucas libres, ver 1.2). En Balcarce, en Fi consociadas con *Lotus tenuis* (Lt) se encontró variaciones en el forraje producido según la estación, la frecuencia de defoliación y la proporción de Fi:Lt. En otoño, la ergovalina disminuyó con el incremento de Lt en la mezcla, encontrando con 40:40 pl/m² Fi:Lt valores menores a 0,005 mg ergovalina/kg MS (Petigrosso *et al.* 2020). En Dolores, la intersiembra de alfalfa sobre Fi fue ventajosa, iniciando la práctica con la aplicación de un herbicida en septiembre (Glifosato 48% 6L/ha). Esto facilitó la siembra directa e implantación de alfalfa durante primavera, previo rebrote de Fi. La consociación alfalfa-Fi persistió bajo corte y pastoreo durante 4 años (Ing. Daniel Coria, AER Dolores, comunicación personal).

La suplementación de Fi con henos, grano, balanceado o silo de planta entera es una interesante práctica de manejo para ofrecer al animal un forraje alternativo sin ergoalcaloides (Roberts y Andrae 2010) en los momentos de mayor toxicidad (Figura 5). Además, facilita la estabilidad y el balance nutricional de la dieta complementando la curva de crecimiento de festuca (Figura 1C). Esta práctica tiene sus ventajas: no dependemos de que se den las condiciones para que se implante y produzca un forraje alternativo, podemos planificar previamente la cantidad y calidad del suplemento, así como el grado de sustitución o adición deseado en la dieta utilizando un limitador de consumo en el caso de granos o suplementos. Deberá estimarse la rentabilidad en cada caso.

4.3 Contaminación y prevención

La Cuenca del Salado presenta una importante cantidad de plantas de Fi en pastizales, banquinas y/o bordes de canales (Colabelli *et al.* 2006; Lacoste *et al.* 2020; Petigrosso *et al.* 2013, 2021) que son el principal foco de diseminación de semillas de Fi a lotes vecinos por viento, agua (escurrimiento superficial), animales, rollos y/o maquinaria (Petigrosso *et al.* 2019b). Los animales que pastan Fi semillada, pueden trasladar la semilla con endófito viable en su tracto digestivo y “sembrarla” por bosteo (Petigrosso *et al.* 2019b), debiendo facilitar el desbaste de los animales en un potrero reservado para tal fin previo al pastoreo de un lote limpio. También es importante la limpieza de maquinarias utilizada en lotes de Fi semillados para evitar su traslado. Asimismo, para los rollos de Fi semillados, se recomienda almacenarlos por 15 meses previo movimiento y utilización, dado que el endófito pierde viabilidad (ver 2.1), aunque persista la toxicidad (ver 4.2.1).

Las medidas de prevención mencionadas involucran limitar la diseminación, pero una vez que la semilla de Fi llega al lote, la mejor prevención es mantener un canopeo denso, sin suelo descubierto, para evitar la germinación y establecimiento de Fi. Las inundaciones otoño-invernales frecuentes en suelos bajos (Vázquez *et al.* 2009) favorecen el suelo desnudo y el traslado de semillas. Además, las pasturas de festuca y agropiro presentan comúnmente una baja densidad de macollos y suelo desnudo en invierno, provocado por el sobrepastoreo, deficiencias de N y/o fallas en implantación (Scheneiter *et al.* 2023), debiendo prevenir esta situación

aplicando buenas prácticas de manejo de pasturas (Agnusdei *et al.* 2013), pero evitando agregar N en lotes dominados por Fi (4.2.3).

5- Comentarios finales

La festuca alta infectada (Fi) está presente en los sistemas ganaderos de la Cuenca del Salado, causando problemas de festucosis que varían en intensidad según el ambiente y el manejo del forraje y del ganado. Esta revisión desarrolló las medidas de erradicación de Fi ideales para ambientes de loma o media-loma, y las de convivencia recomendadas en ambientes bajos, para conservar los pastizales o donde existe mayor riesgo con la siembra y/o reinfección de una pastura. El manejo de convivencia, basado en alternativas que permiten reducir la concentración de ergoalcaloides en el forraje ofertado al animal, posibilitaría minimizar la frecuencia y/o intensidad de contraer festucosis, además de limitar la floración y diseminación de semillas de Fi e incluso de esclerotos de *Claviceps purpurea*. En esta revisión se presentan por primera vez la variación en la concentración de ergovalina a lo largo del año y según la frecuencia de defoliación en Fi de la Cuenca del Salado, facilitando optimizar el manejo para evitar la festucosis. Las alternativas de manejo de convivencia o erradicación de Fi, deben considerarse en conjunto con el manejo de hacienda y bienestar animal, para cada sistema productivo valorando ventajas socio-económicas y productivas en cada caso.

6- Bibliografía

- Acuña Y, Poo J, Rodríguez A, Scioli N, Moore D, Cantón G, Scioli A, Fiorani F, López Valiente S, Montiel D, Maresca S, Armendano J, Callejas S (2022) Efecto del grado de recambio del pelo y el consumo de festuca infectada con *Epichloë coenophiala* sobre el riesgo de hipertermia en vaquillonas Angus. *Revista Argentina de Producción Animal* 42 Supl. 1, 24.
- Agnusdei M, Marino MA, Errecart P (2013) Pasturas. Claves para Producir más y mejor. (INTA Ediciones: Buenos Aires, Argentina).
- Arechavaleta M, Bacon CW, Plattner RD, Hoveland CS, Radcliffe DE (1992) Accumulation of ergopeptide alkaloids in symbiotic tall fescue grown under deficits of soil water and nitrogen fertilizer. *Applied and environmental microbiology* 58, 857-861.
- Armendano JI, Odeón AC, Callejas SS, Echarte L, Odriozola ER (2015) Estrés térmico y síndrome distérmico en bovinos para carne de la provincia de Buenos Aires. En *9nas Jornadas Internacionales de Veterinaria Práctica*. (Ed. CVPBA, Mar del Plata Argentina).
- Assuero SG, Matthew PC, Kemp D, Latch GCM, Barker DJ, Haslett SJ (2000) Morphological and physiological effects of water deficit and endophyte infection on contrasting tall fescue cultivars. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 43, 49-61.
- Bailleres M, Otondo J (2015) Festuca alta serie 2012/2015 Chascomús. En *Pastura Test*, Red de Ensayos de Variedades Forrajeras (Ed. Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales) pp. 26-27. (CSBC, Buenos Aires, Argentina)

- Bailleres M, Otondo J (2021) Festuca alta en Chascomús. En Avances en festuca alta red de evaluación de INTA de festuca alta siembra 2021 (Ed. INTA CERBAN EEA Pergamino) pp. 13-14 (INTA Pergamino, Argentina).
- Bastías DA, Ueno AC, Gundel PE. (2023) Global change factors influence plant-*Epichloë* associations. *Journal of Fungi* **9**, 446.
- Belesky DP, Stuedemann JA, Plattner RD, Wilkinson SR (1988) Ergopeptine alkaloid in grazed tall fescue. *Agronomy Journal* **80**, 209-212.
- Bigliardi M, Miri S, Jauregui RN, Odriozola ER, Díaz Florez I, Hume D, Rolston P, Caradus J, Amadeo J (2020) Friendly endophyte-infected tall fescue (*Schedonorus arundinaceus* L) can be safely consumed by grazing ruminants in Argentina. En 1º Congreso Argentino de Semillas (Ed. ALAP y FCA-UNC) p. 198. (FCA-UNC, Córdoba Argentina).
- Borrajó CI (2015) Implantación de cultivares de festuca en la Cuenca del Salado. En Anuario 2014 EEA Cuenca del Salado INTA pp. 23-26 (Ed. EEA Cuenca del Salado INTA, Rauch).
- Borrajó CI (2024) Manejo forrajero de festuca infectada con el hongo causante de festucosis. Informe Técnico **12**, 9 pp. INTA EEA Cuenca del Salado, Argentina (Ed. INTA EEA Cuenca del Salado).
- Borrajó CI, Larrea G, Cristos D, Salvat A (2018) Efectos de la defoliación en la concentración de ergoalcaloides de festuca infectada con el hongo causante de festucosis. *Revista Argentina de Producción Animal* **38** Supl. 1, 201.
- Borrajó CI, López Valiente S, Laplace L, Marino MA, Cicore PL, Errecart PM, Berone GD (2023a) Festuca fertilizada con P y N en la Cuenca del Salado: producción de forraje en rebrotes invierno-primaverales. *Revista Argentina de Producción Animal* **43** Supl. 1, 147.
- Borrajó CI, López Valiente S, Laplace L, Marino MA, Cicore PL, Errecart PM, Berone GD (2023b) Festuca fertilizada con P y N en la Cuenca del Salado: eficiencia de uso de N e índice de nutrición nitrogenada. *Revista Argentina de Producción Animal* **43** Supl. 1, 148.
- Borrajó CI, López Valiente S, Laplace L, Marino MA, Cicore PL, Errecart PM, Berone GD (2023c) Festuca fertilizada con P y N en la Cuenca del Salado: eficiencia de uso de P e índice de nutrición fosforada. *Revista Argentina de Producción Animal* **43** Supl. 1, 149.
- Borrajó CI, Marino MA, Errecart PM, Cicore PL, Berone GD (2024) Relación nitrógeno-fósforo en planta como indicador del estado nutricional de pasturas de festuca. *Revista Argentina de Producción Animal* **44** Supl. 1, 319.
- Campero C (1996) Efectos de la festuca tóxica sobre el desempeño reproductivo y producción en bovinos: una revisión. *Revista Therios* **25**, 306-316.
- Cantón GJ, Bence AR, Olmos L, Llada I, Mazzanti M, Migliavacca JI, Armendano JI, Odriozola ER (2016) Porcentaje de infestación con endófito en festuca (*Lolium arundinaceum*) analizada en INTA Balcarce. *Revista Argentina de Producción Animal* **36** Supl. 1, 34.
- Casal A, Larrea G, Coria D, Rípodas I (2015) Control de festucales tóxicos con la aplicación de herbicida total y promoción de especies forrajeras estivales, en la Cuenca del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal* **35** Supl. 1, 181.
- Clark EM, White JF, Patterson RM (1983) Improved histochemical techniques for the detection of *Acremonium coenophialum* in tall fescue and methods of in vitro culture of the fungus. *Journal of Microbiological Methods* **1**, 149-155
- Colabelli MN, Salomone LA, Fernández ON, San Martino S (2006) Nivel de infección de *Neotyphodium coenophialum* en poblaciones naturalizadas de festuca alta en el sureste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Argentina de Producción Animal* **26** Supl. 1, 239-240.
- Colabelli MR, Agnusdei M, Mazzanti A, Labreux M (1998) El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. Boletín Técnico **148**, 21 pp. INTA, CERBAS-EEA Balcarce, Argentina. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Costa MC, De Battista JP (1988) Tratamiento de semilla para el control de *Acremonium coenophialum* en *Festuca arundinacea*. *Revista Argentina de Producción Animal* **8**, 289-294.
- Craig AM (2009) Toxic effects of the endophyte in seed straw. In Tall fescue for the twenty-first century. (Eds. HA Fribourg, Hannaway DB, West CP) pp. 327-335. (ASA CSSA SSSA Madison, WI).
- De Battista JP (1989) El endófito de la festuca. *Revista Argentina de Producción Animal* **9**, 447-456.
- De Battista JP, Bouton JH, Bacon CW, Siegel MR (1990) Rhizome and herbage production of endophyte-removed tall fescue clones and populations. *Agronomy Journal* **82**, 651-654.
- De Battista JP, Costa MC, Hofer CC, Medus PD, Pirovani A (1991a) Efecto del consumo de festuca infectada con *Acremonium coenophialum*. I. Performance animal en el periodo sobre festuca. *Producción Animal* **3**, 76-80.
- De Battista JP, Costa MC, Hofer CC, Medus PD, Pirovani A (1991b) Efecto del consumo de festuca infectada con *Acremonium coenophialum*. 2. Performance en el periodo post-festuca. *Producción Animal* **3**, 81-84.
- De Battista J, Peretti A, Carletti S, Ramirez A, Costa M, Schultz I (1995) Evolución de la incidencia de la infección de *Acremonium coenophialum* en la oferta de semilla de festuca alta en Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal* **15**, 300-302.
- De Battista J, Altier N, Galdames DR, Dall'Agnol M (1997) Significance of endophyte toxicosis and current practices in dealing with the problem in South America. In *Neotyphodium/Grass Interactions* (Eds. Bacon C, Hill N) pp. 383-388 (Plenum Press, New York, US).
- Di Paolo LA, Sosa PS, Padin JN, Ancinas MD, Tassara F (2023) Descripción de un brote de "pie de festuca" en bovinos de cría en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Analecra Veterinaria* **43**, e073.
- Graff P, Gundel PE, Salvat A, Cristos D, Chaneton EJ (2020) Protection offered by leaf fungal endophytes to an invasive species against native herbivores depends on soil nutrients. *Journal of Ecology* **108**, 1592-1604.
- Helander M, Phillips T, Faeth SH, Bush LP, McCulley R, Saloniemi I, Saikkonen K (2016) Alkaloid quantities in endophyte-infected tall fescue are affected by the plant-fungus combination and environment. *Journal of Chemical Ecology* **42**, 118-126.

- Henning C (2013) Compuestos secundarios nitrogenados: alcaloides. En *Productos Naturales Vegetales* (Ed. Edulp) pp. 18-61. (FCAYF UNLP La Plata, Argentina).
- Hernández-Agramonte IM, Semmartin M, Omacini M, Durante M, Gundel PE, De Battista J (2018) A fungal endophyte of a palatable grass affects preference of large herbivores. *Austral Ecology* **43**, 172-179.
- Hinton DM y Bacon CW (1985). The distribution and ultrastructure of the endophyte of toxic tall fescue. *Canadian Journal of Botany* **63**, 36-42.
- Hume DE, Stewart AV, Simpson WR, Johnson RD (2020) *Epichloë* fungal endophytes play a fundamental role in New Zealand grasslands. *Journal of the Royal Society of New Zealand* **50**, 279-298.
- INASE (1995) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Ministerio de Economía, obras y servicios públicos. Resolución 067/95 (Buenos Aires, Argentina).
- INASE (2024). Registro de cultivares de festuca alta creados en Argentina 1981-2024.
- INTA (2023) Información Territorial EEA Cuenca del Salado. pp. 10 (Ed. EEA Cuenca del Salado INTA, Rauch).
- Klotz JL (2015) Activities and effects of ergot alkaloids on livestock physiology and production. *Toxins* **7**, 2801-2821.
- Lacoste L, Petigrosso L, Jaimes R, Borrajó CI, Castaño J, Colabelli M (2020) ¿Podemos a través de imágenes satelitales detectar pasturas de festuca alta infectadas con endófito? *Revista Visión Rural* **135**, 6-13.
- Lattanzi FA (1998) Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento de festucas de tipo templado y mediterráneo. Tesis Magister Sc. UNMdP, Balcarce Argentina.
- Lyons PC, Plattner RD, Bacon CW (1986) Occurrence of peptide and clavine ergot alkaloids in tall fescue. *Science* **232**, 487-489.
- Maddaloni J y Ferrari L (2005) Festuca alta. En *Forrajeras y pasturas del ecosistema Templado Húmedo de la Argentina*. (Ed. UNLZ) pp. 165-182 (INTA y UNLZ, Lomas de Zamora, Argentina).
- Mazzanti A, Castaño J, Sevilla G y Orbea J (1992) Festuca alta. En *Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la provincia de Buenos Aires*. (Ed. INTA CERBAS EEA Balcarce) pp. 7-19 (Balcarce, Argentina).
- McCarty K, Bence A, Maresca S, López Valiente S, Rodríguez A, Canton G, Long NM (2020) Exposure to toxic fescue during late gestation on beef cows: effects on cow performance and offspring performance from birth to weaning. *EC Veterinary Science* **5**, 1-15.
- Odriozola ER, Iraguen Pagate I, Lloberas MM, Cosentino IA, Porley R, Oromi J (2002) Festuca tóxica: su efecto en diferentes razas bovinas. *Revista Veterinaria Argentina* **19**, 12-21.
- Otondo J, Bailleres M, Andersen M, Borrajó CI (2024) Recría de vaquillonas sobre pasturas con y sin festucas infectadas en la Cuenca del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal* **44** Supl. 1, 360.
- Otondo J, Borrajó CI, Bandera R (2019) Forrajeras templadas y subtropicales en suelos afectados por sales de regiones húmedas y subhúmedas de la Argentina. En *Suelos afectados por sales con énfasis en la Argentina* (Ed. Bandera R) pp. 135-168 (Buenos Aires, Argentina).
- Parish JA, Parish JR, Best TF, Boland HT, Young CA (2013) Effects of selected endophyte and tall fescue cultivar combinations on steer grazing performance, indicators of fescue toxicosis, feedlot performance, and carcass traits. *Journal of Animal Science* **91**, 342-355.
- Petigrosso LR, Colabelli NM, Fernández OM, Ispizúa V, Cendoya MG (2013) Incidence of the endophyte fungus *Neotyphodium coenophialum* in pastures of tall fescue differing in age and soil characteristics. *African Journal of Agricultural Research* **8**, 2655-2662.
- Petigrosso LR, García M, Vignolio O, Salvat A, Cristos D, Castaño J (2020) Plant interactions and ergovaline concentration in mixture of *Lotus tenuis* and *Schedonorus arundinaceus* infected with the fungus *Epichloë coenophiala*. *Ecología Austral* **30**, 165-174.
- Petigrosso LR, Gundel PE, Colabelli MN, Fernandez ON, Assuero SG (2019b) Hongos endófitos en festuca alta: del problema a las soluciones. *Revista de investigaciones agropecuarias* **45**, 292-303.
- Petigrosso LR, Laboranti MA, Vignolio OR, Echeverría MM, Castaño JA (2018) Impacto de diferentes tratamientos de remoción de la vegetación en pasturas de festuca alta infectada con endófito. *Revista Argentina de Producción Animal* **38**, 49-61.
- Petigrosso LR, Vernerí M, Fernández ON (2021) Habilidad competitiva entre plantas de festuca alta libres e infectadas con hongo endófito bajo cosecha. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* **29**, 37-45.
- Petigrosso LR, Vignolio OR, Damiano I, Echeverría MM, Colabelli MN, Gundel PE (2019a). Eradication of the fungus *Epichloë coenophiala* from *Schedonorus arundinaceus* (tall fescue) seeds by interrupting the vertical transmission process. *Ecología Austral* **29**, 55-62.
- Recavarren P, Leaden K, Martinefsky MJ, Bilotto F (2014) Experiencias de implantación y manejo de festucas puras en la depresión de Laprida. Informe Técnico **9**, 4 pp. INTA EEA Balcarce-AER Olavarría, Argentina (INTA Ediciones).
- Ressia MA, Donzelli MV, Jankovic V, Caldenty F, Borrajó CI, Maresca S (2014) Distribución de la tasa de crecimiento de tres comunidades típicas de la Cuenca del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal* **34** Supl. 1, 139.
- Rimieri P (2021) Contribution of the genetic improvement of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in Argentina. *Journal of Basic and Applied Genetics* **32**, 9-13.
- Roberts CA y Andrae JG (2010) Fescue toxicosis and management. (ASA and CSSA, Madison, WI).
- Rogers WM, Roberts CA, Andrae JG, Davis DK, Rottinghaus GE, Hill NS, Kallenbach RL, Spiers DE (2011) Seasonal fluctuation of ergovaline and total ergot alkaloid concentrations in tall fescue regrowth. *Crop Science* **51**, 1291-1296.
- Rottinghaus GE, Garner GB, Cornell CN, Ellis JL (1991) HPLC method for quantitating ergovaline in endophyte-infested tall fescue: seasonal variation of ergovaline levels in stems with leaf sheaths, leaf blades, and seed heads. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **39**, 112-115.
- Salvat AE, Godoy HM (2001) A simple thin-layer chromatographic method for the detection of ergovaline in

- leaf sheaths of tall fescue (*Festuca arundinacea*) infected with *Neotyphodium coenophialum*. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* **13**, 446-449.
- Scheneiter JO, Camarasa JN, Aperlo D, Ferrari MA, Nalino M, Beribe MJ (2019) Post-grazing cutting management in tall fescue affects the sward structure. Forage and liveweight production. *Grass and Forage Science* **74**, 661-669.
- Scheneiter JO, Kaufmann II, Ferreyra A., Llorente RT (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.
- Scheneiter JO, Sacoccia M, Beribe MJ, Barletta P (2023) Tiller demography of tall fescue and tall wheatgrass cut at different times during the reproductive phase. *Grassland Research* **2**, 120-128.
- Siegel MR, Latch GCM, Bush LP, Fannin FF, Rowan DD, Tapper BA, Bacon CW, Johnson MC (1990) Fungal endophyte-infected grasses: alkaloid accumulation and aphid response. *Journal of Chemical Ecology* **16**, 3301-3315.
- Stamm MM, Del Curto T, Horney MR, Brandyberry SSD, Barton RK (1994) Influence of alkaloid concentration of tall fescue straw on the nutrition, physiology, and subsequent performance of beef steers. *Journal of Animal Science* **72**: 1068-1075.
- Talukder SK, Azhaguvel P, Chekhovskiy K, Saha MC (2018) Molecular discrimination of tall fescue morphotypes in association with *Festuca* relatives. *PLoS ONE* **13**, e0191343.
- Thompson RW, Fribourg HA, Waller JC, Sanders WL, Reynolds JH, Phillips JM, Schmidt SP, Crawford Jr RJ, Allen VG, Faulkner DB (1993) Combined analysis of tall fescue steer grazing studies in the Eastern United States. *Journal of Animal Science* **71**, 1940-1946.
- Thomas JI, Petigrosso LR, Echeverría MM, Vignolio OR, Eyherabide GA, Lúquez JE (2022) Germinación de festuca alta con endófito silvestre o seguro en condiciones de salinidad. *Revista Argentina de Producción Animal* **42**, 29-36.
- Tor-Agbidye J, Blythe LL, Craig AM (2001) Correlation of endophyte toxins (ergovaline and lolitrem B) with clinical disease: Fescue foot and perennial ryegrass staggers. *Veterinary and Human Toxicology* **43**, 140-146.
- Vázquez P, Cabria F, Rojas M, Calandroni M (2009) Riesgo de anegamiento: estimaciones para la cuenca baja del río Salado. *Ciencia de Suelo* **27**, 237-246.
- Vázquez P, Calandroni M, Cabria F, Agnusdei M, Rojas MC (2014) Patrones de índice verde normalizado (IVN) en pastizales de la provincia de Buenos Aires: su asociación con comunidades vegetales y suelos. *Ecología Austral* **24**, 276-285.
- Vázquez P y Rojas MC (2008) Aspectos relevantes para la toma de decisiones en la cría bovina en la Cuenca del Salado. Publicación Técnica **2**, 24 pp. INTA EEA Cuenca del Salado, Argentina (INTA Ediciones).

Material Suplementario

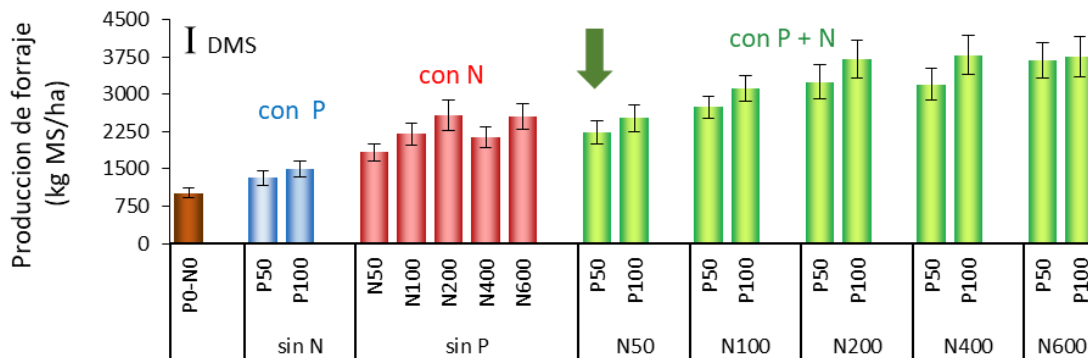


Figura suplementaria 1. Rebrote invierno-primaveral de festuca alta con agregado de fósforo (P: 0-50-100 kg/ha), nitrógeno (N: 0-50-100-200-400-600 kg/ha) y P+N en un suelo ganadero en Rauch, repetido durante 3 años. Se indican la diferencia mínima significativa (DMS), media $\pm$ EE, y la mayor eficiencia en el uso de los nutrientes (flecha verde). Adaptado de Borrajó et al. 2023a, b, c.

Supplementary figure 1. Winter-spring regrowth of tall fescue with added phosphorus (P 0-50-100 kg/ha), nitrogen (N 0-50-100-200-400-600 kg/ha) and P+N on a livestock soil in Rauch, repeated for 3 years. The minimum significant difference (MSD), media $\pm$ EE, and the highest nutrients use efficiency (green arrow) are indicated. Adapted from Borrajó et al. 2023a, b, c.

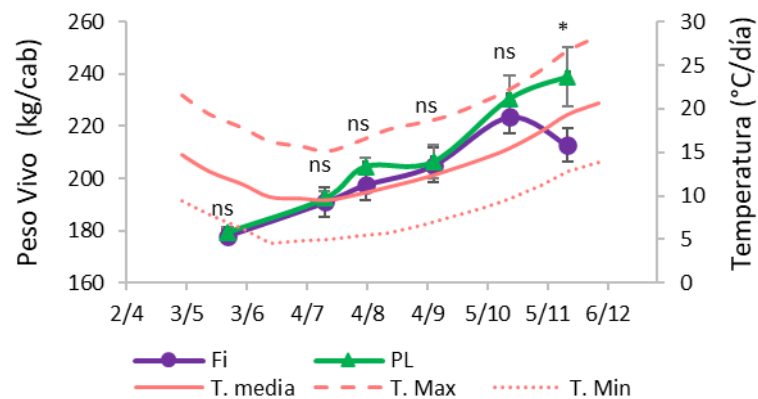


Figura suplementaria 2. Peso vivo de vaquillonas que pastorearon dos pasturas dominadas por gramíneas templadas, una con festuca infectada (Fi) y otra libre (PL) de mayo-noviembre en Chascomús. Por fecha, se indica la significancia entre medias, ns: no significativa $P>0,05$ y * $P<0,05$. Se presenta la media $\pm$ EE. Temperatura media, máxima y mínima del aire (T. media, T. Max, T. Min, respectivamente). Adaptado de Otondo et al. 2024.

Supplementary figure 2. Live weight of heifers grazed on two pastures dominated by temperate grasses, one with infected fescue (Fi) and the other free (PL) from May-November in Chascomús. The significance between means is indicated by date, ns: not significant $P>0.05$ and * $P<0.05$; on mean 1EE is indicated. Mean, maximum and minimum air temperature (T. mean, T. Max, T. Min, respectively). Data adapted from Otondo et al. 2024.

Tabla suplementaria 1. Producción de materia seca (MS), concentración de ergovalina y floración en festucas infectadas manejadas con dos frecuencias de cortes: cada 3 hojas (3H) o tradicional-estacional (Est). ANOVA por estación (otoño, invierno, primavera), manejo (3H vs Est) e interacción (Estación x Manejo).

Supplementary table 1. Dry matter production (MS), ergovaline concentration and flowering in infected fescues managed with two cutting frequencies: every 3 leaves (3H) or traditional-seasonally (Est). ANOVA by season (Fall, Winter, Spring), management (3H vs Est) and interaction.

Modelo	MS KgMS / ha	Ergovalina mg / KgMS	Floración %
Estación	**	***	
Manejo	ns	*	Manejo *
Interacción	ns	*	
Medias	Estación	Interacción	
		Otoño-3H 0,04_c±0,00	
Otoño	875_B ±89	Otoño-Est 0,12_c±0,06	
Invierno	1633_B ±346	Invierno-3H 0,04_c±0,00	
Primavera	6122_A ±1202	Invierno-Est 0,10_c±0,03	
		Primavera-3H 0,40_b±0,10	Primavera- 3H 21%_b±3%
		Primavera-Est 0,99_a±0,22	Primavera-Est 75%_a±12%

ns: no significativo $P>0,05$), significativo al $*P<0,05$; $**P<0,01$; $***P<0,001$. Por columna, letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($*P<0,05$). Adaptado de Borrajo *et al.* (2018).

Tabla suplementaria 2. Control de festuca infectada aplicando glifosato (caldo 33%) con maquinaria de “botalón de alfombra” (foto). Se analizó el porcentaje de plantas o inflorescencias afectadas (%) comparando aplicaciones simples o dobles. Braco *et al.* (inédito).

Supplementary table 2. Control of infected fescue by applying glyphosate (33% solution) with “carpet boom” machinery (photo). The percentage of affected plants or inflorescences (%) were analyzed comparing single or double applications. Braco *et al.* (inédito).

	Planta afectada		Inflorescencia afectada	
	Simple	Doble	Simple	Doble
%	15% b ±8	41% a ±14	55% b ±15	87% a ±9
R ²	90%		91%	
CV%	18%		9%	
P	0,0038		0,0031	



Letras difieren indican diferencias $*P<0,05$ entre aplicaciones (simple vs doble) para plantas o inflorescencias. Medias de 26 a 36 registros.