

## Editorial

En esta oportunidad compartimos una breve revisión sobre las Micotoxicosis en la producción bovina de la región, analizando algunos aspectos a tener en cuenta para minimizar sus efectos perjudiciales en la producción y salud animal.

También se presenta, como es habitual, la tasa de crecimiento forrajera de pastizales de la zona, durante el último semestre (diciembre 2020-mayo 2021).

# Micotoxicosis en la producción bovina: su profilaxis

Ignacio J. Gamieta

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).  
Estación Experimental Agropecuaria San Pedro.  
Agencia de Extensión Rural San Pedro; Argentina.  
gamieta.ignacio@inta.gob.ar

## I.1 Introducción

El término micotoxicosis hace referencia a un amplio grupo de intoxicaciones causadas por el consumo de alimentos contaminados con micotoxinas, metabolitos secundarios tóxicos producidos por cepas toxigénicas de algunas especies de hongos, y que determinan distintos cuadros clínicos y patológicos tanto en los animales como en el hombre.

Los hongos son organismos vivos eucariotas y heterótrofos por lo cual son incapaces de elaborar su propia materia orgánica y necesitan para su desarrollo de un sustrato a partir del cual obtenerla. Esto en gran parte condiciona los lugares de crecimiento de los mismos.

El desarrollo de hongos tanto en las materias primas como en los alimentos ocasiona, sobre éstos, diferentes efectos como la modificación de sus características organolépticas, el deterioro y reducción de sus propiedades nutritivas y lo que nos ocupa, la contaminación con metabolitos secundarios tóxicos, "las micotoxinas".

Los hongos suelen tener requisitos muy precisos de humedad y temperatura, para un crecimiento óptimo, y cuando se logran, pueden multiplicarse muy rápidamente y producir grandes cantidades de toxina en cuestión de horas (Radostits y col., 2007).

En estudios experimentales, se vio que la mayoría de los hongos del campo crecen en rangos de temperatura de entre 10 y 40 °C, en una zona de pH de entre 4 a 8, y con actividades acuosas (aw) superiores a 0,7. Esto implica que, aproximadamente, los hongos pueden crecer sobre sustratos

que contengan más de un 13% de humedad (Godoy, 2006). Por lo cual el valor de humedad de un alimento nos orienta sobre la posibilidad de crecimiento y proliferación de los hongos. En general, alimentos con valores inferiores al 13% de humedad, van a tener un crecimiento y proliferación muy bajos, en cambio por encima de este valor el crecimiento se facilita. La mayoría de los hongos son aerobios, necesitan oxígeno para vivir y su carencia condiciona su crecimiento, mientras que su ausencia puede producir la muerte de los mismos (César, 2002).

En los bovinos los problemas potenciales derivados del consumo de alimentos contaminados con micotoxinas, suelen abarcar desde la reducción de la productividad hasta ocasionalmente la muerte de los animales. Si bien los trastornos clínicos pueden presentarse esporádicamente, son más frecuentes las intoxicaciones subclínicas en las cuales las micotoxinas o sus metabolitos afectan los parámetros productivos, ocasionan inmunosupresión y/o persisten en la carne o en otros productos derivados, como la leche, por lo cual deben ser considerados como un riesgo para la Salud Pública (Ramírez y col., 2014).

Actualmente en Argentina predominan los sistemas de producción ganaderos de base pastoril y extensivos, no obstante, se aprecia cada vez con más fuerza el surgimiento de sistemas mucho más intensivos, donde el alimento es llevado al animal en lugar de que este vaya a cosechar directamente al campo. En este contexto, la producción y conservación de forrajes de calidad y la suplementación con concentrados energéticos y proteicos, adquieren un papel preponderante y estratégico para el logro de una ganadería intensificada y sostenible. Esta intensificación de los sistemas productivos y uso de alimentos conservados trajo aparejado un aumento, significativo, en la prevalencia de las micotoxicosis, tanto en animales en pastoreo como en confinamiento. Dicho aumento de la prevalencia, hace que resulte cada vez más común que el productor o el profesional asesor deban

evaluar y resolver sobre la utilización o no de alimentos con niveles variables de micotoxinas en la producción bovina. En virtud de esto último, a continuación, se realiza una breve revisión sobre la temática para por último presentar un caso real de alimentos contaminados, con el objetivo de mostrar una metodología de evaluación, con la finalidad última de aportar herramientas que permitan, en lo posible, minimizar el impacto negativo que las micotoxicosis suelen tener sobre la actividad ganadera bovina.

## I.2 Clasificación de los hongos, potencialmente toxigénicos, según el momento en que estos contaminan el sustrato

### I.2.1 Hongos de campo

Se consideran aquellos hongos que afectan a las plantas, los granos, las semillas y otros productos antes de su cosecha. Entre los hongos de campo más importantes en nuestro país, se encuentran: *Pithomyces chartarum* u hongo de la pradera, cuyas esporas se hallan presente en restos de material vegetal muerto; *Claviceps purpurea* que suele infectar distintos tipos de gramíneas; *Fusarium* que infecta los pastizales, las pasturas, el trigo, la cebada y principalmente el maíz; *Stenocarpella maydis* que suele afectar el cultivo de maíz. Dentro de las infecciones con hongos endófitos resultan relevante *Neotyphodium lolii* en Raigrás perenne (*Lolium perenne*) y *Epichloë coenophiala* anteriormente clasificado como *Neotyphodium coenophialum* (Petigrosso y col., 2019) en Festuca alta (*Festuca arundinacea*).

### I.2.2 Hongos de transporte y almacenamiento

Los hongos de transporte y almacenamiento son aquellos que proliferan en los productos ya cosechados, durante su transporte y/o

almacenado. Entre estos se destacan géneros como *Aspergillus*, principal responsable de la producción de “Aflatoxinas” (consideradas una de las intoxicaciones más importantes), y otros muy característicos de forrajes conservados, en especial, ensilados, como *Penicillium*.

En la Tabla I-1 se listan en forma muy resumida las fuentes más frecuentes de las micotoxinas, mayormente identificadas en casos de materiales contaminados, consideradas como de mayor importancia e impacto en la producción agropecuaria en el mundo.

**Tabla I-1.** Micotoxinas más comunes y fuentes de las mismas

Clasificación de los hongos	Hongo (fuente de la micotoxina)	Micotoxina	
Hongos de campo	<i>Fusarium</i> spp.	Tricotecenos	T-2
			Diacetoxiscirpenol (DAS)
			Deoxivalenol (DON) “Vomitoxina”
		Zearalenona (ZEA)	
			Fumonisin
Hongos de transporte y almacenamiento	<i>Aspergillus</i> spp	Aflatoxinas (Afla) B1, B2, G1, G2	
	<i>Penicillium</i> spp.	Ocratoxina (OTA)	

Adaptado de FAO, 2003; Godoy, 2006; Acosta y col., 2016.

### I.3 Diagnóstico de las micotoxicosis

Es importante tener en cuenta que el aislamiento e identificación de un hongo toxigénico conocido mediante cultivo de alimentos sospechosos no proporciona un diagnóstico de micotoxicosis en sí mismo. Las condiciones de crecimiento en el sustrato pueden no haber sido adecuadas para la producción de micotoxinas. Para realizar un diagnóstico es fundamental “**identificar y cuantificar**” la producción de micotoxina en el alimento o en el animal. No obstante identificar el hongo productor de micotoxina, resulta esencial si se pretende controlar su crecimiento y/o evitar brotes de la enfermedad para lo cual resulta necesario conocer las características propias de los hongos en cuestión, por ej. control mediante la pulverización de productos fungistáticos en los pastos (Radostits y col., 2007).

#### I.3.1 Consideraciones importantes sobre las micotoxicosis y sus dificultades diagnósticas

A continuación, se listan una serie de consideraciones, a tener en cuenta, sobre las micotoxicosis y sus dificultades diagnósticas con las que suele enfrentarse el profesional actuante y que demandan, sin lugar a duda, por parte de éste un análisis detallado y meticoloso sobre la multiplicidad de factores que inciden en este tipo de enfermedad.

- ✓ Las micotoxicosis son enfermedades “**NO transmisibles**” entre animales y relacionadas con el consumo de alimento (Perusia y Rodriguez, 2004).
- ✓ Los brotes de micotoxicosis de animales en pastoreo suelen ser estacionales y asociados a características climáticas especiales (Perusia y Rodriguez, 2004).

- ✓ La mayoría de las micotoxinas son extremadamente resistentes a tratamientos químicos y/o físicos (Acosta y col., 2016) siendo éstas, por lo general, termorresistentes manteniendo su toxicidad luego de procesos como la peletización de raciones o la preparación de reservas (César, 2002).
- ✓ La susceptibilidad a las micotoxinas varía de acuerdo a la especie animal, la edad, sexo, tipo de producción y micotoxina involucrada:
  - Especie animal y micotoxina involucrada: por ej. las aves son mucho más susceptibles a las aflatoxinas que otras especies, y el cerdo es más susceptible a la zearalenona que los rumiantes (César, 2002). La ocratoxina, se trata de una micotoxina producida por hongos de almacenamiento como *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp., con un fuerte efecto en monogástricos y de estar presente en el alimento que se suministra a los bovinos, esta no constituye un problema importante ya que es metabolizada y desensamblada en el rumen (Acosta y col., 2016). En cambio, en las especies sensibles como las aves y los porcinos, donde tiene efectos inmunosupresores, nefrotóxicos y cancerígenos, los niveles tolerables son muy bajos < 20 ppb (Clemente, 2015). Algo parecido pasa con DON donde nuevamente los rumiantes son relativamente resistentes, debido a que los microorganismos ruminales tienen la capacidad de reducir el grupo 12, 13-epoxy de la molécula de tricoteceno, y con esto desaparece la toxicidad. En cambio, los monogástricos como los porcinos resultan muy susceptibles, a tal punto que DON recibió la denominación alternativa de "Vomitoxina" debido al efecto emético que producen muy pequeñas cantidades de la misma en estos animales (Godoy, 2006).
  - Edad de los animales (categoría) y estado fisiológico: los animales lactantes, gestantes y en crecimiento tienen más probabilidades de verse gravemente afectados que los adultos (Radostits y col., 2007).
  - Tipo y nivel de producción: frente a una misma micotoxina, se ha observado que las vacas lecheras de alta producción pueden ser más susceptibles que animales de invernada (Cesar, 2002). Para iguales niveles de contaminación del alimento, los animales alimentados en forma más intensiva, con una mayor ingesta de nutrientes de alta digestibilidad, que suelen mantener un pH ruminal más ácido, generan menores tasas de crecimiento sobre algunos grupos bacterianos que procesan y desactivan micotoxinas a nivel ruminal. Por lo cual estos animales presentan niveles de sensibilidad mayores a la contaminación con micotoxinas, debiéndose extremar las medidas de control y mitigación de los efectos adversos (Acosta y col., 2016).
- ✓ La mayoría de las micotoxinas suelen tener un efecto inmunosupresor por lo que predisponen o aumentan la susceptibilidad a las enfermedades infecciosas y/o parasitarias.
- ✓ La presencia de hongos en el alimento no implica necesariamente la producción de micotoxinas por éstos como tampoco la presencia de micotoxinas necesariamente implica que el alimento se encuentra contaminado por hongos (esto último es menos frecuente). En definitiva, en la práctica, la presencia visible del hongo no es un indicador fiable de niveles importantes de micotoxinas, del mismo modo que la ausencia de micelio visible no es indicador de que un alimento se encuentre libre de micotoxinas (César, 2002; Acosta y col., 2016). También ocurre que el agente fúngico productor de

micotoxina sea invisible a simple vista, por Ej. ***Pithomyces chartarum*** (causal de eczema facial) en restos vegetales muertos y las infecciones con endófitos como ***Neotyphodium lolii*** y ***Epichloë coenophiala*** - enfermedades en las que la atención diagnóstica se dirige a la planta en lugar de a la toxina (Radostits y col., 2007). Situación similar ocurre con ***Fusarium*** spp. más específicamente con aquellas especies productoras de fumonisinas, que suelen contaminar los granos de maíz los que pueden adquirir una coloración blanca o ligeramente rosada, pero muy frecuentemente, la contaminación no es detectable a simple vista y las espigas aparentemente intactas pueden contener el hongo y la toxina en cantidades importantes (Godoy, 2006).

- ✓ Distintos hongos pueden producir una misma micotoxina. Es el caso de las aflatoxinas producidas principalmente por ***Aspergillus flavus*** y ***Aspergillus parasiticus*** aunque también pueden producirlas otros hongos como por ejemplo ***Penicillium puberulum*** (Blood y Radostits, 1992). Por otro lado, una misma especie de hongo puede producir más de una micotoxina como es el caso del ***Fusarium graminearum*** que puede producir ZEA y DON.
- ✓ La presencia de una micotoxina en el alimento, usualmente es indicativo de contaminación con más de una micotoxina (César, 2002).
- ✓ Las micotoxinas son compuestos orgánicos complejos y la identificación puede resultar difícil y suele ser cara (Radostits y col., 2007). También muchas más son las toxinas presentes en la naturaleza que las pruebas rutinariamente empleadas para detectarlas (Perusia y Rodriguez, 2004). En la actualidad se han identificado más de 350 agentes micotóxicos, aunque a nivel de laboratorios comerciales se pueden identificar en forma confiable unas pocas micotoxinas. En general DON, ZEA y Afla son las micotoxinas de identificación más segura y confiable a nivel

comercial (Acosta y col., 2016). En casos de Fusariosis si DON y ZEA están presentes y tienen niveles altos, implicaría que se trata de un material seriamente contaminado, en tanto que la presencia de una sola de ellas indica afectación sólo parcial del cultivo, y la ausencia o presencia muy baja de ambas nos indica un bajo nivel de afectación del cultivo en cuestión (Acosta y col., 2016).

- ✓ La dificultad diagnóstica se ve agravada por la aparición común de infecciones mixtas y el período a menudo fugaz de crecimiento del hongo. La predicción de las condiciones ambientales que conducen a los brotes de micotoxicosis, especialmente en los pastizales, sólo es posible con un conocimiento exacto de las necesidades de crecimiento del hongo en particular, lo que requiere un monitoreo costoso del microclima del pastizal (Radostits y col., 2007).
- ✓ Otro tema de suma relevancia es el de las “**sinergias**” entre agentes micotóxicos. Hoy se sabe, a nivel experimental que el efecto de una misma toxina, extraída y purificada a nivel de laboratorio, suele tener un comportamiento cuando es administrada a animales muy inferior que cuando esa toxina, en dosis similar, se encuentra a “nivel de campo”, o sea en presencia de otras micotoxinas, que son las que “modulan” su capacidad tóxica. Por esa razón los niveles sugeridos para uso seguro de alimentos contaminados se han desarrollado a partir de casuística “de campo”, y no tanto a partir de resultados estrictamente experimentales (Acosta y col., 2016).

En virtud de lo anteriormente detallado, los resultados de laboratorio, deberían complementarse para su mejor interpretación:

1. Con lo observado a campo
  - a. Sobre el alimento en cuestión (aspecto, color, olor etc.).
  - b. Sobre los animales, como aceptación al alimento (consumo) y parámetros

productivos (nivel de consumo, ganancia de peso, etc.).

2. Con la evaluación clínica y muestreo de los animales
  - a. Sobre animales vivos: muestra de sangre, para estudios de bioquímica sanguínea (enzimas hepáticas, uremia, creatinina etc.).
  - b. Sobre animales muertos: necropsia y muestreo de tejidos para histopatología.

En ambos casos los muestreos tienen por objetivo evaluar potenciales efectos sobre posibles órganos blancos de las micotoxinas identificadas y cuantificadas.

## I.4 Principales micotoxosis que afectan al ganado bovino en Argentina

En la Tabla I-2 se resumen las principales micotoxosis que afectan al ganado bovino en Argentina, como también si éstas se presentan, preferentemente, durante el **pastoreo directo** (sobre forraje fresco, diferido y/o rastrojos) y/o consumiendo **forrajes conservados o alimentos concentrados** (granos o subproductos de granos).

**Tabla I-2.** Principales micotoxosis que afectan al ganado bovino en Argentina

Enfermedad / agente	Especies afectadas	Sustrato / toxina	La toxina se adquiere a través de:	Epidemiología	Signos clínicos	Patología	Diagnóstico
<b>Ryegrass staggers;</b> <b>Neotyphodium lolii</b>	Bovino, ovino, equino y camélido	<i>Lolium perenne</i> ; indol-diterpenos	Pastoreo directo	Durante el verano y otoño en pastos secos y de crecimiento lento o sobrepastoreados (razones por las cuales NO suele coexistir con Eczema facial en el mismo rodeo)	Síndrome tremorgénico (Temblores)	LNS*	Signos clínicos; presencia de planta; identificación de toxinas y endófitos
<b>Paspalum staggers;</b> <b>Claviceps paspali</b>	Bovino, equino y búfalo	<i>Paspalum</i> spp.; indol-diterpenos	Pastoreo directo	Durante el otoño momento de la semillazon (fructifican fines de verano-otoño)	Síndrome tremorgénico (Temblores)	LNS	Signos clínicos; presencia de planta con semillas infectadas (esclerotos)
<b>Bermuda Grass staggers;</b> <b>Claviceps cynodontis</b>	Bovino, equino	<i>Cynodon dactylon</i> ; indol-diterpenos	Pastoreo directo	Durante el invierno después de las heladas	Síndrome tremorgénico (Temblores)	LNS	Signos clínicos; presencia de planta
<b>Festucosis;</b> <b>Epichloë coenophiala</b>	Bovino, equino y raramente a ovino	<i>Festuca arundinacea</i> ; ergocalcoides (ergovalina y ergotamina)	Pastoreo directo	Durante el invierno	Síndrome gangrenoso o pie de festuca	Necrosis en distal de extremidades	Signos clínicos; presencia de planta; identificación de toxinas y endófitos
<b>Eczema facial;</b> <b>Pithomyces chartarum</b>	Bovino, ovino, ciervo	Pasturas con esporas del hongo en material vegetal muerto; esporidesmina	Pastoreo directo	Principalmente en otoño con lluvias y Temperatura de aprox 24°C (razones por las cuales NO suele coexistir con Ryegrass staggers en el mismo rodeo)	Dermatitis e insuficiencia hepática	Degeneración y fibrosis hepática	Signos clínicos; patología; recuento de esporas; demostración de la toxigenicidad de las esporas

**Tabla I-2. Principales micotoxicosis que afectan al ganado bovino en Argentina (cont.)**

Enfermedad / agente	Especies afectadas	Sustrato / toxina	La toxina se adquiere a través de:	Epidemiología	Signos clínicos	Patología	Diagnóstico
<b>Babeo; <i>Rhizoctonia leguminicola</i></b>	Bovino, equino, caprino	Pastura o heno de trébol rojo y alfalfa; eslaframina (alcaloide indozilidínico)	Pastoreo directo y forrajes conserva-dos	Durante el otoño con lluvias excesivas	Salivación (babeo) y lagrimeo	LNS	Signos clínicos; observación de hongos (manchas negras en tallos y hojas); detección de toxinas
<b>Diplodiosis; <i>Stenocarpella maydis</i></b>	Bovino, ovino	Maíz; diplomina	Pastoreo directo (diferidos o rastrojos)	Durante otoño - invierno (Abr a Sep) por consumo de espigas, hojas y tallo de maíz	Signos nerviosos (temblores musculares, ataxia y dismetría)	LNS	Signos clínicos; presencia de hongos (micelios de coloración gris o marrón claro)
<b>Ergotismo; <i>Claviceps purpurea</i></b>	Bovino, equino	Esclerotos en granos de gramíneas especialmente <i>Lolium multiflorum</i> (Raigrás anual); ergocalcoides	Pastoreo directo, forrajes conserva-dos y alimentos concentra-dos	Granos y subproductos de cereales contaminados por <i>Lolium multiflorum</i> ergotizado	Principalmente ergotismo distérmico; con menos frecuencia, ergotismo gangrenoso	LNS	Signos clínicos; presencia de esclerotos y ergocalcoides
<b>Fusariotoxicosis; <i>Fusarium spp</i></b>	Bovino, ovino	Pastos, granos y raciones; Tricotecenos, Zearalenona, Fumonisinias	Pastoreo directo, forrajes conserva-dos y alimentos concentra-dos	En pastos, granos y condiciones óptimas de temperatura (20-25°C), pH (entre 4 y 8) y humedad relativa (80 a 90%)	Según micotoxina presente: afecciones reproductivas, disminución de producción (rechazo del alimento), inmunosupresión etc.	Potencial edema pulmonar, hepatotoxicidad neurotoxicidad y nefrotoxicidad	Signos clínicos, lesiones y cuantificación de micotoxinas en los alimentos
<b>Aflatoxicosis; <i>Aspergillus flavus</i> y otros</b>	Bovino, equino, caprino.	Granos o subproductos; aflatoxinas B1, B2, G2 y G2	forrajes conserva-dos, alimentos concentra-dos	Alimentación con cereales y subproductos de cereales; también en maíz no cosechado	inespecíficos de insuficiencia hepática; baja producción de leche y ganancia de peso	Fibrosis hepática, megalocitosis y proliferación de vías biliares	Lesiones y cuantificación de aflatoxinas en los alimentos
<b>**Intoxicación por consumo de <i>Ipomoea batatas</i>; <i>Fusarium spp.</i></b>	Bovino, ovino, ciervo.	Batatas dañadas; Furanos 3-sustituídos	Ingestión de batatas dañadas y/o contaminadas con <i>Fusarium spp.</i> en especial con <i>F. solani</i>		Signos respiratorios agudos graves	Enfisema y edema pulmonar.	Ingestión de batatas; signos clínicos, lesiones patológicas

\*LNS: Lesiones no significativas.

\*\*Esta enfermedad no es técnicamente una micotoxicosis porque las toxinas son producidas por el tubérculo después de haber sido infectado por los hongos.

*Fusarium spp.* estimula los tejidos del huésped para formar ipomeamarona y 4-hidroxi-mioporona; este último luego se convierte en 4-ipomeanol, 1-ipomeanol, y 1,4-ipomeadiol. Las lesiones mecánicas, los tratamientos químicos y las infecciones parasitarias pueden también inducir la producción de furanos 3-sustituídos por las batatas.

Adaptado de Riet-Correa y col., 2013.

## 1.5 Profilaxis

Comprende todas aquellas acciones tendientes a “**prevenir**” la aparición de la enfermedad (no consumir granos con alto contenido de humedad;

determinar la presencia, tipo y concentración de micotoxinas en el alimento a utilizar; utilización de secuestrantes, etc.) y en el caso de que esta

sucedan, todas aquellas que buscan “controlar” y/o contrarrestar su propagación en la población (suspender el uso del alimento contaminado; uso de hepatoprotectores; suplementar con minerales a los animales afectados, etc.).

Partiendo de las premisas que:

- a. Gran parte del alimento utilizado en la alimentación animal suele encontrarse contaminado por hongos y sus toxinas.
- b. Las técnicas de recolección, almacenaje y distribución de alimento utilizadas, como la variabilidad del clima predisponen la contaminación de los alimentos por hongos.

- c. Los ruminantes suelen ser más tolerantes a las micotoxinas, por su capacidad natural de detoxificar estas en rumen, haciendo que prevalezcan en estos los cuadros de intoxicaciones subclínicas-asintomáticas con un fuerte impacto negativo sobre los parámetros productivos.

Lo expuesto hasta aquí, muestra cuán importante y necesario resulta contar con una estrategia de profilaxis adecuada que permita minimizar las pérdidas ocasionadas por las micotoxicosis.

**“A continuación se describen acciones tendientes a prevenir y/o controlar las micotoxicosis del bovino, NO aquellas tendientes a evitar la contaminación, de los sustratos, por los hongos”.**

### 1.5.1 Estrategias de prevención y control frente a alimentos sospechosos o con riesgo de encontrarse contaminados con micotoxinas

- ✓ Limitar el uso de cereales con alto contenido de humedad, como alimento. Cualquier grano que contenga más del 20% de humedad puede sufrir algún grado de deterioro por hongos (Radostits y col., 2007).
- ✓ Evitar el consumo de pastos maduros o cultivos de campo en los que los hongos pueden crecer comúnmente en sus semillas, ej. *Claviceps spp.* en centeno y *paspalum* (Radostits y col., 2007).
- ✓ Evitar el sobrepastoreo que obligue al consumo de pasto muy cercano al suelo, ya que esto puede provocar que los animales ingieran cantidades tóxicas de hongos del suelo, ej. *Penicillium spp* (Radostits y col., 2007).
- ✓ Utilizar el alimento, que se presume contaminado, en un pequeño grupo de

animales de prueba o testigos, ya que como se dijo, muchos de los hongos en los alimentos no producen metabolitos tóxicos, muchos lo hacen, pero solo en ciertos momentos, y muchos tienen un estado aún indeterminado. Este procedimiento tiene la desventaja de que ciertas formas de pérdida pueden pasar desapercibidas. Por ejemplo, la reducción del consumo de alimento y consecuente pérdida de productividad, la cual se reconoce cada vez más como una forma subclínica de pérdida ocasionada por las micotoxicosis (Radostits y col., 2007).

### 1.5.2 Estrategias de prevención y control frente a alimentos diagnosticados con micotoxinas

Para disponer de información objetiva y confiable, que permita cuantificar la dimensión del problema y así poder definir la mejor estrategia, resulta de vital importancia un adecuado muestreo de los alimentos, a partir del cual llevar adelante los análisis de laboratorio que permitan identificar los hongos, sus toxinas y cuantificarlas.

### 1.5.2.1 Muestreo representativo

Ésto no resulta una tarea simple ya que los hongos y micotoxinas tanto de campo como de almacenamiento no suelen presentar una distribución uniforme en el alimento contaminado y habitualmente existen zonas o partidas más afectadas que otras. Por tal razón en muchos casos se deberán tomar varias muestras para que el muestreo resulte representativo del lote/partida del alimento a analizar (Acosta y col., 2016).

### 1.5.2.2 Análisis de laboratorio e interpretación de resultados obtenidos

Los análisis sobre los alimentos y/o sus ingredientes tienen como objetivo principal la determinación del **“tipo de micotoxinas y su concentración”** en la dieta de los animales. Basándonos en los resultados obtenidos, se podrán realizar acciones tendientes a **“prevenir”** casos de micotoxicosis o a **“controlar”** la enfermedad en

caso que la misma ya se encuentre presente en los animales. Si los niveles hallados en la ración que va a ser consumida o que ya está siendo consumida por los animales fuesen superiores a los de tolerancia, se deberá procurar realizar el mismo análisis a cada uno de los ingredientes que participan en la misma. En caso de individualizar que uno o más ingredientes estén contaminados, y basándonos en la premisa, que en la práctica resulta muy difícil establecer las concentraciones máximas tolerables para las micotoxinas, debido a los múltiples factores que inciden en la susceptibilidad de los animales a éstas, es que habrá que decidir cuál es la mejor estrategia de prevención o control a llevar adelante que permita, en definitiva, evitar mayores pérdidas.

En la Tabla I-3 se resumen las fuentes frecuentes de micotoxinas, más identificadas en casos de materiales contaminados, y su riesgo de toxicidad asociado según concentración y categoría animal afectada.

**Tabla I-3.** Fuentes de micotoxinas y riesgo de toxicidad asociado según concentración y categoría animal afectada

Hongo (fuente de la micotoxina)	Micotoxina	Niveles de micotoxinas en el alimento consumido y riesgo asociado. Valores expresados en partes por billón (ppb)			Categoría animal	Referencias
		Bajo	Medio	Alto		
<i>Fusarium spp</i>	DON	< 250	250 - 1000	> 1000	Terneros	(Acosta y col., 2016)
		<500	500 - 2000	>2000	Ganado de carne adulto	
	ZEA	< 100	100 - 250	> 250	Terneros	
		< 100	100 - 300	> 300	Ganado de carne adulto	
Fumonisinás	<15000			Terneros	(Ogunade y col., 2018)	
	<30000			Ganado de carne adulto		
<i>Aspergillus spp.</i>	Aflatoxinas (B1, B2, G1, G2)	< 5	5 - 20	> 20	Terneros	(Acosta y col., 2016)
		<10	10 - 20	>20	Ganado de carne adulto	

En la Tabla I-4 se resume dos de las fuentes más frecuentes de micotoxinas donde la atención

diagnóstica se dirige al hongo productor y la planta en lugar de a la micotoxina.

**Tabla I-4.** Fuente de micotoxinas y riesgo de toxicidad asociado según concentración

Hongo (fuente de la micotoxina)	Micotoxina	Niveles de micotoxinas en el alimento consumido y riesgo asociado *		
		Bajo	Medio	Alto
<i>Pithomyces chartarum</i>	Esporidesmina	< a 40.000 esporas/gramo	40.000-100.000 esporas/gramo	> a 100.000 esporas/gramo
<i>Epichloë coenophiala</i>	Ergocaloides (ergovalina y ergotamina)	< a 15% de plantas infectadas	Entre 25%-30% de plantas infectadas	> a 50% de plantas infectadas

\* ***Pithomyces chartarum***: altos conteos de esporas en la pastura no siempre llevan a un brote de la enfermedad, debido que no todas las cepas de *P. chartarum* son productoras de esporidesmina (César, 2002). Más de 40.000 esporas de cepas patógenas por gramo de vegetación muerta pueden causar fotosensibilidad, lo que lleva a una caída severa en la producción de leche, mientras que 100.000 esporas/g pueden provocar la muerte (Riet-Correa y col., 2013). El conteo de esporas en la pastura puede ser un buen indicador de la contaminación de la misma, aunque muchas veces existe un desfase entre el momento en que la pastura es tóxica y cuando se observa a los animales enfermos. Sin embargo, resulta una buena medida el conteo de esporas para conocer si una pastura puede ser tóxica (César, 2002). No obstante, al evaluar la potencial toxicidad de una pastura se deberá tener presente la gran variación en el porcentaje de cepas tóxicas observadas entre las diferentes zonas. Esta situación hace imprescindible un análisis regional más exhaustivo para disponer de información más segura en cada área geográfica (Licoff y col., 2008).

\* ***Epichloë coenophiala***: entre un 25 y 30% de plantas infectadas en el potrero es considerada una infección moderada, mientras que mayor al 50% se considera severa”. Estos valores deben ajustarse de acuerdo al grado de consociación que tenga la pastura analizada (Armendano y col., 2015). En pasturas con menos de 50% de festuca la enfermedad no ocurre (Riet-Correa y col., 2007).

### 1.5.2.3 Estrategias de prevención o control propiamente dichas

Basada en la información precedente, por lo general las decisiones factibles suelen abarcar:

1. **Descartar el uso:** generalmente de materiales con niveles de contaminación muy elevados, o niveles finales recomendados de uso despreciables o en categorías muy sensibles (Acosta y col., 2016). Los animales lactantes, gestantes y en crecimiento tienen más probabilidades de verse gravemente afectados y no deben correr ningún riesgo (Radostits y col., 2007).
2. **Dilución:** implica usar el material contaminado sólo como parte del alimento total a suministrar (Acosta y col., 2016). Diluyéndose, como máximo, al 10% con alimentos no contaminados y utilizar dicha mezcla preferiblemente para alimentar a un grupo de animales testigos o de prueba (Radostits y col., 2007).
3. **Inclusión de secuestrante o aglutinantes:** dependiendo del tipo de micotoxina presente (no todas tienen la misma polaridad), utilizar secuestrantes de micotoxinas, como aluminosilicatos (bentonita sódica, arcillas, etc.) o derivados de paredes de levaduras, como glucomananos o la mezcla de ellos resulta una alternativa viable (Clemente, 2015). Una vez definido el uso del agente secuestrante más apropiado para la situación, se deberá definir si se utilizara como “preventivo”, donde la dosis generalmente figura en la etiqueta o si ya está el

problema instalado y se debe aplicar como “curativo”, donde suelen requerirse dosis 4 o 5 veces superior a la estándar. Considerar también que la mayor eficiencia del producto se da cuando hay buen contacto secuestrante-micotoxina como ocurre en las raciones mezcladas. En cambio, si no existe posibilidad de asegurar un buen mezclado, esto se debería considerar a la hora de definir la dosis a utilizar (Acosta y col., 2016).

4. **Dilución + inclusión de secuestrante:** consiste en usar el material en forma limitada, diluido con alimento limpio y utilización de algún agente secuestrante. Esta suele ser la decisión más frecuente (Acosta y col., 2016).
5. **Uso de protectores hepáticos y suplementación mineral:** su inclusión se fundamenta en los efectos hepatotóxicos y de inmunosupresión que suelen ocasionar las micotoxinas. Por lo cual la utilización de hepatoprotectores y de minerales en forma orgánica (de mayor biodisponibilidad) como selenio, zinc y cobre, que actúan sobre el sistema inmunitario atenuando el impacto de las micotoxinas, se encuentran recomendadas (Clemente, 2015).

#### I.5.2.4 Ejemplo práctico de estrategias a aplicar

A continuación, se describe un caso real de muestreo y análisis, realizado en junio de 2020, sobre alimentos destinados a terneros de recría. Mediante este caso se pretende ejemplificar y resumir los conceptos hasta aquí desarrollados, como también mostrar una metodología de análisis factible de ser extrapolada y adaptada a diferentes situaciones donde las micotoxinas sean las protagonistas.

**DIETA:** pastoreo directo sobre pastura base festuca alta (*Festuca arundinacea*) biotipo mediterránea y

suplementación a corral con silaje de maíz planta entera.

#### Muestras:

Pastura base festuca alta (Lote 1 y Lote 2)

Silaje de maíz (Bolsón 1, 2, 3 y 4)

#### Análisis solicitado:

- a. Determinación del hongo endófito, *Epichloë coenophiala*, causante de “Festucosis”, y conteo de esporas del hongo *Pithomyces chartarum*, causante de “Eczema Facial”, sobre las muestras de pastura del Lote 1 y 2.
- b. Micotoxicológico: **DON, ZEA, Fumonisinas y Aflatoxinas**, sobre las muestras de pastura y silaje.

#### Resultados:

- a. Las muestras de los lotes 1 y 2 arrojaron un porcentaje de macollos infectados con el hongo endófito *Epichloë coenophiala*, de 10 y 15 % respectivamente, mientras que el conteo de esporas del hongo *Pithomyces chartarum* fue informado como Positivo con < a 40.000 esporas/gramo - Nivel de contaminación: Bajo, en ambas muestras.

Si bien las muestras resultaron positivas a ambos hongos estudiados, los valores hallados no son significativos, por lo cual no sería de esperar efectos perjudiciales (productivos o en el estado de salud) de los bovinos que consumieran esta pastura.

- b. En la Tabla I-5 y Tabla I-6 se resumen los resultados sobre los niveles de micotoxinas hallados en las distintas muestras de pastura y silaje de maíz remitidas al laboratorio y el riesgo de toxicidad asociado, según los valores hallados, para la categoría ternero

**Tabla I-5.** Niveles de micotoxinas hallados en las muestras de festuca y riesgo de toxicidad asociado para la categoría ternero

Hongo (fuente de la micotoxina)	Micotoxina	Resultado Análisis Micotoxicológico. Valores expresados en ppb		Niveles de micotoxinas en el alimento consumido y riesgo asociado. Valores expresados en ppb		
		Lote 1	Lote 2	Bajo	Medio	Alto
<i>Fusarium spp.</i>	DON	300	160	< 250	250 – 1000	> 1000
	ZEA	184	62	< 100	100 – 250	> 250
	Fumonisinias	0	0	15000		
<i>Aspergillus spp.</i>	Aflatoxinas	4,4	2,4	< 5	5 – 20	> 20

**Tabla I-6.** Niveles de micotoxinas hallados en el silaje de maíz y riesgo de toxicidad asociado para la categoría ternero

Hongo (fuente de la micotoxina)	Micotoxina	Resultado Análisis Micotoxicológico. Valores expresados en ppb				Niveles de micotoxinas en el alimento consumido y riesgo asociado. Valores expresados en ppb		
		Bolsón 1	Bolsón 2	Bolsón 3	Bolsón 4	Bajo	Medio	Alto
<i>Fusarium spp</i>	DON	1.150	1.380	1.640	2.010	< 250	250 – 1000	> 1000
	ZEA	300	500	390	526	< 100	100 – 250	> 250
	Fumonisinias	2.200	800	0	0	15.000		
<i>Aspergillus spp.</i>	Aflatoxinas	4,20	11	57	69	< 5	5 – 20	> 20

#### Cálculo del consumo de micotoxinas y riesgo asociado a partir de la dieta ofrecida a los animales

Suponiendo que:

- Se trata de terneros de 200 kg de peso vivo (PV), con un consumo estimado de MS/animal/día del 2,5% del PV, lo cual equivale a **5 kg MS/animal/día**.
- El 70% de la MS de la dieta (**3,5 kg**), lo aporta la pastura y el 30% restante (**1,5 kg**) el silaje de maíz.
- La pastura contiene un 20% de MS y el silaje de maíz un 30% de MS, lo que determina un consumo estimado de **17,5 Kg de pastura TAL CUAL/animal/día** y **5 Kg de silaje TAL CUAL/animal/día**.
- Se asigna para pastoreo directo la pastura base festuca del **Lote 1** y se suplementan con silaje del **Bolsón 4**. Se elige esta combinación por ser la que muestra las concentraciones más elevadas de micotoxinas.

Si nos basamos en los valores expresados en la Tabla I-5 y Tabla I-6 para calcular cuál sería el consumo de micotoxinas seguro, que, en teoría, debiera tener un ternero de determinado peso vivo (PV), para no presentar inconvenientes de toxicidad, y lo comparamos con los valores reales obtenidos a partir de los análisis de laboratorio efectuados, nos daremos una idea de los posibles efectos/consecuencias que podrían tener los animales que consuman los alimentos en cuestión.

A continuación, se desarrolla el ejemplo de dicho cálculo.

### Consumo máximo SEGURO, a partir de la PASTURA, de:

**DON:** 250 ppb (Tabla) x 3,5 kg MS = 875 ppb totales/animal/día.

**ZEA:** 100 ppb (Tabla) x 3,5 kg MS "Pastura" = 350 ppb totales/animal/día.

**Afla:** 5 ppb (Tabla) x 3,5 kg MS = 17,5 ppb totales/animal/día.

### Consumo SEGURO de PASTURA CONTAMINADA

**Por DON:** 300 ppb (Análisis de lab.) x X kg MS = 875 ppb totales/animal/día.

$X = 875/300 = 2,9$  kg MS

**Por ZEA:** 184 ppb (Análisis de lab.) x X kg MS "Pastura" = 350 ppb totales/animal/día.

$X = 350/184 = 1,9$  kg MS. **ZEA es la que más "LIMITA EL CONSUMO" de la pastura.**

**Por Afla:** 4,4 ppb (Análisis de lab.) x X kg MS = 17,5 ppb totales/animal/día.

$X = 17,5/4,4 = 3,9$  kg MS. **Afla "NO LIMITA EL CONSUMO" de la pastura.**

### Consumo máximo SEGURO a partir del Silaje de Maíz de:

**DON:** 250 ppb (Tabla) x 1,5 kg MS "Silaje" = 375 ppb totales/animal/día.

**ZEA:** 100 ppb (Tabla) x 1,5 kg MS "Silaje" = 150 ppb totales/animal/día.

**Afla:** 5 ppb (Tabla) x 1,5 kg MS = 7,5 ppb totales/animal/día.

### Consumo SEGURO de SILAJE DE MAÍZ CONTAMINADO

**Por DON:** 2.010 ppb (Análisis lab.) x X kg MS = 375 ppb totales/animal/día.

$X = 375/2.010 = 0,186$  kg MS

**Por ZEA:** 526 ppb (Análisis lab.) x X kg MS = 150 ppb totales/animal/día.

$X = 150/526 = 0,285$  kg MS

**Por Afla:** 69 ppb (Análisis lab.) x X kg MS = 7,5 ppb totales/animal/día.

$X = 7,5/69 = 0,108$  kg MS. **Afla es la que más "LIMITA EL CONSUMO" del silaje de maíz.**

De los resultados se desprende que ZEA "limita el consumo" de la pastura y Afla el del silaje. Por lo que los animales podrían consumir, en teoría, sin presentar inconvenientes como máximo 9,5 kg de pastura TAL CUAL y 0,36 kg de silaje TAL CUAL

A lo analizado hasta aquí, habría que sumarle el posible sinergismo entre las distintas micotoxinas presentes, el cual es muy difícil de estimar en condiciones de campo. Por lo cual resulta altamente probable que los animales que consuman estos alimentos, puedan presentar signos asociados al consumo de dosis tóxicas de micotoxinas. Estos se podrían resumir, en virtud de los tipos de micotoxinas presentes y niveles alcanzados por muchas de ellas, en:

- a. **Aflatoxinas:** estas son hepatotóxicas y suelen ocasionar un cuadro hepático muy parecido al provocado por los alcaloides pirrolizidínicos presentes en algunas especies de *Senecio* spp.

La forma de presentación clínica más frecuente es la crónica, a causa del consumo de dosis tóxicas durante semanas o meses. Esta se caracteriza por pérdida de estado, anorexia y signos de insuficiencia hepática (Archivo Veterinario del Este, 2011). Cabe hacer una mención especial sobre los altos niveles alcanzados por las aflatoxinas en el silaje (69 ppb), cuando se considera como aceptable para la categoría ternero valores < a 5 ppb, por lo que sería de esperar incluso casos de mortandad sobre los animales que consumieran dicho alimento ([Ver aquí un caso reportado de mortandad donde las](#)

[concentraciones halladas fueron incluso menores a las presentes en las muestras aquí analizadas](#). Por último, resaltar el potencial efecto inmunosupresor que estas tienen por lo cual potencian o favorecen la presentación de enfermedades infecciosas, parasitarias etc e interfieren con la eficacia de las vacunas en los animales (Godoy, 2006).

- b. **ZEA:** biológicamente se la puede considerar una sustancia que actúa y produce una respuesta similar a los estrógenos, por lo que niveles tóxicos producen hiperestrogenismo en el animal con el consecuente efecto dañino sobre el sistema reproductor (estros prolongados, vaginitis, infertilidad, maduración sexual prematura etc). Prácticamente no se observa ningún otro tipo de efecto tóxico, excepto a dosis extremadamente altas. A su vez también aclarar que la especie más susceptible no es la bovina sino la porcina (Godoy, 2006). Por lo que, en este caso, resultan de mayor significancia, para la categoría terneros, los niveles alcanzados por DON.
- c. **DON:** ocasiona rechazo y reducción del consumo del silaje y la pastura con la consecuente disminución en la ganancia diaria de peso, pérdida de estado y producción.
- d. **DON + ZEA:** por último, destacar que en los casos donde DON y ZEA están presentes en niveles altos, como en este caso, sería indicativo de un alimento seriamente contaminado con hongos del género *Fusarium* spp (Acosta y col., 2016).

## RECOMENDACIONES:

### Pastura de Festuca

Si bien los niveles de ZEA son los que técnicamente limitan mayormente el consumo de la pastura, no obstante, como ya se comentó, en este caso sería DON el de mayor significancia. Donde las 300 ppb de DON representan, para la categoría terneros, un **nivel riesgo medio** (ver Tabla I-5.) por lo cual se

podrían recomendar como posibles estrategias de prevención o control:

1. Pastoreo libre con suplementación y el agregado, sobre el producto suplementado, de secuestrante de micotoxinas.
2. Consumir libremente las pasturas mediante un estricto monitoreo del estado de salud y performance de los animales.

### Silaje de Maíz

Para definir la mejor estrategia a seguir sobre los distintos silajes de maíz evaluados, se debería poner en valor algunos puntos que resultan importantes para dicha definición:

- a. En general los distintos materiales se encuentran con niveles de contaminación muy elevados. En especial los Bolsones 3 y 4.
- b. Los terneros, como se mencionó, son más susceptibles que los animales adultos.
- c. Los niveles seguros de uso del silaje son extremadamente bajos (**0,108 kg MS/animal/día**).
- d. Es factible que exista sinergismo entre dos o más toxinas presentes que pueda potenciar aún más los efectos deletéreos de estas.
- e. De tener que optar por un Bolsón para ser usado con la categoría terneros, el más indicado sería el Bolsón N° 1.

Teniendo en cuenta estos puntos las posibles estrategias a seguir podrían ser:

1. Descartar el uso.
2. Descartar el uso en terneros y suministrar a categorías menos susceptibles (vacas, novillos etc) en forma limitada (no autoconsumo) y con el agregado de secuestrantes de micotoxinas.
3. Usar el material en los terneros en forma limitada (no autoconsumo) y a su vez, diluido (por ej. con silaje en buenas condiciones) y con el agregado de secuestrantes de micotoxinas.

## Generales

Debido al efecto inmunosupresor provocado por varias de las micotoxinas a las que se encuentran expuestos los animales se recomienda, evitar todo tipo de situaciones de estrés que puedan agravar tal situación, como también extremar las medidas de prevención de enfermedades. Al respecto se destacan las parasitosis por ser los terneros la categoría más susceptible, en especial durante su recría y siendo el invierno el momento del año, de mayor incidencia de las misma. Para lo que se recomienda evaluar la carga parasitaria en los animales, mediante el recuento de huevos por gramo de materia fecal (HPG) y de ser necesario

desparasitar los mismos preferentemente con alguna droga que no se conozca resistencia y luego continuar monitoreando la evolución de la carga parasitaria en los animales, mediante la realización de HPG cada 25 o 30 días de ser necesario.

A modo de cierre volver a enfatizar que los resultados de laboratorio, deberían, para su mejor interpretación complementarse con lo observado a campo sobre los animales y el alimento a ofrecer o consumido por estos.

## I.6 Bibliografía

- Acosta, Y.; Mieres, J.; La Manna, A. (2016). Micotoxinas en alimentos para el ganado: alternativas para la mitigación de efectos adversos y criterios para la utilización más segura de alimentos contaminados. INTA E.E.A. Manfredi, C.R. Córdoba, INTA. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/micotoxinas-en-alimentos-para-el-ganado-alternativas-para-la-mitigacion-de-efectos-adversos-y-criterios-para-la-utilizacion-mas-segura-de-alimentos-contaminados>
- Archivo Veterinario del Este. (2011). Boletín N° 10, Vol. 3 - (N° 3): 1-15. Disponible en: [http://www.smvu.com.uy/moduloBiblioteca/9\\_f4adb0cd/archivosAdjuntos/n-3.pdf](http://www.smvu.com.uy/moduloBiblioteca/9_f4adb0cd/archivosAdjuntos/n-3.pdf)
- Armendano, J. I.; Odeón, A. C.; Callejas, S. S.; Echarte, L.; Odriozola, E. R. (2015). Estrés térmico y síndrome distérmico en bovinos para carne de la provincia de Buenos Aires. En: *9nas Jornadas Internacionales de Veterinaria Práctica*, Mar del Plata - 28 y 29 de agosto de 2015. Disponible en: <http://cvpba.org/wp-content/uploads/2015/09/Armendano-et-al.-2015-S-sindrome-dist-rmico-9nas-Jornadas.pdf>
- Blood, D.C.; Radostits, O.M. (1992). Enfermedades Causadas por agentes químicos (II). En Blood, D.C.; Radostits, O.M. *Medicina Veterinaria*. Interamericana, D.F. México. Séptima Edición. Volumen 2, Capitulo 32: 1407-1427.
- César, D. (2002). Micotoxinas. *Revista del Plan Agropecuario*, N° 101: 46-50. Disponible en: [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R101/R101\\_46.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R101/R101_46.pdf)
- Clemente, G. (2015). ¿Qué son las micotoxinas? Micotoxicosis: Consideraciones Generales. E.E.A. Manfredi, C.R. Córdoba, INTA. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/bfque-son-las-micotoxinas-micotoxicosis-consideraciones-generales>
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la prevención y control de las micotoxinas. Centro de Capacitación y Referencia FAO / OIEA para el Control de los Alimentos y los Plaguicidas. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/7bbcbf7b-2fd4-59c0-8ff8-698d4bcf9c29>
- Godoy, H.M. (2006). Micotoxinas en maíz. En: Serie de informes especiales de ILSI Argentina. Maíz y nutrición: Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. ILSI Argentina. Buenos Aires, Argentina. Segunda edición: 63:69.
- Licoff, N.; Khalloub, P.; Diab, S.; Cantón, G.; Odeón, A.; Odriozola, E. (2008). Evaluación toxicológica de *Pithomyces chartarum* en Argentina. *Revista de*

- Medicina Veterinaria, Volumen 89, N° 1: 9-12.  
Disponible en:  
<https://www.someve.org.ar/index.php/revista/ultimo-volumen/73-volumen-89-n%C2%B0-1-a%C3%B1o-2008.html>
- Ogunade, I.M.; Martinez-Tuppia, C.; Queiroz, O.C.M.; Jiang, Y.; Drouin, P.; Wu, F.; Vyas, D.; Adesogan, A.T. (2018). Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation, Journal of Dairy Science, Issue 5, Volume 101, Pages 4034-4059. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218303254>
- Perusia, O. R.; Rodriguez Armesto, R. (2004). Plantas Tóxicas y Micotoxinas. Circulo de Médicos Veterinarios, Departamento Las Colonias Prov. de Santa Fe. Cuaderno de Divulgación Técnica N° 4, 4ta edición: 56-115. Disponible en:  
<http://www.plantastoxicass.tk/>
- Petigrosso, L. R.; Gundel, P. E.; Colabelli, M. N.; Fernández, O.N.; Assuero, S. G. (2019). Hongos endófitos en festuca alta: del problema a las soluciones. Ediciones INTA. RIA 45 (2): 292-303. Disponible en:  
[https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5674/RIA\\_2019\\_VOLUMEN45\\_N%C2%B02\\_p.292-303.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5674/RIA_2019_VOLUMEN45_N%C2%B02_p.292-303.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Radostits, O.M.; Gay, C.C.; Hinchcliff, K.W.; Constable, P.D. (2007). Diseases associated with toxins in plants, fungi, cyanobacteria, clavibacteria, insects and animals. En: Radostits, O.M.; Gay, C.C.; Hinchcliff, K.W.; Constable, P.D. Veterinary Medicine a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. Saunders Elsevier. Décima edición, Segunda parte: Medicina especial, Capítulo 33: 1897-1912.
- Ramirez, M. L.; Chulze, S. N.; Torres, A. M.; Zachetti, V. G. L.; Nichea, M. J.; Cendoya, E; Palacios, S. A. (2014). Variación estacional de la presencia de micotoxinas en pasturas naturales destinadas a la alimentación bovina. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria; SNS; 4: 49-54.
- Riet-Correa, F.; Riverol, R.; Schild, A. L. (2007). Micotoxinoses en animales domésticos en pastoreo. XXXV Jornadas Uruguayas de Buiatría, Centro Médico Veterinario de Paysandú. Disponible en:  
[https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/180/JB2007\\_116-131.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/180/JB2007_116-131.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Riet-Correa, F.; Rivero, R.; Odriozola, E.; Adrien, M. de L.; Medeiros, R. M. T.; Schild, A. L. (2013). Mycotoxicoses of ruminants and horses. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation, 25(6), 692-708. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1177/1040638713504572>