

Evaluación del consumo de deoxinivalenol y de un adsorbente comercial de micotoxinas en vacas lecheras a pastoreo

Mendoza Alejandro¹, La Manna Alejandro¹, Mieres Juan¹ †, Acosta Yamandú¹

¹Programa de Producción de Leche, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Ruta 50 km 12, 70000 Colonia, Uruguay. Correo electrónico: amendoza@inia.org.uy

Recibido: 23/9/13 Aceptado: 5/3/14

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la ingesta de deoxinivalenol (DON) y de un adsorbente de micotoxinas en la producción de vacas lecheras, 32 vacas fueron asignadas a los siguientes tratamientos en un diseño de bloques completos al azar durante nueve semanas: oferta de 6 kg/día de concentrado/vaca con a) 0, b) 2,5, c) 5,0 o d) 5,0 ppm de DON más 0,1 % de un adsorbente de micotoxinas, equivalente a una oferta de 0, 15, 30 y 30 mg de DON/día, respectivamente. Los concentrados fueron formulados para ser isoenergéticos e isoproteicos, y se ofreció a todas las vacas la misma cantidad de pradera y ensilaje de maíz. El consumo de concentrado y la producción de leche no difirió entre tratamientos, pero la oferta de 30 mg/día de DON sin adsorbente disminuyó el porcentaje, el rendimiento de grasa y la producción de leche corregida a 4 % de grasa (LCG), e incrementó el recuento de células somáticas (RCS). La inclusión de un adsorbente en el concentrado con 5,0 ppm de DON evitó el aumento del RCS y la disminución de la producción de LCG. No hubo efecto del DON sobre la variación de peso o condición corporal, o la concentración plasmática de las enzimas aspartato aminotransferasa y gamma glutamil-transferasa. En condiciones pastoriles, una ingesta diaria mayor a 14 mg/vaca de DON redujo la productividad de vacas lecheras en lactancia temprana, lo que fue evitado mediante la inclusión de un adsorbente comercial.

Palabras clave: tricotecenos, bovinos

Summary

Evaluation of Deoxynivalenol Intake and a Commercial Adsorbent of Mycotoxins in Grazing Dairy Cows

To evaluate the effect of deoxynivalenol (DON) intake and a mycotoxin adsorbent on dairy cow performance, 32 cows were assigned to the following treatments in a randomized complete block design for nine weeks: daily allowance of 6 kg/cow of a concentrate with a) 0, b) 2.5, c) 5.0 and d) 5.0 ppm of DON plus 0.1% of a mycotoxin adsorbent, which delivered 0, 15, 30 and 30 mg of DON/day, respectively. Every cow was daily offered with the same quantity of pastures and corn silage, and concentrates were designed to be isoenergetic and isoproteic. Concentrate intake and milk yield did not differ among treatments, but a daily allowance of 30 mg of DON without adsorbent reduced milk fat, yield, and 4 % fat-corrected milk (FCM) yield, and increased milk somatic cell count (SCC). The inclusion of an adsorbent in the concentrate with 5.0 ppm of DON avoided the increase in SCC and the reduction in FCM yield. There was no effect of DON on body weight, condition score change, or plasma concentration of aspartate aminotransferase and gamma glutamyl transferase. Under grazing conditions, a daily intake of DON higher than 14 mg/cow reduced dairy cow performance, which was avoided through the inclusion of a commercial mycotoxin adsorbent.

Key words: trichothecenes, bovines

Introducción

El deoxinivalenol (DON) es una micotoxina perteneciente al grupo de los tricotecenos, y es producida por diversos hongos del género *Fusarium*, como *F. graminearum* o *F. culmorum*. Debido a su amplia distribución en cultivos y alimentos a nivel mundial, representa un peligro potencial tanto para la salud animal como humana (Fokunang *et al.*, 2006; Krout-Greenberg *et al.*, 2013). En el caso de Uruguay se han constatado elevados valores de concentración de DON en granos de trigo y cebada (Pereyra y Dill-Macky, 2010), parte de los cuales o sus subproductos son utilizados en la alimentación de animales, tanto monogástricos como rumiantes.

Según Pestka (2007), los rumiantes son más resistentes que los monogástricos a los efectos deletéreos del DON debido a que los microorganismos del rumen son capaces de transformarlo a moléculas menos tóxicas como deoxinivalenol. Sin embargo, en ganado lechero la información es escasa y en ocasiones contradictoria. En algunos experimentos el consumo disminuyó cuando se suministró un concentrado con 6,4 ppm de DON en vacas secas (Trenholm *et al.*, 1985) o grano de maíz contaminado con *F. graminearum* en vacas en ordeño (Noller *et al.*, 1979), mientras que en otros no se reportaron efectos adversos sobre el consumo (Charmley *et al.*, 1993) o la producción y composición de leche (Ingalls, 1996). En otro trabajo, si bien la ingesta de DON deprimió el sistema inmune de vacas lecheras en lactancia media, no se detectaron efectos negativos sobre el desempeño productivo de los animales (Korosteleva *et al.*, 2007).

En general, los trabajos anteriores han utilizado animales no lactantes o en una etapa avanzada de la lactancia, y/o que fueron expuestos al DON por un período breve. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de niveles crecientes de DON en el concentrado ofrecido a vacas lecheras a pastoreo en lactancia temprana a media sobre el consumo, la producción y composición de leche, la variación de peso y condición corporal, y la concentración de enzimas indicadoras de daño hepático. Un segundo objetivo del experimento fue evaluar la efectividad de un adsorbente comercial de micotoxinas en prevenir cualquier posible efecto deletéreo de la ingesta de DON en los animales.

Materiales y métodos

Animales y tratamientos

El protocolo experimental se desarrolló de acuerdo a las pautas establecidas en la «Ordenanza sobre uso de ani-

males en experimentación, docencia e investigación universitaria», propuesta por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal de la Universidad de la República (Comisión Honoraria de Experimentación Animal. Universidad de la República, 2000). Se seleccionaron 32 vacas lecheras de raza Holstein del rodeo de la Unidad de Lechería de la Estación Experimental «La Estanzuela» (34° 29' S, 57° 44' O), con partos de otoño, que fueron bloqueadas por nivel de producción previo al inicio del experimento (27,0 ± 2,5 (desvío estándar (DE)) l/día), número de lactancias (3,2 ± 1,1 (DE) lactancias) y días en lactancia (80,3 ± 20,0 (DE) días). Dentro de cada bloque, los animales fueron asignados al azar a uno de cuatro tratamientos, resultando en ocho animales por tratamiento. Todos los tratamientos recibieron una oferta diaria de 6 kg (materia fresca (MF)) de concentrado, que diferían en su concentración de DON: D0: 0 ppm, D2.5: 2,5 ppm, D5.0: 5,0 ppm, y D5.0+A: 5,0 ppm de DON más 0,1 % de un adsorbente de micotoxinas comercial elaborado a partir de glucomanos esterificados (Mycosorb®, Alltech; Nicholasville, KY, USA). Las ingestas diarias de DON fueron de 0, 15, 30 y 30 mg DON/día para D0, D2.5, D5.0 y D5.0+A, respectivamente. Los concentrados se formularon de forma que fueran isoenergéticos e isoproteicos (Cuadro 1). Para lograr los distintos niveles de DON en el concentrado se usó grano de cebada y afrechillo de trigo contaminado con 6 y 24 ppm de DON, respectivamente, determinado según el método fluorométrico cuantitativo descrito por Malone *et al.* (1998), utilizando kits comerciales (FluoroQuant®; Romer Lab, Union, USA) y un fluorómetro de serie 4 (BBI-Source Scientific Inc., Los Angeles, USA); los restantes ingredientes de los concentrados no presentaban cantidades detectables de DON (límite de detección = 0,5 ppm). El período experimental constó de una semana donde todos los animales consumieron la misma dieta (sin inclusión de micotoxinas o adsorbente) y se colectaron datos productivos para usar como covariable, seguido de ocho semanas donde fueron sometidos a los distintos tratamientos: las dos primeras semanas fueron de adaptación a las dietas experimentales, y en las siguientes seis semanas se realizaron las mediciones.

Las vacas se ordeñaron a dos veces por día (6.30 y 16 h). Luego del ordeño matutino los animales pastorearon una pastura compuesta por *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa* y *Trifolium repens*, en parcelas separadas para cada tratamiento, de dos o tres días de duración. El nivel de asignación diaria de pastura fue 10 kg de materia seca (MS)/vaca y fue igual para todos los tratamientos. Luego del ordeño vespertino los animales de cada tratamiento fueron encerrados en corrales grupales, y

Cuadro 1. Ingredientes de los concentrados experimentales y composición química de los alimentos ofrecidos¹.

	Concentrado				Pastura	Ensilaje
	D0	D2.5	D5.0	D5.0+A		
Ingredientes (% en base fresca)						
Grano de maíz	62,4	42,6	51,7	51,7	-	-
Grano de cebada	-	28,0	5,9	5,9	-	-
Afrehillo de trigo	-	2,0	17,8	17,8	-	-
Afrehillo de arroz desgrasado	-	-	5,6	5,6	-	-
Harina de girasol	28,4	17,9	7,7	7,6	-	-
Harina de plumas hidrolizadas	4,5	4,5	6,2	6,2	-	-
Urea	1,1	1,7	1,6	1,6	-	-
Carbonato de calcio	0,1	0,8	0,6	0,6	-	-
Dolomita calcinada	1,7	1,2	1,4	1,4	-	-
Fosfato bicálcico	0,6	-	0,1	0,1	-	-
Yeso	-	0,1	0,2	0,2	-	-
Sal	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-
Mycosorb®	-	-	-	0,1	-	-
Composición química						
MS ² , %	89,5	89,2	90,3	88,8	22,0	32,4
PC ³ , %	21,0	23,0	18,8	19,5	14,2	8,4
FDA ⁴ , %	16,6	17,2	12,5	14,5	46,0	30,9
FDN ⁵ , %	21,5	25,0	21,5	27,5	56,0	43,8
ENL ⁶ (Mcal/kg MS)	1,66	1,65	1,72	1,69	1,11	1,46

¹Los tratamientos evaluados fueron: oferta diaria por animal de 6 kg de un concentrado con 0 (D0), 2,5 (D2.5), 5,0 (D5.0) o 5,0 ppm de deoxinivalenol más 0,1 % de un adsorbente de micotoxinas (D5.0+A).²Materia seca. ³Proteína cruda. ⁴Fibra detergente neutro. ⁵Fibra detergente ácido. ⁶Energía neta para lactancia.

se ofreció 25 kg MF/vaca de ensilaje de maíz y sales minerales a voluntad (Foser 100, Erro S.A., Dolores, Uruguay). Los animales tuvieron acceso a agua a voluntad luego de los ordeñes, en la pastura y durante el encierro nocturno.

Determinaciones y análisis de muestras

Cada semana del período de mediciones, durante seis ordeñes consecutivos, se registró la producción de leche de cada animal. En cada uno de esos ordeñes se tomó una muestra de leche de cada animal, con las que se formaron tres muestras compuestas por vaca para cada semana, que se usaron para determinar el contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales con un equipo Bentley 2000 (De Bentley Instruments, Chaska, USA), y de recuento de células somáticas (RCS) con un equipo Somacount 500 (De Bentley Instruments, Chaska, USA). En todos los casos se usaron las técnicas propuestas por la IDF (1995; 2000). Los datos de producción de leche fueron corregidos

por el contenido de grasa según la siguiente ecuación: Leche Corregida a 4 % de Grasa (LCG) = litros de leche x (0,4 + 0,15 x porcentaje de grasa).

Semanalmente, y luego del ordeño matutino y sin ayuno previo, se determinó el peso vivo (PV) de los animales con una balanza Ruddweigh 200 (International Scale Co. Pty. Ltd., Guyra, Australia), y se registró la condición corporal (CC) según la metodología propuesta por García Paloma (1990).

Durante la primera semana del experimento (cuando los animales consumieron la misma dieta) y la última, se extrajeron muestras de sangre de los animales, luego del ordeño matutino, y una vez centrifugadas (3000 g durante 15 minutos) se separó y congeló el plasma a -20 °C. Las muestras se utilizaron para determinar la concentración plasmática de las enzimas aspartato aminotransferasa (ASAT) (Bergmeyer *et al.*, 1986) y gamma glutamiltransferasa (γ -GT) (Szasz, 1969) en el Laboratorio Miguel C.

Rubino, de la Dirección de Laboratorios Veterinarios (DILAVE) (Montevideo, Uruguay). Si bien DON no se caracteriza por provocar lesiones a nivel hepático, otros tricotecnos pueden ejercer toxicidad a este nivel (Eriksen y Pettersson, 2004), y ya que esta información es en general escasa en vacas de alta producción, se optó por seleccionar estas dos enzimas como indicadoras de un eventual daño hepático (Russell y Rousell, 2007).

Semanalmente se tomaron muestras de los distintos alimentos ofrecidos. Durante los tres días en que se registró la producción de leche se midió individualmente el concentrado rechazado por cada animal, así como el rechazo de ensilaje en los comederos nocturnos. Para determinar el área de las franjas se determinó la disponibilidad de pastura al inicio de cada semana tirando al azar 10 rectángulos (0,2 x 0,5 m) y cortando al ras del suelo. Para estimar la composición botánica de la pastura se separó el material de tres de las muestras al azar, en las siguientes fracciones: gramíneas, leguminosas, restos secos y malezas. Una vez a la semana, en la última franja pastoreada por los animales de cada tratamiento, se determinó la disponibilidad de forraje remanente de la misma forma que para la estimación del disponible. El consumo de MS o nutrientes del concentrado, pastura y ensilaje se estimó como la diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada.

Todas las muestras se secaron a 60 °C hasta peso constante y se molieron a 1 mm, y luego fueron analizadas para determinar: proteína cruda (PC) (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991). La concentración de energía neta para lactancia (ENL) de los alimentos se calculó de la forma sugerida por Acosta (1994).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y ocho repeticiones. Para todas las variables medidas, a excepción de consumo de ensilaje y pastura, la unidad experimental fue cada vaca. Los datos de RCS se transformaron con \log_{10} . Para cada vaca, los resultados semanales se promediaron y fueron analizados con el PROC GLM del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, USA; versión 9.1), usando un modelo estadístico que incluyó el efecto del tratamiento, del bloque, el valor obtenido al inicio del experimento como covariable, y el error residual.

Para las variables consumo de pastura y consumo de ensilaje, los valores semanales de cantidad de alimento

desaparecido, correspondientes a datos grupales, fueron divididos entre el número de animales para obtener valores individuales. Por esta razón, estos datos no fueron sometidos a análisis estadístico y solo se presentan con fines descriptivos.

Los datos se presentan como medias \pm error estándar de la media. Para la comparación de medias se usó el test de mínima diferencia significativa, estableciendo un valor de significancia con $P < 0,05$, y de tendencia con $P < 0,10$.

Resultados y discusión

Durante el experimento la disponibilidad de pastura fue 3830 ± 590 (DE) kg MS/ha, con una proporción de gramíneas, leguminosas, restos secos y malezas de 37,1, 24,3, 33,3 y 5,3 % (base seca), respectivamente, y la utilización del forraje disponible por los animales de los distintos tratamientos fue $51,8 \pm 13,1$ (DE) %. Probablemente, la elevada proporción de restos secos presente en la pastura explicó la alta concentración de FDA del material ofrecido a los animales, y por consiguiente, la baja concentración de ENL del mismo.

El consumo diario de DON ajustado por el rechazo de concentrado fue 0, 14, 28 y 28 mg/vaca/día para los tratamientos D0, D2.5, D5.0 y D5.0+A, respectivamente. A excepción del consumo de FDA proveniente del concentrado, que fue mayor en los tratamientos D0 y D2.5 respecto a D5.0 y D5.0+A ($P < 0,01$), no hubo efecto de los tratamientos sobre el consumo diario de nutrientes del concentrado (Cuadro 2). Si bien los datos de consumo de ensilaje y pastura no fueron sometidos a análisis estadístico, y por tanto cualquier conclusión al respecto debe ser manejada con cuidado, los resultados numéricos sugieren que no habría habido diferencias marcadas entre tratamientos en la ingesta de nutrientes a partir de estos dos alimentos. Estos resultados coinciden con lo reportado por Charmley *et al.* (1993) e Ingalls (1996), quienes no observaron efectos adversos de ingestas entre 104 y 195 mg/día de DON, respectivamente, sobre el consumo de vacas en lactancia media y temprana. Noller *et al.* (1979) reportó un menor consumo de vacas lecheras asociado al consumo de grano de maíz contaminado con *F. graminearum*, que no había sido analizado para DON, aunque maíz cosechado en el mismo campo y analizado en otro experimento tenía entre 12 y 13 ppm. Es posible que en este caso otras micotoxinas, incluidos otros tricotecnos, estuviesen presente en el grano, y que estas hayan sido en parte responsables de esos resultados; según Speijers y Speijers (2004), el efecto tóxico del DON puede ser amplificado por la presencia de otras micotoxinas.

Cuadro 2. Consumo de alimentos y nutrientes según tratamiento¹.

	D0	D2.5	D5.0	D5.0+A	EEM ²	P>F ³
Pastura						
MS ⁴ , kg/día	5,56	5,61	4,76	4,78	0,40	-
PC ⁵ , kg/día	0,90	0,90	0,83	0,83	0,07	-
FDN ⁶ , kg/día	2,81	2,91	2,38	2,30	0,30	-
FDA ⁷ , kg/día	2,47	2,56	2,13	2,16	0,24	-
ENL ⁸ , Mcal/día	6,39	6,29	5,45	5,43	0,51	-
Ensilaje						
MS, kg/día	8,83	8,83	8,73	8,82	0,39	-
PC, kg/día	0,75	0,75	0,74	0,75	0,06	-
FDN, kg/día	3,87	3,87	3,83	3,86	0,21	-
FDA, kg/día	2,72	2,72	2,69	2,72	0,18	-
ENL, Mcal/día	12,89	12,89	12,74	12,87	0,68	-
Concentrado						
MS, kg/día	5,24	5,10	5,15	5,15	0,05	0,11
PC, kg/día	1,11	1,20	0,99	1,02	0,10	0,29
FDN, kg/día	1,14	1,31	1,12	1,44	0,14	0,26
FDA, kg/día	0,88 ^a	0,90 ^a	0,66 ^b	0,76 ^b	0,03	0,01
ENL, Mcal/día	8,81	8,64	9,02	8,85	0,04	0,16

a, b: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

¹Los tratamientos evaluados fueron: oferta de un concentrado con 0 (D0), 2,5 (D2.5), 5,0 (D5.0) y 5,0 ppm de deoxivalenol más 0,1 % de un adsorbente de micotoxinas (D5.0+A). ²Error estándar de la media. ³Efecto tratamiento; las variables de pastura y ensilaje no fueron sometidas a análisis estadístico. ⁴Materia seca. ⁵Proteína cruda. ⁶Fibra detergente neutro. ⁷Fibra detergente ácido. ⁸Energía neta para lactancia.

La ingesta de 28 mg de DON por día sin adsorbente no modificó la producción de leche, pero redujo ($P < 0,03$) la producción de grasa y tendió ($P < 0,08$) a disminuir su porcentaje en la leche respecto a los tratamientos D0 y D2.5 (Cuadro 3). Esto determinó que la producción de LCG tendiera a ser menor en el tratamiento D5.0 respecto a D0 y D2.5 ($P < 0,06$). Si bien se ha reportado que el consumo de 111 mg/día de DON redujo el porcentaje de grasa láctea de vacas en lactancia temprana (Keese *et al.*, 2008), en otros trabajos no reportaron efectos adversos de la ingesta de DON sobre esta variable (Ingalls, 1996; Seeling *et al.*, 2006; Korosteleva *et al.*, 2007). Mientras que en el experimento realizado por Keese *et al.* (2008) el menor porcentaje de grasa láctea fue atribuido a un efecto de dilución, en el presente experimento la reducción se debería a un efecto directo sobre la cantidad de grasa secretada en la leche. No existe información publicada sobre los efectos del DON en el metabolismo de los lípidos en los rumiantes, y los datos

recabados en este experimento tampoco permiten identificar el sitio metabólico donde el proceso de secreción de grasa láctea pudo ser inhibido.

El rendimiento de proteína no fue afectado por los tratamientos, pero su concentración se incrementó ($P < 0,01$; Cuadro 3) en el tratamiento D5.0 respecto a D0 y D2.5, lo que contrasta con lo reportado en otros experimentos donde no hubo efecto del consumo de DON sobre el porcentaje de proteína en leche (Charmley *et al.*, 1993; Ingalls, 1996). Es probable que los resultados de este experimento se hayan debido a un efecto de concentración, ya que aunque no fue estadísticamente significativa, la producción de leche en D5.0 fue 6 % menor respecto a los demás tratamientos. No hubo efecto de la ingesta de DON sobre el porcentaje o secreción de lactosa, mientras que con respecto a sólidos totales, el tratamiento D5.0 tendió ($P < 0,09$, Cuadro 3) a producir menor cantidad que los tratamientos D0 y D2.5, debido a la menor producción de grasa de dicho tratamiento.

Cuadro 3. Producción y composición de leche, variación de peso vivo y condición corporal, y enzimas en plasma según tratamiento¹.

	D0	D2.5	D5.0	D5.0+A	EEM ²	P>F
Leche, l/día	23,2	23,1	22,0	23,7	2,0	0,14
Leche corregida por grasa (4 %), l/día	21,8 ^x	22,2 ^x	19,6 ^y	21,6 ^x	2,0	0,06
Grasa, %	3,63 ^{xy}	3,77 ^x	3,28 ^z	3,43 ^{yz}	0,38	0,08
Grasa, kg/día	0,83 ^a	0,84 ^a	0,75 ^b	0,82 ^{ab}	0,09	0,03
Proteína, %	3,19 ^b	3,15 ^b	3,27 ^a	3,21 ^{ab}	0,09	<0,01
Proteína, kg/día	0,74	0,76	0,71	0,74	0,06	0,42
Lactosa, %	4,72	4,78	4,72	4,70	0,07	0,12
Lactosa, kg/día	1,11	1,09	1,06	1,10	0,09	0,51
Sólidos totales, %	2,31 ^{xy}	12,55 ^x	11,87 ^y	11,91 ^y	0,57	0,08
Sólidos totales, kg/día	2,85 ^x	2,90 ^x	2,61 ^y	2,82 ^x	0,23	0,09
Recuento de células somáticas, log ₁₀ (cel*10 ³ /ml)	1,71 ^b	1,80 ^b	2,38 ^a	1,57 ^b	0,17	0,02
Variación de peso vivo, kg	5,5	3,6	6,5	13,0	1,96	0,90
Variación de condición corporal, unidades	0,25	0,25	0,38	0,25	0,22	0,60
ASAT ³ , U/l	102,1	90,6	99,6	90,5	11,8	0,93
γ-GT ⁴ , U/l	29,0	27,3	27,5	33,5	11,3	0,67

a, b: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05). x, y, z: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,10).

¹Los tratamientos evaluados fueron: oferta de un concentrado con 0 (D0), 2,5 (D2.5), 5,0 (D5.0) y 5,0 ppm de deoxivalenol más 0,1 % de un adsorbente de micotoxinas (D5.0+A). ²Error estándar de la media. ³Aspartato aminotransferasa. ⁴Gamma glutamiltransferasa.

Las vacas del tratamiento D5.0 produjeron leche con un RCS superior que las vacas de los tratamientos D0 y D2.5 (P<0,05, Cuadro 3). Este resultado, coincidente con lo reportado por Keese *et al.* (2008), podría haber sido una respuesta frente a una depresión del sistema inmune causada por la ingesta de DON, que haya ocasionado que los animales fuesen más susceptibles a agentes infecciosos. El DON, como otros tricotecenos, se caracteriza por afectar la síntesis proteica, pudiendo llegar a causar en caso de exposiciones prolongadas, daño celular en distintos órganos vinculados al sistema inmunológico (Pestka, 2007). Por ejemplo, Korosteleva *et al.* (2007) reportaron que la ingestión diaria de 79 mg de DON redujo la concentración plasmática de IgA en vacas en lactancia media respecto a una ingesta de 12 mg, sugiriendo que DON podría ejercer un efecto inmunosupresor en vacas lecheras, aunque son precisos más estudios para caracterizar esta respuesta. Los mismos autores no reportaron efectos de la ingesta de DON sobre la concentración de ASAT y γ-GT, lo que concuerda con lo observado en este experimento (Cuadro 3), y sugiere que DON no causaría lesiones a nivel hepático, al menos

que puedan ser reveladas por la medición de estas dos enzimas (Russell y Rousell, 2007).

La ingesta de DON no afectó la variación de PV o CC entre el inicio y el final del experimento (Cuadro 3), resultado que coincide con lo reportado por Ingalls (1996). Si bien Noller *et al.* (1979) observó una menor ganancia de PV cuando se suplementó a vacas lecheras con maíz contaminado con *F. graminearum*, ya se explicó que dicho resultado pudo haber sido causado por la acción conjunta de varias micotoxinas y no solamente del DON. Si se considera que la condición corporal puede ser un buen indicador indirecto del estado energético de un animal (García Paloma, 1990), los resultados sugerirían que el balance de energía de los animales a lo largo del experimento no difirió entre tratamientos. Sumado a que la producción de leche no fue afectada por los tratamientos, los resultados de CC reafirmarían que el consumo de nutrientes tampoco habría diferido entre tratamientos.

Si bien se considera que los rumiantes son más resistentes que los monogástricos a los efectos tóxicos del DON (Pestka, 2007), los resultados de este experimento sugie-

ren que ingestas superiores a 14 mg de DON/día pueden resentir la productividad de vacas lecheras a pastoreo. Un factor que podría haber causado que las vacas utilizadas en este experimento fueran más sensibles a los efectos del DON respecto a lo reportado por la bibliografía es el período de exposición a esta toxina, que fue más prolongado que en experimentos que no reportaron efectos adversos de la misma (*eg* Ingalls, 1996), lo que habría incrementado la probabilidad de que interfiriera a nivel del metabolismo animal. Adicionalmente, en este trabajo se utilizaron animales con un alto potencial de producción de leche y que al inicio del mismo se encontraban en el pico de la lactancia y probablemente en balance de energía negativo. Es posible que el estrés metabólico causado por estos factores haya deprimido el sistema inmune de los animales (Goff y Horst, 1997), lo que contribuiría a explicar los resultados observados.

La inclusión de un adsorbente comercial en el concentrado con 5 ppm de DON evitó la disminución de LCG y la producción de sólidos totales, y el aumento en el RCS observado en el tratamiento D5.0, no siendo diferente de los tratamientos D0 y D2.5 (Cuadro 3). Para las variables producción de grasa y porcentaje de proteína, no hubo diferencias entre el tratamiento D5.0+A con los restantes, mientras que para las variables porcentaje de grasa y sólidos totales el tratamiento D5.0+A no fue distinto de los tratamientos D0 y D5.0, pero tendió a ser menor que el tratamiento D2.5 ($P < 0,08$, Cuadro 3). El uso de adsorbentes es una estrategia útil para reducir los efectos adversos de las micotoxinas en monogástricos (Huwig *et al.*, 2001), pero los reportes de su uso en rumiantes son limitados. Por ejemplo, Korosteleva *et al.* (2007) reportaron que el agregado del mismo adsorbente usado en este experimento a la dieta de vacas consumiendo 81 mg de DON/día previno la reducción en la concentración plasmática de IgA observada en vacas con una ingesta de 79 mg de DON/día pero sin uso de adsorbente. Los resultados del presente experimento sugieren que es posible minimizar algunos de los efectos negativos del DON sobre la producción de vacas lecheras a pastoreo mediante el uso de adsorbentes de micotoxinas.

Conclusiones

Para las condiciones en que se desarrolló este experimento, la ingesta diaria de más de 14 mg de DON redujo la producción de grasa, tendió a disminuir su porcentaje en leche y la producción de LCG, y aumentó el RCS, pero no afectó la variación de peso o CC, o la concentración plasmática de ASAT y γ -GT en vacas lecheras a pastoreo. La adición al concentrado de un adsorbente comercial de mi-

cotoxinas previno el aumento en el RCS y la reducción de la producción de LCG asociada a la ingesta de DON.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Ignacio Gaudin y Pablo Llube-ras por su colaboración en el manejo de los animales. El experimento fue financiado por INIA.

Bibliografía

- Acosta Y.** 1994. Estimadores del valor nutritivo para producción de leche. En: Cozzolino D, Pigurina G, Methol M, Acosta Y, Mieres J, Bassewitz H. [Eds.]. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 44). pp. 41-50.
- AOAC.** 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, USA: Association of Official Agricultural Chemists. 1230p.
- Bergmeyer HU, Horder M, Rej R.** 1986. Approved recommendation (1985) on IFCC methods for the measurement of catalytic concentration of enzymes: Part 2. IFCC method for aspartate aminotransferase (L-aspartate:2-oxoglutarate aminotransferase, EC 2.6.1.1). *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, 24: 497-510.
- Charmley E, Trenholm HL, Thompson BK, Vudathala D, Nicholson JWG, Prelusky GDB, Charmley LL.** 1993. Influence of level of deoxynivalenol in the diet of dairy cows on feed intake, milk production, and its composition. *Journal of Dairy Science*, 76: 3580-3587.
- Comisión Honoraria de Experimentación Animal. Universidad de la República.** 2000. Ordenanza sobre uso de animales en experimentación, docencia e investigación universitaria. Diario Oficial. 2000 21 feb; 95 (25.467): 64-68.
- Eriksen GS, Pettersson H.** 2004. Toxicological evaluation of trichothecenes in animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 114: 205-239.
- Fokunang CN, Tembe-Fokunang EA, Tomkins P, Barkwan S.** 2006. Global impact of mycotoxins on human and animal health management. *Outlook on Agriculture*, 35: 247-253.
- García Paloma JA.** 1990. El método de la condición corporal en vacunos lecheros: propuesta de una metodología unificadora. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*, 5: 121-129.
- Goff JP, Horst RL.** 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal of Dairy Science*, 80: 1260-1268.
- Huwig A, Freimund S, Käppeli O, Dutler H.** 2001. Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. *Toxicology Letters*, 122: 179-188.
- IDF.** 2000. IDF Standard N° 141C: Whole milk - Determination of milk-fat, protein and lactose content - Guidance for the operation of mid-infrared instruments. Brussels: IDF. 12 p.
- IDF.** 1995. IDF Standard N° 148A: Milk-Enumeration of somatic cells. Brussels: IDF. 8p.
- Ingalls JR.** 1996. Influence of deoxynivalenol on feed consumption by dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 60: 297-300.
- Keese C, Meyer U, Rehage J, Spilke J, Boguhn J, Breves G, Dänicke, S.** 2008. On the effects of the concentrate proportion of dairy cow rations in the presence and absence of a Fusarium toxin-contaminated triticale on cow performance. *Archives of Animal Nutrition*, 62: 241-262.
- Korosteleva SN, Smith TK, Boermans HJ.** 2007. Effects of feedborne mycotoxins on the performance, metabolism and immunity of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90: 3867-3873.

- Krout-Greenberg ND, Puschner B, Davidson MG, DePeters EJ.** 2013. Preliminary study to assess mycotoxin concentrations in whole corn in the California feed supply. *Journal of Dairy Science*, 96: 2705-2712.
- Malone BR, Humphrey CW, Romer TR, Richard JL.** 1998. One-step solid phase-extraction cleanup and fluorometric analysis of deoxynivalenol in grains. *Journal of AOAC International*, 81: 448-452.
- Noller CH, Stob M, Tuite J.** 1979. Effects of feeding *Gibberella zeae* infected corn on feed intake, body weight gain and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 62: 1003-1009.
- Pereyra S, Dill-Macky R.** 2010. *Fusarium* species recovered from wheat and barley grains in Uruguay, pathogenicity and deoxynivalenol content. *Agrociencia*, 14: 33-44.
- Pestka JJ.** 2007. Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. *Animal Feed Science and Technology*, 137: 283-298.
- Russell KE, Rousell AJ.** 2007. Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23: 403-426.
- Seeling K, Lebzien P, Dänicke S, Spilke J, Südekum KH, Flachowsky G.** 2006. Effects of level of feed intake and *Fusarium* toxin-contaminated wheat on rumen fermentation as well as on blood and milk parameters in cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90: 103-115.
- Speijers GJA, Speijers MHM.** 2004. Combined toxic effects of mycotoxins. *Toxicology Letters*, 153: 91-98.
- Szasz G.** 1969. A kinetic photometric method for serum gamma-glutamyl transferase. *Clinical Chemistry*, 15: 124-136.
- Trenholm HL, Thomson BK, Hartin KE, Greenhalgh R, McAllister AJ.** 1985. Ingestion of vomitoxin (deoxynivalenol) – contaminated wheat by non-lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 68: 1000-1005.
- Van Soest PJ, Robertson J, Lewis B.** 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.