Micotoxinas. Caso clínico

JULIA CANTÍN. *Veterinaria*

RESUMEN

Se remite un caso de una granja de Toledo con un repentino aumento de prolapsos en cerdas, un rechazo de pienso de las cerdas en maternidad, vómitos en las cerdas y diarreas en lechones de 10 días de vida. En un primer momento se valora la posibilidad de la existencia de micotoxinas en el pienso, debido a la época en la que nos encontramos y a los signos clínicos compatibles. Se decide realizar una analítica tanto del pienso como de las materias primas empleadas en la fabricación del mismo teniendo resultados positivos a Zearalenona (ZEN) y Deoxinivalenol (DON). Además, se realiza una comparación de técnicas de detección rápida. El tratamiento instaurado consiste en reformular las dietas, incorporar secuestrantes de micotoxinas en el pienso y limpieza y desinfección de silos y conductos.

Palabras clave: micotoxinas, pienso, cerdas, prolapso.

INTRODUCCIÓN

La importancia del rendimiento reproductivo para el éxito de la producción porcina es indudable, el objetivo de la hembra reproductora es maximizar la cantidad de destetados sanos por cerda a lo largo de su vida; sin embargo, son numerosos factores los que pueden afectar a su rendimiento.

Uno de estos factores es la alimentación, la cual puede verse alterada en cualquier fase de su producción y conservación ocasionando problemas en la ingesta y en los factores nutritivos de esta.

La seguridad del pienso es un problema importante en las granjas de producción porcina, por lo que se debe prestar mucha atención a la posible contaminación de las materias primas y de los piensos por hongos cuya producción de micotoxinas ocasionaría un riesgo.

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por determinadas especies fúngicas, que se encuentran como contaminantes de materias primas, estas son producidas antes, después o durante el almacenamiento. Concretamente, las que tienen mayor afección sobre la producción porcina son:

Deoxinivalenol (DON). También conocida como vomitoxina, producida por especies del género *Fusarium*, sobre todo *F. graminearum* y *F. culmorum*.

Contamina trigo, maíz y cebada, teniendo niveles significativamente mayores en el salvado de trigo que en derivados de su molienda.

Es un potente inmunosupresor, aumentando la susceptibilidad a otras posibles infecciones como *Candida*, *Listeria*, *Mycobacterium, Salmonella* y también produce hiperestrogenismo y reducción de la fertilidad.

Provoca síntomas gastrointestinales agudos como el vómito. Una exposición prolongada tendrá como efectos trastornos nutricionales y anorexia.

Zearalenona (ZEN). Producidas por especies del género *Fusarium*, especialmente *F. graminearum*.

Contaminan trigo, maíz y cebada.

Los cerdos son especialmente sensibles a esta toxina ya que se metaboliza a alfa-zearalenol con una elevada potencia estrogénica tanto en cerdas productivas como en lechonas, pudiendo dar lugar a la formación de quistes ováricos, atrofia de los ovarios, incremento de masa uterina, alteración de la mucosa vaginal e inducción de la pubertad temprana sin ovulación produciendo alteraciones en la reproducción como aumento de repeticiones, anoestro, reducción de la fertilidad y aborto. También se asocia a estrés oxidativo, reducción de la digestibilidad de los nutrientes y retraso en el crecimiento.

Fumonisinas (FB1, FB2, FB3). Producidas principalmente por *F. verticillioides* y *F.proliferatum*.

Contaminan principalmente maíz y trigo.

Son de carácter tóxico cuyo mecanismo se basa en la disrupción de la biosíntesis de esfingolípidos, inhibiendo a la ceramida sintasa, lo que resulta en la acumulación de esfinganina y esfigosina. Se asocia con modificaciones en la integridad de la barrera intestinal alterando su permeabilidad. La intoxicación aguda se caracteriza por edema pulmonar (>100ppm). Tienen un efecto importante reduciendo la GMD y el consumo de pienso diario, además de ocasionar edema pulmonar, hepatotoxicosis, problemas renales, problemas cardiovasculares e inmunosupresores.

Ocratoxina A (OTA). Producida por varias especies de *Apergillus* y *Penicillium*. De las que se conocen (A, B y C), A es la más tóxica.

Contamina cereales y legumbres de zonas tanto templadas como frías y húmedas.

Son de carácter nefrotóxico.

Aflatoxinas (AFB1, AFB2, AFG1 y AFG2). Producidas por *Aspergillus flavus*, *A.parssiticus* y *A. nominus*

Contaminan normalmente maíz y semillas de algodón.

Son de carácter hepatotóxicas, mutagénicas y teratogénicas, disminuyen la absorción de nutrientes y reducen la ganancia de peso. También puede dar lugar a la alteración del desarrollo embrionario temprano.

TABLA 1. Umbrales de toxicidad de micotoxinas en porcino.

	NIVELES MÁXIMOS (ppb)	NIVELES DE ALERTA (ppb)	UMBRAL DE TOXICIDAD EN PORCINO
DEOXINIVALENOL (DON)	900	300	0,5 ppm
ZEARALENONA	100	100	50 ppb
FUMONISINA	5.000	2.500	2 ppm
OCRATOXINA	50	20	100 ppb
AFLATOXINA	20	20	5 ppb

Las micotoxinas que aparecen precosecha son las producidas por el género *Fusarium* (DON, zearalenona y fumonisinas).
Las micotoxinas que parecen poscosecha son las producidas por el género *Aspergillus* (aflatoxinas) y por el género *Penicillium* (ocratoxinas).
Un dato importante a tener en cuenta es que la acción de las micotoxinas es sumatoria; es decir, se potencian entre sí.
Los límites recomendados según los umbrales de toxicidad de las micotoxinas que tienen mayor incidencia en ganado porcino aparecen en la *Tabla 1*.
Se pueden dar casos de micotoxicosis crónicas produciendo inmunosupresión y relacionándose con otras enfermedades como PRRSv y PCV2 también generan disminución de la eficiencia reproductiva, aumento de la conversión alimenticia, disminución del crecimiento y disminución de la ganancia de peso de manera constante. Debido a que normalmente las micotoxinas no se distribuyen de manera uniforme en el alimento y suelen encontrarse a niveles bajos es difícil diagnosticarlas y se pueden confundir con otras afecciones. Es conveniente realizar un control detallado de los parámetros productivos y un muestreo rutinario del pienso.

IMAGEN 1
Prolapso de recto en gestación.

IMAGEN 2
Prolapso de recto en lactación.

DESCRIPCIÓN DEL CASO CLÍNICO

El problema aparece en abril de 2019, se remite por parte de un ganadero un elevado número de prolapsos rectales y rechazo del alimento en las cerdas de lactación en las últimas semanas.
La granja se sitúa en la provincia de Toledo en una zona con una elevada densidad ganadera; cuenta con fase 1 con un censo de 600 hembras reproductoras raza Landrace-Largewhite, llevando los lechones posteriormente a una *isowean*. El manejo se realiza en bandas semanales con destete a 28 días. Hay de 20 a 24 partos a la semana y el número de lechones destetados por parto es de 13,20. Las bajas en maternidad son del 15%.
El estatus sanitario es el siguiente: positiva a PRRSv, micoplasma, rotavirus, influenza, App y circovirus, negativa a *B. hyodisenteriae* y oficialmente negativa a virus de Aujezsky.
Las cerdas se vacunan frente a *E.coli*, erisipela, parvovirus, PRRS y Aujezsky y al destete se vacunan los lechones frente a PCV2 y micoplasma. En cuanto a la vacunación de cerdas jóvenes se realiza una doble vacunación de PRRSv con vacuna atenuada, parvovirus y mal rojo. Y una vacunación a las 26 semanas de vida con una vacuna combinada de circovirus y micoplasma.
Históricamente se reportan datos de mortalidad en cerdas del 8%.
Los aspectos de manejo se consideraban correctos.

SIGNOS CLÍNICOS Y LESIONES

- Rechazo de pienso en aproximadamente el 30% de las cerdas en lactación.
- Se han observado varias cerdas en gestación y lactación con vómitos de color amarillo y mucosos.
- Durante el último mes se han registrado 4 prolapsos rectales (*Imagen 1 y 2*), 2 uterinos y 2 de vejiga de la orina en cerdas de gestación y lactación.

IMAGEN 3

Edema y enrojecimiento vulvar.

IMAGEN 4

Lesiones ulcerosas en la base del rabo de los lechones.

IMAGEN 5

Diarrea amarillenta en lechones de más de 10 días de vida.

Pruebas/Ensayos	Resultados	Unidades	Pruebas/Ensayos	Resultados	Unidades
AFLATOXINA B1	<1	ppb	AFLATOXINA B1	<1	ppb
AFLATOXINA B2	<1	ppb	AFLATOXINA B2	<1	ppb
FUMONISINA	<1	ppb	FUMONISINA	<1	ppb
AFLATOXINA G1	<1	ppb	AFLATOXINA G1	<1	ppb
AFLATOXINA G2	<1	ppb	AFLATOXINA G2	<1	ppb
OCRATOXINA	<1	ppb	OCRATOXINA	<1	ppb
TOXINA T2	<1	ppb	TOXINA T2	<1	ppb
VOMITOXINA	45	ppb	VOMITOXINA	<50	ppb
Niveles de vomitoxina dentro de los límites recomendados			Niveles de vomitoxina dentro de los límites recomendados		
ZEARALENONA	8	ppb	ZEARALENONA	<1	ppb

Pruebas/Ensayos	Resultados	Unidades	Pruebas/Ensayos	Resultados	Unidades
AFLATOXINA B1	<1	ppb	AFLATOXINA B1	2	ppb
AFLATOXINA B2	<1	ppb	AFLATOXINA B2	<1	ppb
FUMONISINA	<1	ppb	FUMONISINA	<1	ppb
AFLATOXINA G1	<1	ppb	AFLATOXINA G1	<1	ppb
AFLATOXINA G2	<1	ppb	AFLATOXINA G2	<1	ppb
OCRATOXINA	<1	ppb	OCRATOXINA	<1	ppb
TOXINA T2	<1	ppb	TOXINA T2	<1	ppb
VOMITOXINA	<50	ppb	VOMITOXINA	16	ppb
Niveles de vomitoxina dentro de los límites recomendados			Niveles de vomitoxina dentro de los límites recomendados		
ZEARALENONA	<1	ppb	ZEARALENONA	<1	ppb

IMAGEN 6

Análisis de contaminación por micotoxinas en pienso. Analizado por Nutega CCPA Group.

Parámetro	Unidad	Análisis	Valor teórico	Observaciones
ZEARALENONA	ppb	58		
OCRATOXINA	ppb	<1		
TOXINA T2	ppb	<1		
VOMITOXINA	ppb	157		Niveles de vomitoxina ligeramente peligrosos
FUMONISINA	ppb	<1		
AFLATOXINA B1	ppb	2		
AFLATOXINA B2	ppb	<1		
AFLATOXINA G1	ppb	<1		
AFLATOXINA G2	ppb	<1		

IMAGEN 7

Analítica micotoxinas maíz. Analizado por Nutega CCPA Group.

- Edema y enrojecimiento vulvar en lechonas recién nacidas (*Imagen 3*).
- Lesiones ulcerosas en la base del rabo de los lechones (*Imagen 4*).
- Aumento de diarreas en lechones de más de 10 días de vida (*Imagen 5*).
- Hipogalaxia más o menos generalizada con bajo peso de los lechones al destete (5,3 Kg a 26-28 días de vida).

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

Los problemas de fertilidad y el enrojecimiento vulvar coinciden con una posible intoxicación por zearalenona, aunque también por fitoestrógenos y contaminantes.

La disgalaxia también podría estar relacionada con una intoxicación por aflatoxinas, tricotecenos, o incluso por endotoxinas (lipopolisacáridos) o infecciones de virus como PRRSv.

Los prolapsos rectales pueden ser debidos a una intoxicación por zearalenona, pero también debido a estreñimiento, hacinamiento por frío, cambios bruscos de dieta, estados posfebriles tras infecciones víricas como por ejemplo gripe porcina o escasez de agua.

La disminución del consumo puede deberse a causas similares a las precedentes.

DIAGNÓSTICO CLÍNICO Y LABORATORIAL

Se realiza analítica completa mediante PCR y perfil serológico (ELISA) de PRRSv.

Se toma temperatura rectal a un grupo de cerdas (problema) dos veces al día durante tres días.

El aspecto general de las cerdas es correcto, con una condición corporal adecuada y un comportamiento normal.

Ante la sintomatología clínica supuestamente asociada a la presencia de micotoxinas en pienso se procede a

Pruebas/Ensayos	Resultados	Unidades	Concentración Máxima	Metodología	P.N.T.
AFLATOXINA B1	<1	ppb			
AFLATOXINA B2	<1	ppb			
FUMONISINA	<1	ppb			
AFLATOXINA G1	<1	ppb			
AFLATOXINA G2	<1	ppb			
OCRATOXINA	<1	ppb			
TOXINA T2	<1	ppb			
VOMITOXINA	149	ppb			
Niveles de vomitoxina ligeramente peligrosos					
ZEARALENONA	57	ppb			
Pruebas/Ensayos	**Resultados**	**Unidades**	**Concentración Máxima**	**Metodología**	**P.N.T.**
HUMEDAD	13,44	%			
PROTEINA BRUTA	6,93	%			
MATERIA GRASA	3,14	%			
MATERIA MINERAL	1,23	%			
FIBRA BRUTA	2,44	%			
ALMIDON EWERS	64,28	%			
LISINA	0,22	%			
METIONINA	0,13	%			
METIONINA-CISTINA	0,29	%			
TREONINA	0,25	%			
TRIPTOFANO	0,06	%			
VALINA	0,32	%			
ARGININA	0,33	%			
CISTEINA	0,15	%			
FENILALANINA	0,32	%			
HISTIDINA	0,19	%			
LEUCINA	0,79	%			
ISOLEUCINA	0,22	%			
PESO ESPECIFICO	76,10	Kg/hl			

IMAGEN 8

Analítica micotoxinas maíz-nacional (7.9). Analizado por Nutega CCPA Group.

Además, con la finalidad de encontrar el método más rápido y eficaz de detectar micotoxinas en el pienso con el fin de solucionar problemas tempranos se realizó una comparativa entre los tres métodos de detección HPCL, ELISA y NIRS.

No se realizaron en este caso analítica de leche, pero existen evidencias de la excreción en leche de vomitoxina (DON) llegando a producir sintomatología de rechazo y vómitos en lechones y por lo tanto retraso en el crecimiento y diarreas crónicas (*Cantín, 2020*).

Pruebas/Ensayos	Resultados	Unidades	Concentración Máxima	Metodología	P.N.T.
AFLATOXINA B1	<1	ppb			
AFLATOXINA B2	<1	ppb			
FUMONISINA	<1	ppb			
AFLATOXINA G1	<1	ppb			
AFLATOXINA G2	<1	ppb			
OCRATOXINA	<1	ppb			
TOXINA T2	<1	ppb			
VOMITOXINA	180	ppb			
Niveles de vomitoxina ligeramente peligrosos					
ZEARALENONA	79	ppb			
Pruebas/Ensayos	**Resultados**	**Unidades**	**Concentración Máxima**	**Metodología**	**P.N.T.**
HUMEDAD	12,90	%			
PROTEINA BRUTA	7,22	%			
MATERIA GRASA	3,36	%			
MATERIA MINERAL	1,15	%			
FIBRA BRUTA	2,54	%			
ALMIDON EWERS	64,04	%			
LISINA	0,22	%			
METIONINA	0,13	%			
METIONINA-CISTINA	0,27	%			
TREONINA	0,25	%			
TRIPTOFANO	0,06	%			
VALINA	0,30	%			
ARGININA	0,33	%			
CISTEINA	0,16	%			
FENILALANINA	0,30	%			
HISTIDINA	0,19	%			
LEUCINA	0,74	%			
ISOLEUCINA	0,21	%			
PESO ESPECIFICO	79,60	Kg/hl			

IMAGEN 9

Analítica micotoxinas maíz-nacional (7.9). Analizado por Nutega CCPA Group.

la toma de cuatro muestras de pienso de lactación en diferentes puntos del sistema, en el mismo lote.

Se analiza la formulación del pienso y se detecta que históricamente en los años anteriores desde septiembre hasta junio se viene incorporando niveles de un 45% de maíz, o bien de un 45% de trigo, además de la incorporación de niveles del 25% de tercerillas. En el último semestre se está utilizando niveles del 45% de maíz, por lo que se decide realizar una analítica sobre cada materia prima de riesgo.

RESULTADOS

En la analítica completa mediante PCR y perfil serológico (ELISA) de PRRSv se obtiene resultado negativo a PCR y positivo a ELISA en el 40% de las muestras, por lo que descartamos un brote de PRRSv como causa.

La temperatura rectal tomada al grupo de cerdas (problema) dos veces al día durante tres días da como resultado temperaturas normales.

De las cuatro muestras de pienso de lactación analizadas dos dieron resultados negativos a contaminación por micotoxionas, una dio resultados positivos a contaminación por vomitoxina (DON) y la cuarta dio resultados positivos a contaminación por vomitoxina (DON) y zearalenona (ZEN) (*Imagen 6*).

En la analítica realizada sobre las materias primas de riesgo se encontro que el maiz, maiz nacional y trigo dan resultados positivos a contaminación por vomitoxina (DON), zearalenona (ZEN) y hongos (*Imagen 7, 8, 9 y 10*).

Pruebas/Ensayos	Resultados	Unidades	Concentración Máxima	Metodología	P.N.T.
HUMEDAD	9,58	%			
PROTEINA BRUTA	12,96	%			
MATERIA GRASA	1,28	%			
MATERIA MINERAL	1,76	%			
FIBRA BRUTA	3,13	%			
ALMIDON EWERS	58,95	%			
LISINA	0,37	%			
METIONINA	0,20	%			
METIONINA-CISTINA	0,49	%			
TREONINA	0,38	%			
TRIPTOFANO	0,16	%			
VALINA	0,55	%			
ARGININA	0,63	%			
CISTEINA	0,29	%			
FENILALANINA	0,60	%			
HISTIDINA	0,30	%			
LEUCINA	0,86	%			
ISOLEUCINA	0,44	%			
PESO ESPECIFICO	79,30	Kg/hl			
Pruebas/Ensayos	**Resultados**	**Unidades**	**Concentración Máxima**	**Metodología**	**P.N.T.**
COLIFORMES TOTALES	Ausencia	COL / g			
ESCHERICHIA COLI	Ausencia	COL / g			
HONGOS	9000	COL / g			

IMAGEN 10

Analítica micotoxinas trigo 10. Analizado por Nutega CCPA Group.

				coincidencia con (%)			coincidencia POS (%)			coincidencia NEG (%)		
	Valor Medio (ppb)	Muestras positivas	Muestras negativas	HPLC	ELISA	NIR	HPLC	ELISA	NIR	HPLC	ELISA	NIR
HPLC	87	23	11	100			100			100		
ELISA	1712	20	14	56	100		78	100		31	100	
NIR	—	18	16	85	41	100	100	53	100	70	29	100

IMAGEN 11

Comparativa de las técnicas de detección de micotoxinas en pienso HPLC, ELISA y NIRS. Realizada por Nutega CCPA Group.

› En estas analíticas se evidencian valores por encima de los umbrales de toxicidad de las micotoxinas en porcino referidos en la *Tabla 1*.

MÉTODOS DE DETECCIÓN RÁPIDA DE MICOTOXINAS

Los sistemas de detección comparados fueron los siguientes:

1. HPLC: Sistema de detección en laboratorio especializado, se tardan 15 días en obtener resultados y es económicamente caro para hacer rutinariamente el chequeo de materias primas que entran en fábrica. Es el método oficial para análisis de muestras, cuando se necesita un sistema fiable ante reclamaciones, etc. Es el método más preciso, pero no el más práctico para el día a día.

2. ELISA: Sistema de detección en fábrica de piensos, se debe de usar una tira por cada muestra para la detección previa molienda de la muestra, es un sistema muy sensible pero poco específico, por tanto, podemos encontrar errores.

3. NIRS: Sistema de detección en fábricas de pienso, se tiene que disponer del NIRS 2500DS y la ecuación calibrada para las micotoxinas. Tan solo hace discriminativo de mayor o menor de 50 ppb de vomitoxina.

En la comparativa de la detección de micotoxinas por las tres técnicas se puede comprobar que (*Imagen 11*):

- En el análisis por HPLC; hay una coincidencia en los resultados con el Elisa (56%) y con NIR (85%).
- De estas, la coincidencia en positivos con respecto al HPLC, en Elisa (78%) y con respecto al NIR (100%).
- De las muestras, la coincidencia en negativos con respecto al Elisa (31%) y con respecto al NIR (70%).
- Se puede ver la relación de la presencia de vomitoxina (DON) con otras micotoxinas, por lo que se ha tomado de referencia además es la que tiene mayor tamaño de partícula y por tanto es la más fácil de detectar con el NIRS.

TRATAMIENTO Y MEDIDAS APLICADAS

Limpieza y desinfección con antifúngicos de los silos, conductos de transporte del pienso y comederos.

Reformulación del pienso de cerdas lactantes disminuyendo drásticamente el uso de materias primas de alto riesgo (maíz y trigo) e incorporación de un secuestrante de micotoxinas (aluminosilicatos) a la dosis máxima recomendada.

También se ha reforzado el pienso con Cloruro de Colina como protector hepático.

Aunque la mayoría de las contaminaciones por la proliferación de hongos se produce en el campo antes de la cosecha, una medida preventiva es añadir fungicidas a las materias primas para limitar la proliferación de hongos y por tanto de micotoxinas durante el almacenamiento de las materias primas y durante la fabricación de piensos.

RESULTADOS

Cuatro meses después de la instauración de las medidas aplicadas se realizó una valoración de estas comprobando una corrección de los consumos de pienso por parte de las cerdas, la desaparición de los vómitos y la mejora en el crecimiento y procesos digestivos de los lechones.

Se toma la decisión de mantener las medidas a pesar del ligero encarecimiento de los piensos durante el otoño-invierno de 2019-2020 con el fin de evaluar la incidencia de prolapsos y el resto de la sintomatología que se redujo progresivamente.

Durante los últimos seis meses no se ha producido ningún caso de prolapsos en cerdas. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Abouzied MM, Azcona JI, Braselton WE, Pestka JJ (1991). Immunochemical assessment of mycotoxins in 1989 grain foods: evidence for deoxynivalenol (vomitoxin) contamination. *Appl. Environ. Microbiol.*, *57*(3), 672-77.
- Alassane-Kpembi I, Schatzmayr G, Taranu I, Marin D, Puel O, Oswald IP (2017). Mycotoxins co-contamination: Methodological aspects and biological relevance of combined toxicity studies. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(16), 3489-507.
- Cantín C (2020). Comunicación personal (*España*).
- Chelkowski J, Gromadzka K, Stępień L, Lenc L, Kostecki M, Berthiller F (2012). Fusarium species, zearalenone and deoxynivalenol content in preharvest scabby wheat heads from Poland. *World Mycotoxin Journal*, 5(2), 133-41.
- Cheng YH, Weng CF, Chen BJ, Chang MH (2006). Toxicity of different Fusarium mycotoxins on growth performance, immune responses and efficacy of a mycotoxin degrading enzyme in pigs. *Animal Research*, *55*(6), 579-90.
- Ensley SM, Radke SL (2019). Mycotoxins in grains and feeds. *Diseases of swine*, 1055-71.
- Falceto MV (2006). Prevention and treatment of anoestrus in sow. *Anaporc (España)*.
- Gimeno A (2008). Las fumonisinas y sus efectos indeseables en la producción porcina. *Albéitar: Publicación veterinaria independiente*, (116), 54-7.
- https://mycotoxinsite.com/efectos-de-las-micotoxinas-en-porcino/. Consultado el 10 de mayo de 2020.
- https://mycotoxinsite.com/micotoxinas-cuales-son-y-que-tipo-de-micotoxinas-existe/. Consultado el 10 de mayo de 2020.
- https://nutricionanimal.info/micotoxinas-en-cerdos-diagnosis-y-relacion-con-enfermedades-viricas/. Consultado el 10 de mayo de 2020.
- Kolman LA, Lanzetti MF (2018). Efecto de las aflatoxinas sobre la producción porcina. *Semiárida*, *23*(1).
- López de Cerain A, Jiménez AM, Ezpeleta O, Bello J (2000). Efectos tóxicos de la ocratoxina A. *Revista de toxicología*, *17*, 61-9.
- Streit E, Schatzmayr G, Tassis P, Tzika E, Marin D, Taranu I, Oswald IP (2012). Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed—Focus on Europe. *Toxins*, *4*(10), 788-809.
- Tassis P (2020). Efectos de las micotoxinas en la reproducción porcina. *Mycotoxinsite.com*.
- Tiemann U, Brüssow KP, Küchenmeister U, Jonas L, Pöhland R, Reischauer A, Dänicke S (2008). Changes in the spleen and liver of pregnant sows and full-term piglets after feeding diets naturally contaminated with deoxynivalenol and zearalenone. *The Veterinary Journal*, *176*(2), 188-96.
- Tiemann U, Dänicke S (2007). In vivo and in vitro effects of the mycotoxins zearalenone and deoxynivalenol on different non-reproductive and reproductive organs in female pigs: a review. *Food additives and contaminants*, 24(3), 306-14.