



Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos



Efecto de las micotoxinas en alimentación porcina Métodos preventivos y de control en poscosecha

Autor

VALLES, María Florencia

Tutor

Biól. (MSc) Sandra Kopp

2016

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión de Biól. (MSc) Sandra Kopp a quien me gustaría expresar mi agradecimiento, por la paciencia, tiempo y dedicación para que este proyecto se haga realidad.

No quiero dejar de agradecer a la familia Muñoz, a todos y a cada uno por permitirme realizar este trabajo en su establecimiento y brindarme la información que necesitaba, también por su apoyo y cariño incondicional.

A mi familia quiero agradecerle sus aportes, su amor y su inmenso apoyo. Y hacerles presente mi gran afecto hacia ellos.

Y para finalizar, también agradecer a todos mis compañeros y amigos que aportaron a mis ganas de seguir adelante.

Resumen

La contaminación por micotoxinas en el alimento de cerdos puede ocurrir en cualquier punto de la cadena de producción. Algunas micotoxinas se forman sobre los granos, otras son formadas mientras el grano o el producto terminado es almacenado bajo condiciones favorables para la generación de las micotoxinas. Pueden estar presentes en cualquiera de los ingredientes de la dieta porcina, tanto en los granos como en la harina de soja y subproductos. Este trabajo tiene como objetivo evaluar los factores que afectan la calidad del alimento porcino y aplicar técnicas de manejo preventivo y de control en poscosecha, para disminuir las fuentes de contaminación y de generación de micotoxinas. Se analizará el caso de un establecimiento porcino "El Tata", en cercanías de Las Peñas, en el norte de Córdoba. En este establecimiento se pudo observar el cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas cuando el grano se encuentra en el campo. Se sugiere como propuesta de mejora, alimentar a los cerdos en comederos y modificar las condiciones de almacenamiento del grano como medida preventiva para la generación de micotoxinas; también se propone realizar un análisis de laboratorio al momento del ingreso de la materia prima al establecimiento para cuantificar micotoxinas y redefinir el destino de ese alimento según la categoría del ganado porcino.

Palabras Claves: micotoxinas, alimentación porcina, medidas de control, manejo preventivo

Índice de Contenidos

-Agradecimientos	2
-Resumen	3
-Introducción	7
Importancia de la cadena porcina nacional	7
Cadena porcina	9
Caracterización de la producción porcina de la provincia de Córdoba	11
Alimentación porcina	15
Contaminación con micotoxinas	16
Impacto sobre la salud y productividad de los animales	17
Factores propicios para la formación de hongos y sus micotoxinas	19
Medidas preventivas y de control	27
-Objetivos	36
-Análisis del caso en estudio	36
Ubicación Geográfica	37
Características agroecológicas	38
Manejo productivo	40
Instalaciones	42
Manejo de la Alimentación	45
Consumo	47
Almacenamiento del Alimento	48
Preparación del alimento	50
Sanidad	50
Análisis de laboratorio para cuantificar micotoxinas en maíz grano entero	51
Perdidas por alimentación de los cerdos en el suelo	53
-Análisis FODA	53
-Propuesta de mejora	53
-Análisis de negocio	56
-Consideraciones finales	60
-Bibliografía	61

Índice de figuras:

Figura 1: Consumo mundial de carne de cerdo en 2011	7
Figura 2: Producción y Consumo de cerdo en Argentina 2012-2020	8
Figura 3: Incrementos de valor en la cadena porcina estimados para el 2020	8
Figura 4: Principales importadores de carne de cerdo mundial 2012	9
Figura 5: Flujograma de la cadena porcina nacional	11
Figura 6: Distribución porcentual del total de porcinos, número de cerdas y establecimientos de acuerdo al número de madres en Córdoba	14
Figura 7: Lote de maíz con daño por granizo. Lote de soja con problemas de anegamiento	20
Figura 8: Granos con daños por moho y daño por insecto	26
Figura 9: Factores que inciden en el crecimiento fúngico y la producción de micotoxinas	28
Figura 10: Provincia de Córdoba	37
Figura 11: Mapa de la zona	38
Figura 12: Mapa de acceso al establecimiento desde la localidad Las Peñas	38
Figura 13: Temperatura media anual de la zona próxima al establecimiento	39
Figura 14: Galpones destinados al engorde de cerdos en el establecimiento “El Tata”	41
Figura 15: Padrilleras separado de la zona de maternidad	42
Figura 16 : Área de maternidad del establecimiento	43
Figura 17: Área de gestación del establecimiento	44
Figura 18: correspondiente a la sala de destete	44
Figura 19: sala de desarrollo	45
Figura 20: sala de terminación	45
Figura 21: Tipo de comederos para las distintas categorías dentro del criadero como destete (A), engorde (B), maternidad (C) y padrillos (D)	48
Figura 22: Materia prima almacenada en el criadero, silo de alambre bajo galpón para el maíz (A); expeller de soja bajo techo y en el piso (B); balanceado y concentrado en sus bolsas originales (C)	49
Figura 24: bolsa tipo big bag de 2000Kg de capacidad	54
Figura 25: jaula con comedero para el área de maternidad	55
Figura 26: Primera cerda en parir en las nuevas instalaciones del criadero	56

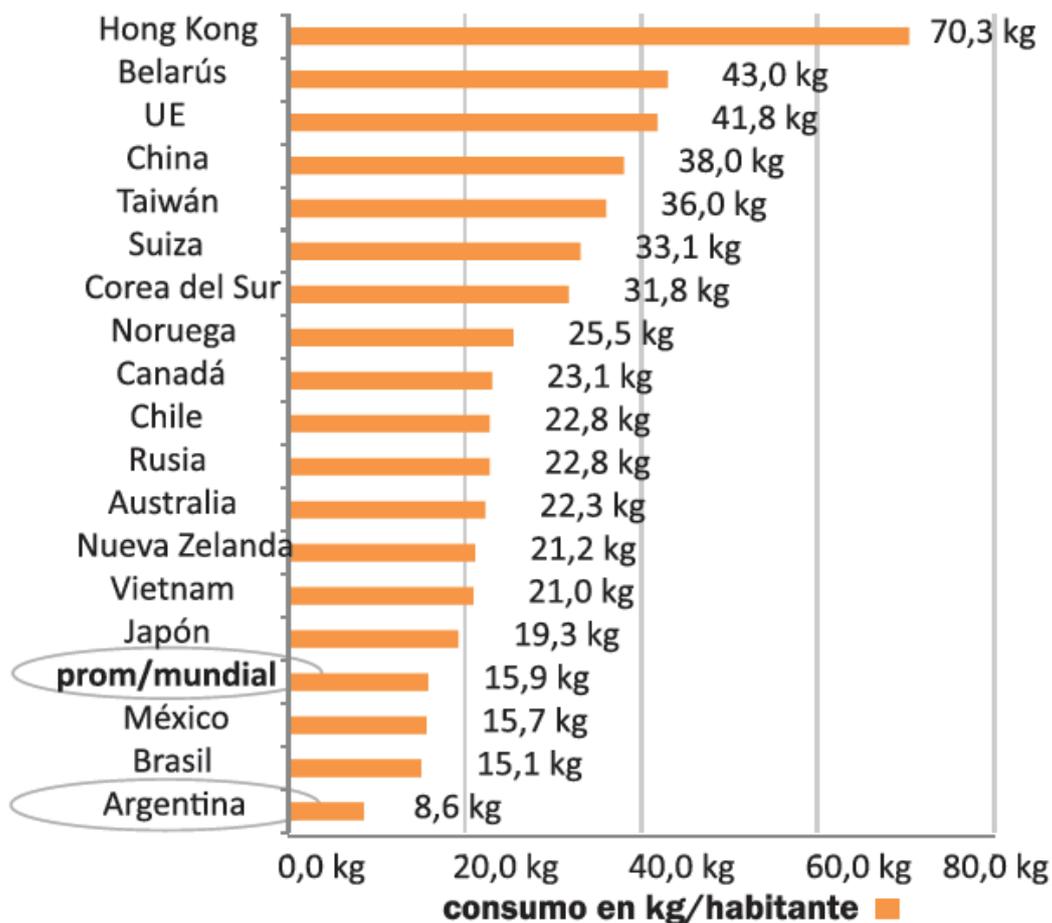
Índice de tablas

Tabla 1: Evolución del stock porcino por provincia y año	11
Tabla 2: Número de cerdos según categorías en los principales departamentos de la Provincia de Córdoba dedicado a su producción	12
Tabla 3: Estratificación de establecimientos con existencias porcinas según la cantidad de cerdas	13
Tabla 4: Tipos de establecimientos porcinos en la provincia de Córdoba	14
Tabla 5: Principales especies de hongos productores de micotoxinas con impacto en la producción porcina	16
Tabla 6: Niveles de referencia de las principales micotoxinas en porcinos	18
Tabla 7: Niveles máximos de tolerables de zearalenonas y aflatoxinas en alimento para cerdos	18
Tabla 8: Condiciones propicias para generación de micotoxinas	19
Tabla 9: Humedad relativa de equilibrio y porcentaje de humedad de granos; para el intervalo de temperatura de entre 25 y 30°C	24
Tabla 10: Productos biotransformadores de micotoxinas	35
Tabla 11: Alimentación por etapa llevada a cabo en el establecimiento	47
Tabla 12: Inversión inicial para las mejoras sugeridas	57
Tabla 13: incorporación de nueva genética	57
Tabla 14: gastos de alimentación y sanidad anual del establecimiento	57
Tabla 15: gastos fijos anuales del establecimiento	58
Tabla 16: Comparación económica de la situación actual en relación a la propuesta planteada para “El Tata”	59
Tabla 17: Gastos fijos propuestos	59

Introducción

Importancia de la Cadena Porcina a Nivel Nacional

Argentina incrementó un 70 % su consumo per cápita de carne porcina en los últimos 10 años alcanzando los 8,55 kg en 2012 con alta participación del consumo en fresco, que consolida la producción interna, ya que atiende dicha demanda. Aun así el consumo es bajo comparado con el promedio mundial de 15,9 a 17 kg/hab./año, e inferior al de otros países (figura 1).



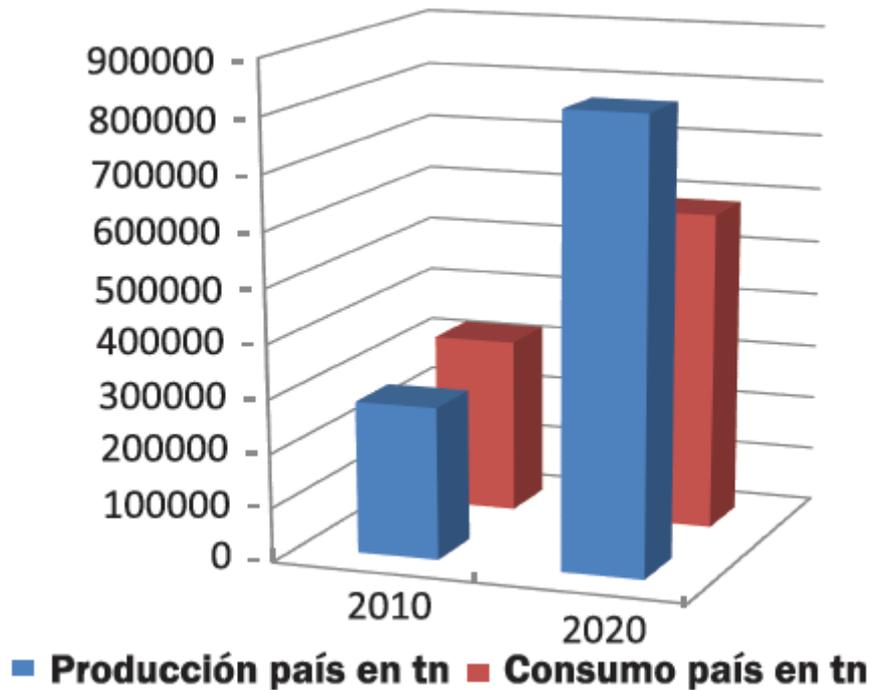
Fuente: INTA proyecto "V.A.O., M1", con datos del USDA. 2011

Figura 1: Consumo mundial de carne de cerdo en 2011

Durante el año 2012 se importaron 30.604 t de carne de cerdo, provenientes principalmente de Brasil y Chile (carne fresca y en cifras menos importantes fiambres y chacinados), representando una disminución del 45 % con respecto al año anterior, gracias en parte al incremento del 9,8 % de la producción interna respecto al año 2011, obteniéndose 331.000 t en 2012. Pero existe aún una brecha que queda por cubrir.

Las proyecciones del país indican que es la cadena cárnica que mas va a crecer con metas al año 2020 de 8,55 % a 14 % el consumo per cápita anual incrementando la transformación de granos a carne de cerdo (campaña 2011/12 solo el 5 % de la suma de las producciones

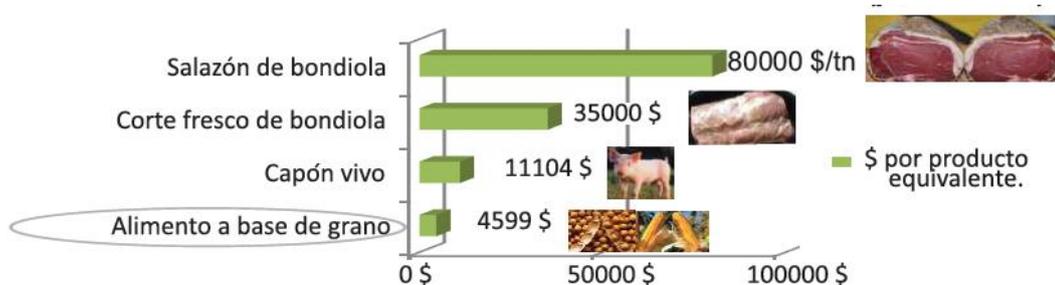
de grano; maíz, sorgo y soja, se transformo en carne de cerdo) con posterior industrialización de la misma (necesidad de mejorar la capacidad e instalar nuevas plantas de faena) y así pasar de 330 mil t a 700 mil t de carne producida, de 3,8 millones de cabezas faenadas a más de 8 millones, para satisfacer la demanda interna, sustituir importaciones y exportar los excedentes (figura 2) (Brunori, J. 2013).



Fuente: INTA Proyecto "V.A.O., M1", con datos de MINAGRI y el PEA 2020.

Figura 2: Producción y Consumo de cerdo en Argentina 2012-2020

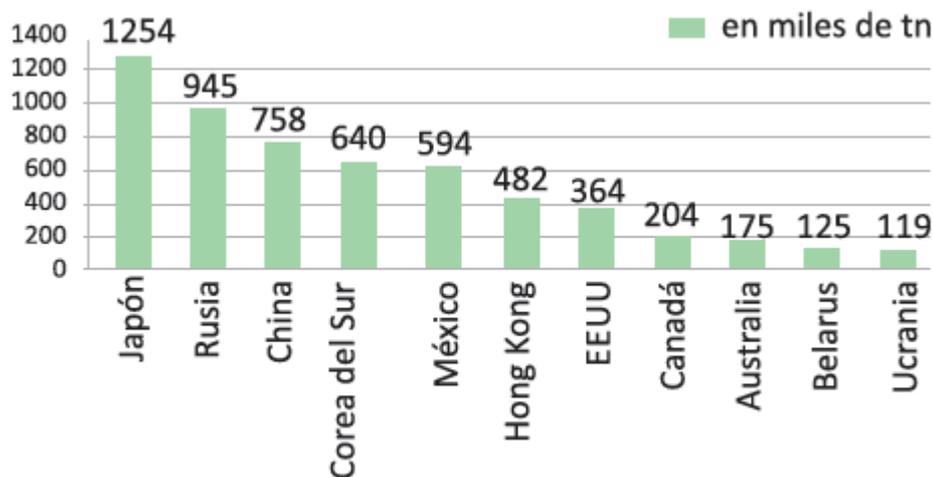
Esta transformación e industrialización para el año 2020 puede realizarla el productor agropecuario en forma asociativa y en origen, la cual le permitiría percibir una mayor renta, precios estimativos en la figura 3, y a nivel país incrementar la obtención de ingresos en divisas con generación de puestos de trabajo locales (se estima en la cadena porcina 18.000 nuevos puestos en el país, incremento del 56%) contribuyendo al desarrollo del interior productivo (Brunori, J. 2013).



Fuente: INTA Proyecto "V.A.O., M1" con datos de CAICHA (cámara Argentina de Chacinados y Afines).

Figura 3: Incrementos de valor en la cadena porcina estimados para el 2020

Existen oportunidades en el mercado externo para la carne porcina argentina, ya que es uno de los países con los costos de producción más bajos del mundo, a lo que se le suma el excelente status sanitario que posee. Siendo la carne porcina la más consumida en el mundo, nuestro país además de ser neto importador, solo participa con el 0,09 % del volumen de carne que se exporta a nivel mundial, a diferencia de EEUU con el 35,5 %, Unión Europea 31,5 %, Canadá 17,3 % y Brasil 8,4 %. Se estima que Argentina alcanzaría para el año 2020 las 70.000 t de productos porcinos exportados, lo que representaría una participación del 1 % de lo que se comercializa en el mundo, demostrando de este modo un crecimiento de más de 29 % anual con respecto a los que se exportaba en la actualidad, como se observa en la figura que a continuación acompaña.



Fuente: INTA proyecto "V.A.O., M1", con datos del USDA. 2011

Figura 4: Principales importadores de carne de cerdo mundial 2012

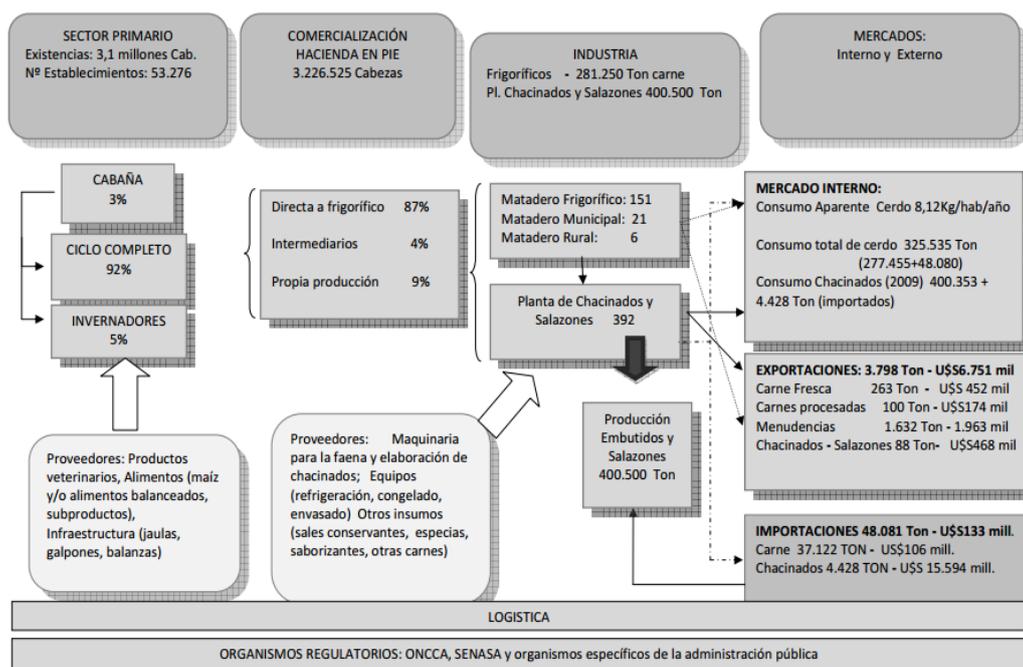
Hay países que por poseer un alto consumo de cerdo, no se logran autoabastecerse. Además las proyecciones de crecimiento del consumo de carne porcina para los años 2010-2020 indican un índice de incremento anual de 18 % para el total mundial, al cual le corresponde un 0,7 % a países desarrollados y 2,4 % para países en vía de desarrollo. Esto significara aumentar el consumo actual mundial de carne de cerdo para el año 2020 en 20 millones de toneladas (Brunori, J. 2013).

Cadena porcina nacional

El Flujograma de la cadena porcina fue elaborado en base a la información de SENASA (2010) muestra la circulación del producto desde su origen en los establecimientos pecuarios hasta su consumo final, siendo el mercado interno el principal destino (más del 98%). El punto de inicio de la cadena porcina es la producción primaria, integrada por establecimientos productores de genética, granjas de cría, recría e invernada (ciclo

completo) y los invernadores que se encargan de la terminación de los capones. Existe una gran heterogeneidad a este nivel, donde co-existen pequeños productores con menos de 10 cerdas en producción y las grandes granjas comerciales con más de 500 madre. Según información de SENASA, las existencias porcinas registradas en 2010 fueron de 3.101.407 animales, los cuales se encuentran distribuidos a lo largo del país en 53.276 establecimientos (63.048 unidades productivas), si bien la mayor concentración se presenta en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. El 87% de la hacienda (2.807.076 porcinos) que sale de los establecimientos es comercializada a través de la modalidad Directo de Frigorífico, donde el comprador de la industria contacta personalmente a cada productor (sin intermediario). La segunda forma que encuentran los frigoríficos para hacerse de materia prima es por medio de la producción propia, modalidad que concentra 290.387 cabezas. A través de la figura Intermediario representado por el acopiador, consignatario y los remates feria, son vendidas 129.061 cabezas. El eslabón de la industria está constituido por el Frigorífico (matadero frigorífico, matadero municipal y matadero rural) encargado de la faena y/o desposte de los animales y por la industria elaboradora chacinados y salazones. En el país existen 178 plantas frigoríficas habilitadas con actividad registrada (2010) y 392 plantas procesadoras de chacinados y salazones.

De las 277 mil toneladas de carne porcina que permanecen en el mercado interno, alrededor del 10% se consume como carne fresca, el resto es materia prima para la industria de segunda transformación que elabora cerca de 400 mil toneladas chacinados y salazones (2009). La carne fresca llega al consumidor final, mayoritariamente de la mano del comercio minorista que está representado por la carnicería y en menor medida a través las grandes superficies (supermercados). La industria chacinera, por su parte, tiene otra modalidad al momento de comercializar su producción, en ella el mayorista es el canal más impórtate, seguido por el supermercado y por el minorita tradicional. Asimismo hay que destacar los comercios de venta de Delicatesen, que son el principal canal de venta de las pequeñas firmas chacineras que elaboran en forma artesanal sus productos y tienen una estrategia comercial de tipo nicho. Como ya fuera mencionado, las exportaciones porcinas son poco relevantes ya que las mismas no llegaron a las 4 mil toneladas en el año 2010. Por otro lado las importaciones, principalmente de carne fresca, alcanzaron en ese mismo año a las 48 mil toneladas. Los eslabones accesorios a la cadena principal son los proveedores de insumos para la producción primaria (alimentos, infraestructura, servicio veterinario) y para la industria, tanto frigorífica como chacinera, que contribuyen al mejoramiento de la productividad y la calidad de los productos obtenidos (Iglesias & Ghezan, 2013).



Fuente: SENASA 2010

Figura 5: Flujograma de la cadena porcina nacional

Caracterización de la producción porcina en la provincia de Córdoba

En la Tabla 1 se presenta la evolución, en los últimos años, del stock de cabezas porcinas de Córdoba en comparación con las provincias que pertenecen a la zona centro: Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe en ese orden.

Tabla 1: Evolución del stock porcino por provincia y año

Provincia	2008	2009	2010	2011	2012
Bs. As.	875.902	843.538	793.786	920.171	901.747
Córdoba	716.678	725.794	849.056	840.297	822.144
Santa Fe	650.755	581.116	550.009	515.509	652.107
País	3.098.352	3.047.554	3.101.407	3.250.686	3.502.746

Fuente: Perotti *et al.*, 2009

Según los datos presentados en la Tabla 2 se puede observar la cantidad de cerdos distribuidos por categoría en los 7 departamentos que concentran el 84 % del total de cerdos a nivel provincial. Y en forma similar la cantidad de madres (Iglesias & Ghezan, 2013).

Tabla 2: Número de cerdos según categorías en los principales departamentos de la Provincia de Córdoba dedicado a su producción.

Departamento	Padrillos	Cerdas	Lechones	Capones	Cachorros	Total Porcinos
Total Córdoba	25.055	125.451	228.226	285.269	185.055	849.056
Juárez Celman	7.690	17.682	49.344	97.739	58.770	231.225
Río Cuarto	4.789	24.467	47.820	90.038	26.851	193.965
Marcos Juárez	1.759	15.733	33.503	25.319	23.705	100.019
Unión	1.047	12.997	26.814	11.815	25.823	78.496
Río Segundo	756	7.958	15.220	9.209	9.351	42.494
Colón	658	5.959	5.609	16.537	9.540	38.303
San Justo	897	6.293	9.804	6.732	4.485	28.211

Fuente: Datos SENASA marzo 2010

Teniendo en cuenta la cantidad de madres por establecimiento, se dispone de datos de criaderos distribuidos por estratos en la Tabla 3, donde el 75 % de los productores cuentan con hasta 10 cerdas, y solo el 2,2 % cuenta con más de 100 madres. La distribución por estrato señala que el 61 % de las madres están en manos de productores que tienen menos de 100 cerdas. Este aspecto señala la importancia de la producción familiar en la producción primaria, pero también trae aparejado la necesidad de políticas públicas que aborden sus principales problemas y que permita consolidar ese estrato con mejoras de índole tecnológicas, comerciales y económicas.

Tabla 3: Estratificación de establecimientos con existencias porcinas según la cantidad de cerdas

Estratos	Establecimientos	Cerdas	Total porcino
Hasta 10 cerdas	5.959	22.000	104.813
Entre 11 y 50	1.517	36.647	195.790
Entre 51 y 100	252	17.994	107.587
Entre 101 y 500	156	28.434	212.588
Más de 500	14	20.286	228.278
Total	7.898	125.361	849.056

Fuente: SENASA, 2010

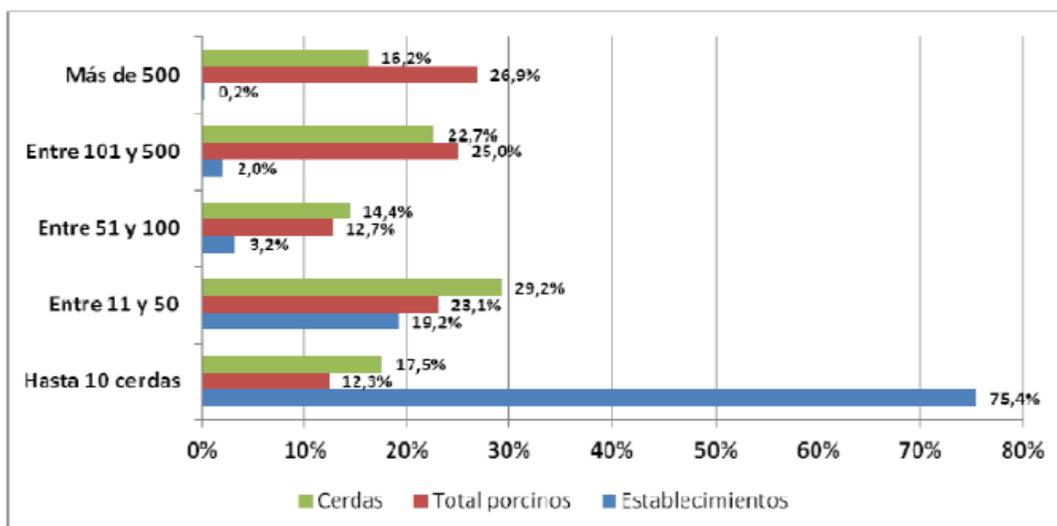
Esta tendencia de mayor cantidad de establecimientos con porcinos se debe a mejores precios que reciben los productores en los últimos años, la necesidad de adicionar valor

agregado al maíz y también en algunas estrategias implementadas por productores agrícolas con fines impositivos.

En la Figura 6, se puede observar que el estrato que más creció en el periodo (casi un 30%) es el que posee entre 51 y 100 hembras y se destaca también la reducción en la producción del estrato superior, de más de 500 cerdas, que fue descendiendo durante 2011 y 2012. El 94,7% de los productores (a marzo de 2010), posee entre 1 y 50 y participan con el 46,8% de las madres, estos establecimientos trabajan en pequeña escala con bajos índices productivos y utilizan de 0,21 a 0,19 madres por cada animal en stock. El 3,2% corresponde a productores de entre 50 y 100 madres, que generalmente todavía son productores a campo con un grado de tecnificación variable. Utilizan 0,17 madres por cada animal que tienen en stock. El 2% de los productores tiene entre 100 y 500 madres, cuya participación es del 22 respecto al total de madres, es un estrato con mejores índices productivos, por lo general trabajan bajo sistemas en confinamiento en forma intensiva y utilizan 0,13 madres por cada animal que tienen en stock. Por último el 0,2% de los productores posee 16,2% en el número total de madres de la provincia., son criaderos de alta inversión en tecnología y alta productividad. Utilizan 0,09 madres por cada animal que tienen en stock. En virtud de este análisis se puede destacar la notable eficiencia en los sistemas con mayor número de madres acompañadas con un mayor nivel tecnológico en relación a pequeños.

De acuerdo a la estratificación de establecimientos según cantidad de cerdas, los sistemas de producción pueden ser clasificados de la siguiente forma:

- Aquellos que tienen pocas cerdas y por lo tanto producen para consumo propio y no registran movimientos fuera de la granja. Son los productores familiares o de subsistencia.
- Aquellos que tienen una explotación comercial, que pueden ser de producción al aire libre, en confinamiento o mixto, que producen capones, lechones o animales para reproducción con genética calificada, en todos los casos para comercialización interna (Iglesias & Ghezan, 2013).



F
Fuente: Propia de acuerdo a datos de SIGSA. SENASA

Figura 6: Distribución porcentual del total de porcinos, número de cerdas y establecimientos de acuerdo al número de madres en Córdoba

En cuanto a la estructura productiva planteada en los Cuadros y gráficos anteriores, con gran cantidad de productores pequeños y baja productividad nos lleva a reflexionar el impacto negativo que tienen los costos sobre su producción, con el aumento creciente de los precios de los insumos.

Teniendo en cuenta los objetivos de producción se encuentran dos tipos de establecimientos, los de ciclo completo y los de ciclo parcial como se puede observar en la tabla 4. Los primeros desarrollan todas las etapas de la vida productiva del animal (inseminación, gestación, maternidad, destete, crecimiento y terminación). Los segundos, pueden tener como objetivo la cría de lechones, o cachorros o invernada de cachorros. Con datos del Censo Nacional Agropecuario 2002, tenemos el siguiente cuadro.

Tabla 4: Tipos de establecimientos porcinos en la provincia de Córdoba

Etapas	Porcentaje de establecimientos %
Ciclo completo	23,2
Cría Lechones	61,9
Cría de Cachorros/as	10,1
Invernada Cachorros	4,5
Cabañas	0,3

Fuente: Instituto de estudios sobre la realidad Argentina (IREAL) 2009.

Las actividades de producción e industrialización del cerdo son importantes demandantes de mano de obra. En tal sentido se estima que un establecimiento con sistema de producción intensivo o semi intensiva, requiere de un empleado cada 35-50 madres, según el sistema, considerando también a los profesionales de áreas administrativas y de gerencia, veterinarios, etc.

Este aporte nos conduce a estimar que con la cantidad de predios que realizan actividad porcina a nivel provincial, la mano de obra ocupada por el sector se aproxima a las 3000-3500 personas, considerando la escala. En este sentido es importante destacar que los sistemas con una piara de 11 a 50 cerdas, son aquellos que demandan mayor cantidad de mano de obra, y que presentan predominantemente la característica de ser productores familiares. De esta manera se visualiza que la provincia de Córdoba tiene una gran oportunidad de generar empleo a partir de la mayor cantidad de sistemas que incluyen esta actividad en su emprendimiento, lo cual es analizado por muchos productores agrícolas. Córdoba se ubica en relación a otras provincias, desfasada en cuanto a la producción potencial de cerdos, en función de los parámetros productivos que presenta la producción primaria de maíz como principal insumo, es decir que la provincia dispone de bajas existencias de cerdos para el maíz que se produce y potencialmente puede lograrse en el tiempo (Iglesias & Ghezan, 2013).

Alimentación porcina

La alimentación de los animales puede ejercer una influencia importante en ciertos atributos de la calidad cárnica. En ciertos aspectos juega un papel determinante pero, en la mayoría de los casos, se debe considerar su interrelación con otros aspectos del proceso productivo: genética, manejo y sacrificio.

La alimentación de los cerdos debe estar basada en dietas que contengan niveles nutricionales adecuados a la genética, etapa fisiológico-productiva, estado sanitario de los animales y de la unidad de producción porcina, condiciones ambientales en donde estén alojados y al manejo al que estén sometidos los mismos (Fuentes *et al.*, 1989).

La nutrición hace referencia al aprovechamiento de los distintos nutrientes a través de la ingestión del alimento, con el objeto de satisfacer las necesidades fisiológicas propias del animal, tales como crecer, desarrollarse, reproducirse y mantenerse saludable.

El cerdo tiene requerimientos nutricionales que varían de acuerdo a la categoría a la cual pertenece y a su peso vivo. En términos generales, una dieta para cerdos, debe contener energía, proteína, minerales, vitaminas y agua.

Los animales del establecimiento reciben proteínas presentando un equilibrio adecuado de aminoácidos esenciales y no esenciales, y en cantidades suficientes para hacer frente a las necesidades metabólicas. El establecimiento adiciona suplementos o “núcleos vitamínicos minerales” que satisfacen los requerimientos de cada categoría. Todo lo descrito indica que las raciones utilizadas en este establecimiento, dosificadas correctamente en sus componentes, satisfacen los requerimientos básicos de las diferentes categorías.

El almacenamiento de los distintos componentes del alimento es de suma importancia para mantener las propiedades de los nutrientes y evitar posibles deterioros, pérdidas por contaminación y posibles focos de infección para el plantel porcino.

Contaminación con micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos producidos por hongos que pueden infestar los cereales antes de la cosecha y continuar floreciendo bajo condiciones de almacenamiento sub-óptimas. Granos con un alto contenido de humedad son particularmente inestables y propensos a la proliferación de hongos y posible producción de micotoxinas. Un exceso de lluvias al momento de la cosecha y en períodos claves durante el crecimiento de las plantas puede ser un gran promotor de la contaminación de alimentos por micotoxinas.

Las especies más significativas de hongos productores de micotoxinas que tienen un impacto en la porcicultura incluyen a *Aspergillus* y *Fusarium*. A su vez, las micotoxinas más significativas producidas por el hongo *Aspergillus* son las aflatoxinas. Los hongos que sintetizan aflatoxinas, *A. flavus* y *A. parasiticus*, son considerados tropicales o semi-tropicales que crecen en condiciones de alta temperatura y humedad (Smith, 2013).

Tabla 5: Principales especies de hongos productores de micotoxinas con impacto en la producción porcina

Hongos	Micotoxinas
<i>Aspergillus Flavus</i> y <i>A. Parasiticus</i>	Aflatoxina
<i>Ochraceus</i> , <i>Penicilium Viridicatum</i> y <i>P. Cyclopium</i>	Ocratoxina A
<i>Fusarium Culmorum</i> , <i>F. Graminearum</i> y <i>F. poae</i>	Zearalenona
<i>F. proliferatum</i> y <i>F. Verticillioides</i>	Fumonisina
<i>F. sporotrichioides</i> y <i>F. poae</i>	T-2 Toxina

Fuente: Denli y Perez, 2006.

La toxicidad de las micotoxinas en los animales puede ser aguda tras una elevada ingestión de la toxina, o crónica tras una prolongada exposición a niveles bajos de micotoxina. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, 1993) clasifica las aflatoxinas (B1 y M1) y la ocratoxina A como carcinogénicas, y la fumonisina B1 como posible carcinógeno.

Impacto sobre la salud y productividad de los animales

La contaminación fúngica influye sobre el valor nutritivo y palatabilidad de los alimentos y representa un riesgo de toxicosis. Los efectos tóxicos de las micotoxinas son variables dependiendo de su diferente estructura química, así como de su concentración, duración de exposición, y de la especie, sexo, edad y vulnerabilidad del animal afectado. Generalmente, los animales mono gástricos y más jóvenes son más sensibles a las micotoxinas que los animales rumiantes o de mayor edad. La ingestión elevada de micotoxinas puede provocar un elevado deterioro de la salud y producción de los animales. Así, las enfermedades producidas por las micotoxinas se denominan micotoxicosis, con sintomatologías que cursan desde inapetencia, reducción en las producciones, e incremento en los índices de conversión hasta una mayor morbilidad y mortalidad a diferentes enfermedades. A concentraciones más bajas las micotoxinas pueden provocar pérdidas subclínicas en la producción, e incrementar el riesgo e incidencia de otras enfermedades (Denli & Perez. 2006).

A continuación se describen las micotoxinas que generan los mayores inconvenientes, en los granos de maíz (fuente energética dietaria para cerdos), debido a su alta frecuencia de aparición y la gravedad de los trastornos que ocasionan, las cuales son: **Zearalenonas** y **Aflatoxinas**.

Con respecto a las **zearalenonas** todas las categorías de cerdos son susceptibles, no obstante son las cerdas jóvenes, entre tres o cuatro meses de edad, las que manifiestan la mayor susceptibilidad, como consecuencia de la inmadurez de su aparato reproductor, debido a que existe transferencia de la micotoxina vía placenta y calostro, los efectos hiperestrógenicos se observan frecuentemente en lechonas recién nacidas como también en cachorras pre púberes. En hembras adultas se observa aumento del tamaño del útero, ninfomanía, pseudogestación y anestro, mayor duración del ciclo estral, reducción del índice de preñez, mortalidad embrionaria, menor peso al nacimiento de los lechones, los recién nacidos pueden presentar un cuadro de splay-leg (síndrome que se observa en lechones al nacimiento o al poco tiempo de nacidos, la cual no pueden sostenerse en pie y presentan las extremidades posteriores (patas) abiertas y extendidas, lo que dificulta al

lechón el amamantarse y por tanto no consume calostro). En padrillos se observa disminución de la libido, feminización, aumento del tamaño de los testículos.

Las **aflatoxinas** tienen efectos hipo tóxicos, hepatocancerígenos e inmunodepresor, aumentando la susceptibilidad a la entrada de enfermedades de origen viral y bacteriano. Enfermedades como la influenza, el micoplasma y el síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS), se tornan más severas ante la presencia de aflatoxinas. (Silva & Romagnoli, 2014)

A continuación se busca establecer los niveles de tolerancia a las micotoxinas en cerdos, La Comisión Europea y el sector de alimentación animal trabajan de manera conjunta recopilando información relativa a la presencia de micotoxinas en materias primas y piensos para establecer unos límites máximos o recomendables. Mientras se fijan oficialmente, los niveles prácticos de referencia utilizados para las principales micotoxinas en porcino son los reflejados en el siguiente cuadro.

Tabla 6: Niveles de referencia de las principales micotoxinas en porcinos

Micotoxinas	Nivel máximo (ppb)	Nivel alerta (ppb)
Aflatoxinas	20	20
ZEA	200	200
Ocratoxina	50	25
FUM (B1+b2)	5000	2500

Fuente: extraído, Triviño, 2013

Para ser mas específico en las categorías de cerdos se proponen las siguientes concentraciones máximas toleradas para zearalenona y aflatoxinas para las distintas categorías de cerdos, basadas dichas recomendaciones en las reglamentaciones europeas, canadienses y estadounidenses.

Tabla 7: Niveles máximos de tolerables de zearalenonas y aflatoxinas en alimento para cerdos

Categoría de cerdos	Concentraciones máximas en el alimento (ppb)	
	ZEA	Aflatoxina
Menores a los 35kg	200	20
De 35 a 57Kg.	200	50
De 57 a 120Kg.	200	100
Reproductores	100	50

Fuente: Silva y Romagnoli, 2014

Como ya se menciona con anterioridad, es muy difícil establecer las concentraciones máximas tolerables para micotoxinas debido a los diversos factores que influyen la toxicidad (agravándola o disminuyéndola) durante el consumo del alimento contaminado y entre los cuales podemos citar: la especie y raza de los animales; la duración del consumo del alimento contaminado; la edad y el sexo de los animales; las infecciones bacterianas, virales o parasitarias que puedan tener los animales y fármacos suministrados durante el consumo del alimento en cuestión; las condiciones inadecuadas de “hábitat” (factores de estrés) de los animales; o la presencia de dos o más micotoxinas en el mismo alimento (sinergismos o bien asociaciones entre ellas). Frente a todo esto, se puede decir que no hay concentraciones de micotoxinas que sean verdaderamente seguras, a lo sumo diríamos que hay concentraciones que pueden ser más seguras (Gimeno, 2010).

Factores propicios para la formación de hongos y sus micotoxinas

Son muchas las especies de hongos que pueden producir toxinas en los alimentos, ya sea durante el crecimiento de los cultivos o tras su cosecha, durante el almacenaje, transporte, procesado y utilización de los piensos en la granja. La temperatura, humedad y la actividad de diferentes insectos son factores ambientales que pueden favorecer la diseminación y crecimiento del hongo y la producción de micotoxinas. Por otra parte, son también importantes las condiciones desarrolladas durante la cosecha, el almacenaje y el transporte.

Tabla 8: Condiciones propicias para generación de micotoxinas

Géneros	Temperatura ° C		PH		Actividad Agua (a _w)	
	Rango de crecimiento	Producción Máxima de Micotoxinas	Rango de crecimiento	Producción Máxima de Micotoxinas	Rango de crecimiento	Producción Máxima de Micotoxinas
<i>Aspergillus</i>	12- 40	27-33	2,2-8,0	5-6	0,77- 0,88	0,82- 0,99
<i>Fusarium</i>	0- 31	22- 28	2,0- 6,0	3- 4	0,85- 0,97	0,85- 0, 87
<i>Penicilium</i>	-3- 40	15- 30	2,1- 10	5- 7	0,8- 0,97	0,8- 0,86

Fuente: Denli y Perez, 2006.

Para poder establecer las medidas preventivas y/o de control para el criadero en estudio, primero se deben conocer los factores que condicionan el desarrollo de los hongos tóxicos y sus diversas micotoxinas. Es inevitable la presencia de estos microorganismos en el campo ya que los propágalos perduran año tras año en el rastrojo, en el suelo o suspendidos en el aire, siendo transportados por el agua, viento, insectos, etc.

Para que la infección tenga lugar y aumenten las probabilidades del crecimiento fúngico en el campo y la posterior generación de dichas toxinas, los cultivos deberán estar expuestos a condiciones ambientales extremas, tales como: estrés térmico o hídrico; daños físicos producidos por granizos, insecto u otros factores bióticos; practicas de manejo inapropiadas (fecha de siembra y de cosecha inapropiadas, excesiva densidades, ineficientes controles de malezas y de insectos, etc.) o presentar características genéticas (susceptibilidad o resistencia) y/o morfológicas (maíces con chalas que no recubren las espigas, con falta de compacidad) que le otorguen una mayor o menor protección frente a la invasión fúngica.



Fuente: google

Figura 7: Lote de maíz con daño por granizo. Lote de soja con problemas de anegamiento

Esta problemática puede iniciarse en el cultivo pero también pueden originarse o profundizarse a lo largo de la cadena agroalimentaria cuando, los sustratos susceptibles de ser contaminados, son expuestos a condiciones inadecuadas durante la cosecha, el transporte, el almacenamiento y/o el procesado o bien cuando, el modo de conservación y alimentación en el lugar de consumo son defectuosas.

Los factores más relevantes para la generación de hongos tóxicos y sus micotoxinas son la Temperatura; la disponibilidad de agua (humedad) en el sustrato como en el ambiente que lo rodea; al tipo de sustrato (granos, enteros o fraccionados; alimentos procesados y piensos) y la presencia de granos dañados.

Temperatura

Los diversos procesos fisiológicos que tienen lugar durante el desarrollo del cultivo, están muy influenciados por la temperatura. Es por ello que, para cada especie agrícola y para cada etapa fenológica dentro de su ciclo existen temperaturas consideradas óptimas. Cuando dichos cultivos se desarrollan bajo condiciones térmicas que no son las adecuadas, el crecimiento y desarrollo se ve alterado y el cultivo se torna más susceptible a los factores bióticos, entre ellos a los hongos micotóxicos.

En condiciones de almacenamiento, la temperatura de la masa granaria no es homogénea en todos los sectores, pudiendo encontrarse zonas más calientes que favorecen la proliferación tanto de hongos como de insectos (el intervalo de temperatura para los insectos de almacenamiento varía entre los 20 y 35°C), lo que genera un circuito de actividad biótica (respiración, liberación de agua y calor al espacio intergranular) que incrementa aun más la temperatura y en consecuencia la multiplicación de los hongos contaminantes y sus posibles micotoxinas.

Debe tenerse en cuenta que, para asegurar un almacenamiento con el mínimo deterioro, cuanto más altos son los valores de temperatura, mas bajo deberá ser el contenido de humedad del sustrato (Motta, 2003)

En general, las temperaturas que favorecen el desarrollo de los hongos son las mismas que las condicionan la generación de sus micotoxinas.

El crecimiento fúngico se da a temperaturas que oscilan entre los 10°C y los 40°C (Godoy, 2006) con un óptimo entre los 25°C y 30°C. No obstante, especies como *Aspergillus flavus* y *Aspergillus candidus* logran desarrollarse bajo temperaturas más elevadas, próximas a los 55°C. Es frecuente que, con temperaturas inferiores a los 5°C no se observe crecimiento de los hongos (Gimeno, 1999)

Fusarium es un género de hongos que forma parte de la flora de campo (sustratos fitopatógenos, plantas vivas) y de la flora intermedia (sustratos de cereales recién recogidos y aun húmedos).

Este hongo crece entre 6 y 40° C con un óptimo entre 18 y 30°C. Es aerobio y necesita en general, de una actividad de agua, a_w , superior a 0,88 para crecer y proliferar y superior a 0,91 para producir micotoxinas. En lo que se refiere a la temperatura hay casos como el *Fusarium roseum* que necesita de un mínimo de 15°C para desarrollarse con un óptimo entre 24 y 27°C y que en cambio, una de las micotoxinas que puede producir como es el caso de la ZEN, solo la producirá a temperaturas entre 10-14°C. No obstante hay variedades de *Fusarium roseum* como es el caso de *Fusarium roseum* "gibbosum" y *Fusarium roseum* "semitectum" que son capaces de producir en un sustrato de sorgo a 25°C, cantidades de ZEN equivalentes a las producidas a una temperatura de 10°C. *Fusarium* es uno de los grupos de mohos con más capacidad genética para producir micotoxinas cuando se tienen las condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas para ello (Gimeno y Martins, 2006).

Disponibilidad de Agua

La disponibilidad de agua del sustrato o del ambiente de producción y/o de almacenamiento, es un parámetro muy importante a tener en cuenta al analizar las condiciones que favorecen el crecimiento fúngico. Se hace necesario, antes de desarrollar este tema, realizar una serie de consideraciones al respecto.

Se debe tener en cuenta que el agua puede encontrarse en forma libre o en forma ligada. "El agua *libre* existe dentro y alrededor de los tejidos vegetales o de las células y puede ser eliminada sin interferir seriamente con los procesos vitales" (Gimeno, 1999). La forma *ligada* hace referencia al agua asociada a la superficie macromolecular, suficientemente estructurada y formando parte integrante de las células, por lo que sus propiedades termodinámicas no son las mismas que las del agua libre. Es el agua en forma libre la que incide en la germinación de las esporas y activación de los micelios latentes de los hongos (Motta, 2003).

-En el campo

Como se dijo con anterioridad, *Fusarium* es un género de moho que forma parte de la flora de campo (sustratos fitopatógenos, plantas vivas) y de la flora intermedia (sustratos de cereales recién recogidos y aun húmedos). Requieren para su crecimiento un elevado porcentaje de humedad libre del sustrato, entre el 20% y el 25%. Para dichos hongos, el

valor de la humedad relativa del ambiente que contribuye a su desarrollo debe superar el 70%, asociado además a días cálidos y noches frescas (González, 2002).

-En el almacenamiento

Los hongos clasificados como de almacenamiento pueden desarrollarse sobre sustratos que poseen porcentajes de humedad entre el 12 y el 18%. Son consideradas de almacenamiento las especies de los géneros *Penicilium*, *Aspergillus*, *Mucor* y *Rhizopus*. Estos hongos pueden desarrollarse en las semillas antes de la cosecha y, dada su elevada capacidad de propagación cuando las condiciones en el almacenamiento son apropiadas, son más peligrosos y capaces de generar mayores daños que los de campo (González, 2002).

Se debe tener en cuenta que los valores porcentuales de agua del sustrato que determinan la posibilidad de crecimiento fúngico varían, para un mismo rango de temperatura, con el grano en cuestión. No obstante puede considerarse que con valores de humedad inferior al 13% el crecimiento y proliferación fúngica se ve limitado en las semillas amiláceas y por debajo del 7-8% en los granos oleaginosos. Con valores inferiores al 4-5% de humedad, los granos son prácticamente inmunes al ataque de hongos (Gimeno, 1999).

Durante el almacenamiento la humedad de la masa granarí no es homogénea ya que migra de una zona a otra pudiéndose generar núcleos de humedad con porcentajes superiores al promedio. El aumento localizado de humedad desencadena el crecimiento fúngico y la probabilidad de aparición de micotoxinas, formándose los llamados bolsones de toxinas que en invierno se localizan en el extremo superior del silo y en verano en la base del mismo, variaciones debido al lugar donde, según la estación del año, se condensa el agua en dichas estructuras de almacenamiento.

Si bien en base a lo expuesto, los valores óptimos de temperatura, porcentaje de humedad del sustrato y a_w para el crecimiento de los hongos varía según la especie fúngica en cuestión y el sustrato sobre el que se desarrolla, varios autores coinciden en afirmar que las temperaturas de 20°C o más, asociadas a un contenido de humedad del sustrato del 13% o superior y a una a_w por encima del 0,70, brindan las condiciones necesarias y apropiadas para el crecimiento y proliferación fúngica (Gimeno, 1999).

Otra variable a tener en cuenta, en lo que respecta a la disponibilidad de agua para el desarrollo de los hongos, es la Humedad Relativa de Equilibrio (HRE) del espacio intergranular. Gimeno (1999) lo define como “la cantidad de humedad de las que disponen los organismos una vez alcanzado el equilibrio entre la humedad libre del producto y el vapor de agua existente en el medio ambiente que lo rodea”. Este parámetro hace

referencia a la atmosfera en equilibrio con el sustrato. Dentro de un mismo intervalo de temperatura, para un mismo valor de HRE las semillas difieren en el porcentaje de humedad que poseen, aun cuando están en equilibrio con la humedad relativa del ambiente.

Tabla 9: Humedad relativa de equilibrio y porcentaje de humedad de granos; para el intervalo de temperatura de entre 25 y 30°C

Humedad relativa de equilibrio	% de humedad de los granos		
%	Maíz- Trigo- Sorgo	Soja	Girasol
65	12, 5- 13,5	11,5	8,5
70	13,5- 14,5	12,5	9,5
75	14,5- 15,5	13,5	10,5
80	15,5- 16,5	16,0	11,5
85	18,0- 18,5	18,0	13,5

Fuente: Gimeno, 1999

Se plantea que el límite a partir del cual es más seguro el almacenamiento está por debajo del 65% de HRE ya que la germinación de las esporas se da a valores que fluctúan entre los 65 y 93 %, según la especie fúngica. Teniendo en cuenta este criterio y en base al análisis del cuadro podemos afirmar que para un almacenamiento seguro, considerando un mismo valor de HRE, las semillas con elevado tenor de aceite por ser hidrofobias, deben almacenarse con menores niveles de humedad que las semillas amiláceas, las que por su alto contenido de hidratos de carbono y proteínas son higroscópicas. (González, 2002).

Tipo de sustrato

Los sustratos, considerados como tales a los granos enteros o fraccionados, a los alimentos procesados y a los piensos, presentan diferentes grados de susceptibilidad a la contaminación, lo que implica que no todos son igualmente aptos para el crecimiento de los hongos. Los granos de maíz, trigo, cebada, sorgo, semillas de algodón y forrajes han demostrado ser lo más susceptibles.

Teniendo en cuenta que el componente mayoritario (75%) de las raciones para cerdos es el maíz (principal fuente de energía), es en este sustrato donde deben extremarse los controles. Se ha encontrado que, en determinados genotipos de maíz, algunas

características tales como la composición de ácidos grasos volátiles pueden inhibir el crecimiento fúngico y la generación de micotoxinas (Gimeno, 1999).

Presencia de granos dañados

Los daños al que son sometidos los granos durante el cultivo, la cosecha, el transporte, el secado y/o el almacenamiento lesiona el tegumento que los protege externamente, permitiendo a los hongos entrar en contacto con los nutrientes de la semilla, de donde obtienen la energía necesaria para su desarrollo y proliferación.

Se debe tener en cuenta que los granos dañados se deterioran fácilmente, convirtiéndose en focos de actividad microbiana que actuaran sobre los granos sanos. Durante la cosecha y/o la pos cosecha los granos pueden sufrir daños de origen mecánicos y/o térmicos, los que pueden ocasionar grietas o fragmentaciones en su estructura. Se le suma también los daños producidos por el ataque de insectos, ácaros, pájaros y/o roedores. Dentro de los agentes mencionados los insectos son citados como los de mayor impacto ya que, no solo destruyen la protección natural de los granos sino que pueden actuar como vehículos en el transporte de las esporas de los hongos. La gravedad del daño y en consecuencia la contaminación en el campo, varía con las condiciones climáticas de cada año y con las prácticas de manejo. Así por ejemplo, en años secos las plantas se debilitan, se vuelven más susceptibles al daño causado por insectos y las posibilidades de contaminación con micotoxinas se incrementan.

La presencia de insectos durante el almacenamiento expone a la masa granaria a un deterioro más acelerado. Como consecuencia de la actividad metabólica de los insectos las esporas de los hongos obtienen la humedad necesaria para su germinación. El posterior desarrollo fúngico asociado a esta situación implica el consumo de las reservas del grano, lo que a su vez genera la liberación de moléculas de agua y calor al medio, con lo cual se favorece el ambiente para la proliferación de los hongos y el consecuente deterioro del sustrato (Gimeno, 1999).



Fuente: <http://www.engormix.com>

Figura 8: Granos con daños por moho y daño por insecto

Disponibilidad de oxígeno

Los hongos son microorganismos aeróbicos, por lo necesitan oxígeno para llevar a cabo sus procesos metabólicos. Con tasas de oxígeno inferior al 1% no se produce el crecimiento fúngico, por lo que una atmósfera reducida en oxígeno o anaeróbica limita el crecimiento de los mismos (González, 2002). En el caso de las aflatoxinas se ha encontrado que una atmósfera con 20- 40% de dióxido de carbono, combinada con temperaturas de 17°C y baja humedad relativa, previenen su formación en maíz (Gimeno, 1999).

PH

El pH del sustrato es un factor que también incide en la proliferación fúngica. Según Gimeno (1999) plantea que con un pH de 2,5 puede iniciarse el desarrollo dado que, en general, los hongos toleran mejor el medio ácido que el alcalino. No obstante, cada género posee requerimientos específicos, tanto para su crecimiento como para la producción de micotoxinas.

Prácticas de manejo

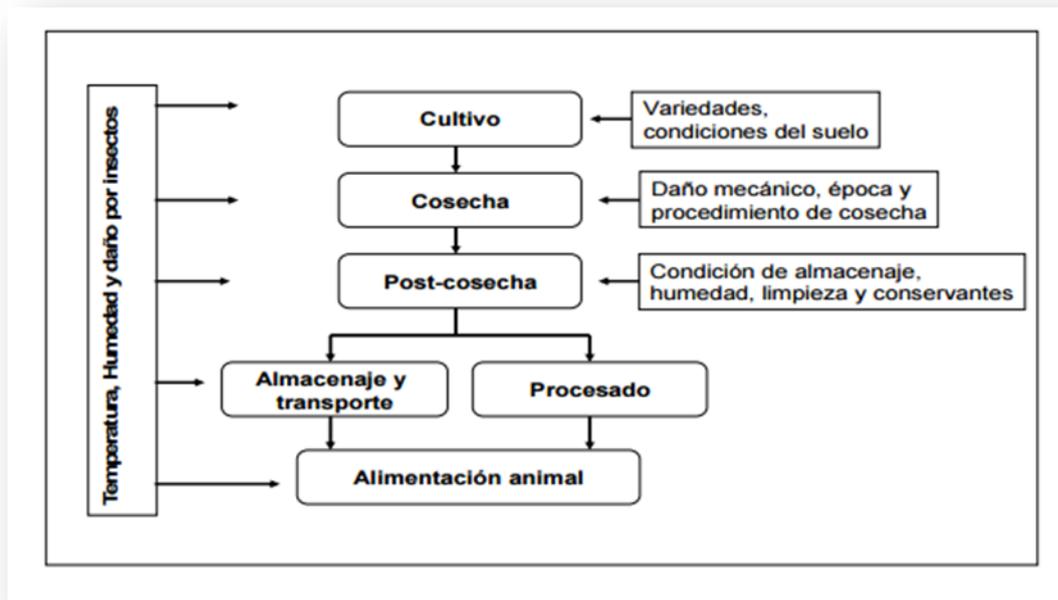
Teniendo en cuenta que la contaminación en el campo es la resultante de las interacciones que se producen entre el huésped (cultivo), los hongos y el ambiente, es que podemos afirmar que las prácticas de manejo, al generar ambientes de producción que pueden ser más o menos favorables para el desarrollo del cultivo inciden sobre la mayor o menor aparición de los hongos en el campo.

El empleo de fechas de siembra no óptimas para la zona exponen a los cultivos, en las diferentes etapas fenológicas, a condiciones hídricas, térmicas, de radiación e incluso bióticas (mayor incidencia de insectos, menor habilidad competitiva con las malezas) generalmente inadecuadas para su desarrollo. Este entorno genera una situación de estrés que vuelve a las plantas más susceptibles a la invasión fúngica en el campo.

Un incorrecto control de malezas no solo agrava la situación en el campo (puede actuar como reservorio de hongos) sino que es una problemática que se transmite al almacenamiento, al producir un incremento en el porcentaje de humedad del grano y de las materias extrañas, factores ambos que acrecientan las posibilidades de multiplicación de los hongos.

Medidas preventivas y de control

Haciendo referencia a los factores involucrados en la aparición de los hongos tóxicos y el impacto que tienen en la producción porcina, teniendo esto en cuenta y reforzando la idea de que es desde la implantación misma del cultivo que deben tomarse medidas tendientes a minimizar la aparición de dichos patógenos es que se analizara este ítem. A modo de referencia se trae a colación cuadro con resumen de la trazabilidad de la posible contaminación.



Fuente: Denli y Perez, 2006

Figura 9: Factores que inciden en el crecimiento fúngico y la producción de micotoxinas

En el campo

Las **buenas prácticas Agrícolas** permiten un adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos. A continuación se describen algunas de ellas.

- El empleo de una fecha de siembra óptima supone, en la mayoría de los casos, exponer al cultivo a un mejor ambiente productivo evitando las condiciones de estrés, tanto ambiental como bióticos, situación que disminuye las posibilidades de las infecciones fúngicas.
- La densidad y distancia entre las hileras incide sobre la estructura del conopeo. La correcta elección de las mismas permite un aprovechamiento más eficiente de la radiación incidente, lo que se traduce en un óptimo crecimiento del cultivo. Esta situación conlleva, entre otras, a un mejor control natural de malezas, hospedantes alternativos de algunos hongos.
- Los cultivos manejados bajo el sistema de siembra directa ofrecen una mayor susceptibilidad a la infección ya que el nivel de esporas en un suelo con rastrojo en superficie es superior al de un suelo roturado.
- La nutrición balanceada del cultivo, lograda a través de ajustadas técnicas de fertilización, evitan el debilitamiento del hospedante, correlacionado positivamente con la incidencia de patógenos.
- El control de insectos, ya sea mediante el empleo de materiales resistentes a la plaga o el uso de insecticidas en el momento y dosis recomendadas, reducen el daño en los granos y

con ello la posibilidad de su contaminación con hongos mico tóxicos. Más allá del daño que ocasionan los insectos estos contribuyen a la diseminación de las esporas de dichos hongos.

- La rotación de los cultivos es una práctica que, entre otras ventajas, contribuye a cortar el ciclo de patógenos y de esta manera reducir la carga microbiana en el ambiente de producción.
- El empleo de materiales resistentes a la acción de los patógenos productores de micotoxinas sería una de las alternativas más efectivas y económicas para el control de los mismos, no obstante, si bien existen líneas de trabajo al respecto, comercialmente no hay en el mercado genotipos con estas características, por lo menos para el maíz, principal grano empleado en la elaboración de alimentos para cerdos.
- La cosecha de los cultivos es una práctica que, realizada en forma inapropiada, puede incrementar la incidencia de hongos toxico génico. Cosechar en condiciones óptimas implica hacerlo bajo determinadas circunstancias, tales como: que el cultivo haya alcanzado la humedad de cosecha y sobre un lote con baja densidad de malezas ya que estas incrementan la humedad del grano como el contenido de materias extrañas. Estas consideraciones posibilitan obtener un producto con contenidos de humedad que minimizan la proliferación de hongos y sus micotoxinas. Por otro lado, los granos cosechados a destiempo presentan menor potencial de almacenamiento, ya que si la recolección se realiza antes de la madurez fisiológica no logran alcanzar el máximo vigor y si ocurre mucho después ya iniciaron el proceso de deterioro. Otro aspecto a considerar en la cosecha, es el uso apropiado de la maquinaria (velocidad de avance, ajuste de la plataforma y elementos de trilla, etc.) para reducir los riesgos de daño mecánico con ello la generación de vías de entrada para los patógenos.
- La utilización de agentes anti fúngicos durante el ciclo de los cultivos puede reducir la carga microbiana siempre que sean aplicados en las dosis y el momento oportuno, porque de lo contrario podrían ocasionar un aumento en lugar de una reducción en los niveles de micotoxinas.

En el almacenamiento

- Como ya se expuso, el método más efectivo para evitar la contaminación con micotoxinas es la prevención en el campo, pero aun cuando se arbitren todos los medios para lograrlo, al tratarse de sistemas biológicos, muchas veces esas medidas no alcanzan y la contaminación puede ocurrir y perdurar en la poscosecha. La calidad del material recibido para almacenar difícilmente se pueda corregir por lo que es fundamental aspirar a

mantener dicha calidad no solo por el daño implícito que representan las micotoxinas sino por las pérdidas nutricionales que puedan ocurrir como consecuencia del metabolismo de los hongos.

Para alcanzar este objetivo hay que considerar que los factores que inciden en esta etapa y favorecen el desarrollo de los hongos y sus micotoxinas están vinculadas a una serie de variables como el contenido de humedad del sustrato, la humedad intergranular, la temperatura y la presión de oxígeno en el ambiente de almacenamiento, el grado de invasión fúngica y la actividad de insectos u otras plagas en el acopio.

Los valores de dichos factores que disminuyen la proliferación de los hongos, varían con la especie fúngica y con la composición química del sustrato, pero podemos generalizar diciendo que, un almacenamiento que contemple una temperatura por debajo de los 20°C (que anula o minimiza la actividad biológica), una HRE inferior al 65%, un porcentaje de humedad libre de los granos inferior al 13% para los cereales y al 9% para las oleaginosas y una masa granaria limpia (libre o con un porcentaje mínimo de granos dañados y materias extrañas), aseguran una correcta conservación.

El secado uniforme permite garantizar una humedad adecuada en el acopio y, el correcto manejo de la aireación conservar el grano a bajas temperaturas. Se deben evitar los focos de calentamiento que contribuyen a deteriorar la calidad de los granos, por lo que es importante que los sistemas de termometría funcionen correctamente para hacer más eficiente el uso de la aireación.

La limpieza de las instalaciones es fundamental para eliminar los posibles focos de contaminación que tiene su origen en restos de granos o impurezas que quedan en el silo. Se cita el uso de hipoclorito de sodio como efectivo para este tipo de tratamientos.

El uso de sustancias anti fúngicas es válido para inhibir el crecimiento de los hongos pero no protege de la presencia de micotoxinas que pudieran haberse generado con anterioridad al almacenamiento. Los productos en base al ácido propiónico, propionato de calcio y propionato de amonio son recomendados como anti fúngicos. El propionato de amonio es recomendado por la facilidad con que puede ser aplicado (con cualquier equipo de fumigación, sin necesidad de diluir en agua y a muy baja presión) y porque, en contacto con la humedad del grano, se desdobra y libera al medio amoníaco y ácido propiónico, aumentando la efectividad y residualidad del tratamiento.

El monitoreo de las condiciones de humedad, temperatura y nivel de oxígeno durante el almacenamiento son esenciales para diagnosticar la presencia y concentración de las micotoxinas. Manteniendo las condiciones adecuadas para evitar la contaminación del alimento, una vez efectuado este procedimiento y habiéndose corroborado el tipo y

calidad presente, una opción es re direccionar el material para la alimentación de especies animales más resistentes, evitando de esta forma el descarte de los granos. En el caso de que el nivel de contaminación supere los valores admisibles aun para otros usos como la fermentación alcohólica o la obtención de biodiesel.

En el Criadero

La limpieza y desinfección de los comederos como de las instalaciones donde se almacena el alimento es fundamental para impedir focos de contaminación. Se debe prestar suma atención al control de plagas (insectos, roedores), a las infiltraciones de agua que pueden humedecer el material y evitar almacenar el alimento por más de una semana, para reducir las posibilidades de deterioro (Bartoli, 1998).

Tratamientos de destoxificación

Cuando, habiéndose tomado todas las precauciones, igualmente ocurre la contaminación de los granos que van a ser empleados como alimento o ingredientes de las raciones, resulta difícil y antieconómico desechar toda la partida (salvo en condiciones extremas) y dado que no puede pretender eliminar totalmente las micotoxinas se trata de reducir sus efectos tóxicos.

Los métodos empleados para lograr este objetivo se basan en la degradación, destrucción, inactivación y/o remoción de estas sustancias y se pueden clasificar en: físicos, químicos y biológicos.

- Métodos físicos

Dentro de estos métodos, el grado de la eficacia es muy variable.

La extracción por medio de solventes orgánicos es efectiva pero costosa y poco práctica. Se basa en la propiedad de las micotoxinas de ser solubles en solventes orgánicos. Mezclas de hexanoacetona y agua, o isopropanol y agua fueron afectivas para el arrastre de micotoxinas.

Los tratamientos térmicos (inactivación por medio del calor) producen reducciones mínimas en la concentración de micotoxinas, con efectos indeseables sobre las vitaminas y proteínas del alimento

La irradiación con rayos ultravioletas de onda corta y larga, rayos X y microondas reducen notablemente los niveles de micotoxinas en los alimentos contaminados, dependiendo los resultados de la potencia y tiempo de exposición a los mismos.

- Métodos químicos

Emplean generalmente amonio y otros agentes oxidantes como peróxido de hidrogeno, ozono y algunos ácidos, bases, aldehídos y bisulfitos. Algunos han demostrado ser efectivos en la descontaminación (reducciones de hasta 90% de los niveles de toxina) pero en algunos casos pueden ser peligrosos por la generación de subproductos tóxicos o inadecuados al restar palatabilidad a los alimentos.

Tratamiento térmico más azúcares reductores – fumonicinas: métodos prometedores pero inciertos en la toxicología y la estabilidad. Hidrólisis alcalina – degradación reversible de aflatoxina y degradación parcial de fumonisinas, pero persiste la toxicidad: no es un método eficaz para la descontaminación de fumonicinas o aflatoxinas. Reducción de la zearalenona y del deoxinivalenol.

Bisulfito – destruye la aflatoxina B1, reduce el deoxinivalenol en el maíz: el bisulfito es un aditivo alimentario común (el sulfonato DON es inestable en alcalí).

Amoniación – método aprobado en México, Sudáfrica y varios estados de los EE.UU. para la aflatoxina en el maíz: tal vez no sea eficaz para descontaminar las fumonicinas en el maíz.

Peróxido de hidrógeno/bicarbonato sódico – destruyen la fumonicina en el maíz.

Ozonización – degrada y descontamina las aflatoxinas en el maíz contaminado naturalmente: método prometedor por su bajo costo y escasa reducción de nutrientes.

Aluminosilicatos sódicos-cálcicos (secuestradores de micotoxinas) – enlaza las aflatoxinas de gran afinidad y capacidad: eficacia demostrada in vivo cuando se agrega a las dietas. Los aluminosilicatos no selectivos pueden crear fuertes de riesgos y hay que evitarlos.

Carbón activado - reduce la transformación alimentaria de la aflatoxina B1 en aflatoxina M1 en las vacas

- Métodos microbiológicos

Descontaminación mediante el uso de microorganismos como bacterias lácticas o levaduras.

Fermentación etanólica – no descompone la aflatoxina B1, la zearalenona o la fumonisina B1. Las toxinas pueden resultar realmente aumentadas en el grano inservible empleado en piensos. Mezclas pro bióticas - El *Lactobacillus* y el *Propionibacterium* pueden reducir la bio-disponibilidad de la aflatoxina alimentaria.

- Uso de secuestrantes de micotoxinas

Se han desarrollado estrategias alimentarias, con la finalidad de reducir la adsorción de micotoxinas en el tracto digestivo mediante el uso de “agentes detoxificantes”.

Según la comisión de regulación de la Comunidad Europea (EC, 386/2009) los agentes destoxicantes para micotoxinas en los alimentos se definen como “sustancias que pueden suprimir o reducir la adsorción, promover su excreción o modificar su modo de acción”. Esto depende de la forma en que estos aditivos pueden actuar ya sea reduciendo la bio-disponibilidad de las micotoxinas o degradarlas o transformarlas en metabolitos menos tóxicos; de manera general se clasifican como agentes adsorbentes y agentes biotransformadores.

Los agentes adsorbentes son aquellos compuestos que tienen la finalidad de quelar las micotoxinas, lo cual permite reducir la disponibilidad de micotoxinas. Los agentes biotransformadores degradan las micotoxinas en metabolitos menos tóxicos. Existen otros compuestos, los cuales tienen la finalidad de proteger contra el daño a nivel celular ocasionado por el consumo de micotoxinas, estos compuestos son clasificados como “protectores”. (Tapia- Salazar, M. et al., 2010)

Agentes adsorbentes

De manera general, los agentes adsorbentes se clasifican como adsorbentes minerales (arcillas, carbón activado, tierra de diatomeas) y adsorbentes orgánicos (fibras de plantas, extractos de paredes celulares de levadura y bacterias).

Absorbentes Minerales

- Las arcillas: Son aquellas sustancias terrosas formadas principalmente por silicatos aluminicos con materia coloidal y trozos de fragmentos de rocas, que se han formado mediante la desintegración química de las rocas aluminicas.

Los aluminosilicatos de calcio y sodio (HSCAS), pueden encontrarse de forma natural o mediante el tratamiento térmico de arcillas de calcio (Wang et al., 2008). Estos compuestos contienen moléculas de agua adheridas a un metal central o cristalizado con un metal complejo permitiendo un mayor secuestro de micotoxinas. Los órganoaluminosilicatos es una forma orgánica modificada de los filosilicatos. Estos compuestos se generan mediante el intercambio de los cationes del aluminosilicato por órgano cationes (normalmente iones cuaternarios alquilamonio). La estructura láminar sigue siendo análoga a la de los filosilicatos originales, pero con esta modificación permite secuestrar micotoxinas de baja polaridad como la zearalenona, ocratoxina A y T-2. Los aluminosilicatos que han sido utilizados en alimentos para animales terrestres como secuestrantes para micotoxinas. A modo de información los Nombres de productos comerciales a base de arcillas utilizadas como secuestrantes de micotoxinas en alimentos para organismos terrestres está disponible en los anexos del trabajo.

- Carbón activado: El carbón activado es un polvo no soluble formado por pirolisis de varios compuestos orgánicos y elaborados por procesos de activación que permite el desarrollo de estructuras altamente porosas. La capacidad secuestrante del carbón activado depende del tamaño del poro, área de superficie, estructura de la micotoxina y la dosis. Existe el carbón superactivado, el cual a diferencia del carbón activado presenta una superficie de área mucho mayor (500 m² /g vs 3500 m² /g, Ramos et al., 1996). Algunos de los productos que se encuentran disponibles comercialmente para micotoxinas se presentan en el anexo del trabajo.
- Tierra de diatomeas: La tierra de diatomeas es un mineral de origen vegetal formado por la fosilización y acumulación de los esqueletos provenientes de algas unicelulares. El contenido de sílice presente en la tierra de diatomeas es alrededor del 65%, aunque se pueden presentar algunos casos donde puede llegar a un 90%, por lo cual su aplicación industrial depende del grado de pureza y sílice. Los productos comerciales a base de tierra de diatomeas son pocos, por ejemplo tenemos al **Afladetox**[®] (Denli et al., 2009) el cual secuestra aflatoxinas y al **Ocratox**[®] (Denli et al., 2009), que es tierra de diatomeas activada y secuestra ocratoxina.

Adsorbentes orgánicos.

- Paredes celulares de levaduras: La presencia de polisacáridos (glucosa, manosa y acetilglucosamina), proteínas y lípidos presentes en las paredes celulares de levaduras genera numerosos mecanismos de adsorción, tales como puentes de hidrógeno, interacciones iónicas o hidrofóbicas. Los productos más utilizados se obtienen principalmente de la levadura de cerveza *S. cerevisiae*, aunque su eficacia depende de la proporción de glucanos/mananos presentes en la cepa de levadura.
- Fibras micronizadas: Estas son obtenidas a partir de diferentes materiales vegetales, tales como cereales (trigo, cebada, avena, etc), cascarilla de chícharo, manzana, bambú, etc. Estas fibras están constituidas principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. La fibra de alfalfa ha demostrado reducir los efectos de la zearalenona en ratas y la toxina T-2 en ratas y cerdos **Adfimax**[®] (que son fibras de trigo, avena, cebada, manzana, uva, chícharo, lupino y pera) también se ha reportado que secuestra OTA (Aoudia et al., 2009).
- Bacterias: Las bacterias utilizadas principalmente como secuestrantes de micotoxinas son *Lactobacillus* y *Streptococcus* y el mecanismo empleado para secuestrar micotoxinas es mediante enlaces hidrofóbicos donde las micotoxinas se unen a la superficie bacteriana. Las especies de bacterias que se han reportado con actividad secuestrante para micotoxinas.

Polímeros: Dentro de estos compuestos tenemos a la colestiramina y la polivinilpirrolidona. La colestiramina es una resina insoluble de intercambio aniónico de amino cuaternario; el

cual puede atrapar fuertemente compuestos aniónicos. La polivinilpirrolidona es un polímero anfotérico altamente polar. El método de adsorción de los polímeros de pirrolidona es mediante la formación de puentes de hidrógeno y nitrógeno. (Tapia- Salazar, M. et al., 2010)

Agentes biotransformadores o secuestrantes de micotoxinas

Los agentes biotransformadores incluyen bacterias, levaduras, hongos y enzimas. Estos biotransformadores pueden estar constituidos de estos microorganismos o de la extracción de algunas enzimas de ellos y que posteriormente son incluidas en el alimento. Para el caso de las bacterias se pueden emplear bacterias anaeróbicas gram-positivas, bacterias aeróbicas gram-positivas y bacterias aeróbicas gram-negativas. Los microorganismos que se han utilizados como biotransformadores son presentados en la siguiente Tabla.

Tabla 10: Productos biotransformadores de micotoxinas

	Producto	Micotoxina que atrapa
Bacteria	Bacteria anaeróbica <i>Eubacterium</i> s.p. BBSH 797	T-2, HT-2, escirpentriol
	<i>Nocardia asteroides</i> <i>Mycobacterium fluoranthenvivorans</i> sp. nov. <i>Rhodococcus erythropolis</i>	AFB1
	Mezclas de cultivo de <i>Alcaligenes</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Flavobacterium</i> , y <i>Pseudomonas</i>	ZEA
Hongos	<i>Cepa Curtobacterium</i> sp. 114-2	T-2
	<i>Lactocacillus</i>	ZEA
	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Eurotium herbariorum</i> , <i>Rhizopus</i> sp.,	AFB1, Aflatoxicol
	<i>A. flavus</i> no productora de aflatoxinas <i>A. parasiticus</i> NRRL 2999 y NRRL 3000	AFB1
Levaduras	<i>Trichosporon mycotoxinivorans</i>	OTA, ZEA, DON
	<i>Phaffia rhodozyma</i>	OTA
Bacterias y Levaduras	Aislados de cepas <i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i>	
Enzimas	Combinación de <i>Eubacterium</i> BBSH 797 y <i>Trichosporon mycotoxinivorans</i>	OTA, ZEA
	Proteasa A de <i>A. niger</i>	OTA
	Pancreatina de Cerdo	OTA
	Epoxidasa de <i>Eubacterium</i> BBSH 797	ZEA, OTA, DON
	Proteína Aflatoxina-detoxifizima (ADTZ), el gen de ADTZ es clonado del RNA total de <i>Armillariella tabescens</i> y expresada a través de métodos de ingeniería genética.	AFB1
	Lactonohidrolasa de <i>Clonostachys rosea</i> IFO 7063	ZEA

AF aflatoxinas, AFB1 aflatoxina B1, AFM1 aflatoxina M1, ZEA zearalenona, FUM fumonisina, DON deoxinivalenol, T-2 toxina T-2, OTA ocratoxina, NIV nivalenol, DAS diacetoxiscirpenol, VOM vomitoxina

Fuente: Tapia- Salazar, M. et al., 2010

Objetivos

Objetivo General

Prevenir la generación de las micotoxinas sobre alimentación porcina en el establecimiento “El Tata”

Objetivos Específicos

Analizar los factores que inciden sobre la generación de micotoxinas en el alimento destinado a la alimentación de cerdos en el establecimiento “El Tata”.

Examinar las medidas de control para evitar la producción de micotoxinas durante el cultivo y almacenamiento del alimento para los cerdos.

Contribuir a la minimización del impacto de micotoxinas en la producción de cerdos a través de un manejo preventivo dentro del establecimiento porcino.

Análisis del caso en estudio

Establecimiento “El Tata”

El establecimiento “El Tata” perteneciente a la firma Muñoz Hermanos S.A, es un emprendimiento agrícola – ganadero ubicado al norte de la provincia de Cordoba, en las cercanías de la localidad de Las Peñas, cuenta con una extensión de 518 has, donde la totalidad está destinada agricultura extensiva y recientemente 2 has aproximadamente se destinaron al engorde de cerdos, ciclo completo para la venta.

Los principales cereales que se siembran son: soja, maíz, trigo, poroto mung y garbanzo.

El establecimiento fue adquirido con una superficie total de monte para luego, realizar el loteo, alambrado e infraestructura de calles y callejones, galpón y tanques. Esto llevó algunos años hasta que el campo quedó listo para su producción. Hace 4 años que se suma la actividad porcina al establecimiento y se está terminando con las instalaciones destinadas al engorde, mejorando día a día la eficiencia productiva y reproductiva.

Respecto a los recursos humanos, el establecimiento cuenta con dos empleados que se encargan de las tareas de mantenimiento y alimentación del ganado porcino, un socio que cumple el papel de Gerente y un segundo socio encargado de la administración del mismo. Se cuenta también con la asesoría de un Ingeniero Agrónomo y de un Médico Veterinario. Las tareas de siembra, pulverización, cosecha son tercerizadas.

Para efectuar el análisis y diagnóstico de la explotación, se visitó el establecimiento y se obtuvo información a través de diversas fuentes:

- Observación personal mediante registros
- Entrevista con el productor socio gerente

- Recabar información de registros llevados por el responsable de la explotación,
- Registros fotográficos

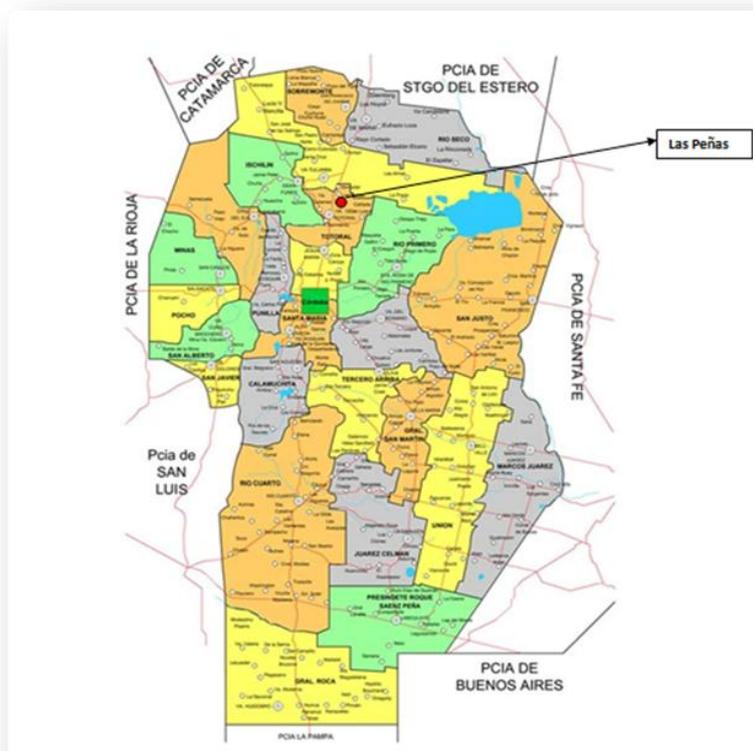
Ubicación Geográfica

El establecimiento se encuentra ubicado en el Departamento Totoral, Pedanía El Rangel, Ruta Nacional N° 9, km 801.

El establecimiento se encuentra ubicado en 30° 37' 27" S y 63° 45' 56" O. Se accede desde la localidad de Las Peñas, por camino municipal de ripio.

Distancias desde localidades más importantes:

- Jesús María (Córdoba): 75Km
- Córdoba: 121 km
- Santiago del Estero: 355 Km
- San Fernando del Valle de Catamarca: 414 Km
- Rosario (Santa Fe): 521 Km
- Capital Federal (Buenos Aires): 816 Km



Fuente: Extraído de página web <http://www.cordobaciudad.com>

Figura 10: Provincia de Córdoba



Fuente: Extraído desde el software Google Maps

Figura 11: Mapa de la zona



Fuente: Extraído desde el software Google Maps

Figura 12: Mapa de acceso al establecimiento desde la localidad Las Peñas

Características agroecológicas

Para el estudio de las características fisiográficas, Clima, Régimen térmico, régimen pluviométrico y balance hidrológico con datos relevados de la zona comprendida entre las localidades de Cañada de Luque, Las Arrias, Jesús María y Las Peñas.

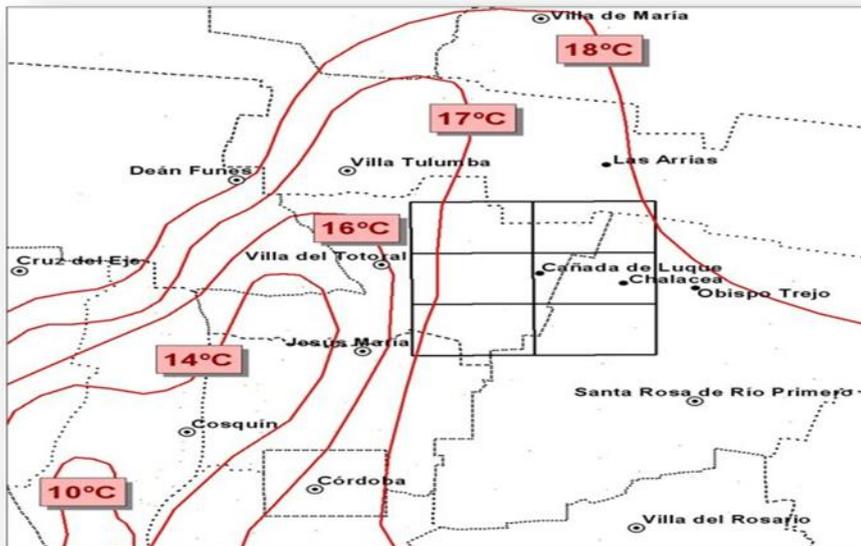
Características Climáticas de la zona aledaña

El área de estudio de la presente carta de suelo posee un clima, según Thornthwaite, subhúmedo seco, mesotermal, sin exceso de agua y una marcada deficiencia hídrica. La región de estudio es una planicie muy suavemente inclinada hacia el Este donde no hay una gran variación de los índices climáticos dentro del área. Según Capitanelli (1979), la región de estudio tiene una caracterización climática, considerando los datos de precipitaciones y temperatura, de una zona transicional entre el dominio semi-húmedo con tendencia al semi-seco con invierno y sin verano de la montaña (tipo Ascochinga) y el dominio semi-seco con tendencia al semi-húmedo de las planicies.

Régimen térmico

Las temperaturas tienen una incidencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo tanto sus variaciones diarias y mensuales deben ser consideradas en una caracterización agroclimática.

Las temperaturas medias mensuales de la región están influenciadas por las masas de aire cálido del NE que se originan en el anticiclón del Atlántico y el relieve de llanura por donde recorre esta masa de aire y su gradiente aumenta desde el Sur hacia el Norte.



Fuente: Carta de Suelos de la República Argentina (Agencia Córdoba Ambiente, INTA, Gobierno de Córdoba)

2011

Figura 13: Temperatura media anual de la zona próxima al establecimiento

Las temperaturas promedio de la localidad de Cañada de Luque presentan una media anual de 17,5°C, una temperatura media mensual (julio) de 11°C y cálido (enero) de 24°C. Las temperaturas promedio de la localidad de Jesús María ubicado a 75 Km del establecimiento

presentan una media anual de 15,8°C, una temperatura media mensual (julio) de 8°C, (enero) de 22°C.

Temperatura media anual:

Oeste del departamento: entre isotermas de 14 y 16 ° C

Centro del departamento: entre isotermas de 16 y 17 ° C

Este del departamento: entre isotermas de 17 y 18 ° C

Temperatura máxima media anual:

Oeste del departamento: isotermas de 20 ° C

Centro del departamento: isotermas de 24 ° C

Este del departamento: isoterma de 25 ° C.

Temperatura mínima media anual: entre isotermas de 9 y 10 ° C.

Régimen de heladas

El periodo de heladas queda comprendido desde mediados del mes de mayo hasta mediados del mes de septiembre, esto trae aparejado que el período libre de heladas en la región supera ampliamente el índice agroclimático de 150 días libre de heladas que sugiere aptitud térmica para la agricultura, dicho periodo en estos últimos años se ha incrementado por un retraso en las primeras heladas y adelanto en las fechas medias de últimas heladas (Fernández Long *et al.*, 2015).

Régimen Pluviométrico

Las precipitaciones en la zona se concentran en el semestre cálido y son escasas o inexistentes en el invierno. Esta característica lo encuadra en un régimen hídrico tipo “monzónico”. La húmeda se extiende en el período primavera-verano concentrando el 83% de las precipitaciones del año y la época seca que ocurre en el otoño-invierno con el 17% de las lluvias totales. Las precipitaciones máximas ocurren en los meses de diciembre, enero y marzo, donde las precipitaciones medias mensuales superan los 100 mm.

Evapotranspiración potencial: Varía entre 800 y 900 mm. Anuales.

Déficit medio anual de agua: 100 mm.

Manejo productivo

La actividad porcina en el establecimiento comienza a finales del año 2011 con un número de 30 madres. En la actualidad cuentan con 65 madres con autoreposición y proyectando aumentar el número de madres a 100 con ciclo completo para el año 2016.

Como herramienta de manejo se introdujeron nuevas razas; ya que poseían (razas híbridas adaptadas a la zona), que con el tiempo fueron reemplazadas por hembras y machos de

raza Landrace para mejorar la aptitudes productivas y reproductivas del plantel, las instalaciones sufren modificaciones a medida que el número de animales crece.



Figura 14: Galpones destinados al engorde de cerdos en el establecimiento “El Tata”

El manejo reproductivo que se realiza es monta natural por lo cual se cuenta con 10 padrillos, para vender aproximadamente cada 30 días 60 capones de 110 kg. Los machos se encuentran en padrilleras individuales y separadas de las hembras, el empleado que se dedica enteramente al manejo del plantel, al momento del destete, lleva las hembras a un corral apartado pero en cercanía de los padrillos para que levante celo y realizar el servicio; se las sirve 3 veces cada 12 hs. (se logró más eficiencia en el porcentaje de preñez). No se llevan rigurosamente registros reproductivos, situación que se pretende mejorar a través de la toma de datos para tener a disposición la información de cada hembra a lo largo del año, mejorando el manejo en grupo y para detectar posibles problemas que afecten el nivel reproductivo del plantel.



Figura 15: Padrilleras separado de la zona de maternidad

El índice reproductivo del establecimiento es de aproximadamente 2, 5 partos/ hembra/ año, la cantidad de lechones vivos por parición varía entre 12-13, de los cuales llegan al destete 10 a 11 lechones vivos por madre.

El lechón a los siete días de vida es descolmillado y castrado, debido a que ésta situación le significa un stress al animal, se busca realizarlo lo antes posible para evitar un aumento en el porcentaje de mortandad. El destete se produce a los 28 días de nacido cuando los lechones alcanzan un promedio de 7 kg.

Cada año se realiza la venta de 720 capones con un peso de 110 kg.

El descarte anual (mortandad, sanidad, edad, aptitud materna) es del 10%.

Instalaciones

El establecimiento analizado se trata de un sistema semi intensivos, donde tenemos categorías de cerdos que se encuentran a campo y categorías en confinamiento. Las distintas salas del criadero están destinadas a evitar que convivan animales con distintos temperamentos que cada sexo y edad tiene. En las instalaciones se están realizando modificaciones para poder intensificar la producción en todo el ciclo para el año 2016.

El área de maternidad es bastante precaria por el momento, se utilizan parideras de maderas orientadas de norte a sur, que si bien están en buenas condiciones no garantizan el confort del animal, en este caso el clima puede ser una limitante de la eficiencia de producción. Las cerdas gestantes ingresan 5 días previos a la parición al área donde permanecerán entre 25 a 32 días amamantando a los lechones.



Figura 16: Área de maternidad del establecimiento

Siguiendo con las instalaciones del criadero, el área de gestación se define a campo, orientada de este a oeste, en piso de tierra y con corrales delimitados con alambre y bollero eléctrico para grupos de aproximadamente 15 cerdas. Cuenta con una zona de sombra para las horas del día de mayor temperatura, la problemática surge para los días de invierno donde las cerdas no tienen reparo del frío y del viento, lo que puede traer aparejado problemas reproductivos. Con respecto al suministro de agua para bebida se cuenta con bebedero tipo chupete (figura 17).



Figura 17: Área de gestación del establecimiento

Se comenzó con la intensificación de los corrales para el ciclo del lechón desde el destete hasta la terminación, los galpones son de material con techo de chapa y para la primera categoría se utiliza cama profunda para brindar las condiciones adecuadas a los lechones en la época del año donde las inclemencias del tiempo lo demanda como se presenta en las siguientes figuras (18, 19 y 20). El suministro de agua se hace por medio de bebederos tipo chupete a una altura de 0,50 m (se considera un chupete cada quince cerdos).



Figura 18: correspondiente a la sala de destete



Figura 19: sala de desarrollo



Figura 20: sala de terminación

Como se puede apreciar en las imágenes y como se viene mencionado, las instalaciones están siendo modificadas para brindar el confort requerido a los animales y hacer que las técnicas de manejo sean las adecuadas y de fácil implementación.

Manejo de la Alimentación

El manejo de la alimentación en el criadero se realiza en base parámetros productivos económicos y financieros.

La marca comercial que maneja el establecimiento para la alimentación es Vidosa – Servetto nutrición animal, balanceado energético, proteico, vitamínico y mineral) de acuerdo a los requerimientos por parte del animal en las distintas etapas de crecimiento.

La base de la alimentación es el grano de maíz como fuente energética, de producción propia, que se procesa por medio de la moladora para facilitar su asimilación. Como fuente proteica expeller de soja (proveniente del intercambio de la entrega de soja a una aceitera en Pozo del Tigre) y se utiliza también un núcleo vitamínico- mineral. La alimentación está basada en etapas:

Balanceado Pre-iniciador: formulado para cerdos durante la etapa inicial, aporta niveles adecuados de todos los nutrientes necesarios para un máximo crecimiento. Ingrediente: pellet de soja, soja desactivada, maíz TK250. Se recomienda utilizar a discreción en lechones al pie de la madre, y en lechones destetados desde los 8 kg hasta los 12 kg inclusive (tabla 5).

Balanceado Iniciador: Formulado para la etapa inicial que aporta niveles adecuados de todos los nutrientes necesarios para un máximo crecimiento. Ingredientes: expellet de soja, soja desactivada, concentrado nutricional teknamix desarrollo. Se recomienda utilizar a discreción hasta los 20 kg de peso vivo (Tabla 5).

Concentrado iniciador 35%: para un óptimo crecimiento del lechón. Ingredientes: expellet de soja, soja desactivada, teknamix como iniciador, que se trata de un concentrado nutricional de alta calidad. Se recomienda utilizar a discreción en lechones de hasta 30 kg de peso vivo, mezclando 25 kg de concentrado y 46 kg de maíz (tabla 5).

Concentrado recría 35%: aporta los nutrientes necesarios para el crecimiento del lechón desde los 30kg. Ingredientes: expeller de soja, soja desactivada, teknamix desarrollo. Se recomienda utilizar 25 kg de concentrado y 46 kg de maíz (tabla 5).

Concentrado desarrollo 25%: desde los 30 kg hasta los 70 kg Ingredientes: expeller de soja, teknamix 20%, sintox, el cual se recomienda utilizar 25 kg de concentrado con 75 kg de maíz.

Concentrado Terminación 20%: desde los 70 kg en adelante para cerdos durante la etapa de engorde que aporta niveles adecuados de todos los nutrientes necesarios para un óptimo desarrollo de masa muscular. Ingredientes: pellet de soja, teknamix terminación 20%, sintox. Se recomienda utilizar a discreción mezclando 25 kg de concentrado y 100 kg de maíz.

Concentrado Lactancia 35%: Formulado para cerdas durante la etapa de lactancia que aporta niveles adecuados de todos los nutrientes necesarios para una óptima performance productiva y reproductiva. Ingredientes: expeller de soja, alinox, soja extrusada, complemix

lactancia 20%, sintox, el cual se recomienda utilizar en cerdas 20 días antes del parto mezclando 25 kg de concentrado y 46 kg de maíz (tabla 5)

El Ingeniero Agrónomo es el encargado de preparar las raciones, y procurar que a través de la suplementación del alimento sean satisfechos los requerimientos tanto de vitaminas como de minerales.

Tabla 11: Alimentación por etapa llevada a cabo en el establecimiento

Alimento	Días	Peso kg	Consumo kg
Prestarter MPLT	17 a 25	4 a 8	0,4
Starter MPLT	25 a 40	8 a 12	6,5
Preiniciador TK 250 35%	40 a 56	12 a 17	12
Recría TK50 35%	56 a 70	17 a 30	24
Desarrollo 25%	70 a 120	30 a 70	85
Terminación 20%	120 a 150	70 a 105	160

Consumo

Para las categorías lechones, cachorros, hembras en lactancia y machos en servicio el alimento se ofrece ad libitum en comederos tipo tolva improvisados. Para las demás categorías, entre ellas hembras en gestación y servicio el alimento es restringido. Hembras en gestación y lactancia el alimento se le da en el piso de tierra con todos los problemas que esto trae para las categorías más sensibles a la contaminación.



Figura 21: Tipo de comederos para las distintas categorías dentro del criadero como destete (A), engorde (B), maternidad (C) y padrillos (D)

Almacenamiento del Alimento

En el establecimiento en estudio el almacenamiento de la materia prima y del alimento hasta ser consumido se realiza de acuerdo a las imágenes presentadas en la figura 22.



Figura 22: Materia prima almacenada en el criadero, silo de alambre bajo galpón para el maíz (A); expeller de soja bajo techo y en el piso (B); balanceado y concentrado en sus bolsas originales (C)

El tiempo de almacenamiento de la materia prima depende del consumo y de la cantidad de animales, en este caso aproximadamente son tres meses de almacenamiento en el silo de alambre para el grano de maíz y es de dos meses para el expeller de soja.

La inspección visual de los alimentos está a cargo del Ingeniero y los empleados del establecimiento, que asegurarán el mantenimiento de la calidad de lo que consumen los animales, para detectar signos de deterioro, y también se revisa que el alimento adquirido y ya preparado, como lo son los balanceados y concentrados, cuenten con un sistema de BPM, presentando en la etiqueta la información correspondiente como ingredientes y sus características, composición acorde a los requerimientos, aditivos y caducidad. De esta manera, se ve que los alimentos se encuentren en condiciones de ser suministrados sin ocasionar perjuicios a los animales y cumplir con las normas de seguridad.

Preparación del alimento

Para la formulación de la dieta de las distintas categorías del criadero, la materia prima es procesada a través de la moledora, para que el grano y el expeller sean palatables para el animal, luego es necesaria la utilización de acoplados mezcladores o mixers que permiten a través de la balanza electrónica, conocer cuánto se carga de cada uno de los componentes de la formulación y también la cantidad suministrada a los animales, de acuerdo al consumo estimado y al tipo de rodeo. Esta actividad generalmente se lleva a cabo los días de fin de semana. Para mantener el alimento antes de ser utilizado es almacenado como se puede apreciar en la figura a continuación, en bolsas big bag y cubiertas con nylon de silo bolsa como protección.



Figura 23: Almacenamiento del alimento ya listo para ser consumo animal

Sanidad

El plan sanitario llevado a cabo en el criadero es manejado por el Médico Veterinario encargado de la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades en el caso que las hubiera. Se cuenta con un programa de vacunación rutinario diseñado en función de las

enfermedades frecuentes tanto en la granja como en la zona. En función de esto se realiza la vacunación contra Parvovirus y Leptospirosis, según de la categoría que se trate:

Cerdas adultas: una dosis 14 a 60 días antes del servicio

Cachorras: una dosis 15 días antes del servicio

Padrillos: una dosis cada 6 meses o 14 a 60 días antes del servicio

Revacunación: una dosis previa al servicio o cada 6 meses

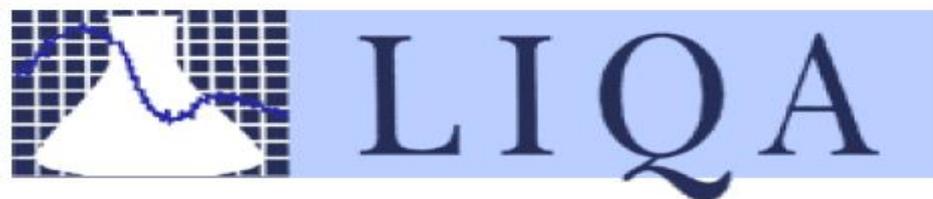
Para la prevención y control de enfermedades, el criadero lleva a cabo procedimientos de aseo y desinfección de las instalaciones, eliminando restos de materia orgánica de los corrales, bebederos y comederos con la finalidad de reducir el número inicial de patógenos, sin llegar a un nivel de asepsia total, pero sí a un nivel aceptable que no comprometa la sanidad del plantel.

Una de las cuestiones de manejo y que tiene que ver con la higiene y seguridad y no se estaría realizando adecuadamente es el suministro del alimento en el piso de tierra en algunas categorías lo que genera desperdicios, foco de contaminación y proliferación de vectores de enfermedades.

Cabe destacar que el establecimiento en estudio se encuentra alejado de los focos contaminantes como lo son los basureros, mataderos u otras granjas, pudiendo lograr de esta manera un aislamiento sanitario, impidiendo la transferencia de patógenos. Sin embargo carece de medidas de bioseguridad en el ingreso de personas y animales al establecimiento.

Análisis de laboratorio para cuantificar Micotoxinas en maíz grano entero

A fin de determinar la contaminación de micotoxinas sobre los granos de maíz del establecimiento es que se llevo a cabo un análisis de laboratorio de una muestra extraída del material almacenado en silo de alambre.



LABORATORIO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS APLICADAS

Certificado Nro: LQ-9964

REFERENCIA.....: ANÁLISIS DE FORRAJE.-

MUESTRA ROTULADA.....: GRANO MAÍZ ENTERO.-

Perdidas por alimentación de los cerdos en el suelo:

Para el área de maternidad se preparan 48000 kg de alimento al año. Se calculo aproximadamente una pérdida de 1, 8 % anual por factores como lluvia, vientos, contaminación y desperdicio; o sea un total de 864 kg al año.

Análisis FODA

En virtud del análisis puntual de las Fortalezas, Amenazas, Oportunidades y Debilidades del establecimiento en relación a la forma de alimentar y almacenar los granos. Se realizaron propuestas de mejora teniendo en cuenta la contaminación con micotoxinas en el alimento, desde el sembradío hasta que llega a ser consumido por el animal.

Fortalezas

Introducción de nueva genética.

Alimentación por fases, con los aportes de nutrientes requeridos por cada categoría porcina.

Plan sanitario acorde a la zona y a las enfermedades frecuentes.

Buenas condiciones agroecológicas

Oportunidades

Posibilidad económica de mejora de las instalaciones.

Cercanía de centros de venta, Córdoba y Santiago del Estero

Debilidades

Pérdida económica por dar alimento en el suelo.

Falta de tratamiento de efluentes hasta el año 2015.

Amenazas

Incertidumbre económica por devaluación de la moneda nacional

Falta de implementación de sistemas de calidad, existen carencias de trazabilidad en la carne porcina nacional.

Si no se realizan las medidas de control y prevención, afrontara problemas de micotoxinas.

Se disminuirán los índices reproductivos del plantel.

Propuesta de mejora

Del análisis de caso llevado a cabo, surgen las propuestas de mejora de las problemáticas existentes en cuanto a la prevención y control de micotoxinas.

En el almacenamiento del grano de maíz se pretende garantizar las condiciones adecuadas para evitar infestaciones y perdidas, las cuales serian, plantear modificaciones en la

estructura del galpón donde se encuentra el silo de alambre con los granos (figura 22) o utilizar silo bolsa, ya que el tiempo de permanencia no sería prolongado debido a la capacidad del silo que es de aproximadamente 1200 t.

Con respecto al expellet de soja, depositado en el suelo del galpón, se le ofrece al productor como medida implementar las bolsas tipo big bag de 2000kg como las que se utilizan como depósito previo a alimentar a los cerdos (figura 24).



Figura 24: bolsa tipo big bag de 2000Kg de capacidad

La forma de alimentar a las cerdas en el suelo en la etapa de lactancia, es una de las cuestiones más delicadas a la hora de la contaminación conociendo la susceptibilidad de la categoría y los efectos que ocasiona, por eso la propuesta es suministrar el alimento en comederos, evitando darle de comer en el suelo y para ello se propone la compra de jaulas de maternidad que vienen con el comedero incluido (figura 25).



Figura 25: jaula con comedero para el área de maternidad

Con este tipo de comedero se recuperaría el valor de \$1374 calculado como pérdida de alimento que se desperdiciaba en el suelo.

Por último para prevenir y/o reducir la presencia de micotoxinas en los ingredientes destinados a la alimentación del animal las pautas a considerar se basan en la adopción de **Buenas Prácticas Agrícolas**.

Otro de los puntos importantes es poder detectar la presencia de micotoxinas en los alimentos, tanto por la incidencia económica que tienen sobre la productividad como por la peligrosidad potencial, para ello se propone la realización de un análisis de laboratorio cada vez que ingrese maíz al establecimiento. El laboratorio recomendado para realizar este análisis se encuentra ubicado en Villa María, Córdoba, con un costo accesible.

Otra metodología de prevención que se le recomienda al establecimiento es la utilización de secuestrantes de micotoxinas en el alimento destinado al área de maternidad del criadero, el mismo se incluye mezclándolo en el alimento en una proporción de 250g en una tonelada.

Otra de las propuestas de mejora es realizar el tratamiento de efluentes, obra que se comenzó a realizar a fin del año pasado, con la primera etapa en el área de maternidad armado con pisos de slat para que todos los desechos caigan a la fosa donde luego serán trasladados a las lagunas de tratamiento, también se instalaron las primeras jaulas de parición con comedero incluido (figura 26)



Figura 26: Primera cerda en parir en las nuevas instalaciones del criadero

Análisis del negocio

Teniendo en cuenta las propuestas de mejora sugeridas para el establecimiento, es que se lleva a cabo un análisis económico para la su implementación.

La inversión incluye la compra de jaulas con comedero para el área de maternidad con una vida útil de aproximadamente de 10 años, como la que se observa en la figura 25, y la incorporación de nueva genética, madres de reposición con una vida útil de 6 partos, aproximadamente de 3 años para el establecimiento y padrillos con una vida útil de 5 años. Como propuesta de mejora también se pretende la utilización de bienes que se consumen en el año productivo como son: silo bolsa de una capacidad de 60 toneladas para el almacenamiento prolongado del maíz, bolsas de tipo Big Bag de 2000kg de capacidad, como se muestra en la figura 24, para el expeller de soja y evitar así la contaminación y las pérdidas por depositarlo en el suelo. Incorporar como medida preventiva el uso de secuestrante de micotoxinas, un ejemplo que se ofrece es la marca comercial **Di-Heptarine (polvo) 25kg** para el alimento destinado a las áreas de maternidad y gestación, para el número de madres se recomienda 500g de secuestrante por tonelada de alimento.

Los costos del sistema productivo, nos permite realizar al diagnóstico y análisis de la producción. La información obtenida, incluyen los gastos, las amortizaciones e intereses de cada bien de capital. Estos datos están actualizados al 17 de diciembre de 2015 para mayor precisión y tomando como valor dólar \$14.

Tabla 12: Inversión inicial para las mejoras sugeridas

Artículo	cantidad	precio unitario	Costo total
jaula de maternidad	18	4200	75600
TOTAL			75600

Tabla 13: incorporación de nueva genética

	Precio	Cantidad	Total
Cachorras	3700	20	74000
padrillos	5600	2	11200
TOTAL			85200

Para analizar los costos, se tuvo en cuenta en primer lugar el gasto en alimentación y sanidad por animal durante el ciclo productivo 14- 15 en el establecimiento (tabla 14). Además se considera los gastos fijos del establecimiento: electricidad, agua, combustible y mano de obra (Tabla 15).

Tabla 14: gastos de alimentación y sanidad anual del establecimiento

Alimento	Días	Peso en Kg	\$/kg	Consumo diario/ kg	Costo \$
Prestarter MPLT	17 a 25	4 a 8		0,4	230,00
Starter MPLT	25 a 40	8 a 12	8,12	0,47	57,25
Preiniciador TK 250 25%	40 a 56	12 a 17	4,2	0,53	35,62
Recría TK50 5%	56 a 70	17 a 30	2,2	0,67	20,64
Desarrollo 2%	70 a 120	30 a 70	1,96	1,014	99,37
Terminación 2%	120 a faena	70 a 105	1,9	1	76,00

gasto en alimentación por animal	518,87
gasto de sanidad por animal	230,96
COSTO TOTAL	539877,6

Tabla 15: gastos fijos anuales del establecimiento

	Precio \$	Cantidad	costo \$
Luz eléctrica y agua	25000	4	100000
Mano de obra	9100	12	109200
combustible	25000	1	25000
expeller	296	78	23088
maíz	1972	210	414120
TOTAL			671408

Luego se obtuvieron los ingresos (valor en dinero de los productos obtenidos), considerando la venta de capones (110kg) y la venta de descarte de hembras que ya cumplieron su vida útil o tuvieron problemas productivos.

Con las mejoras se pretende aumentar los índices productivos y reproductivos al incorporar las jaulas de maternidad, la nueva genética y las buenas prácticas para evitar la contaminación con micotoxinas en el alimento, por lo que también se espera un incremento de aproximadamente del 10% anual en el número de capones obtenidos, y que las pérdidas de madres por descarte se vean disminuidas en igual porcentaje, para poder evaluar dicha propuesta en la tabla a continuación se compara la situación actual del establecimiento con la propuesta de aumentar un 10 % el número de capones a la venta. La determinación de los costos del sistema productivo con la propuesta planteada, nos permitirá afirmar si es rentable o no llevar a cabo la modificación.

Tabla 16: Comparación económica de la situación actual en relación a la propuesta planteada para “El Tata”

	Situación Actual				Situación propuesta			
	Cantidad	Peso (kg)	Precio (\$/ kg)	Total	Cantidad	Peso (kg)	Precio (\$/ kg)	Total
INGRESOS								
Venta de Capones	720	110	14,8	1172160	792	110	14,8	1289376
Venta de descarte	30	220	9,17	60522	27	220	9,17	54469,8
Ingresos totales				1232682				1343845,8
EGRESOS								
	Cantidad		Precio unitario \$	total	cantidad		precio unitario \$	total
Sanidad	720		230,96	166291,2	792		230,96	182920,32
Alimentación	720		518,87	373586,4	792		518,87	410945,04
Egresos totales				539877,6				593865,36
Ganancia				692804,4				749980,44

A los costos totales que fueron calculados sumando los gastos en alimentación y sanidad por animal se adicionan los gastos fijos del establecimiento, luz, agua, combustible, etc (tabla 17). Junto a la implementación de las medidas preventivas de bienes que se consumen en el ciclo productivo tanto para el almacenamiento y manejo del alimento del criadero.

Tabla 17: Gastos fijos propuestos

Artículo	unidad	precio \$	Total \$
Bolsa big bag por 2000kg	10	300	3000
Silo bolsa	2	7865	15730
Análisis de laboratorio	2	1452	2904
Secuestrante micotoxina	2	4891	9782
TOTAL			31416

En función de ello, se puede decir que los ingresos totales son \$ 749980,44 y los gastos totales son de \$ 625281,36 la ganancia potencial en términos económicos sería de \$ 124699,08.

El recupero de la inversión propuesta para la compra de jaulas de maternidad y la incorporación de nueva genética, no superaría el año desde su implementación.

Se obtuvo la rentabilidad teniendo en cuenta la propuesta de mejora planteada para el establecimiento de 3, 63 % que comparada con la rentabilidad anterior de 1, 76 % se incrementó 1, 87 puntos.

Lo más importante a destacar en la propuesta no sería solo la ganancia económica que aumentaría debido al incremento en el número de capones, si no el beneficio de mejorar el performance animal, cuidando uno de los pilares de la producción porcina como lo es la alimentación a través del uso de las técnicas de almacenamiento, secuestrante de micotoxinas de modo preventivo en el alimento y realizar un análisis de laboratorio para cuantificar el alimento contaminado.

Consideraciones Finales

Las debilidades del criadero se observan en las condiciones de almacenamiento del alimento durante el ciclo productivo del cerdo.

Otra de las debilidades observadas es la alimentación de los cerdos en el piso de tierra, por lo cual se propone colocar el alimento dentro de comederos adaptado para cada categoría y así mantener la calidad del alimento y minimizar pérdidas.

Se sugiere como propuesta de mejora, la promoción del manejo preventivo para minimizar el impacto y modificar alguno de los factores que afectan el almacenamiento de los granos como son la temperatura y la humedad protegiendo el alimento en silo bolsa.

En el establecimiento evaluado se pudo observar el cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas con respecto a la fecha de siembra, tipo de semilla, control de malezas y control de insectos, o sea solo en la primera etapa de la cosecha de la materia prima.

Se propone realizar un análisis de laboratorio anual para cuantificar micotoxinas y redefinir el destino de ese alimento de acuerdo a las concentraciones máximas para cada categoría; y además mezclar un secuestrante de micotoxinas con el alimento.

Bibliografía

- Bartoli, F. J. 1998. Principales efectos de las micotoxinas sobre la producción porcina y sus métodos de control en la elaboración de alimentos. Acta 22 Congreso Argentino de Producción Animal: Sustentabilidad de los sistemas mixtos agrícola-ganaderos, pp.1-7.
- Brunori, J., 2013. Agregado de valor a los granos en origen en la cadena porcina. Actualización Técnica 74. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, pp 1-3
- Buenas prácticas pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar, 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO, pp. 169.
- Denli, M.; Perez, J. F. 2006. Contaminación por micotoxinas en los piensos: efectos, tratamiento y prevención. En: XXIII Curso de Especialización FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). Barcelona, 16 y 17 de Octubre de 2006, pp. 2-7.
- Fernández Long M. E., Barnatàn I., Murphy G., Dominici C. 2013. CIAg- Centro de información Agroclimática. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Disponible en: http://www.agro.uba.ar/heladas/villamariarioseco_0.htm consultado el: 3 de febrero 2015.
- Gimeno, A. 1999. Revisión genérica del problema de los hongos y las micotoxinas en la alimentación animal. Disponible en: http://www.adiveter.com/ftp_public/noticia758.pdf . Consultado el: 4 octubre 2015.
- Gimeno, A. 2010. Revisión de las concentraciones máximas tolerables para ciertas micotoxinas. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia.asp?ref=5663&cadena=gimeno&como=1> consultado el: 15 noviembre 2015.
- González, M. 2002. Comunicación personal. Especialización en Manejo de Poscosecha de granos. Disciplina: Ecosistemas de granos almacenados.
- Iglesias, D y Ghezan G, 2013. Análisis de la cadena de carne porcina en Argentina. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/analisis-de-la-cadena-de-la-carne-porcina-en-argentina-2/at_multi_download/file/INTA-

[%20Caena%20de%20Carne%20Porcina%20N%C2%BA12.pdf](#)). Consultado el: 27 julio 2015.

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2009). Zonas Agroeconómicas de la Provincia de Córdoba. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/zonas-agroeconomicas-homogeneas-de-la-provincia-de-cordoba.-area-de-influencia-del-inta-eea-marcos-juarez/at_multi_download/file/INTA-zonas%20agroecon%C3%B3micas%2009cba.pdf. Consultado el: 26 julio 2015.
- MAGyP, 2013. Agregado de valor a los granos en origen en la cadena porcina. Actualización Técnica 74. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, pp 1-3
- Motta, A. 2003. Profilaxis del deterioro fúngico y formación de micotoxinas en base a la Medición de la Humedad Relativa Ambiental del aire Intergranular. APOSGRAN. 81, Vol. 1, pp. 37- 50.
- Perotti B. A, Perotti; D. A Agüero; D. A Caramello D; M. P. Crivellano. 2011. La cadena de la carne porcina en la provincia de Córdoba.
- Silva, P.; Romagnoli, M. 2014. Micotoxinas, el enemigo silencioso de la producción porcina. Primera jornada sobre sistemas de producción porcina. “Pautas necesarias para una actividad en crecimiento”.
- Smith, T. K. 2013. El misterio de las micotoxinas. .Disponible en:<http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Produccion/Aspectos%20Nutricionales/El%20misterio%20de%20las%20micotoxinas.pdf> Consultado el: 10 de noviembre 2015.
- Tapia- Salazar, M. et. al. 2010. Uso de secuestrantes para disminuir la toxicidad de micotoxinas en alimentos para acuicultura. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp 517- 529.
- Triviño, J. 2013. Micotoxinas en producción porcina definición, clasificación y efectos tóxicos. Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Produccion/Aspectos%20Nutricionales/Micotoxinas%20en%20produccion%20porcina.pdf> Consultado el: 15 de noviembre 2015