



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
Y ZOOTECNIA**



**CAMPUS II**

Factores asociados a micotoxicosis equina y manual de buenas prácticas en equinos en Chiapas

## **TESIS**

Presentada para obtener el grado de

**MAESTRA EN CIENCIAS  
EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**

Presenta

**ELISA HERNÁNDEZ GÓMEZ F120005**

Director de tesis

**DR. GERARDO URIEL BAUTISTA TRUJILLO**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

Febrero 2021



Villaflores, Chiapas  
03 de febrero de 2021  
Oficio N° D/0027/2021

**C. ELISA HERNÁNDEZ GÓMEZ**  
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, CAMPUS V.  
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación de posgrado, de la tesis titulada: **“Factores asociados a micotoxicosis equina y manual de buenas prácticas en equinos en Chiapas”**, por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”

FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS



AUTÓNOMA  
DIRECCIÓN

**M. C. CARLOS ALBERTO VELÁZQUEZ SANABRIA**  
ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN

C. c. p. Archivo

CAVS\*MARH.



Código: FO-113-09-05

Revisión: 0

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.**

El (la) suscrito (a) Elisa Hernández Gómez,  
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Factores asociados a micotoxicosis equina y manual de buenas prácticas en equinos en Chiapas"

presentada y aprobada en el año 20 21 como requisito para obtener el título o grado de Maestra en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para que contribuya a la divulgación del conocimiento científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 8 días del mes de febrero del año 20 21.



Elisa Hernández Gómez

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente agradezco a Dios por darme la sabiduría, discernimiento para poder desenvolverme en las clases que curse durante mis años de estudio y poder culminar esta meta.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por el apoyo económico brindado durante la realización de este proyecto de investigación.

Quiero agradecer el esfuerzo y dedicación que mostraron en mi formación de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical a los integrantes de mi Comité Tutorial, Dr. Gerardo Uriel Bautista Trujillo, MC. César Maza Santiago, MC. José Alfredo Castellanos Coutiño.

Así mismo por su apoyo desinteresado y cordial a la MC. Susana Arellano Chávez quien de manera paciente y optimista me capacitó para desarrollar el trabajo de investigación, ya que sin su asistencia no hubiera podido desarrollar esta parte tan importante del estudio.

De manera especial, quisiera agradecer al MC. Felipe de Jesús Cortés Delgadillo director del Hospital de Equinos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por haberme apoyado académicamente en cualquier circunstancia. Gracias a los compañeros del hospital por la inspiración, consejos y por alentarme en la investigación científica.

Hago un merecido reconocimiento a los profesores del Posgrado, porque con su asesoría, participación directa, colaboración técnica y con la disponibilidad que mostraron en la disipación de mis dudas logré llegar a esta fase final del proyecto de investigación.

Gracias a mis compañeros estudiantes de posgrado, quienes me brindaron su valiosa amistad y me apoyaron desinteresadamente, al personal administrativo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y la Facultad de Agronomía, por haberme ofrecido siempre el mejor trato y disponibilidad de su tiempo.

A los propietarios y personal encargado de las cuadras, por la disponibilidad que mostraron en permitirme el acceso a las instalaciones y a la información, ya que sin su colaboración no hubiera sido posible la realización de este estudio.

Finalmente, muchas gracias a mi familia, ustedes son el motor que me ha impulsado a lograr mis objetivos durante toda mi vida.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN  
AGROPECUARIA TROPICAL**

Esta tesis titulada FACTORES ASOCIADOS A MICOTOXICOSIS EQUINA Y MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN EQUINOS EN CHIAPAS forma parte del proyecto de investigación FACTORES ASOCIADOS A MICOTOXICOSIS EQUINA Y MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN EQUINOS EN CHIAPAS registrado en la coordinación de investigación y Posgrado de la UNACH, bajo la dirección del DR. GERARDO URIEL BAUTISTA TRUJILLO.

Se incluye en la línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PECUARIA, del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical y como parte de las líneas de investigación del Cuerpo Académico PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**

Esta tesis titulada **FACTORES ASOCIADOS A MICOTOXICOSIS EQUINA Y MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN EQUINOS EN CHIAPAS**, fue realizada por la MVZ. **ELISA HERNÁNDEZ GÓMEZ**, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

**COMITÉ TUTORIAL**

**DIRECTOR**

**DR. GERARDO URIEL BAUTISTA TRUJILLO**

**ASESORES**

**MC. CÉSAR MAZA SANTIAGO**

**MC. JOSÉ ALFREDO CASTELLANOS COUTIÑO**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

## MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Esta tesis titulada FACTORES ASOCIADOS A MICOTOXICOSIS EQUINA Y MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN EQUINOS EN CHIAPAS, realizada por la MVZ. ELISA HERNÁNDEZ GÓMEZ, ha sido aprobada por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

### COMISIÓN REVISORA

DR. GERARDO URIEL BAUTISTA TRUJILLO

MC. CÉSAR MAZA SANTIAGO

MC. JOSÉ ALFREDO CASTELLANOS COUTIÑO

# CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivo general .....</b>	<b>1</b>
Objetivos específicos.....	1
<b>1.2. Hipótesis.....</b>	<b>2</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Micotoxinas .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Micotoxicosis.....	4
<b>2.2. Las micotoxinas más importantes: composición y mecanismos de acción. ....</b>	<b>5</b>
2.2.1. Aflatoxinas.....	6
2.2.2. Ocratoxina .....	7
2.2.3. Desoxinivalenol (DON) y Toxinas T-2) .....	7
2.2.4. Fumonisinina .....	8
2.2.5. Zearalenona.....	9
2.2.6. Ácido fusárico.....	10
2.2.7. Alcaloides del cornezuelo.....	10
<b>2.3. Importancia de la presencia de micotoxinas en la alimentación de animales.....</b>	<b>11</b>
2.3.1. Importancia sanitaria y económica de las micotoxinas.....	12
<b>2.4. Factores que intervienen en la producción de micotoxinas.....</b>	<b>12</b>
2.4.1. Factores Biológicos.....	13
2.4.2. Factores Físicos. ....	13
2.4.3. Factores químicos. ....	14
2.4.4. Composición del sustrato.....	15
<b>2.5. Efectos de las micotoxinas en los animales .....</b>	<b>15</b>
<b>2.6. Situación mundial de contaminación por micotoxinas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.7. Situación de las micotoxinas en México .....</b>	<b>23</b>
2.7.1. Brote de intoxicación por micotoxinas en destacamento de una dependencia pública del estado de Chiapas.....	24
<b>2.8. Prevención y control de micotoxinas en los alimentos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.9. Buenas prácticas de producción equina .....</b>	<b>26</b>
2.9.1. Buenas prácticas en la alimentación animal .....	27
2.9.2. Identificación.....	27
2.9.3. Buenas Prácticas en el Uso de Medicamentos Veterinarios .....	28
2.9.4. Prevención – inmunización. ....	28
2.9.4.1. Plan sanitario (vacunaciones). ....	29
2.9.4.2. Plan de desparasitación. ....	30
2.9.5. Sistemas de explotación y hábitat.....	30
2.9.5.1. Dependencias básicas .....	31
2.9.6. Equipamientos para instalaciones equinas .....	32
2.9.6.1. Comederos.....	32
2.9.6.2. Bebederos.....	32



2.9.6.3.	Rastrillera para forrajes .....	33
2.9.7.	Limpieza de alojamientos.....	33
2.9.7.1.	Disposición final de heces, eliminación de las heces .....	33
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1.	Localización del área de estudio .....	35
3.2.	Población objetivo .....	36
3.3.	Metodología .....	36
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>52</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXO .....</b>	<b>61</b>
	Figura A1. Convivencia de caballos en corral.....	61
	Figura A2. Bebederos de plástico, agua <i>Ad libitum</i> .....	61
	Figura A3. Pastoreo de caballo durante el día. ....	61
	Figura A4. Bebedero de cemento, agua <i>ad libitum</i> .....	62
	Encuesta .....	63

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Micotoxinas más comunes, según la zona geográfica. ....	4
Cuadro 2. Especies de hongos toxigénicos y sus toxinas.....	5
Cuadro 3. Productos afectados por algunos hongos y sus micotoxinas. Los hongos <i>Aspergillus</i> y <i>Penicillium</i> , <i>Fusarium spp</i> y <i>Claviceps</i> producen las toxinas más perjudiciales para los equinos.....	11
Cuadro 4. Valores de aw necesarios para el desarrollo de algunos mohos y para la producción de algunas micotoxinas.....	13
Cuadro 5. Temperatura mínima necesaria para el desarrollo de algunos mohos y para la producción de algunas micotoxinas.....	14
Cuadro 6. Municipios en donde se ubican las cinco cuadras actualmente. ....	35
Cuadro 7. Municipios en donde se ubican las 30 cuadras encuestadas.....	36
Cuadro 8. Razas de caballos. Indica el número de animales pertenecientes a las razas existentes en la dependencia. ....	40
Cuadro 9. Número de caballos y yeguas. Indica el número de animales que comprende cada grupo.....	41
Cuadro 10. Edades de los caballos. Se indica el número de animales que se encuentran en cada rango de edad. ....	41
Cuadro 11. Clasificación de expedientes en tres grupos: vivo, muerto y baja. Indica el número de animales distribuidos en cada grupo. ....	41
Cuadro 12. Variables asociadas a micotoxicosis. Indica las variables que tuvieron significancia estadística con respecto a Micotoxicosis ( $p < 0.05$ ). ....	42
Cuadro 13. Razas de caballos en las cuadras. Se indica el número de animales pertenecientes a las razas existentes en las cuadras.....	43
Cuadro 14. Fin zootécnico que existen en las cuadras. Indica las actividades principales que desempeñan los caballos en las cuadras. ....	43
Cuadro 15. Alojamiento del alimento destinado a los caballos. Se indica los lugares de almacenaje del alimento.....	44
Cuadro 16. Tiempo de almacenaje del forraje. Indica el período que tarda en consumirse el alimento en las cuadras. ....	44
Cuadro 17. Tiempo de almacenaje del concentrado o grano. Indica el período que tarda en consumirse el alimento en las cuadras.....	45
Cuadro 18. Enfermedad a causa de intoxicación por hongos. Se indica el número de cuadras en las que se presentaron problemas de salud en los caballos a causa de micotoxicosis....	45
Cuadro 19. Forraje de consumo en las cuadras. Indica el forraje utilizado en la alimentación de los caballos en las distintas cuadras.....	45
Cuadro 20. Principales concentrados y granos. Se indica el número de cuadras que consumen los distintos granos y concentrados señalados .....	46
Cuadro 21. Forma de alojar a los caballos. Indica la manera de acomodar los caballos en su alojamiento.....	46

Cuadro 22. Tipos de estancia de los caballos. Se indica la forma en que se alojan a los caballos en las cuadras.....	47
Cuadro 23. Tipos de camas. Se indica el número de cuadras que utilizan los diferentes tipos de camas para los alojamientos. ....	47
Cuadro 24. Procedencia del agua de consumo. Indica el número de cuadras que utiliza las distintas procedencias del agua para consumo de los animales.....	47
Cuadro 25. Consumo de agua por caballo. Se indica el número de cuadras que proporciona agua a sus animales en diferentes cantidades. ....	48
Cuadro 26. Tipos de comederos. Se indica el número de cuadras que utilizan los comederos de distintos materiales.....	48
Cuadro 27. Tipos de bebederos. Indica el número de cuadras que utilizan los bebederos de distintos materiales.....	48
Cuadro 28. Uso de pruebas diagnósticas. Se indica el número de cuadras que utilizan exámenes de laboratorio para diagnóstico de enfermedades de los caballos. ....	49
Cuadro 29. Diagnóstico de anemia infecciosa equina (AIE). Indica el número de cuadras que tienen diagnóstico de AIE.....	49
Cuadro 30. Principales enfermedades en el período 2018 – 2020. Indica el porcentaje de cuadras que presentaron alguna enfermedad en el período.....	49
Cuadro 31. Frecuencia de visitas médicas a los animales. Se indica el porcentaje de las cuadras que solicitan asistencia médica periódicamente .....	50

## Índice de figura

Figura 1. Estructura química de la Aflatoxina B1 .....	6
Figura 2. Estructura de la Ocratoxina A. Derivados de la isocumarina a la derecha de la molécula y el aminoácido a la izquierda, unidos por una amida. ....	7
Figura 3. Estructura química general de los Tricotecenos. Deoxynivalenol .....	8
Figura 4. Estructura química de la fumonisina B1 .....	9
Figura 5. Estructura química de la Zearalenona .....	9
Figura 6. Las micotoxinas y su efecto sobre los caballos. ....	16
Figura 7. Localización del área de estudio. ....	35

## RESUMEN

La contaminación con micotoxinas de cereales produce la micotoxicosis con consecuencias mortales para los équidos. El objetivo del estudio fue determinar los factores de riesgo asociados a la micotoxicosis equina en establos de una dependencia pública y evaluar estos factores en otros establecimientos equinos para proponer un plan de mejora. Se realizó un estudio de caso (50 caballos) – control (69 caballos), recopilando un total de 119 expedientes de caballos pertenecientes a una dependencia pública en el periodo 2012-2018. Se efectuó una entrevista a los encargados de los animales tomando en cuenta manejo (medicina preventiva, desparasitación), alimentación y características propias del caballo (edad, sexo, raza, fin zootécnico), determinando así parámetros mediante estadística descriptiva y evaluando factores de alimentación. Se calculó la razón de momios y su significancia estadística mediante Chi cuadrada, con el programa Epi Info™ 7. Se determinó que la dependencia cuenta con el registro de 119 equinos, de las razas: cuarto de milla (54.62%), mestizos (38.66%), entre otras razas (6.72%). Los caballos son desparasitados cada 4 meses y se vacunan cada 6 seis meses. La alimentación consistía en pastura seca, alimento concentrado, agua *ad libitum*. En el análisis bivariado las variables asociadas a micotoxicosis fueron: caballos de raza pura y los hallazgos de las pruebas de laboratorio (anemia, daño hepático y daño renal). Se concluye que entre los factores de riesgos asociados a la micotoxicosis equina en los destacamentos de la dependencia se encuentran la raza, la presencia de anemia, daño hepático, así como daño renal.

**Palabras clave:** micotoxinas en caballos, fumonisinas, intoxicación.

## ABSTRACT

Mycotoxin contamination of cereal grains leads to mycotoxicosis with fatal consequences for equids. The objective of the study was to determine the risk factors associated with equine mycotoxicosis in stables of a public facility and to evaluate these factors in other equine establishments in order to propose an improvement plan. A case (50 horses) - control (69 horses) study was conducted, collecting a total of 119 files of horses belonging to a public dependency in the period 2012-2018. An interview was conducted with those in charge of the animals, taking into account management (preventive medicine, deworming), feeding and characteristics of the horse (age, sex, breed, zootechnical purpose), thus determining parameters through descriptive statistics and evaluating feeding factors. The odds ratio and its statistical significance were calculated using Chi-square, with the Epi Info™ 7 program. It was determined that the unit has a registry of 119 horses, of the following breeds: quarter horse (54.62%), mestizos (38.66%), among other breeds (6.72%). The horses were dewormed every 4 months and vaccinated every 6 six months. Feeding consisted of dry pasture, concentrated feed, water ad libitum. In the bivariate analysis the variables associated with mycotoxicosis were: purebred horses and laboratory test findings (anemia, liver damage and renal damage). It is concluded that among the risk factors associated with equine mycotoxicosis in the detachments of the unit are the breed, the presence of anemia, liver damage, as well as renal damage.

**Keywords:** mycotoxins in horses, fumonisins, intoxication.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los caballos tienen una gran importancia social en la producción agrícola en Chiapas, ya que son utilizados como fuerza de tracción principalmente en la producción de maíz. Esto permite a las poblaciones más pobres transformar los esquilmos agrícolas, gracias a la fuerza de tracción equina, lo que se traduce en producción agrícola. Para el pequeño y mediano productor la tracción animal es la forma más factible de introducir la mecanización (Ríos, 2011). Además de su papel en actividades como el transporte de carga y de pasajeros, el apoyo en las actividades agrícolas, la recreación y la ayuda en tratamientos médicos entre otras actividades.

La contaminación con micotoxinas de cereales, especialmente el maíz, la avena y la cebada, produce una intoxicación, llamada micotoxicosis, que es causada principalmente por la toxina denominada fumonisina (FB1 y FB2), producida generalmente por especies de *Fusarium moniliforme*, con consecuencias mortales para los équidos. Es una enfermedad estacional, común en estación cálida y seca, seguida por un período húmedo y frío (Vendruscolo, 2016).

El suministro de alimentos nutritivos e inocuos es esencial para la salud de la población animal, reduciendo costos por tratamientos posteriores. Por lo tanto, la inspección y control de alimentos desempeñan un factor importante para evitar la intoxicación por micotoxinas transmitidas en los alimentos. (Pérez y Vargas, 2010).

En estudios recientes se sugiere que la micotoxicosis equina es difícil de diagnosticar, lo que retrasa el tratamiento y manejo adecuados, resultando en la muerte de muchos animales (Riet-Correa *et. al.*, 2013). Además, en los sistemas de producción animal se encuentran factores que interactúan entre sí y ponen en riesgo la salud de estos y por ende se presenta una disminución en su desempeño en cualquiera de las áreas para las que se utilicen.

## 1.1. Objetivo general

El objetivo de la investigación es determinar los factores de riesgo asociados a la micotoxicosis equina en establos de una dependencia pública y evaluar estos factores en otros establecimientos equinos para proponer un plan de mejora.

## Objetivos específicos

- a) Analizar los registros clínicos de algunos patógenos involucrados (fumonisinas, vomitoxinas, Anemia Infecciosa Equina y problemas respiratorios, digestivos, neurológicos y parasitológicos).
- b) Evaluar las prácticas de alimentación y manejo que estén asociadas a micotoxicosis en diferentes cuadras o establos mediante un cuestionario y proponer un manual de buenas prácticas pecuarias en equinos que tomen para prevenir los factores asociados a Micotoxicosis.

## **1.2. Hipótesis**

Existen factores (propias del animal, patógenos, malas prácticas de producción) que en conjunto con las fumonisinas y vomitoxinas provocan enfermedad tales como problemas digestivos, respiratorios u otros; así como mortalidad en los destacamentos equinos de esta dependencia pública del estado de Chiapas.



## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por diversas especies de hongos pertenecientes al género *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Alternaria*, son sintetizadas al final de la fase de crecimiento exponencial (Gimeno y Martins, 2003; Smith, 2005; Kabak *et al.*, 2006) y se pueden encontrar en los ingredientes y/o alimentos terminados en formas conjugadas, formas solubles o incorporadas a macromoléculas (micotoxinas unidas) (Dersjant-Li *et al.*, 2003; Berthiller *et al.*, 2009).

Casi todos los productos vegetales pueden servir de sustratos para el crecimiento fúngico y la posterior formación de micotoxinas, por lo cual existe siempre la posibilidad de una contaminación directa de los alimentos para uso humano y animal (D'Mello y Macdonald, 1997; Cawood *et al.*, 1991; Perusia y Rodríguez, 2001). Sin embargo, la presencia de un hongo en el alimento no indica necesariamente la presencia de micotoxinas, sino un riesgo potencial de contaminación. Por otra parte, la ausencia de hongos toxigénicos no garantiza que el alimento esté exento de micotoxinas, ya que éstas persisten aun cuando el hongo haya muerto.

La ingestión, inhalación o absorción cutánea de las micotoxinas reduce la actividad, hace enfermar o causa la muerte de animales y personas (Pitt, 1996). Además, cuando se utilizan los sub-productos del ganado que han ingerido alimentos contaminados con micotoxinas, no sólo puede existir un efecto tóxico directo en los animales, sino también un traspaso de las toxinas a la leche, carnes y demás productos derivados, abriéndose así una nueva vía de exposición humana a las micotoxinas (Cawood *et al.*, 1991).

La contaminación de los alimentos por los llamados hongos de campo o de pre-cosecha (géneros más comunes como *Fusarium ssp.* y *Alternaria ssp.*) puede ocurrir durante el periodo de crecimiento, y maduración de la planta, especialmente en las semillas. Después de la cosecha el riesgo proviene de otros hongos de géneros como *Aspergillus ssp.*, *Penicillium ssp.* y *Rhizopus ssp.* bajo condiciones inadecuadas de humedad y temperatura en el almacenaje (Smith, 2005). Aunque se controlen las condiciones en el almacenaje, la contaminación que proviene del campo no puede eliminarse y la presencia de diferentes micotoxinas en los diferentes puntos intermedios de la cadena alimentaria es casi inevitable (Bennett y Klich, 2003).

Según la recopilación hecha por diferentes autores (D'Mello y MacDonal, 1997; Sweeney y Dobson, 1998; Santín, 2005), la distribución de las micotoxinas, aunque generalizada, sigue patrones definidos por la variación de los factores climáticos (temperatura y humedad), el pH y la preferencia de los hongos por el sustrato en diferentes zonas geográficas. Es así como la presencia de micotoxinas en cereales y otros ingredientes de origen vegetal es generalizada en zonas cálidas y húmedas.

Para hacerse una idea del impacto de las micotoxinas en alguna de estas zonas, en Estados Unidos el 20% del maíz producido en el sur en condiciones ambientales no extremas contiene alguno de los tipos de aflatoxina; mientras que en periodos con condiciones extremas la presencia de toxinas puede sobrepasar el 70% de las muestras analizadas.

En la zona templada del norte de Europa crecen con mayor facilidad los hongos del género *Fusarium* (Bottalico y Perrone, 2002; Santín, 2005) productores de un gran rango de micotoxinas. Entre ellas destacan los tricotecenos (toxina T-2, diacetoxiscirpenol, deoxynivalenol y nivalenol), moniliformina, fumonisinas y zearalenona por sus efectos sobre la productividad y la salud animal. Las diferentes condiciones climáticas entre la parte norte, media y sur de Europa, favorece el desarrollo de distintas especies de hongos. Podemos encontrar cosechas de maíz en Suecia, Austria y Hungría contaminadas con deoxinivalenol, zearalenona y toxina T2; mientras que la ocratoxina A hace lo propio en países como Dinamarca y Polonia.

El *Acremonium lolli* (*Noetyphodium lolli*) productor de un complejo grupo de terpenoides, de los cuales el lolitrem es considerado el metabolito más tóxico, ha sido encontrado en zonas endémicas de Nueva Zelanda y Australia, y también en Suramérica y Europa (Plumlee y Galey, 1994). En el Cuadro 1, se presenta las principales micotoxinas más comunes en las diferentes zonas geográficas.

**Cuadro 1. Micotoxinas más comunes, según la zona geográfica.**

<b>Localización</b>	<b>Micotoxina</b>
Europa (Oeste)	Ocratoxina, Vomitoxina, Zearalenona
Europa (Este)	Zearalenona, Vomitoxina
América del Norte	Ocratoxina, Vomitoxina, Zearalenona, Aflatoxina
América del Sur	Aflatoxina, Fumonisina, Ocratoxina, Vomitoxina, Toxina T2
África	Aflatoxina, Fumonisina, Zearalenona
Asia	Aflatoxina
Australia	Aflatoxina, Fumonisina, lolitrem alcaloide

Fuente: (Devegowda y Murthy, 2005; Jorgensen *et al.*, 1996; Sweeney y Dobson, 1998; Barug *et al.*, 2004)

Las principales micotoxinas que se suelen encontrar regularmente en los cereales son aflatoxinas, ocratoxina A, deoxinivalenol, fumonisinas y zearalenona.

#### 2.1.1. Micotoxicosis

Se denominan así, a las intoxicaciones que se producen en el hombre y en los animales, por efecto de las micotoxinas, que son productos del metabolismo secundario de los hongos que excretan al medio en el que crecen (Kusumoto *et al.*, 2000). Debido a la gran cantidad de medios en los que los hongos toxicogénicos son capaces de desarrollarse, la presencia de estas sustancias en alimentos resulta frecuente y preocupante (García y Heredia, 2006). Así, por ejemplo, los cereales en los que han crecido hongos toxicogénicos, pueden contener cantidades de micotoxinas

que pasan a los seres humanos o bien a los animales cuando los ingieren (Peña Yáñez, 1983; Soriano, 2007).

## 2.2. Las micotoxinas más importantes: composición y mecanismos de acción.

Un gran número de metabolitos de hongos se presentan asociados a diferentes patologías. Así, algunos pueden llegar a provocar la muerte, mientras que otros pueden provocar efectos severos que incluyen la necrosis de la piel, leucopenia e inmunosupresión. Las dosis que producen enfermedades crónicas son usualmente muy bajas, respecto a aquellas responsables de los efectos agudos (Betina, 1989).

En la actualidad, hay descritos más de 300 tipos de estos metabolitos secundarios (Hussein y Brasel, 2001). Entre ellos, sólo unos cuantos reciben una atención especial por su gran poder toxigénico sobre los animales y el hombre. Los géneros de hongos más importantes por su producción de moléculas potencialmente tóxicas, son el *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*. En el Cuadro 2, podemos observar las diferentes especies de hongos productores de las toxinas más importantes.

**Cuadro 2. Especies de hongos toxigénicos y sus toxinas.**

Espece fúngica	Micotoxina
<i>Aspergillus flavus</i> ; <i>A. parasiticus</i>	Aflatoxinas
<i>A. flavus</i>	Ac. ciclopiazónico
<i>A. ochraceus</i> ; <i>Penicillium verrucosum</i> ; <i>P. cyclopium</i>	Ocratoxina A
<i>P. expansum</i>	Patulina
<i>Fusarium culmorum</i> ; <i>F. gramineatum</i> ; <i>F. sporomchioides</i>	Deoxinivalenol
<i>F. sporotrichioides</i> ; <i>F. poae</i>	Toxina T2
<i>F. sporotrichioides</i> ; <i>F. graminearum</i> ; <i>F. poae</i>	Diacetoxiscirpenol
<i>F. culmorum</i> ; <i>F. graminearum</i> ; <i>F. sporotrichioides</i>	Zearalenona
<i>F. moniliforme</i>	Fumonisinias
<i>Acremonium coenophialum</i>	Ergopectinas
<i>A. lolii</i>	Lolitrem Alcaloide
<i>Phomopsis leptostromiformis</i>	Fomopsinas
<i>Pithomyces chartarum</i>	Esporidesminas

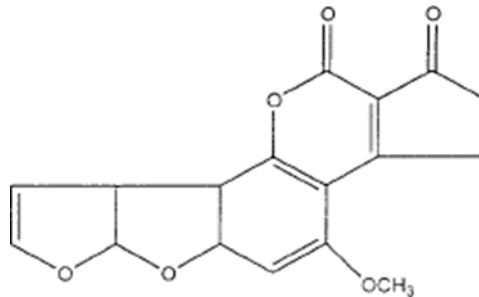
Fuente: (D´Mello y MacDonal, 1997).

Es interesante resaltar que una sola especie de hongos puede producir una o más clases de micotoxinas. Así, por ejemplo, *Aspergillus flavus* es considerado el principal productor de aflatoxinas, pero también tiene la capacidad de producir ácido ciclopiazónico (Solé *et al.*, 1992).

De las micotoxinas hasta ahora identificadas, pasaremos a destacar las que presentan una mayor incidencia o impacto sobre los animales.

### 2.2.1. Aflatoxinas

Las aflatoxinas son sustancias altamente tóxicas, resultantes del metabolismo de algunas cepas de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* y de las especies relacionadas, *A. nomius* y *A. niger*. Existen cuatro aflatoxinas importantes: B1, B2, G1, G2 y los productos metabólicos adicionales, M1 y M2 (Ministerio de Salud, 2012; Vásquez, 2006).



**Figura 1. Estructura química de la Aflatoxina B1**

Fuente: Hussein y Brasel, 2001

Las aflatoxinas se han asociado a varias enfermedades, tales como aflatoxicosis, ataxia, temblor, fiebre, anorexia, pérdida del apetito, pérdida de peso, ictericia, hemorragia, sangre en heces, orina oscura, muerte; en ganado.

Las aflatoxinas han recibido más atención que cualquier otra micotoxicosis debido a su potente efecto carcinógeno demostrado en animales de laboratorio susceptibles y sus efectos toxicológicos agudos en seres humanos (Ministerio de Salud, 2012; Pitt, 2000).

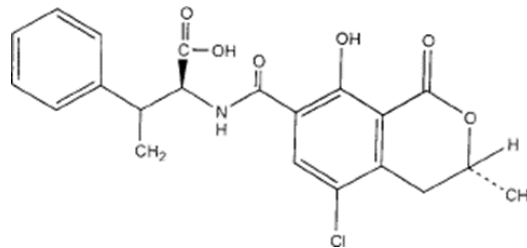
Las aflatoxinas a menudo afectan a los cultivos en el campo antes de la cosecha. La contaminación post-cosecha puede ocurrir si la humedad del producto durante el almacenaje en bodega excede los valores críticos que permiten el crecimiento del moho *Aspergillus*. Las infestaciones de insectos o de roedores facilitan la invasión de hongos de algunas materias almacenadas (Solé *et al.*, 1992; Pitt, 2000).

Las aflatoxinas se detectan de vez en cuando en leche, queso, maíz, maní, semilla de algodón, almendras, higos, especias, y una variedad de otros alimentos y piensos. Las aflatoxinas B2 y G2 fueron establecidas como los derivados dihydroxy de B1 y de G1, respectivamente. Mientras que la aflatoxina M1 es 4-hydroxy de la aflatoxina B1 y la aflatoxina M2 es 4-dihydroxy de la aflatoxina B2 (Ministerio de Salud, 2012; Vásquez, 2006).

El maíz es probablemente el producto de mayor preocupación mundial, debido a que crece en climas favorables al desarrollo de los hongos. Sin embargo, algunos procedimientos usados en la elaboración de subproductos del maíz, (tortillas) como la oxidación o alcalinización, son capaces de reducir la contaminación del producto final.

### 2.2.2. Ocratoxina

Las ocratoxinas son micotoxinas producidas por hongos del género *Aspergillus*, siendo la especie más importante *A. ochraceus*. Otras especies de importancia son *A. Sulfureus*, *A. melleus*, *Penicillium viridicatum*, *P. commune*, entre otras especies (Jurado, 1989). La más conocida es ocratoxina A (OA), siendo a su vez la más tóxica, posee cloro en su molécula. Se conoce además la ocratoxina B (sin cloro en su molécula) y ocratoxina C (con cloro y es un etilester) (Jurado, 1989; Jay, 2000; Prado *et al.*, 2000).



**Figura 2. Estructura de la Ocratoxina A. Derivados de la isocumarina a la derecha de la molécula y el aminoácido a la izquierda, unidos por una amida.**

Fuente: Hussein y Brasel, 2001

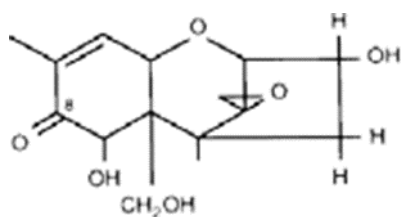
La producción máxima de OA se alcanza a una temperatura óptima de 30 °C pudiendo crecer (*A. ochraceus*) a temperaturas entre 8 y 37 °C. La actividad hídrica óptima para la producción de OA es de 0,95, pudiéndose desarrollar el hongo desde 0,79. En maíz, trigo, avena, centeno, cebada, heno, paja, pastoreo. Tiene una dosis letal media en ratas (LD50) de 20 a 22 mg/kg, siendo principalmente nefrotóxica y hepatotóxica (FAO, 2003; Jay, 2000).

OA causa daños en riñones de cerdos, es cancerígeno, teratogénico y tiene propiedades inmunodepresoras, siendo los rumiantes más resistentes (Jay, 2000). En las aves se caracteriza por la producción de esclerosis renal y periportal, enteritis, supresión de la hematopoyesis de la médula ósea. En cánidos las OA causan anorexia, pérdida de peso, vomito, conjuntivitis y necrosis renal, entre otras afecciones (Jurado, 1989; Prado *et al.*, 2000). En rumiantes es rápidamente degradada en el rumen, pasando de OA a ocratoxina a (Oa) por lo tanto las consecuencias negativas no son importantes, a menos que sean consumidas por pre rumiantes (Whitlow y Hagler, 2002).

### 2.2.3. Desoxinivalenol (DON) y Toxinas T-2)

#### **Desoxinivalenol (DON)**

El desoxinivalenol es la micotoxina más corriente de *Fusarium*, contamina diversos cereales, especialmente maíz y trigo, tanto en países desarrollados como en desarrollo. Por los síndromes eméticos que causa (y rechazo a los alimentos) se le conoce también como vomitoxina siendo un potente inhibidor de la síntesis de proteína (FAO, 2003; Maresca *et al.*, 2002) reduce ingesta, pérdida de peso, daño hepático, reducción de la inmunidad.



**Figura 3. Estructura química general de los Tricotecenos. Deoxynivalenol**

Fuente: Hussein y Brasel, 2001

Niveles entre 0,6 y 7,6 mg/kg han sido detectados en trigo, siendo potencialmente peligrosos tanto en animales como humanos (*op. cit.*).

Pertenece al grupo de los tricotecenos al igual que Toxina T-2 y es producida hongos del género *Fusarium* afectando principalmente a cerdos, pero también al hombre y ratas (Jurado, 1989). Estos hongos se desarrollan rápidamente cuando los granos están sometidos a condiciones de ambientales frías, lluviosa y seguido de un corto período seco. Se previene su crecimiento almacenando los granos con un bajo contenido de humedad (13 a 14%), por el contrario, humedad muy alta del grano (22 a 23 %) favorecen su desarrollo. Bajo estas condiciones se producen grandes cantidades de micotoxinas, tanto Desoxinivalenol como Zearalenona (Diekman y Green, 1992).

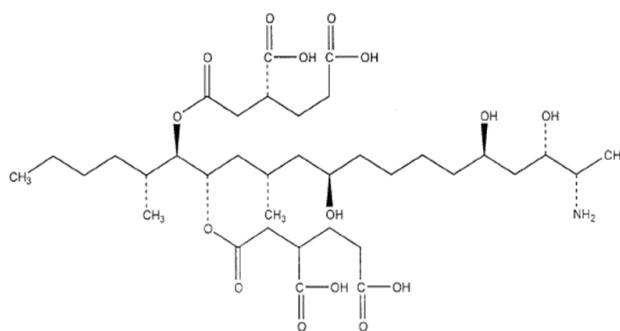
### **Toxina T-2**

Micotoxina perteneciente al grupo de tricotecenos y obtenida por extracción alcohólica de los hongos *Fusarium sporotrichioides* y *F. poae* (Jurado, 1989). *F. sporotrichioides* requiere una actividad hídrica de al menos 0,88, un máximo de 0,99 y una temperatura óptima de desarrollo entre 22,5 y 27,5 °C (mínimo de -2 y máximo 35,0 °C (FAO, 2003).

Esta toxina se produce en cereales de muchas partes del mundo y está asociada a lluvias prolongadas en tiempos de cosecha. En animales ha causado brotes de enfermedad hemorrágica y está relacionada a lesiones bucales y efectos neurotóxicos en aves de corral siendo el efecto más importante su actividad inmunodepresora (*op. cit.*).

#### **2.2.4. Fumonisina**

Las fumonisinas son producidas por varias especies de *Fusarium*, en maíz y otros granos, asociándose su consumo con ciertas enfermedades de animales y humanos, es fumonisina B1 (FB1) la más importante de este grupo conociéndose otras 6 toxinas: FB2, FB3, FB4, FA1, FA2 y FA3 (Jay, 2000). El hongo más importante productor de FB1 es *F. moniliforme*, el que requiere una actividad hídrica mínima de 0,87 y un límite máximo de 0,99. Las temperaturas mínima, óptima y máxima son 2,5 a 5; 22,5 a 27,5 y 32 a 37 °C, respectivamente, y se ha observado de desarrollo en un rango de pH entre 3 y 9,5. No existiendo información sobre condiciones necesarias para la producción de FB1 (Jay, 2000; FAO, 2003).



**Figura 4. Estructura química de la fumonisina B1**

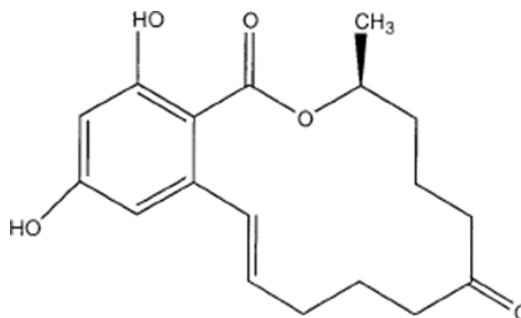
Fuente: Hussein y Brasel, 2001

Maíz, trigo, avena, centeno, cebada; muy tóxica en caballos: leucoencefalomalacia, depresión, comportamiento extraño, ataxia, estupor, claudicación, convulsiones y muerte; sobrevivientes presentan algunas secuelas neurológicas permanentes.

Las Fumonisinias están presentes donde quiera que se cultive maíz. Los caballos y ponis son muy sensibles a las fumonisinas. Esta toxina es causante de leucoencefalomalacia equina (LEME), lo cual significa esencialmente que el cerebro desarrolla lesiones o huecos. Esta enfermedad produce temblores musculares, mala coordinación, pérdida del reflejo de deglución y depresión, siendo una forma equina de la enfermedad de Parkinson o demencia (Alltech, 2016)

#### 2.2.5. Zearalenona

Esta es una micotoxina estrogénica de amplia distribución y presente principalmente en maíz, aunque también es posible encontrarla en trigo, cebada, arroz y sorgo, normalmente en bajas dosis. Son producidas por hongos del género *Fusarium* tales como *F. graminearum* y *F. moniliforme* (Jurado, 1989; FAO, 2003). Las condiciones favorables para su producción son la alta humedad y bajas temperaturas (*Fusarium graminearum*, que prevalece en áreas templadas y húmedas de cultivo, creciendo a una temperatura óptima de 25°C y humedad relativa mayor al 88%. *Fusarium culmorum* en aquellas áreas con condiciones ambientales frías y húmedas, creciendo a una temperatura óptima de 21°C y humedad relativa mayor al 87). Por lo tanto, es más común encontrar situaciones de toxicidad en regiones más templadas (Coulombe, 1993).



**Figura 5. Estructura química de la Zearalenona**

Fuente: Hussein y Brasel, 2001

En maíz, trigo, avena, centeno, cebada, heno, paja, pastoreo): prolapso vaginal y rectal, aborto, hemorragia uterina e interna. Flaccidez del pene.

La zearalenona se forma principalmente en la post-cosecha de los cereales (principalmente maíz y trigo, pero también afecta a cebada, avena, arroz, sorgo y soja) por inadecuadas prácticas de higiene y conservación de los cereales durante el transporte y almacenamiento, pero también puede formarse por condiciones climáticas favorables para la producción del hongo. Suele estar presente en el maíz junto a otras micotoxinas, generalmente con tricotecenos, como el deoxivalenol (ELIKA, 2013).

**Condiciones de crecimiento.** Las condiciones climáticas en cosecha y particularmente en post-cosecha tienen una gran influencia. Es una micotoxina termoestable y también persiste a la congelación a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Además, temperatura por debajo de  $10^{\circ}\text{C}$  y humedad menor del 33% son condiciones favorables para la estabilidad de la producción de zearalenona (*op. cit.*).

**Clasificación y Toxicidad.** La zearalenona no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad porque no hay evidencia de carcinogenicidad, mutageneidad, ni genotoxicidad en especies animales de laboratorio o sometidos a experimentación. Debido a su actividad estrogénica y la de sus metabolitos (ELIKA, 2013; EQUIDIET, 2015).

**Alimentos para considerar.** Los cereales son los alimentos más susceptibles para contaminarse con zearalenona:

- ❖ Cereales (principalmente maíz y trigo): salvados, harinas, cereales de desayuno y cereales de fórmula infantiles, maíz dulce.
- ❖ Alimentos a base de cereales: pan, bollería y repostería, aceites de germen de trigo y maíz, pasta (ELIKA, 2013).

#### 2.2.6. Ácido fusárico

Baja en presión sanguínea, ingesta reducida, letargia, falta de coordinación muscular y aumento de concentraciones cerebrales en triptófano y serotonina.

#### 2.2.7. Alcaloides del cornezuelo

Hongo parásito del género *Claviceps Purpúrea* (en trigo, avena, centeno, cebada, heno, paja, pastura): extensión de la gestación, agalactia, pérdida fetal, potrillos muertos al nacer (EQUIDIET, 2015).



### 2.3. Importancia de la presencia de micotoxinas en la alimentación de animales

Se ha establecido que más del 25% de la producción de las cosechas de alimentos a nivel mundial están contaminadas con algún tipo de micotoxina (Pérez *et al.*, 2008; FAO, 2004). El maíz, trigo, cebada, arroz, avena, frutos secos, cacahuates y semilla de algodón son los productos frecuentemente contaminados (Zheng *et al.*, 2006). Además, los ensilajes y los concentrados también son susceptibles a la contaminación por micotoxinas y forman parte importante en la alimentación del ganado, ya que pueden representar hasta en un 70% de la ración diaria de alimento (Gremmels, 2008a). Esta situación incrementa el riesgo de exposición del ganado a las micotoxinas con las consecuentes afectaciones a la salud y a la producción. Es importante señalar que una vez que se producen las micotoxinas en productos agrícolas, la contaminación no es homogénea, lo que dificulta su detección (Zheng *et al.*, 2006; FAO, 2007).

**Cuadro 3. Productos afectados por algunos hongos y sus micotoxinas. Los hongos *Aspergillus* y *Penicillium*, *Fusarium spp* y *Claviceps* producen las toxinas más perjudiciales para los equinos.**

Hongos	Toxinas	Principales productos afectados del alimento animal	Signos clínicos	Especies afectadas
<i>Fusarium spp.</i> ( <i>F. trichoderm</i> , <i>F. roseum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. moniliformin</i> )	Zearalenona	Maíz, trigo, cebada, avena, sorgo, heno y forraje	Infertilidad, inflamación de la vulva, prolapso vaginal y rectal, reducción del consumo	Cerdos*, bovinos de leche*, ovejas*, equinos
	Vomitoxina (DON)	Maíz, trigo, cebada, avena, centeno, heno y forraje	Reducción del consumo y ganancia de peso en cerdos a 2 ppm; vómitos y rechazo de la ración arriba de 2 ppm	Cerdos*
	Toxina T-2	Maíz, trigo, cebada, forraje y mezclas de raciones	Lesiones y hemorragias orales e intestinales; inmunidad deprimida	Aves*, cerdos*
	Fumoisinas	Maíz, arroz y sorgo	Letargo, daños hepáticos, edema pulmonar y problemas respiratorios y mortalidad fetal	Equinos*, cerdos*
<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxina B1, B2, G1, M1, M2	Maíz, heno, maní, semilla de algodón y castaña de pará	Diarrea, reducción del consumo, inmunosupresión, daños hepáticos, bajo crecimiento y baja eficiencia	Todas las especies
<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium verrucosum</i>	Ocratoxina	Maíz, trigo, cebada, avena, heno y forraje	Nefrotoxinas: baja eficiencia, inmunosupresión, abortos	Todas las especies
<i>Acremonium lolii</i> (en acebo), <i>Acremonium coenophialum</i> (en gramínea)	Alcaloides de lolina y ergot	Pastos de invierno y gramíneas	Vasoconstricción: cresta, pico y patas oscurecidas en aves; coxeira de Festuca en bovinos y equinos; disturbios nerviosos y vértigos en bovinos	Todas las especies

\*Estas especies son primariamente afectadas por las micotoxinas correspondientes. Fuente: Alltech, 2016

### 2.3.1. Importancia sanitaria y económica de las micotoxinas

Cuando los animales ingieren micotoxinas, algunos metabolitos con capacidad tóxica, pueden excretarse en los alimentos para consumo humano, lo que provoca preocupación de salud pública (Gremmels, 2008a; Chi y Broomhead, 2009).

Por otro lado, las micotoxinas pueden tener un efecto perjudicial en la salud animal, teniendo un impacto negativo en la productividad del ganado lo que ocasiona pérdidas económicas (Driehuis *et al.*, 2008), ya que cuando las micotoxinas son consumidas en el alimento generan una intoxicación conocida como “micotoxicosis” (Rai *et al.*, 2012) que se manifiesta clínicamente por diferentes cuadros o síndromes (Lazo y Sierra, 2008), dependiendo de la cantidad ingerida, tiempo de exposición y la susceptibilidad del animal (Gremmels, 2008b; Valencia *et al.*, 2012).

En general, aunque la incidencia natural de micotoxinas es importante (57%), en algunos trabajos los niveles de micotoxinas reportados son bajos y no causan problemas de mortalidad de animales. Sin embargo, la presencia de micotoxinas en niveles subclínicos también es importante ya que puede reflejarse en reducciones crónicas perjudiciales para los parámetros productivos y reproductivos (Flores *et al.*, 2006; Zheng *et al.*, 2006).

### 2.4. Factores que intervienen en la producción de micotoxinas

El crecimiento fúngico y la formación de las toxinas depende de una serie de factores desencadenantes, mala aplicación de prácticas agronómicas, condiciones deficientes de la cosecha, condiciones fluctuantes de humedad y temperatura, mal manejo y mal seguimiento de las normas sanitarias de almacenamiento, ausencia de oxígeno, tiempo de crecimiento, constitución del sustrato, mala selección de la semilla, inadecuada rotación de los cultivos, lesiones en la integridad del grano causadas por insectos y daño mecánico o térmico (Mallmann *et al.*, 2007).

Es en el almacenaje del alimento en donde se presenta el mayor grado de contaminación del alimento. En el proceso de elaboración de los ensilados, la presencia de oxígeno es mínima, lo que genera estrés e impidiendo el desarrollo adecuado del hongo, este efecto favorece la producción de las micotoxinas (De Lourdes *et al.*, 2001; Mejía *et al.*, 2011).

Tradicionalmente los hongos se han dividido en especies de campo o de almacenaje, por su presencia mayoritaria en el campo o en las bodegas. Los de campo requieren altas condiciones de humedad (20-21%) e incluyen los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Diplodia* y *Gibberella* entre otros. Los de bodega requieren menos humedad (13-18%) y normalmente no representan problema antes de la cosecha. Este grupo lo forman principalmente los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Santin, 2005).

Por lo tanto, las micotoxinas pueden entrar en la cadena alimentaria desde el mismo cultivo, en el almacenamiento de los alimentos y materias primas y en otros puntos intermedios del proceso, como manipulación, embalaje y transporte (Bennett y Klich, 2003; Bennett, 2007).

La producción de micotoxinas depende de diferentes factores.

#### 2.4.1. Factores Biológicos.

Muchos de los hongos toxigénicos son también patógenos de las plantas. Por ejemplo, la putrefacción del maíz se atribuye principalmente al *Aspergillus flavus* y se ha observado una estrecha correlación entre el grado de crecimiento del hongo y la producción de micotoxina (Sanchís *et al.*, 2000; Castañeda y Abril, 2015).

La presencia de organismos invertebrados en los cultivos se convierte en un factor diseminador del hongo y por lo tanto contribuye a su crecimiento y multiplicación. El propio metabolismo del insecto aporta humedad al sustrato que posteriormente el hongo aprovechará para su crecimiento y desarrollo (Castañeda y Abril, 2015).

#### 2.4.2. Factores Físicos.

Una gran variedad de interacciones físicas puede afectar la producción de las micotoxinas, tanto en el campo como en el almacenaje de los productos. Dentro de estos factores se encuentran la temperatura y la humedad (Santin, 2005; Bennett, 2007).

La cantidad de agua en el ambiente y en los sustratos es un factor importante para el desarrollo de los hongos y su producción de toxinas. Sin embargo, la forma en que se presenta esta humedad también es determinante para el desarrollo de los hongos.

El agua disponible, llamada también actividad de agua ( $a_w$ ), indica la cantidad de agua disponible para el desarrollo de los microorganismos, una vez se ha alcanzado el equilibrio hídrico del sistema sustrato- medio ambiente. El valor de  $a_w$  que los diversos grupos de hongos necesitan varía de acuerdo con el sustrato y la temperatura (Gimeno y Martins, 2003). En el Cuadro 4 se muestra algunos valores de  $a_w$  necesarios para el desarrollo de los hongos más importantes y su producción de micotoxinas.

**Cuadro 4. Valores de  $a_w$  necesarios para el desarrollo de algunos mohos y para la producción de algunas micotoxinas.**

Mohos	Aw	Micotoxinas	aw
<i>Aspergillus flavus</i>	0.78	Aflatoxinas	0.83
<i>Aspergillus parasiticus</i>	0.70	Aflatoxinas	0.80
<i>Penicillium expansum</i>	0.85	Patulina	0.99
<i>Penicillium patulum</i>	0.83	Patulina	0.95
<i>Aspergillus clavatus</i>	0.85	Patulina	0.99
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.77	Ocratoxinas	0.88
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.77	Ácido penicílico	0.90
<i>Penicillium cyclopium</i>	0.82	Ocratoxinas	0.90
<i>Penicillium viridicatum</i>	0.83	Ocratoxinas	0.90
<i>Penicillium citrinum</i>	0.80	Citrinina	0.88
<i>Penicillium martensii</i>	0.79	Ácido penicílico	0.99

Fuente: (Gimeno y Martins, 2003; Santin, 2005; Sweeney y Dobson, 1998; Samapundo *et al.*, 2005)

Como podemos apreciar, la mayoría de los hongos se desarrollan a partir de valores de aw de 0.70. Sin embargo, cada género presenta condiciones particulares muy definidas (Samapundo *et al.*, 2005).

La presencia de agua en las cosechas depende estrechamente de la estacionalidad y los microclimas que se crean en los campos o a nivel del almacenaje. Por ejemplo, en verano o en zonas cálidas, el aire de la periferia tiene una temperatura más elevada que la del interior, creando el fenómeno de convección, condensando humedad y actuando de manera directa en el desarrollo fúngico y en la producción de toxina (Gimeno y Martins, 2003; Santin, 2005).

Cuando la humedad es favorable, los hongos productores de micotoxinas pueden crecer de forma natural entre un rango de temperatura que va de -3 a 40° C. La temperatura óptima para su desarrollo se encuentra entre los 25 y 30°C, con un límite máximo de 45°C. Sin embargo, se ha identificado crecimiento de hongos *Aspergillus* a 55° C (Gimeno y Martins, 2006; Alonso *et al.*, 2013). En el cuadro 5 se muestra la temperatura mínima necesaria para el desarrollo de algunos hongos y su producción de micotoxinas.

**Cuadro 5. Temperatura mínima necesaria para el desarrollo de algunos mohos y para la producción de algunas micotoxinas.**

Mohos	°C	Micotoxinas	°C
<i>Aspergillus flavus</i>	10°	Aflatoxinas	10°
<i>Aspergillus clavatus</i>	10°	Patulina	12°
<i>Aspergillus ochraceus</i>	10 - 12°	Ocratoxina	12°
<i>Penicillium expansum</i>	0°	Patulina	0 -24°
<i>Penicillium cyclopium</i>	0°	Ocratoxina	0 -24°
<i>Penicillium cyclopium</i>	0°	Ácido penicílico	4°
<i>Fusarium roseum</i>	15°	Zearalenona	10°

Fuente: (Gimeno y Martins, 2003; D'Mello and Macdonald, 1997;)

En consecuencia, el desarrollo de los hongos depende de la estrecha interacción entre los dos factores, humedad y temperatura. A título de ejemplo, con un valor de aw de 0.85 y a 20° C (equivalente aprox. a 15-16% de humedad del sustrato), las esporas fúngicas germinan en un periodo de 5 a 12 días; mientras que con una aw de 0.75 (aprox. 13-14% de humedad del sustrato) y a la misma temperatura (20° C), las esporas tardan en germinar de 4 a 12 semanas (Gimeno y Martins, 2003).

#### 2.4.3. Factores químicos.

Se sabe que la utilización de fungicidas en los cultivos y en los productos almacenados reduce considerablemente su carga de hongos, y con ello la posibilidad de encontrar en ellos altas cantidades de toxinas. Lo que no se ha tenido en cuenta, como menciona D'Mello y MacDonal (1997), es que cuando se aplica el fungicida en concentraciones no letales, puede actuar en beneficio de la producción de toxina por parte del hongo.

Los hongos tienen la capacidad de tolerar un gran rango de pH que va desde 2.5 a 7.5 y tienden a soportar más los medios ácidos que los básicos. Tienen la capacidad de modificar el pH del sustrato para su propio beneficio, utilizando los ácidos orgánicos de los propios sustratos o los producidos por otros microorganismos presentes durante el deterioro del alimento, asegurándose la viabilidad y posterior producción de toxinas (Alonso *et al.*, 2013).

#### 2.4.4. Composición del sustrato.

Los hongos no son exigentes desde el punto de vista nutricional y se pueden nutrir de un amplio grupo de principios nutritivos. Sin embargo, la composición del sustrato donde se instala va a determinar drásticamente la producción de toxinas. Si el sustrato es amiláceo u oleaginoso condiciona la producción de micotoxinas. Por ejemplo, en condiciones óptimas de temperatura y humedad, se ha descrito un crecimiento del hongo muy alto y la producción de toxina baja en productos oleaginosos como la soja, comparada con cultivos amiláceos como el maíz y el trigo (Gimeno, 2014; Castañeda y Abril, 2015).

Los contenidos de zinc y cobre son esenciales en la producción de toxina por parte del hongo. A nivel de laboratorio se evidenció este fenómeno con la disminución de estos dos elementos, la producción de ocratoxina era casi nula, mientras que la producción de aflatoxina B1 se triplicaba con la incorporación de iones de Zn, Cu y Fe (Jones *et al.*, 1994; Cuero y Ouellet, 2005).

Como sabemos los hongos son organismos aerobios y por lo tanto necesitan del oxígeno para sus reacciones metabólicas. La presencia de un ambiente con una baja presión de oxígeno reduce el crecimiento del hongo, y por lo tanto la producción de la toxina. Según Gimeno (2014) una atmósfera con 20-40% de CO<sub>2</sub> combinada con una temperatura y humedad reducida (17° C), previenen la formación de aflatoxina en el cacahuete.

## 2.5. Efectos de las micotoxinas en los animales

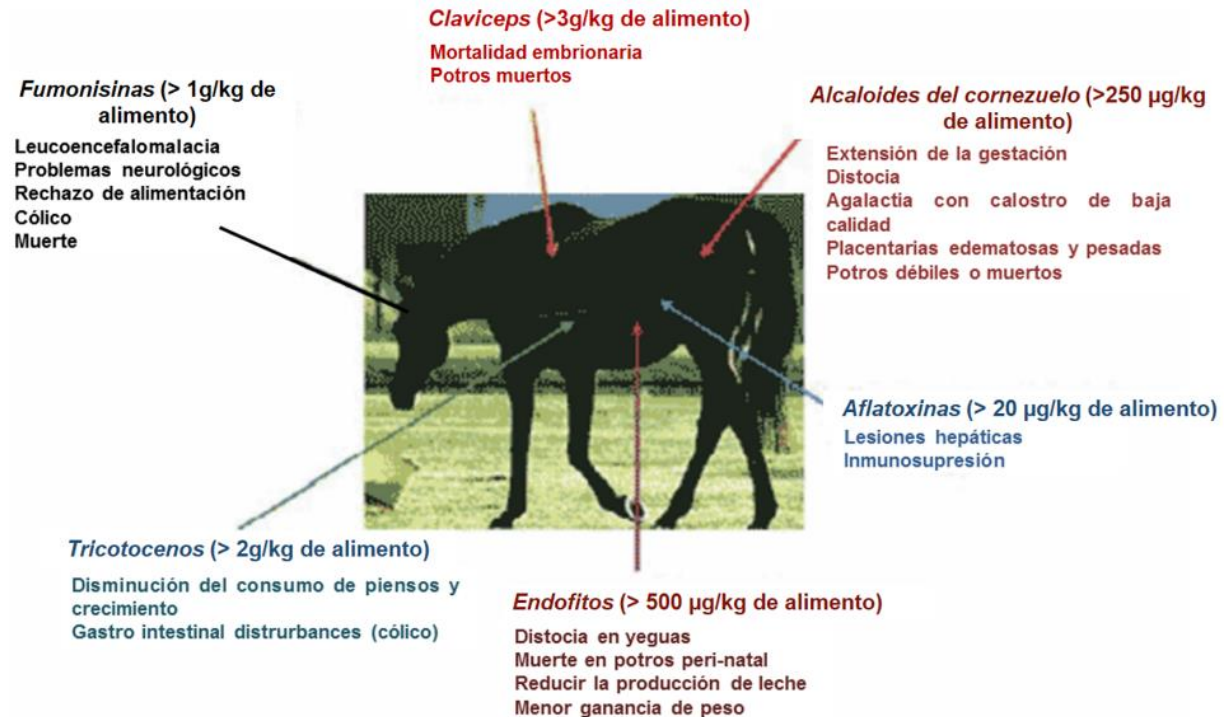
Las micotoxinas son consideradas un riesgo para la salud pública a través de los diferentes mecanismos de acción patogénicos que tienen las toxinas (Fokunang *et al.*, 2006; Castañeda y Abril, 2015).

Este impacto es de manera indirecta, a través de huevo, leche, carne y otros tejidos comestibles. Dentro de los principales factores que aumentan o disminuyen el riesgo en el ser humano y animal de ser afectado por micotoxicosis se encuentran la biodisponibilidad, toxicidad, sinergismo fúngico, cantidad y concentración de la micotoxina, el peso del individuo, estado fisiológico y nutricional del individuo, salud y edad (Campabadal, 1993; Gimeno, 2014).

Los efectos generados por cada tipo de micotoxina serán diferentes debido a que sus estructuras químicas también lo son. La especie, raza, sexo, edad, factores ambientales, manejo, condiciones nutricionales y otras sustancias químicas son factores que influyen en la presentación de enfermedades relacionadas con

micotoxinas, estos metabolitos secundarios infectan tejidos vegetales vivos, con gran poder de invasión, diseminación y deterioro de productos almacenados (Gimeno y Martins, 2011; Alonso *et al.*, 2013).

Los efectos más comúnmente descritos suelen ser intoxicaciones de tipo agudo y se caracterizan por el deterioro de las funciones del hígado y riñones, los cuales pueden llegar a desembocar en la muerte (Scott, 1993).



**Figura 6. Las micotoxinas y su efecto sobre los caballos.**

Fuente: Erwan Le Bras, 2008.

Generalmente la sintomatología y el cuadro patológico de las micotoxicosis dependen de varios factores como la receptibilidad (los animales monogástricos son más sensibles que los rumiantes), la cantidad de toxina ingerida, el tiempo o duración de la ingesta, el estado sanitario y de nutrición de los animales, la edad de los animales, siendo los más jóvenes más sensibles, la edad de los alimentos y/o piensos y el estado de conservación.

Es por eso que las micotoxinas pueden causar efectos agudos y crónicos en la mayoría de los animales en sus distintos órganos, aparatos y/o sistemas. Dichos efectos los son:

**Hepatotoxinas:** Producen degeneración grasa, hemorragia y necrosis del parénquima hepático. En algunos casos hay tamaño anormal del hepatocito y su núcleo (megalocitosis: pérdida de la relación tamaño del citoplasma y tamaño del núcleo) (Requena *et al.*, 2005). Hiperplasia de conductos biliares puede ocurrir en algunas micotoxinas y pueden inducir al hepatoma. En las toxicosis agudas hay ictericia, anemia hemolítica y elevación de los niveles plasmáticos de las enzimas hepáticas,

acompañado de fotosensibilización secundaria. En micotoxicosis crónicas, se aprecia hipoproteinemia, hipoprotrombinemia, fibrosis hepática y cirrosis. Puede generarse fotosensibilización secundaria (Perusia y Rodríguez, 2001; Gimeno y Martins, 2003)

**Nefrotoxinas:** Ácido oxálico y otros agentes nefrotóxicos pueden ser producto de *Aspergillus* y *Penicillium*. Producen daños tubulares y resultan signos y lesiones características de nefrosis tóxica tubular (Perusia y Rodríguez, 2001)

**Cambios en médula ósea, eritrocitos y endotelio vascular:** Hemorragias difusas, hematomas, anemia, aumento de la susceptibilidad a las infecciones, vasoconstricción de las arteriolas y lesión del endotelio capilar con la consecuencia de gangrena seca (Perusia y Rodríguez, 2001; Perusia y Rodríguez, 2017).

**Irritación directa:** Efectos dermonecroticos, ulceración y necrosis oral. Hemorragias gastroentéricas (Perusia y Rodríguez, 2001).

**Disturbios reproductivos y endocrinos:** Se produce hiperestrogenismo, descenso de la fertilidad de las hembras y la libido en el macho, hipo o agalactia, abortos, partos prematuros, vulvovaginitis, hipertrofia vulvar y prolapsos (César, 2000; Perusia y Rodríguez, 2001; Smith *et al.*, 2005).

**Función respiratoria:** Incremento de infecciones respiratorias.

**Sistema nervioso central:** Algunas toxinas que actúan sobre el sistema nervioso central producen hiperexcitabilidad, incoordinación y temblores. En equinos la intoxicación con granos parasitados con *Fusarium* produce Leucoencefalomalacia, lesión destructiva que cursa con somnolencia y muerte (Perusia y Rodríguez, 2001; Smith *et al.*, 2005).

**Sistema inmunitario:** Se disminuye la eficacia del sistema inmunitario produciéndose gran susceptibilidad a enfermedades infecciosas y los signos clínicos no se observan hasta que el animal muere debido a una infección poco importante.

**Cáncer, mutagénesis y teratogénesis.**

## **2.6. Situación mundial de contaminación por micotoxinas**

Actualmente las micotoxinas se han posicionado como uno de los problemas de mayor controversia a nivel mundial, a pesar de que se han intentado establecer algunos programas para su control, las estadísticas demuestran que la contaminación no ha disminuido, por el contrario, se siguen observando porcentajes que superan de manera significativa los límites permitidos en el consumo de alimentos (Van Egmond *et al.*, 2007).

Los datos generados por el Sistema Mundial de Vigilancia FAO/OMS/PNUMA - Programa de Vigilancia y Evaluación de la Contaminación de los Alimentos por micotoxinas, indican que las micotoxinas son un problema muy difundido en los suministros alimentarios en casi todos los países. Las investigaciones en diversos países se están utilizando muchos de los datos sobre la contaminación por aflatoxinas de estos productos para estimar los niveles de exposición (Akesson, 2012).

En el decenio posterior a su descubrimiento, las fumonisinas producidas por *Fusarium moniliforme* han sido objeto de una atención considerable, debido a sus diversos efectos toxicológicos, entre ellos neurotoxicidad, toxicidad pulmonar y cáncer de hígado, sobre diferentes especies animales, sin embargo, en México, aún no son objeto de especial atención (Bhat y Vasanthi, 1999).

En la India se observaron niveles de fumonisina más altos en maíz y sorgo dañados por las lluvias que en los productos comerciales. El consumo de cereales dañados por las lluvias y contaminados por fumonisinas dio origen a un brote en regiones del sur de la India (Bhat y Vasanthi, 1999; Abdulkadar, 2004).

Los niveles en el maíz de exportación de Argentina, China y Sudáfrica tuvieron como media de <3000 µg/kg de fumonisina B1. Los niveles de fumonisinas en las exportaciones de los Estados Unidos a Sudáfrica y Japón fueron considerablemente superiores, observándose en los lotes enviados a Sudáfrica medias de hasta 2350 µg de fumonisina B1 y en algunas muestras niveles de 7600 µg. Niveles tan altos de fumonisinas en el maíz de exportación tienen amplias repercusiones económicas, especialmente si los países importadores optan por regular los niveles de las fumonisinas presentes en el maíz que llega a sus mercados (Akesson, 2012).

En las regiones más frías se ha notificado la presencia de toxinas *Fusarium* en cereales, en particular maíz, trigo y cebada. Entre éstos, se han comunicado casos de tricotecenos, zearalenona y, recientemente, fumonisinas, en diversas regiones de Europa, América y Asia. Encuestas realizadas en regiones de Europa y Asia sudoriental revelaron que, entre los tricotecenos, el desoxinivelanol es la toxina que se encuentra con mayor frecuencia. Entre los cereales, se observó que la cebada presenta incidencia alta de micotoxinas, especialmente en Corea. La zearalenona era la toxina asociada con mayor frecuencia al trigo. Un estudio sobre la presencia de la toxina moniliformina en muestras de cereales procedentes de todo el mundo reveló niveles altos en maíz de Gambia y Sudáfrica y en cereales de Polonia dañados por mohos (Bennett, 2007; Torres, 2013).

Pereyra y Dill (2010), examinaron granos provenientes de cinco cultivos de trigo y cinco de cebada, de distintas localidades en Uruguay, con el fin de determinar la presencia de especies de *Fusarium graminearum*. Fue comprobada la presencia común de *F. avenaceum*, *F. culmorum* y *F. poae* en granos de trigo, mientras que *F. equiseti*, *F. acuminatum* y *F. trincictum* fueron aisladas en granos de cebada (Torres, 2013).



El maíz parece ser un sustrato común para la presencia natural de gran cantidad de micotoxinas. Estudios sobre multimicotoxinas han revelado la presencia de fumonisinas junto con aflatoxina, ocratoxina, tricotecenos y zearalenona, en el maíz antes de la cosecha. Se observó la presencia de fumonisinas en un envío de maíz de Sudáfrica exportado a Taiwán. También se observó la presencia de aflatoxina junto con ocratoxina, zearalenona, tricotecenos, esterigmatocistina y citrinina en maíz, mijo perla, higos secos y especias (Akesson, 2012).

Siguen aumentando los casos registrados de presencia natural de ocratoxina en cereales y sus productos, frijoles, cebada, malta, alimentos terminados destinados al consumo animal, salchichas y riñones de cerdo. La ocratoxina A sigue suscitando gran preocupación, especialmente en Europa oriental, donde su ingestión está asociada con enfermedades renales crónicas como la nefropatía endémica de los Balcanes (FAO, 2007).

En lo que concierne al comercio, la contaminación por ocratoxina A ha sido motivo de preocupación en relación con su presencia en el café. Las exportaciones de café de los países productores se han visto perjudicadas por la presencia de ocratoxina A. Los niveles de ocratoxina A notificados en cafés verdes, tostados y solubles de diferentes países varían considerablemente, lo que evidencia el problema de la distribución heterogénea de la contaminación en los granos de café, así como la sensibilidad de los diversos métodos de análisis empleados. Se ha señalado la presencia insólita de ocratoxina A en higos, albaricoques, ciruelas, coco y pescado desecado mohoso en Egipto y Sierra Leona (Bhat y Vasanthi, 1999; Pradro *et al.*, 2000).

Un resumen de datos recogidos en todo el mundo desde 1980 sobre la presencia de aflatoxina M1 en la leche humana y animal, el queso y otros productos lácteos indicó que los niveles de contaminación no parecían constituir un grave peligro para la salud; sin embargo, fue la pauta que definiría las primeras estrategias para diseñar los futuros programas de vigilancia que hoy día siguen siendo la estrategia fundamental para proteger a los consumidores (Lubulwa y Davis, 1994).

En España algunos de los productos más consumidos son, el queso, la leche y el yogurt. Se han realizado investigaciones en las cuales se obtienen muestras representativas de estos productos en tiendas y supermercados, en el 2010 un grupo de investigadores en Cataluña, España, se dio a la tarea de analizar 72 muestras representativas de leche, queso y yogurt. Los resultados fueron sorprendentes ya que se encontró una elevada presencia de aflatoxina M1 en 68 de las 72 muestras analizadas de leche, dos muestras de yogurt contaminadas y afortunadamente no hubo presencia en quesos. Todo esto como consecuencia de la inadecuada elaboración a partir de leche contaminada, expertos e investigadores afirman que detener la presencia de contaminantes en los alimentos, es un trabajo de todos y que es un problema alarmante para la salud pública (Cano *et al.*, 2010).

Según estimaciones de la FAO, la presencia de las micotoxinas en los cereales para consumo humano y animal en Asia es considerable. El volumen en toneladas métricas de los cereales alimenticios afectados por micotoxinas se ha estimado en las siguientes cantidades: maíz (16 042 ton), arroz (12 010 ton), copra (3 723 ton), soya (2 296 ton), cacahuate (1 849 ton), anacardos y nueces (769 ton), sorgo y mijo (378 ton), trigo y cebada (123 ton) (FAO, 2007).

El costo directo de las aflatoxinas en Tailandia, Indonesia y Filipinas debido a los efectos de *Aspergillus flavus* y de la contaminación por aflatoxinas del maíz y el cacahuate se ha cifrado en más de 470 millones de dólares australianos al año. El maíz fue el producto más importante, con un costo del 66% del importe total. El 48% por del costo estimado correspondió a Indonesia, que fue el país más afectado. Las pérdidas derivadas del deterioro ascendieron al 24% (108 millones de dólares australianos) al año (Bhat y Vasanthi, 1999; Palacios *et al.*, 2014).

En países de Asia (Tailandia, Indonesia y Filipinas), concluyendo que alrededor del 66% de las pérdidas totales son en consecuencia a la contaminación del maíz (Lubulway Davis, 1994).

La exposición de animales de granja a micotoxinas por conducto de los alimentos ha dado lugar en otras ocasiones a brotes locales. Los animales de granja más afectados por las micotoxinas son las aves de corral, el ganado porcino, las vacas lecheras y los caballos (Torres, 2013).

La mayor parte de los problemas en animales en granjas de Colombia son asociados a aflatoxinas, fumonisinas y zearalenona, y en menor proporción por ocratoxina. Pueden registrarse pérdidas en la producción aún con bajos niveles de exposición de los alimentos a las micotoxinas. Una combinación de micotoxinas puede ocasionar pérdidas mayores en la producción que cada una de esas micotoxinas por separado (Serrano y Cardona, 2015).

Se han asociado a ellas pérdidas económicas a título de reducción de la productividad, por ejemplo, el descenso en la producción de huevos, efectos reproductivos, y vulnerabilidad a infecciones que ocasionan un aumento de la morbilidad y por último de la mortalidad, incluso pueden producirse pérdidas a causa de los residuos de micotoxinas en la leche, los huevos, la carne y otros más (Serrano, 2015).

Un estudio sobre un brote de aflatoxicosis en la India que afectó a 11,465 gallinas ponedoras y 5 000 pollitas en una granja avícola reveló que una exposición de las aves durante 18 días a alimentos contaminados que contenían 600 µg/kg de aflatoxina B1, aportada principalmente por tortas de cacahuate, había ocasionado unas pérdidas del 10% aproximadamente de la inversión inicial. La principal causa de las pérdidas fue el descenso de la producción de huevos, seguida de la mortalidad de aves y del aumento de los gastos en fuentes de proteínas. El resto correspondió a gastos médicos y de otro tipo (Akesson, 2012; Arellano, 2012).

En la India se produjo un brote de micotoxicosis que afectó a 9,700 gallinas ponedoras y ocasionó una mortalidad del 10% y una reducción del 20% de la producción de huevos, debido a la contaminación de alimentos destinados al consumo animal contaminados con fumonisinas. Los análisis indicaron niveles de fumonisinas superiores a 8,500 µg/kg y de aflatoxina B1 superiores a 100 µg/kg. Dos epizootias frecuentemente asociadas con fumonisinas son la leucoencefalomalacia equina y el edema pulmonar de los porcinos. Niveles de fumonisina B1 de < 1 a 160 µg/g se han asociado con brotes de leucoencefalomalacia equina y de < 1 a 330 µg/g con brotes de edema pulmonar de los porcinos, respectivamente (Torres, 2013).

En Italia, se declaró un brote de micotoxicosis por zearalenona en ganado porcino, La concentración de zearalenona en el alimento varió entre 3 y 23.4 µg/g. En Nueva Zelanda, la zearalenona y los tricotecenos presentes en los pastos se han asociado con problemas reproductivos en ovinos y vacunos (Van Egmond *et al.*, 2007).

En Australia occidental se detectó una nueva micotoxicosis mortal, a la que se dio el nombre de ceguera del suelo negro, en bovinos alimentados con gramíneas (*Astrelba spp.*) infectadas por corallo-citostroma, de los cuales más de 500 bovinos murieron como resultado de este brote (Akesson, 2012).

En Sudáfrica, se han llevado a cabo estimaciones relativas a las micotoxicosis del ganado. Son miles las muertes anuales debidas a envenenamiento por plantas o micotoxinas (Van Egmond *et al.*, 2007).

En Argentina, se han publicado importantes estudios sobre la contaminación de los productos por micotoxinas, los cuales han ocasionado importantes problemas económicos y comerciales en casi todas las fases de comercialización desde el productor hasta el consumidor. Se han encontrado hongos de la especie *Fusarium* en cultivos de soja (especies de hongos de *Fusarium equiseti* presentaron mayor presencia en vainas y semillas). Estudios y estadísticas disponibles afirman que el almacenaje de los cultivos antecesores representa una fuente importante de contaminación para los alimentos nuevos, debido a que la mayoría de los productores siguen afiliados a teorías conservacionistas de los alimentos, en las que se dejan abundantes desechos de los cultivos anteriores en campo y almacenes. Las pérdidas por contaminación se estiman en millones de dólares (Bennett, 2007; Chiotta *et al.*, 2015).

Las pérdidas anuales en las industrias forrajeras y ganaderas en Estados Unidos de Norte América y Canadá por motivo de la contaminación con micotoxinas se estiman en aproximadamente millones de dólares EE. UU por año (Akesson, 2012).

Mundialmente se ha hablado sobre la presencia de micotoxinas en el sorgo, principalmente en doce países: Australia, Brasil, Colombia, Etiopía, La India, Japón, Nigeria, Sudáfrica, Sudán, Túnez, Uganda y en los Estados Unidos de América, detectándose al menos nueve tipos diferentes de micotoxinas (FAO/OMS, 2011).

En muchos países el sorgo no es sólo utilizado en la alimentación de los animales, además se usa en la elaboración de productos como galletas, pan, bebidas, entre otros. Se estima que en algunos años el número de productos elaborados a base de sorgo y el riesgo por consumir un producto contaminado aumenten (FAO/OMS, 2011).

La necesidad actual de tener más y mejores manuales específicos de control es muy importante. La evaluación cuantitativa de las micotoxinas es bastante difícil y las organizaciones mundiales encargadas de regularlas insisten en que la mejor manera de hacer frente a esto es basarse en la aplicación de los métodos de análisis aprobados, ya que son los que nos generan datos reales y válidos (Van Egmond *et al.*, 2007).

Hasta el final de la década de 1990, el problema fue considerado de índole nacional, sin embargo, organizaciones internacionales como FAO (Food and Agriculture Organization) y EFSA (European Food Safety Authority), entre otras, se han ido sumando en la lucha por detener la contaminación del alimento y generar nuevos y mejores métodos para la rápida identificación de las micotoxinas (Bhatnagar *et al.*, 2008).

Sin embargo, las organizaciones internacionales han tenido que enfrentarse a situaciones difíciles, como la falta de información toxicológica y de exposición de las micotoxinas, el desconocimiento de la distribución de las concentraciones en las mercancías y en la mayoría de los productos, la poca disponibilidad de métodos de análisis, falta de legislación en la mayoría de las ciudades y países, y la interferencia con los tratados de libre comercio (Cano *et al.*, 2010).

A partir de la primera década del siglo XXI, los rigurosos límites reglamentarios impuestos por algunos países importadores han afectado a las exportaciones de productos agrícolas. Esto con motivo de garantizar la calidad e inocuidad de los productos. La FAO ha implementado estas medidas para garantizar la higiene y seguridad alimentaria. Son productores y exportadores de cacahuate, nueces, semilla de algodón, cereales, fruta, trigo, maíz, etc., los que se han visto más afectados, ya que se les exige que sus productos cumplan con la legislación reglamentaria correspondiente, relacionadas a las actividades en las que su producto se desarrolla, desde la producción, transformación y distribución (Luque, 2015).

En el Proyecto MycoGlobe (Integración de micotoxinas e investigación de los hongos para la seguridad alimentaria en el sistema global), se recomienda intensificar las campañas de sensibilización dirigidas a las partes interesadas, sobre todo a aquellas partes que están relacionadas con la formulación de políticas en materia de seguridad de los alimentos, donde se dé a conocer los riesgos que las micotoxinas tienen hacia la salud pública y las estrategias que existen para su mitigación (Bhatnagar *et al.*, 2008).

## 2.7. Situación de las micotoxinas en México

En México, desafortunadamente, se cuenta con muy poca información y control necesarios en cuanto a micotoxinas en alimentos. La normatividad con respecto al tema es mínima, sólo se cuenta con la de aflatoxinas en cereales (Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA1-2002, Productos y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias) y se excluyen a otras micotoxinas (Padrón *et al.*, 2013).

Se han considerado varias medidas para intentar reducir la contaminación, por ejemplo, el implemento de cultivo de maíz híbrido, control de la población de insectos, uso de productos naturales y modificación de los procesos de nixtamalización y extracción (García y Heredia, 2006).

El maíz es el cultivo más importante de México de acuerdo con la superficie cultivada anualmente y su consumo per cápita es de 160 g en forma de tortillas principalmente. Dentro de los factores que afectan a la integridad de los granos los hongos juegan un rol de gran importancia, principalmente el género *Aspergillus*, especies *A. flavus* y *A. parasiticus*, son las más importantes porque producen aflatoxinas (Padrón *et al.*, 2013).

En México, las condiciones de climas tropicales y subtropicales, principalmente en el noroeste del país favorecen las infecciones por hongos toxígenos, por ello debe de continuarse el diagnóstico y la evaluación oportuna de los daños por hongos y plagas, identificar las asociaciones que existen entre los diferentes tipos de micotoxinas y generar paquetes tecnológicos que permitan paulatinamente reducir o inhibir por completo a los hongos (Resnik *et al.*, 1995; Padrón *et al.*, 2013).

Otro nicho de oportunidad se basa en el desarrollo de investigación básica y aplicada de micotoxinas en México, pues es escaso el estudio a nivel genético-molecular en cepas mexicanas de hongos. Escasamente se sabe del análisis a nivel genético, de la estructura genética de poblaciones, distribución de morfotipos, interacciones morfotipos-genotipos de maíz, etc. No se han llevado a cabo estudios consistentes relativos a la genómica funcional de los componentes y de su interacción, bajo condiciones ambientales particulares como estrés por sequía y/o altas temperaturas, lo que se agrupa en el mecanismo denominado 'quorum-sensing' y el 'complejo Velvet' y sus implicaciones en las rutas del metabolismo secundario (Mejía-Teniente *et al.*, 2011).

A pesar de que México es el país que da origen a una gran diversidad del maíz, no se han analizado cepas de maíz que sean más resistentes a las aflatoxinas. El maíz es un alimento de importancia mundial y es necesario su monitoreo en cuanto a la calidad sanitaria, desde el uso de semillas sanas, hasta la salud del cultivo en cada una de las etapas de su producción (Padrón *et al.*, 2013).

### 2.7.1. Brote de intoxicación por micotoxinas en destacamento de una dependencia pública del estado de Chiapas

En el 2017 en una dependencia pública en Chiapas con 52 equinos de la raza cuarto de milla, tanto potros como caballos adultos; en donde los programas preventivos se basan en desparasitación cada 4 meses; y Vacunación cada 6 seis meses contra la Rabia, Herpes Virus Tipo 1 y 4, Influenza, Tétano, Encefalitis Equina Venezolana y Virus del Oeste del Nilo (Hernández y Lázaro, 2017). Los caballos se alimentan de pastura seca (7 kg/animal repartidos en 4 porciones al día), alimento concentrado (3 kg por animal repartido 3 veces al día), y agua *ad libitum*.

Durante el periodo de 2012 a 2017 se presentaron problemas de cólicos severos, problemas de patas, intoxicaciones y nacimiento de potros prematuros y de bajo peso.

En ese lapso se registraron 24 decesos. Las probables causas de los decesos, según constan en los expedientes clínicos fueron: Cólico 25%; Problemas Infecciosos como Anemia Infecciosa Equina y parásitos 29.2%; Problemas por Micotoxinas 12.5% y por otras causas como fracturas, tumores, infartos, desnutrición o nacimientos prematuro se reportó el restante 33.3% (Hernández y Lázaro, 2017).

Se realizó a los 3 equinos fallecidos con problemas nerviosos, un estudio histopatológico, confirmándose leucoencefalomalacia moderada zonal; encefalitis difusa severa; y leucoencefalomalacia modera crónica, lo que resulto compatible con intoxicación por micotoxinas.

Aunado a esto, se enviaron muestras de dos alimentos concentrados que se utilizaban en ese momento, a dos laboratorios distintos, resultando que las fumonisinas, seguidas por la vomitoxina (DON) eran las que se encontraban en mayor concentración (Hernández y Lázaro, 2017).

## 2.8. Prevención y control de micotoxinas en los alimentos

La contaminación de los alimentos por micotoxinas se produce de forma natural y puede aumentar como resultado de las condiciones ambientales en el campo o de operaciones inadecuadas de recolección, almacenamiento y elaboración de los productos alimentarios. En este sentido, la prevención se centra, sobre todo, en correctas prácticas agrícolas (GAP: “Good Agricultural Practice”) e industriales (GMP: “Good Manufacturing Practice”). Además, en la industria alimentaria se ha desarrollado el Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (HACCP: “Hazard Analysis and Critical Control Point”), que es un sistema de gestión destinado a garantizar la inocuidad de los alimentos en la cadena alimentaria. El HACCP se incluyó como prioridad en el campo de la seguridad y calidad alimentaria en el VI Programa Marco de la Unión Europea (Comisión Codex Alimentarius, 2002).

Actualmente a nivel mundial, está bien fundamentado el hecho de que la formación de micotoxinas puede ocurrir durante las diferentes etapas del proceso de manejo de los alimentos: precosecha, cosecha y procesado o almacenamiento (Bottalico y Perrone, 2002). La importancia de cada fase depende de la toxina, de la especie fúngica involucrada y del cultivo. En el género *Aspergillus* el punto crítico más importante es el almacenamiento (Bhatnagar *et al.*, 2008). En el caso de los dos sustratos o matrices objeto de este estudio, se ha descrito que la contaminación en uvas se puede producir en el campo en estadios tardíos, antes de la recolección (pre-cosecha) (Serrano, 2015), mientras que los cereales son más susceptibles de contaminación tras la cosecha, y no tanto en campo (Hernández *et al.*, 2009). Sin embargo, en España apenas existen datos al respecto.

En la etapa de almacenamiento y secado se debe controlar constantemente que los productos almacenados no estén expuestos a condiciones ambientales tales como la humedad o aireación inadecuada, y elevadas temperaturas (Kabak *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2009).

El control de micotoxinas en alimentos se enfoca en dos estrategias no excluyentes: por una parte, inhibir el crecimiento de hongos en el alimento (prevención de contaminación por micotoxinas), y por otro lado en la destrucción de éstas, si es que ya existen en el alimento (detoxificación) (Sanchis *et al.*, 2000; Kabak *et al.*, 2006).

Para inhibir el crecimiento de hongos en los alimentos se utilizan agentes antimicóticos (fungicidas). La industria química ha desarrollado numerosos tratamientos antifúngicos de amplio espectro (benomilo, carbendazima, mancozeb, propiconazol, entre otros), que pueden ser empleados para diferentes especies y en diversos cultivos (Sanchis *et al.*, 2000). Los conservantes y antioxidantes alimentarios, como el ácido propiónico, el ácido gálico, los benzoatos o las sales de potasio, también son eficaces inhibiendo el crecimiento fúngico en algunos casos (Scott, 1993; Kabak *et al.*, 2006). Un problema recientemente observado es que algunos de estos productos químicos (antifúngicos o conservantes), especialmente a dosis subletales, pueden estimular la producción de micotoxinas por una activación secundaria de los genes de biosíntesis. Además, existe cierta presión social en los últimos años para reducir el uso de aditivos químicos en la industria alimentaria. Los consumidores actuales demandan, cada vez más, alimentos sin sustancias conservantes o antimicrobianas sintetizadas químicamente, y asocian alimentos sanos y seguros con alimentos frescos o mínimamente procesados (Wagacha y Muthomi, 2008).

Además del uso de fungicidas o conservantes que actúan para disminuir las micotoxinas existentes en los alimentos, se utilizan distintos procesos basados en la degradación física. Uno de ellos es la aplicación de calor a los alimentos contaminados por micotoxinas (cereales, frutos secos, leche) (Kabak *et al.*, 2006). El inconveniente de este proceso es que las micotoxinas son muy resistentes al calor (Scott, 1993), por lo que habría que aplicar tratamientos térmicos elevados durante periodos de tiempo

muy prolongados y eso produce alteraciones en las características organolépticas de los productos (Scott, 1993; Kabak *et al.*, 2006).

Otros métodos físicos y químicos que han sido empleados son el tratamiento con hipoclorito, la utilización de amoníaco gaseoso o hidróxido de amonio, tratamiento con peróxido de hidrógeno alcalino y radiación gamma (Sanchis *et al.*, 2000). Sin embargo, estos métodos presentan diferentes grados de éxito y ninguno de ellos se ha recomendado para la detoxificación de grano y semillas contaminadas con OTA (Scott, 1993), por lo que su uso ha ido disminuyendo.

Concretamente, y según la legislación actual, está prohibido tanto la detoxificación química como la mezcla de productos alimenticios que superen los contenidos máximos de micotoxinas con otros que no lo hagan, para así reducir la contaminación en producto final (Hernández *et al.*, 2009; Tapia *et al.*, 2012).

Alternativamente, se están investigando métodos de biocontrol basados en la utilización de bacterias y levaduras para evitar el crecimiento fúngico o favorecer la degradación de micotoxinas, aunque su empleo se ha realizado únicamente de manera experimental (Kabak *et al.*, 2006; Bhatnagar *et al.*, 2008).

Debido a estos inconvenientes, es mucho más aconsejable la detección temprana de hongos productores de toxinas para evitar su entrada en la cadena alimentaria, especialmente a nivel agrícola, con el control de la materia prima utilizada tanto para alimentos de consumo animal (forrajes y piensos) como humano (cereales y granos de café o uvas de vino en el caso de las ocratoxinas). Para ello, es clave disponer de métodos que permitan la identificación del material contaminado para tomar las medidas oportunas con el objetivo de evitar nuevas contaminaciones, y evitar que el producto contaminado pase a la cadena alimentaria (Scott, 1993; Tapia *et al.*, 2012).

## **2.9. Buenas prácticas de producción equina**

Las Buenas Prácticas de Manejo Equinas se definen como un medio para incorporar un manejo integrado en los sistemas productivos equinos, en donde son los modos de empleo y prácticas recomendadas en alimentación animal, tendientes a asegurar la inocuidad de los alimentos destinados al consumo animal, minimizándolos peligros físicos, químicos y biológicos que implique un riesgo para la salud de los equinos. Donde se debe establecer parámetros para el manejo técnico de la producción y mantenimiento de équidos, basados en requisitos sanitarios, bioseguridad y de bienestar animal, en establecimientos dedicados a la tenencia de los mismos (Iranzo, 2005).



### 2.9.1. Buenas prácticas en la alimentación animal

La nutrición es en gran medida lo más importante cuando viene a la tarea de apoyar el sistema inmune equino (Iranzo, 2005). Los caballos necesitan distintas cantidades de alimentación y de nutrición en su dieta dependiendo la edad, peso, nivel de actividad y de la salud. Su dieta natural está conformada principalmente por hierba, con un alto contenido de forraje. Es por esto que deben ser alimentados con un equilibrio de proteínas, fibras, granos, heno, minerales, vitaminas, suplementos, así como las digestiones apropiadas de estas sustancias con el fin de imitar en lo posible su modelo de alimentación natural. Por otro lado el alimento seco debe ser alto en calidad y el control de la porción se debe adherir (Iranzo, 2005; Aguilar, 2005).

El caballo debe comer un buen pasto (si es de paca preferentemente mojado para evitar que el polvo irrite las vías respiratorias altas), en buena cantidad, dependiendo del peso del animal, el grano (avena, cebada, maíz) que aporta la energía, puede complementar al pasto cuando se quiere mejorar la condición del caballo, por ejemplo de avena se le dan 2 a 6 kg por día, teniendo en cuenta siempre que si se va a agregar maíz, hacerlo en una proporción 3 a 1 con respecto a la avena (Castello, 1994; Iranzo, 2005).

No se debe olvidar que el pasto verde no solamente ablanda las heces, también produce cierta cantidad de gas y puede formarse un bolo fecal de calcio (por la gran cantidad de calcio que aporta) produciendo un cólico obstructivo o gaseoso complicándose finalmente con Infosura o laminitis (*op. cit.*).

Generalmente, los granos partidos, por el almacenamiento prolongado pueden tornarse rancios, disminuyendo su palatabilidad, presentando además el riesgo del desarrollo de hongos, provocando cólicos gaseosos severos. Por lo que todo alimento o ingrediente que requiera ser almacenado debe cumplir con las condiciones necesarias que aseguren el buen estado de conservación al momento de administrarlo. (Aguilar, 2005; Genoud, 2011).

### 2.9.2. Identificación

La identificación de los animales y la trazabilidad de los animales (o trazabilidad) son herramientas destinadas a mejorar la sanidad animal (incluidas las zoonosis) y la seguridad sanitaria de los alimentos. Ambas pueden acrecentar considerablemente la eficacia de actividades en ámbitos como la gestión de brotes de enfermedad e incidentes relacionados con la seguridad sanitaria de los alimentos, los programas de vacunación, la cría de rebaños y manadas, la zonificación y la compartimentación, la vigilancia, los sistemas de respuesta y notificación rápida, los controles de los desplazamientos de animales, la inspección, la certificación, las buenas prácticas comerciales y la utilización de medicamentos veterinarios, alimentos para animales y pesticidas en las explotaciones (OIE, 2015).

Cualquier caballo debe tener una tarjeta sanitaria en la que se identifica al animal por sus propias características, esto es, nombre, raza, edad, capa, sexo, propietario,

número de microchip (si lo hubiese), etc., así como los demás rasgos característicos de su anatomía (remolinos, color de cascos, etc.). Además en este documento el veterinario deja constancia de los tratamientos que ha recibido el caballo (Alarcón, 2014; Sanmartín, 2016).

Las principales aplicaciones del marcaje son: Signo de propiedad, símbolo cualificativo, garantía de origen, atributo de aptitud, necesidades de índole militar, fines de naturaleza fiscal, señal de destino, policía sanitaria, seguro animal, indicación de la edad e identificación individual

La manera más común de identificar a los caballos es a través de los hierros. Lo habitual es marcar al animal a fuego: presionando con el hierro sobre el anca, en uno u otro lado dependiendo de la raza y del sexo. Aunque existe otra posibilidad mucho menos agresiva para el caballo: congelar el hierro en nitrógeno líquido, lo cual es prácticamente inocuo para el animal (Aguilar, 2005; Pérez y Vargas, 2010; García *et al.*).

Cuando es introducido un nuevo animal a la cuadra, el hierro se coloca en la espalda (en el mismo lado).

#### 2.9.3. Buenas Prácticas en el Uso de Medicamentos Veterinarios

Se define como el cumplimiento de los métodos de empleo oficialmente recomendados para los medicamentos de uso veterinario, de conformidad con la información consignada en el rotulado de los productos aprobados, incluido el tiempo de retiro, cuando los mismos se utilizan bajo condiciones prácticas (Aguilar, 2005).

Las estrategias de prevención o control de enfermedad pueden instaurarse a nivel individual, lo que implica identificar aquellos individuos con un alto riesgo de enfermedad, o a nivel colectivo, que supone aplicar las medidas en toda la población evitando la tarea de identificar los individuos que realmente están expuestos a riesgos. Deberá existir un programa eficaz para la prevención y el tratamiento de enfermedades y trastornos diversos de conformidad con los programas establecidos por el veterinario responsable (Corbella, 1986; Castello, 1994; Sanmartín, 2016).

#### 2.9.4. Prevención – inmunización.

La vacunación es una técnica de medicina preventiva cuyo objetivo consiste en aumentar la capacidad de respuesta inmune frente a un organismo o agente infeccioso (Corbella, 1986; Pérez y Vargas, 2010).

Una cuestión importante para considerar es la aplicación de bajas dosis vacunales, suelen producir una baja respuesta inmune, por lo que debe recurrirse a múltiples dosis distribuidas a intervalos de tiempo para lograr una buena inmunización (Castello, 1994; Donecker, 2012).

Se ha observado que no es necesario vacunar a toda la población para lograr inmunizarla, ya que una población presenta resistencia a la infección cuando una alta proporción de individuos están inmunizados, esta es la llamada Inmunidad de Grupo.

Sin embargo, esta idea solo es válida en poblaciones en donde sus integrantes se mezclan de forma aleatoria y la probabilidad de contacto entre los individuos se mantenga constante en un periodo de tiempo (Donecker, 2012).

La mejor vacuna es aquella que se adapte a las necesidades de los productores, a la necesidad de proteger a los animales contra una enfermedad determinada y a la disponibilidad de tiempo y dinero, sin embargo, debe presentar las siguientes características: no producir efectos colaterales o secundarios, no interferir con la aplicación de otras vacunas, no influir sobre futuros diagnósticos, ser específica, de fácil manejo y aplicación, disponibilidad en el mercado, justificar su aplicación. (Pérez y Vargas, 2010)

#### 2.9.4.1. Plan sanitario (vacunaciones).

Las enfermedades infecciosas más comunes que afectan a nuestros caballos pueden ser ocasionadas por diferentes agentes (bacterias, virus, hongos y protozoarios) pero los virus y las bacterias son los más importantes (Cook y Hassel, 2014).

Dentro de este grupo de patógenos podemos encontrar:

- ❑ **Virus de la Influenza equina tipo A (equi1 y equi2).** La influenza o gripe equina es una enfermedad vírica muy contagiosa de las vías respiratorias altas de los équidos. Se caracteriza por tos, conjuntivitis, fiebre de corta duración, flujo nasal, en muchos animales afectados cuando se producen brotes, pero nula mortalidad si no se producen complicaciones.
- ❑ **Herpes virus equino EHV-1.** (Subtipo 1 o cepa fetal) causa aborto y parálisis, (Subtipo 2 o cepa respiratoria). La enfermedad respiratoria equina asociada a la infección del epitelio de mucosas de las vías aéreas superiores por el Herpes virus equino 1 o 4 es una condición que se presenta principalmente en los caballos jóvenes.
- ❑ **Rinoneumonitis.** Es una enfermedad vírica producida por un herpes. Se caracteriza por ser muy contagiosa y por tener varios subtipos de virus que cuando atacan lo hacen en diferentes partes del organismo equino.
- ❑ **Anemia infecciosa equina.** La Anemia Infecciosa Equina (AIE) es una enfermedad transmisible de origen viral, que sólo afecta a los équidos (asnos, mulas y caballos), la cual se desarrolla con un curso crónico, generalmente presentándose de manera insidiosa luego de un ataque agudo inicial.
- ❑ **Tétano.** Es una enfermedad que afecta al Sistema Nervioso Central y cuyo agente etiológico es el *Clostridium tetani*. Los esporos del microorganismo pueden encontrarse en las heces de la mayoría de los animales y en el suelo.
- ❑ **Rabia.** La Rabia es una enfermedad causada por un virus de la familia *Rabdoviridae* que afecta al Sistema Nervioso Central. Son susceptibles todos los animales de sangre caliente y actualmente en determinadas zonas de nuestro país, es una zoonosis que constituye un serio problema socioeconómico (Corbella, 1986; Aguilar, 2005).

#### 2.9.4.2. Plan de desparasitación.

Generalmente los parásitos producen daños sutiles, que no suelen manifestarse con una sintomatología específica, más bien con signos vagos, como la falta de peso, el pelo hirsuto, la aparición de cólicos repetidos, etc. En caso de infestación masiva los daños pueden ser muy severos e incluso mortales.

La eliminación de los parásitos debe ser sistemática y hacerlo como mínimo dos veces al año, los potros a partir del primer mes de edad, aunque si hay un gran número de animales juntos se debe hacer cada tres meses, cuando el producto sea indicado. También es muy importante la desparasitación de la yegua al momento del parto. Los desparasitantes recomendados son los a base de pirantel, doramectina, moxidectina, ivermectinas solas o combinadas con praziquantel, si se usan benzimidazoles (fenbendazole, tiabendazole) se deben administrar por cinco días seguidos (Donecker, 2012).

Los antiparasitarios orales en forma de pasta son efectivos para eliminarlos siempre y cuando se haga una buena pauta y se administre la cantidad correcta a cada caballo. Hay que tener en cuenta que existen diferentes especies de parásitos y no todas son sensibles al mismo producto. Por ello hay que ir alternando antiparasitarios con diferentes productos (*op. cit.*).

#### 2.9.5. Sistemas de explotación y hábitat.

Los Equinos pueden tenerse en sistema estricto o intermedio de estabulación o en completa libertad. El número, tipo y sistema de caballerizas dependerá de la cantidad y razas de caballos que quieran criarse. Esto podría ser entre un refugio campestre, y un pabellón de pesebreras; aunque lo ideal es no utilizar demasiadas construcciones. Cuando los animales se alojan individualmente lo más característico es: la pesebrera, jaula o box, convencional. En esta área el caballo tiene la posibilidad de movimientos y la amplitud necesaria para su posición en decúbito ventral (Castello, 1994; Alarcón, 2014; Sanmartín, 2016).

El alojamiento de puestos de amarre, mantiene a los animales inmovilizados, sin posibilidad de hacer ejercicio voluntario. Están atados mediante un cabezal sistema "rope and ball", suficientemente largo para que pueda tumbarse, pero tampoco tanto para que se enreden (Oliva, 2002; Aguilar, 2005).

El denominado "paddock", permite mantener a los animales individualizados (reproductores). Es utilizado como sistema de estabulación libre, los animales disponen de una pesebrera de 16 m<sup>2</sup>; y otro corral soleado para ejercicio, con un área de 40 m<sup>2</sup>, hasta los 400 m<sup>2</sup> de pradera.

El cobertizo abierto por delante es otro sistema de libre acceso. Es un corral donde se disminuye mano de obra, con instalaciones necesarias para el mantenimiento del caballo. Aunque existen formas en las que los animales se encuentran incómodos cuando su atención no es del todo adecuada. Deben ser instalaciones sencillas pero acondicionadas para el libre acceso del potrero. Así generando flexibilidad en dichos animales donde se puedan acomodar (Corbella, 1986; Oliva, 2002).

#### 2.9.5.1. Dependencias básicas

Existen instalaciones que ayudan a los caballos y que son importantes, en las cuales deben ser:

##### **a) Almacén de granos heniles.**

Este almacén tiene como consecuencia mayor demanda en la forma de presentarse y clasificarse en alimento; granos, concentrado, pastos e incluso minerales (Iranzo, 2005; EQUIDIET, 2015).

La mayor parte de explotaciones prefieren alimentos en bulto, mientras en otros lugares lo adquieren sueltos; un almacén tiene la capacidad según la cantidad de suministros y raciones según el concentrado, ya sea corto o largo dependiendo el forraje. El almacenamiento debe alcanzar para cubrir sus necesidades (Iranzo, 2005; Alarcón, 2014).

Para almacenar en cuartos o bodegas ciertos alimentos, debe estar acondicionada con ventilación y protegida para evitar que se moje o entre cualquier roedor; así impedirá que se pierda o afecte estos alimentos, de tal manera que no se desperdicien (*op. cit*).

Las galeras son lugares descubiertos para conservar las pacas de forraje o pastura, puede ser con techado de lámina y descubierta donde no conserve la humedad; de esa manera se puede ahorrar tanto en material como conservar la alimentación del animal(Oliva, 2002).

##### **a) Estercolero y fosa de cadáveres.**

El estiércol del caballo tiene menos olor que el de otros animales, pero debe ser alejado de las instalaciones, en el cual conviene cubrir el piso de cemento, siempre y cuando no entre el agua para así no haber un mayor problema de infección(Oliva, 2002).

Se debe contar con la construcción de sistema séptico para desechar el estiércol, evitando tenga contacto con las paredes ya que éste es como un ácido muy fuerte. Hay que considerar el cuidado necesario para no contaminar las aguas de tanques o cisternas subterráneas, de igual manera evitar lleguen los malos olores hacia alrededor de la zona. Para la fosa de cadáveres, se calcula 1 m<sup>3</sup> por cada caballo alojado (Castello, 1994; Pérez y Vargas, 2010).

## **b) Alojamiento de cuarentena**

Considerando la salud de los caballos se debe mantener desinfectado el área donde se encuentren para que así no haya contagios en animales que acaban de llegar; y así poder conocer su estado de salud (Aguilar, 2005).

### 2.9.6. Equipamientos para instalaciones equinas

#### 2.9.6.1. Comederos

Los comederos deben de ser adecuados para la alimentación de los caballos a medida de tener un control en la comida para evitar desperdicios por medida de salubridad. De esta manera se facilitará la limpieza de cada comedero. Existen criadores donde hay comodidad para dosificar la ración y de esa manera no se introduce a la caballeriza. (Iranzo, 2005; Alarcón, 2014; Sanmartín, 2016).

Existen diferentes tipos de comederos como recipientes de plástico, lámina, cerámica, madera e incluso de cemento; hay diferentes tipos y diseños resistentes para evitar que se rompan con facilidad aunque varía de precio, esto consta según la calidad del material que se utilice para conservar el grano y sea fácil de limpiar, para no correr peligro el animal. (Alarcón, 2014).

Los comederos deben construirse con bordes redondeados sin salientes peligrosos; tiene que ser cubierto de esmalte para que la limpieza sea más factible. Hay comederos que tienen un alto precio como los de aluminio, hierro o acero; pero a los caballos se les dificulta morder los bordes de éstos. Aunque los de plástico duro o goma son más resistentes y fáciles de limpiar, en el cual retienen por más tiempo los olores. (Castello, 1994; Pérez, 2010).

No es recomendable usar comederos de madera por motivo que son más difícil de limpiar y producen un cuadro de infección, en el cual pueden ser masticados por los caballos, aunque algunos son de canoa. (Aguilar, 2005).

#### 2.9.6.2. Bebederos

El consumo de agua en los caballos es muy elevado, por ejemplo, un potro menor a un año puede beber hasta 20 L diarios; un caballo con trabajo ligero ingiere unos 50 L y un caballo con trabajo intenso, o una yegua parida pueden llegar a consumir 80L diarios. Potros de 7 a 10 días de vida deben acceder fácilmente al agua (Iranzo, 2005).

En algunas instalaciones se utilizan bebederos automáticos para ahorrar la mano de obra y a su vez el caballo beba dos o tres veces al día, pero debe limpiarse y comprobar su funcionamiento con regularidad y retirar granos de cereales o estiércol. (Castello, 1994; Iranzo, 2005).

En las caballerizas se aconseja contar con su propio bebedero en una de las esquinas para aprovechar espacio y disminuir epizootias. Algunas personas prefieren suministrar agua en baldes de lámina o plástico con capacidad mínima de 20 L, y de esta manera observan el consumo de agua, pero es necesario revisarlos como mínimo dos veces por día. Si los caballos reciben agua en un recipiente grande (500L) este deberá ser vaciado y limpiarse cada 3 días (*op. cit.*).

Los bebederos deben colocarse a 2/3 de la altura de la cruz de los caballos y colocarlos lejos de los comederos, con el fin de que el alimento no se humedezca.

Una cuadra con más de 20 caballos deberá contar con su propia red para que en caso de daño no se produzca un desabastecimiento total (Alarcón, 2014).

#### 2.9.6.3. Rastrillera para forrajes

Algunos caballos suelen sacar el heno y comerlo sobre el suelo, muchos criadores consideran que es un riesgo y un gasto innecesario. Se debe reducir la contaminación del alimento para disminuir la reinfección parasitaria y se exige una ingestión lenta de volumen; debe situarse en una parte baja para que no caiga el polvo y la paja sobre la cara del caballo porque puede provocar problemas respiratorios y afectar sus ojos, considerando no colocar en una parte tan baja para no presentar peligro para los caballos, ya que pueden quedar atrapadas sus extremidades. En las caballerizas con henil superior puede existir un conducto sobre cada rastrillo de modo que el alimento se pueda colocar directamente desde lo alto (Alarcón, 2014; Sanmartín, 2016).

Algunos criadores prefieren la rastrillera alta, para que los potros aprendan a copiarse de sus madre y así tener el ejercicio que desarrollará los músculos de su cuello, es por eso que no se lo dan en el suelo. (Aguilar, 2005; Sanmartín, 2016).

#### 2.9.7. Limpieza de alojamientos

##### 2.9.7.1. Disposición final de heces, eliminación de las heces

La eliminación del estiércol debe planificarse de forma que no se provoque la contaminación de aguas superficiales o subterráneas, el impacto de olores y de vistas desagradables sea mínimo, y precise una cantidad razonable de mano de obra. La cantidad de agua presente en el aparato digestivo y en las heces depende de la dieta del caballo: las dietas basadas en cereales provocan un menor contenido de agua que las dietas a base de heno, y el de avena contiene solamente el 50% de agua. Cuando se diseñan los medios para la eliminación de residuos serán consultados los técnicos locales en planificación y los organismos que controlan la polución. Los líquidos drenados del establo deberán fluir hacia una zona apropiada para su eliminación que puede ser un sistema séptico o local de eliminación de materias fecales según indiquen las normas locales (Pérez, 2010).

El estiércol debe ser almacenado en un lugar conveniente para el establo aunque lo más separado de las casas particulares. Así mismo, el montón de estiércol debe situarse separado de las conducciones de agua y canales de drenaje para evitar la

contaminación de aguas superficiales o subterráneas. Durante el invierno, el control de las moscas no constituye un problema por lo que puede apilarse el estiércol, aunque en épocas calurosas deberá ser retirado dos veces por semana, especialmente en la época de reproducción de las moscas (Aguilar, 2005; Pérez, 2010).

Una fosa para estiércol suele ser la forma menos rechazable de almacenamiento, debido a que confina el estiércol en una superficie reducida, queda fuera de la vista, y puede cubrirse. Además impide la visión de la fosa, evita el acceso de niños y de animales al mismo, y permite que escapen los gases que se forman durante la fermentación. El método usual de almacenamiento es el amontonamiento del estiércol. Una pared de madera o de mampostería o una estructura con tres lados ayuda a contener la pila de estiércol, así como su rascado y carga (Alarcón, 2014).



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del área de estudio

La primera etapa de la investigación se realizó en cinco cuadras de una dependencia pública del estado de Chiapas, los cuales se ubican en los municipios de la Concordia, Mapastepec, Tuxtla Gutiérrez, Cintalapa y Ocozocoautla (Figura 7, Cuadro 6).



Figura 7. Localización del área de estudio.

Cuadro 6. Municipios en donde se ubican las cinco cuadras actualmente.

	La concordia	Mapastepec	Tuxtla Gutiérrez	Cintalapa	Ocozocoautla de Espinosa
<b>Clima</b>	26.1 °C	22 – 35 °C	23.08 °C	24.5°C	20 – 28 °C
<b>Altitud</b>	550 m	50 m	600 m	540 m	820 m
<b>Precipitación anual</b>	1,450 mm	2,500 mm	893 mm	800 mm	900 – 3000 mm
<b>Latitud</b>	16° 07" N	15° 26" N	16° 46" N	16° 39" N	16° 45" N
<b>Longitud</b>	92° 41" W	92° 54" W	93° 07" W	93° 44" W	93° 22" W
<b>No. caballos en la cuadra</b>	13	8	11	14	26

La segunda etapa se realizó en 30 cuadras pertenecientes a Tuxtla Gutiérrez, Villa Corzo y Chiapa de Corzo (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Municipios en donde se ubican las 30 cuadras encuestadas.**

	<b>Tuxtla Gutiérrez</b>	<b>Villa Corzo</b>	<b>Chiapa de Corzo</b>
<b>Clima</b>	23.08 °C	17- 37°C	26 °C
<b>Altitud</b>	600 m	580 m	420 m
<b>Precipitación anual</b>	893 mm	1150 mm	990 mm
<b>Latitud</b>	16° 46" N	16° 11' 7" N	16°42'30"N
<b>Longitud</b>	93°07" W	93° 16' 6" W	93°01'01" W
<b>Número de cuadras entrevistadas</b>	8	19	3

### **3.2. Población objetivo**

Se utilizaron 119 expedientes de caballos de cinco cuadras correspondientes a una dependencia pública durante el periodo comprendido entre 2012 y 2018. Los potros y caballos adultos eran de la raza cuarto de milla y cruza. Así mismo se realizó una encuesta a 30 cuadras pertenecientes a los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Villa Corzo y Chiapa de Corzo del Estado de Chiapas.

Se tomaron en cuenta datos sobre frecuencia y tipo de desparasitación, así como los tipos de vacunas aplicadas: Rabia, Herpes Virus Tipo 1 y 4, Influenza, Tétano, Encefalitis Equina Venezolana y Virus del Oeste del Nilo. Tipo de alimentación: pastura seca (pacas), alimento concentrado "X", agua ad libitum. El suministro de la alimentación: Pastura, Alimento concentrado.

### **3.3. Metodología**

La investigación se realizó en dos etapas:

En la primera etapa, se realizó un estudio de caso control, para lo cual se recopilaron 119 expedientes de caballos pertenecientes a distintos destacamentos, con registros de manejo durante el periodo 2012-2018, así mismo se efectuó una entrevista a los encargados de los animales. Con la información obtenida, se elaboró una base de datos haciendo el análisis en dos fases:

Primera fase:

Se realizó la caracterización respecto a: manejo (medicina preventiva, desparasitación), alimentación y características propias del caballo (edad, sexo, raza, fin zootécnico). La información se registró en una base de datos con la ayuda de Microsoft Office Excel 2010, las variables a analizar fueron: edad, sexo, raza, animales vivos, muertos o dados de baja. Determinándose los parámetros mediante estadística descriptiva.

Segunda fase:

Con la ayuda del historial clínico de cada animal se dividieron los 119 caballos en dos grupos: casos (50 animales con signos compatibles a micotoxicosis) y controles (69 animales sanos). Los factores que se evaluaron fueron: alimentación, características de los caballos, datos clínicos como tiempo y tipo de desparasitación, tipos de vacunas aplicadas, diagnósticos de laboratorio (problemas renales y hepáticos), tipo de alimentación (pastura seca, alimento concentrado, agua). Se calculó la razón de momios y su significancia estadística mediante Chi cuadrada, con el programa Epi Info™ 7. Se consideraron solo las asociaciones que fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

La **segunda etapa** del estudio, se diseñó una encuesta, con el fin de evaluar las buenas prácticas de otras explotaciones equinas, poniendo especial atención a aquellos factores de riesgos significativos asociados al manejo, resultantes de la primera fase del estudio, para así poder proponer intervenciones mediante un manual de buenas prácticas pecuarias para equinos.

El primer resultado fue la evaluación de las cuadras, con un formulario de 57 preguntas de conocimientos básicos y generales zoonosanitarios, aplicado a la (las) persona encargadas o propietarios de 30 cuadras.

El instrumento que se utilizó para conseguir la información fue la entrevista, a partir de encuestas que reunieron todos los aspectos relacionados con las actividades y funcionamiento de cada una de las cuadras, así como todo tipo de conocimiento y de control zoonosanitario que realizaron las explotaciones equinas.

Se tomó la información suministrada por encargados de algunas cuadras conocidas.

La recolección de la información se realizó en tres partes.

1. Se realizó la primera entrevista a la (las) personas involucradas por llamada telefónica.
2. Se corroboró los datos suministrados y se hizo reconocimiento visual de cada una de las pesebreras, por medio de fotos.
3. Se recolectó y organizó los datos de cada cuadra.

Esta segunda etapa de la investigación está orientada a ser cualitativa, teniendo como elemento principal la recolección de datos a través de entrevistas, aplicadas a propietarios y/o trabajadores de las cuadras estudiadas.

VARIABLES EVALUADAS:

1. Normas para el personal
  - a) Personal capacitado en el manejo de los animales
2. Infraestructura
  - a) Pisos y cama
  - b) Área para los animales
  - c) Comederos, bebederos.

3. Salud y prevención
  - a) Calendario de vacunación
  - b) Calendario de desparasitación interna y externa
  - c) Evaluación de la salud de los animales
  - d) Botiquín de primeros auxilios humano
  - e) Botiquín de primeros auxilios veterinario
  - f) Exámenes de laboratorio para diagnóstico y control de enfermedades
  - g) Cirugías realizadas por personal capacitado
  - h) Diagnóstico, tratamiento y control de enfermedades por personal capacitado
  - i) Asistencia veterinaria
4. Reproducción
  - a) Manejo de reproductor
  - b) Manejo de hembras de cría
  - c) Descanso del reproductor
5. Nutrición
  - a) Fuente de alimentación
  - b) Condiciones del agua
  - c) Depósito para procesamiento de los alimentos
  - d) Suplementos
  - e) Contaminación de los alimentos
  - f) Como se suministra el alimento
  - g) Ración diaria básica (forraje)
  - h) Suplementación diaria (concentrado y sal)
6. Manejo de animales
  - a) Identificación de los animales
  - b) Manejo de la entrada de nuevos animales
  - c) Manejo de animales en cuarentena
  - d) Manejo de animales enfermos
  - e) Manejo de animales en etapas según: edad, fase de entrenamiento, sexo, fin zootécnico.
  - f) Prácticas de manipulación y entrenamiento
7. Manejo de desechos
  - a) Identificación de desechos
  - b) Identificación de basuras
  - c) Depósitos de basuras
  - d) Depósito de desechos y excretas animales recolección por separado de materiales (inerte, reciclables, riesgo biológico)
  - e) Control de basuras y desechos
  - f) Disposición de cadáveres
  - g) Protección de las áreas destinadas a la recolección de desechos y basuras.

- h) Transporte de los desechos dentro y fuera de la explotación
- 8. Control de vectores
  - a) Control de roedores
  - b) Control de animales diferentes a la explotación (perros, gatos, zorros, pájaros, etc.).
  - c) Control de moscas
  - d) Control de garrapatas, piojos, pulgas.
  - e) Control de vectores inertes
  - f) Control de las visitas a la explotación y del contacto con los animales
  - g) Productos utilizados en el control de roedores
  - h) Productos utilizados en el control de insectos

El análisis de la información permitió crear una descripción de las condiciones zoonosanitarias en las que se encuentran las cuadras estudiadas de la siguiente manera:

1. Importancia de la cuadra por tamaño y flujo de animales. Para identificar cuál de las cuadras tienen mayor movimiento y están por lo tanto más susceptibles a la entrada y difusión de las enfermedades.
2. Cuadras más susceptibles a la aparición de enfermedades.
3. Caracterizar las cuadras para cada uno de los temas del manual de buenas prácticas para equinos.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera etapa de la investigación, con la información obtenida de los expedientes y las entrevistas, se determinaron los siguientes resultados:

Se cuenta con el registro de 119 equinos, de las razas: cuarto de milla (54.62%), mestizos (38.66%), entre otras razas (6.72%).

Todos los caballos son desparasitados cada 4 meses con desparasitantes variados, se vacunan cada 6 seis meses contra la Rabia, Herpes Virus Tipo 1 y 4, Influenza, Tétano, Encefalitis Equina Venezolana y Virus del Oeste del Nilo.

Los alimentos utilizados para todos los caballos son: pastura seca (pacas), alimento concentrado "X", agua *ad libitum*. El suministro de la alimentación se lleva de la siguiente manera:

- ❖ Pastura. Se proveen 7 kg por animal 4 veces al día (a las 6 am, 11 am, 5 pm y 11 pm).
- ❖ Alimento concentrado. Se suministra 3 kg por animal 3 veces al día (5 am, 2 pm y 10 pm).

Con relación al sexo, el 54% de los animales son hembras (64 yeguas) y el 46% son machos (55 caballos). El 74% de los caballos son adultos (88 caballos), 24% jóvenes (29 caballos) y el 2% son viejos (2 caballos).

Los expedientes se clasificaron en tres grupos: los caballos vivos (61%), muertos (21%) y los que fueron dados de baja (18%) por alguna condición física o de salud que afectaba al animal para su desempeño en el trabajo.

Se encontró que los caballos tienen un peso promedio de 408.14 kg (DE± 109.39); así mismo una alzada promedio de 1.43 m (DE± 0.19).

El 8% de los caballos fueron diagnosticados con: Anemia Infecciosa Equina; 34% con parasitosis encontrándose principalmente *Parascaris equorum* (27%), *Strongyluss spp* (31%) y *Entamoeba histolytica* (7%).

**Cuadro 8. Razas de caballos. Indica el número de animales pertenecientes a las razas existentes en la dependencia.**

Raza	Total	%
Cuarto de milla	65	54.62
Mestizo	46	38.66
Otras	8	6.72

**Cuadro 9. Número de caballos y yeguas. Indica el número de animales que comprende cada grupo.**

<b>Sexo</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Hembra	64	53.78
Macho	55	46.22

**Cuadro 10. Edades de los caballos. Se indica el número de animales que se encuentran en cada rango de edad.**

<b>Edad</b>	<b>Número de caballos</b>	<b>%</b>
Joven (0-78 meses)	29	24.37
Adulto (79-240 meses)	88	73.95
Viejo (mayor a 241 meses)	2	1.68

**Cuadro 11. Clasificación de expedientes en tres grupos: vivo, muerto y baja. Indica el número de animales distribuidos en cada grupo.**

<b>Grupos</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Baja	22	18.49
Muerto	25	21.01
Vivo	72	60.50

En el análisis bivariado se encontró cuatro variables asociadas a Micotoxicosis con significancia estadística. Los caballos de raza pura tuvieron 4.36 veces más signología sugerente a micotoxicosis que los caballos criollos. Con respecto a los hallazgos de las pruebas de laboratorio se observó que los caballos con anemia tienen 5.04 veces más signos de micotoxicosis. Así mismo, se observan que los caballos con signos de micotoxicosis tienen 5.89 veces más probabilidades de sufrir daño hepático; lo mismo ocurre con el daño renal, en donde se observó que aquellos caballos con signología de micotoxicosis tienen hasta 11.82 veces más probabilidades de sufrir daño renal (cuadro 12).

Coincidiendo así con FAO, 2003 y Jay, 2000 los cuales afirman que las micotoxinas como Ocratoxinas por ejemplo tienen una dosis letal media en ratas (LD50) de 20 a 22 mg/kg, siendo principalmente nefrotóxica y hepatotóxica.

**Cuadro 12. Variables asociadas a micotoxicosis. Indica las variables que tuvieron significancia estadística con respecto a Micotoxicosis ( $p < 0.05$ ).**

<b>Variable</b>	<b>OR</b>	<b>Valor p</b>
Raza pura vs criollos	4.36	0.00037438
Anemia	5.04	0.00003537
Daño hepático	5.89	0.00000749
Daño renal	11.82	0.00000032

En la segunda etapa de la investigación, con la información obtenida de las encuestas realizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se encontró que el número de caballos por cuadra en promedio fue de 7 (DE  $\pm$  12.75); el número de cólicos en un período del 2018 – 2020 en promedio fue de 3 (DE  $\pm$  4.35), por lo que la prevalencia promedio de cólicos fue de 39.76% (DE  $\pm$  37.11), la letalidad promedio de cólicos fue de 20.61% (DE  $\pm$  27.8), la mortalidad promedio de cólicos fue de 11.29% (DE  $\pm$  19.06); la mortalidad promedio a causa de otras enfermedades fue de 4.51% (DE  $\pm$  7.45); la mortalidad promedio de las cuadras fue de 15.57% (DE  $\pm$  12.90).

Según Cook y Hassel, 2014, la prevalencia de cólico en equinos se sitúa entre 4 y 10%.

La mayoría de los cólicos (80% - 85%) responden de forma espontánea al tratamiento, es decir se consideran leves. Mientras que en los casos de enfermedad obstructiva o estrangulante considerados severos representan un (2% a 4%) de los equinos ((Dukti y White, 2009).

#### Variables cualitativas

De las cuadras encuestadas las principales razas de caballos identificadas fueron: cuarto de milla en 25 cuadras (83.33%), mestizos en 11 cuadras (36.67%), appaloosa en 2 cuadras (6.67%), árabes en 1 cuadra (3.33%), españoles en 3 cuadras (10%), mezclas en 10 cuadras (33.33%) y otras razas en 4 cuadras (13.33%); cabe aclarar que algunas cuadras cuentan con más de una raza.

Se cuenta con el registro de 119 equinos, de las razas: cuarto de milla (54.62%), mestizos (38.66%), entre otras razas (6.72%).



**Cuadro 13. Razas de caballos en las cuadras. Se indica el número de animales pertenecientes a las razas existentes en las cuadras.**

<b>Razas</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cuarto de milla	25	83.33
Mestizos	11	36.67
Appaloosa	2	6.67
Árabes	1	3.33
Españoles	3	10.00
Mezclas	10	33.33
Otras	4	13.33

Las funciones zootécnicas principales de los caballos en las cuadras fueron: cabalgatas en 20 cuadras (66.67%), tracción en tres cuadras (10%), equinoterapias en tres cuadras (10%), carreras en 14 cuadras (46.67%), charrería en siete cuadras (23.33%), transporte en 12 cuadras (40%) y otras en tres cuadras (10%). En más de una cuadra los caballos desempeñan más de dos actividades.

**Cuadro 14. Fin zootécnico que existen en las cuadras. Indica las actividades principales que desempeñan los caballos en las cuadras.**

<b>Función Zootécnica</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cabalgatas	20	66.67
Tracción	3	10.00
Equinoterapias	3	10.00
Carreras	14	46.67
Charrería	7	23.33
Transporte	12	40.00
Otras	3	10.00

El almacenamiento del alimento para los animales es al aire libre en ocho cuadras (26.67%), almacén o bodega cerrados en 15 cuadras (50%) y en 10 cuadras usan tarimas (33.33%).

Tradicionalmente los hongos se han dividido en especies de campo o de almacenaje, por su presencia mayoritaria en el campo o en las bodegas. Los de campo requieren altas condiciones de humedad (20-21%) e incluyen los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Diplodia* y *Gibberella* entre otros. Los de bodega requieren menos humedad (13-18%) y normalmente no representan problema antes de la cosecha. Este grupo lo forman principalmente los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Santin, 2005).

**Cuadro 15. Alojamiento del alimento destinado a los caballos. Se indica los lugares de almacenaje del alimento.**

<b>Almacenamiento de Alimento</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Aire libre	8	26.67
Almacén o bodega cerrados	15	50.00
Tarimas	10	33.33

Seis cuadras (20%) almacenan el forraje anualmente, una cuadra (3.33%) bimestralmente, una (3.33%) de días a tres meses, cuatro (13.33%) mensualmente, ocho (26.67%) quincenalmente, seis (20%) semanalmente, una (3.33%) semestralmente y en tres cuadras (10%) no se almacena debido a que los animales se encuentran a libre pastoreo todo el tiempo.

Algunos autores (Santin, 2005; Castañeda, *et al.* 2012) indican que el tiempo de almacenamiento es uno de los factores que favorecen el crecimiento de los hongos y la producción de micotoxinas. Con el envejecimiento de las materias primas y de los piensos se incrementa la contaminación, el crecimiento de los hongos y bacterias, y la producción de micotoxinas. Desde hace tiempo a la fecha, los niveles de Aflatoxinas M1 detectados en otros países muestran amplias diferencias, demostrándose la relación causal de los sistemas de alimentación, factores propios de los animales y las condiciones ambientales (Galvano y col., 1996; Hassan y Kassaiy, 2014; Tomasevic *et al.*, 2015), así como por los procedimientos analíticos utilizados (Horwitz, 1982; Kralj y Prosen, 2009).

**Cuadro 16. Tiempo de almacenaje del forraje. Indica el período que tarda en consumirse el alimento en las cuadras.**

<b>Tiempo de almacenamiento forraje</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Anual	6	20.00
Bimestral	1	3.33
Días-3 meses	1	3.33
Mensual	4	13.33
Quincenal	8	26.67
Semanal	6	20.00
Semestral	1	3.33
No se almacena	3	10.00

El tiempo de almacenamiento del alimento concentrado se da de la siguiente manera: en una cuadra (3.33%) se almacena mensualmente, en nueve (30%) quincenalmente, en 17 (56.67%) semanalmente, en una (3.33%) semestralmente, en una (3.33%) trimestralmente y en una (3.33%) no hay almacenamiento.

**Cuadro 17. Tiempo de almacenaje del concentrado o grano. Indica el período que tarda en consumirse el alimento en las cuadras.**

<b>Tiempo de almacenamiento concentrado</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Mensual	1	3.33
Quincenal	9	30.00
Semanal	17	56.67
Semestral	1	3.33
Trimestral	1	3.33
No almacenan	1	3.33

En 26 cuadras (86.67%) no presentaron problemas de mohos en los alimentos destinados a los animales, mientras que en cuatro (13.33%) sí se presentaron algunos problemas con mohos

**Cuadro 18. Enfermedad a causa de intoxicación por hongos. Se indica el número de cuadras en las que se presentaron problemas de salud en los caballos a causa de micotoxicosis.**

<b>Problemas de mohos</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
No	26	86.67
Sí	4	13.33

El forraje que consumen los animales principalmente es: pasto (pastoreo) en 17 cuadras (56.67%), pacas de pasto estrella en 10 cuadras (33.33%), pacas de alfalfa en 5 cuadras (16.67%), pacas de avena en una cuadra (3.33%), pacas de otros pastos en cuatro cuadras (13.33%) y rastrojo en 17 cuadras (56.67%); cabe resaltar que en cada cuadra se alimenta de uno o más de estos forrajes a la vez.

**Cuadro 19. Forraje de consumo en las cuadras. Indica el forraje utilizado en la alimentación de los caballos en las distintas cuadras.**

<b>Forraje</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Pasto (pastoreo)	17	56.67
Paca estrella	10	33.33
Paca alfalfa	5	16.67
Paca avena	1	3.33
Paca otros pastos	4	13.33
Rastrojo	17	56.67

El grano o alimento concentrado que consumen los animales en las cuadras principalmente son: caballo ganador® en siete cuadras (23.33%), grano de oro® en tres (10%), pell roll® en cinco (16.67%), royal horse® en dos (6.67%), maíz en cinco (16.67%), otros granos o concentrados en 13 (43.33%) y en una cuadra (3.33%) no alimentan con grano o concentrado. Cabe destacar que en algunas cuadras usan más de dos estos granos o concentrados al mismo tiempo.

**Cuadro 20. Principales concentrados y granos. Se indica el número de cuadras que consumen los distintos granos y concentrados señalados**

<b>Grano o Concentrado</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Caballo Ganador®	7	23.33
Grano de Oro®	3	10.00
Pell Roll®	5	16.67
Royal Horse®	2	6.67
Maíz	5	16.67
Otros	13	43.33
No alimentan con grano o concentrado	1	3.33

Con respecto al alojamiento de los caballos se encontró que el 33% (10 cuadras) tienen alojamiento individual, el 10 % (3 cuadras) no y el 56% (17 cuadras) no especifican. En 17 cuadras (56.67%) los caballos no conviven con otros animales, en dos cuadras (6.67%) conviven con una especie diferente, en cuatro (13.33) conviven con dos especies, en dos (6.67%) conviven con tres especies animales, en una (3.33%) conviven con cuatro especies, en tres (10%) con cinco especies y una (3.33%) con seis especies.

**Cuadro 21. Forma de alojar a los caballos. Indica la manera de acomodar los caballos en su alojamiento.**

<b>Convive con otros animales</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Solo caballos	17	56.67
Con 1 especie	2	6.67
Con 2 especies	4	13.33
Con 3 especies	2	6.67
Con 4 especies	1	3.33
Con 5 especies	3	10.00
Con 6 especies	1	3.33

Las estancias de los caballos en las cuadras son principalmente: el 40% (12 cuadras) al aire libre y en caballerizas, 20% (6 cuadras) al aire libre y en corrales, 20% (6 cuadras) en caballerizas, 17% (5 cuadras) al aire libre y sólo un 3% (1 cuadra) en potreros y caballerizas.

**Cuadro 22. Tipos de estancia de los caballos. Se indica la forma en que se alojan a los caballos en las cuadras.**

<b>Tipo de estancia</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Aire libre	5	17
Aire libre/caballeriza	12	40
Aire libre/Corrales	6	20
Caballeriza	6	20
Potrero/Caballerizas	1	3

Los tipos de piso y camas utilizados en el alojamiento de los caballos en las cuadras principalmente fueron: en un 97% (29 cuadras) el piso de tierra y sólo el 3% (1 cuadra) de cemento; de las camas el 36.67% (11 cuadras) de arena, 16.67% (5 cuadras) de paja, 16.67% (5 cuadras) de viruta, 13.33% (4 cuadras) de aserrín, 3% de otros materiales y 13% (4 cuadras) no tienen cama.

**Cuadro 23. Tipos de camas. Se indica el número de cuadras que utilizan los diferentes tipos de camas para los alojamientos.**

<b>Tipo de Cama</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cama de paja	5	16.67
Cama de arena	11	36.67
Cama de viruta	5	16.67
Cama de aserrín	4	13.33
Cama de otros materiales	1	3.33
Sin cama	4	13.33

El agua para consumo de los animales en las distintas cuadras proviene de: el 60% (18 cuadras) pozo, 33% (10 cuadras) red de agua y 7% (2 cuadras) de otros. El acceso que tienen los animales al agua es un 57% (17 cuadras) de libre acceso y el 43% es una cantidad en concreto, es decir, el 53% (16 cuadras) los animales consumen más de 60 litros, 20% (6 cuadras) 40 litros, 13.33% (4 cuadras) 30 litros, 10% (3 cuadras) 60 litros y 3.33% (1 cuadra) de 25 a 30 litros diariamente.

**Cuadro 24. Procedencia del agua de consumo. Indica el número de cuadras que utiliza las distintas procedencias del agua para consumo de los animales.**

<b>Agua</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agua de pozo	18	60
Red de agua	10	33
Otras	2	7

**Cuadro 25. Consumo de agua por caballo. Se indica el número de cuadras que proporciona agua a sus animales en diferentes cantidades.**

<b>Litros de agua</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
25-30 litros	1	3.33
30 litros	4	13.33
40 litros	6	20.00
60 litros	3	10.00
> 60 litros	16	53

Los comederos de los animales son: en 15 cuadras (50%) de madera, en 11 (36.67%) de cemento, en 2 (6.67%) de plástico, en 2 (6.67%) de metal, en 1 (3.33%) slow-feeder y en 2 (6.67%) no cuentan con comederos. A su vez los bebederos son: el 77% (23 cuadras) de plástico y el 23% (7 cuadras) de cemento.

**Cuadro 26. Tipos de comederos. Se indica el número de cuadras que utilizan los comederos de distintos materiales.**

<b>Tipo de Comedero</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cemento	11	36.67
Madera	15	50.00
Plástico	2	6.67
Metálico	2	6.67
Slow-feeder	1	3.33
No hay comederos	2	6.67

**Cuadro 27. Tipos de bebederos. Indica el número de cuadras que utilizan los bebederos de distintos materiales.**

<b>Tipo de bebedero</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cemento	7	23.33
Plástico	23	76.67

El 87% de las cuadras (26 cuadras) no hace uso de exámenes de laboratorio para diagnóstico de enfermedades en los caballos, mientras que el 13% (4 cuadras) sí lo hace. Así mismo sólo el 10% (3 cuadras) tienen un diagnóstico de anemia infecciosa equina (AIE) y el 90% (27 cuadras) no lo tiene.

**Cuadro 28. Uso de pruebas diagnósticas. Se indica el número de cuadras que utilizan exámenes de laboratorio para diagnóstico de enfermedades de los caballos.**

<b>Examen de laboratorio</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
No	26	86.67
Sí	4	13.33

**Cuadro 29. Diagnóstico de anemia infecciosa equina (AIE). Indica el número de cuadras que tienen diagnóstico de AIE.**

<b>Diagnóstico de AIE</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
No	27	90.00
Sí	3	10.00

Las enfermedades que se presentaron en las cuadras en un período del 2018 – 2020) fueron: 60% (18 cuadras) cólicos, 10% (tres cuadras) intoxicaciones por hongos, 6.67% (dos cuadras) tétano, 3.33% (una cuadra) problemas nerviosos, 3.33% (una cuadra) dermatitis y el 40% (12 cuadras) no presentó ninguna enfermedad. Cabe mencionar que en algunas cuadras estos problemas de salud se conjugaron.

**Cuadro 30. Principales enfermedades en el período 2018 – 2020. Indica el porcentaje de cuadras que presentaron alguna enfermedad en el período.**

<b>Enfermedades (2018-2020)</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cólicos	19	60.00%
Tétano	2	6.67%
Intoxicaciones por hongos	3	10.00%
Nerviosas	1	3.33%
Dermatitis	1	3.33%
No	12	40.00%

Los cólicos parecen ser un problema de salud en los caballos de las cuadras estudiadas, encontrando que en 63% (19 cuadras) se presentaron cólicos leves y el 10% (3 cuadras) cólicos severos. En algunas ocasiones estos tipos de cólicos se presentaron en una cuadra al mismo tiempo.

De las cuadras estudiadas el 100% controla entradas y salida de los animales nuevos, teniendo el 17% (5 cuadras) manejo por cuarentena y la desparasitación en un 100% (30 cuadras).

Las visitas de un médico veterinario en las cuadras se dan en un 90% (27 cuadras): 10% (tres cuadras) cuatrimestralmente, 63.33% (19 cuadras) en emergencias, 10% (tres cuadras) semanalmente, 3.33% (una cuadra) quincenalmente, 3.33% (una cuadra) semestralmente.

**Cuadro 31. Frecuencia de visitas médicas a los animales. Se indica el porcentaje de las cuadras que solicitan asistencia médica periódicamente**

<b>Frecuencia de visita médica</b>	<b>Número de cuadras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cuatrimstral	3	10.00
Emergencia	19	63.33
Quincenal	1	3.33
Semanal	3	10.00
Semestral	1	3.33
No hay visitas médicas	3	10.00



## **5. CONCLUSIONES**

Se concluye que entre los factores de riesgos asociados a la micotoxicosis equina en los destacamentos de la dependencia se encuentran la raza, la presencia de anemia, daño hepático, así como daño renal. El daño renal y el daño hepático resultaron ser dos de los factores con mayor asociación a los caballos que fueron sospechosos a micotoxicosis; sin embargo, se sugieren otros estudios, dado a que estas lesiones pueden deberse a la enfermedad en sí o a otra enfermedad concomitante.

Por otro lado, las condiciones en la aplicación de buenas prácticas de manejo en algunas cuadras, se limita a los escasos conocimientos de sus trabajadores y a la poca atención de los propietarios. Entre los hallazgos de esta investigación destacan los factores de riesgo asociados a la micotoxicosis equina y su relación con las buenas prácticas de alimentación y manejo en las diferentes cuadras o establos, los resultados sugieren la implementación de estrategias de capacitación que involucren los distintos niveles de cuidado de los equinos.

## 6. LITERATURA CITADA

- Abdulkadar A.H.W., Al A.A., Al-K.A.M., Al J.J.H. 2004. Mycotoxins in food products available in Qatar. *Food Control*. 15, 543-548.
- Aguilar, L. 2005. *Entender educar y cuidar a tu caballo*. Editorial Libsa. Madrid.
- Akesson T. 2012. Anteproyecto de niveles máximos para el deoxinivalenol (don) en los cereales y los productos a base de cereales y planes de muestreo asociados (en el trámite 3) incluida la posible revisión del código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas (cac/rcp 51-2003). Recuperado el 14 de Marzo de 2020 en [ftp://193.43.36.92/codex/Meetings/CCCF/cccf6/cf06\\_09s.pdf](ftp://193.43.36.92/codex/Meetings/CCCF/cccf6/cf06_09s.pdf)
- Alarcón, B. 2014. *Manual de prácticas de zootecnia de equinos*. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana.
- Alltech. 2016. Alltech. Manejo de Micotoxinas. Recuperado el 05 de Marzo de 2020, de Manejo de Micotoxinas: <http://www.knowmycotoxins.com/es/species/equinos>
- Alonso, V. A., Pereyra, C. M., Keller, L. A. M., Dalcerro, A. M., Rosa, C. A. R., Chiacchiera, S. M y Cavaglieri, L. R., 2013. Fungi and mycotoxins in silage: an overview. *Journal of Applied Microbiology*, ISSN 1364-5072.
- Arellano L.J. 2003. Métodos de determinación, identificación y control de micotoxinas en ingredientes para la nutrición animal. Asociación Mexicana de Nutrición Animal. Recuperado el 15 de Marzo de 2020 en <http://www.engormix.com/MA-micotoxinas/articulos/metodos-determinacion-identificacion-control-t300/p0.htm>
- Barug, D., Van Egmond, H., López-García, R., Van Osenbruggen, T., Visconti, A. 2004. *Meeting the mycotoxin menace*. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.
- Bennett, J. y Klich, M. 2003. Mycotoxins. *Clin. Microbiol. Rev.* 16: 497-516.
- Bennett, J.W., Kale, S. y Yu, J., 2007. *Foodborne Diseases, Aflatoxins: Background, Toxicology, and Molecular Biology*. Ed. Humana Press Inc: pp 355-373.
- Berthiller, F., Schuhmacher, R., Adam, G., y Krska, R. 2009. Formation, determination and significance of masked and other conjugated mycotoxins. *Anal Bioanal Chem*, 395(5), 1243 - 1252.
- Betina, V. 1989. *Mycotoxins. Chemical, Biological and Environmental Aspects*. Bratislava, Slovakia: Elsevier.
- Bhat R.V., y Vasanthi S. 1999. Contaminación por micotoxinas de alimentos y piensos: situación general, incidencia y efectos económicos sobre la disponibilidad de alimentos, comercio, exposición de los alimentos de granja y pérdidas económicas

- conexas. Tercera Conferencia Internacional FAO/WHO/PMA sobre micotoxinas. Túnez, Túnez. 3-6 marzo 1999.
- Bhatnagar D., Perrone G., Visconti A. 2008. The MycoGlobe project: a European Union funded successful experiment in enhancing cooperation and coordination amongst mycotoxin researcher's worldwide. WMJ. 1, 493-500.
- Bottalico, A. y Perrone, G. 2002. Toxigenic fusarium species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. Eur.J.Plant Pathol., 108:611-624.
- Campabadal C. 1993. Las micotoxinas, un serio problema en la avicultura. Asociación Americana de Soya (México). 122. 1-13.
- Cano S.G., Marin S., Ramos A.J. Peris-Vicente J., Sanchis V. 2010. Occurrence of aflatoxin M 1 and exposure assessment in Catalonia (Spain). Rev. Iberoam. Micol, 27, 130-135.
- Castañeda, M., y Abril, C. 2015. Factores de riesgo asociados con la ocurrencia de la AFM1 en la leche cruda de vaca en establos de la región el Llano, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias. Aguascalientes, Aguascalientes.
- Castañeda, R., Chirivella, J., Carbonell, E. 2012. Micotoxicosis derivadas de la nutrición animal. Revisión del tema. Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación, 4, 51 – 61.
- Castello, J.I. 1994. Cuidados del caballo. Colección: Manuales El caballo. 1ª Ed. Ediciones El caballo. Barcelona.
- Cawood, M., Gelderblom, W., Vleggaar, R., Behrend, Y., Thiel, P., & Marasas, W. 1991. Isolation of Fumonisin Mycotoxins: A Quantitative Approach. J. Agric. Food Chem.
- César, D. 2000. Micotoxicosis. Instituto Plan Agropecuario. Rev. Plan Agropecu, 1, 46-50.
- Chi, F. y Broomhead, J., 2009. Mycotoxins a Dairy Cattle. A Review for Dairy Producers, 1-5.
- Chiotta, M. L., Chulze, S., Barros, G. 2015. Fuentes de inóculo de especies de *Fusarium* potenciales productoras de micotoxinas en el agroecosistema soya. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 47, 171-184.
- Codex Alimentarius. 2012. Prevention and reduction of food and feed contamination. World Health Organization Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Cook, V., y Hassel, D.M. 2014. Evaluation of the Colic in Horses: Decision for Referral. Veterinary Clinics of NA: Equine Practice, 30, 383-398.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cveq.2014.04.001>

- Corbella, E. 1986. Vacunas y Vacunaciones en el Caballo. Traducido en Vet.Arg. (3). pág. 187-190.
- Coulombe. 1993. Biological Action of Mycotoxins. J. Dairy Sci., 76, 880 - 891.
- Cuero, R. y Ouellet, T. 2005. Metal ions modulate gene expression and accumulations of the mycotoxins aflatoxin and zearalenone. J. appl. Microbiol. 98, 598 – 605.
- De Lourdes R.M., Marín S., Ramos A.J. 2001. Contaminación natural con micotoxinas en maíz forrajero y granos de café verde en el Estado de Nayarit (México). Rev. Iberoam. Micol. 18, 141-144.
- Dersjant-Li, Y., Verstegen, M., y Gerrits, W. 2003. The impact of low concentrations of aflatoxin, deoxynivalenol or fumonisin in diets on growing pigs and poultry. In: Nutrition Research Review, 16, 223 - 239.
- Devegowda, G. y Murthy, T.N.K. 2005. Mycotoxins: Their effects in poultry and practical solutions. . In: The mycotoxin Blue Book. (D.E. Díaz, Ed.) Nottingham University Press, pp. 25-56.
- Diekman, y Green. 1992. Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. J. Anim. Sci., 70, 1615 – 1627.
- Donecker, J. 2012. Cómo se debe desparasitar. Recuperado 25 de marzo de 2020, disponible en Animal Health: [www.topcavalls.com/desparasitación](http://www.topcavalls.com/desparasitación)
- Driehuis, F., Spanjer M. C., Scholten, J. M. y Giffel, M. C., 2008. Occurrence of Mycotoxins in Feedstuffs of Dairy Cows and Estimation of Total Dietary Intakes. Journal of Dairy Science. 91:4261–427.
- Dukti, S., & White, N. A. (2009). Prognosticating Equine Colic. Veterinary Clinics of NA: Equine Practice, 25, (2), 217–231. <http://doi.org/10.1016/j.cveq.2009.04.004>
- ELIKA. 2013. Zearalenona. Recuperado el 19 de Marzo de 2019, de Zearalenona: [http://www.elika.eus/datos/pdfs\\_agrupados/Documento111/22.Zearalenona.pdf](http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/Documento111/22.Zearalenona.pdf)
- EQUIDIET. 2015. EQUIDIET. Especialista en Nutrición Equina. Recuperado el 20 de Marzo de 2019, de Mohos y Micotoxinas en Alimentos para Equinos: <http://www.equidiet.info/web/mohos-y-micotoxinas-en-alimentos-para-equinos/>
- Erwan Le Bras, F. E.-O.2008. Engormix. Recuperado el 17 de Febrero de 2020, de Mycotoxicosis in Horses: A Worldwide Concern: <http://en.engormix.com/mycotoxins/articles/mycotoxicosis-horses-worldwide-concern-t34118.htm>
- FAO/WHO. 2011. Summary and conclusions of the sixty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 63, 1- 18.
- Flores, O. C. M., Hernández, P. L. B. y Vázquez, M. J., 2006. Contaminación con micotoxinas en alimento balanceado y granos de uso pecuario en México en el año 2003. Técnica Pecuaria de México, 44 (2): 247- 256.

- Food and Agriculture Organization (FAO). 2003. Manual sobre la aplicación de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de los micotóxicos.. Estudio FAO Alimentación y Nutrición. 73, pág. 132
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2004. Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003. FAO Food and Nutrition Paper 81. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Animal Feed Impact on Food Safety. Report of the FAO/WHO Expert Meeting, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Headquarters, Rome.
- Fokunang C.N., Tembe F.E.A., Tomkins P., Barkwan S. 2006. Global impact of mycotoxins on human and animal health management. Outlook on Agriculture. 35, 247-253.
- García, R., Contreras, J., Gómez, V., Hernández, R., Jiménez, R., Mateos, N., Martín, M., Pinilla, M., Tovar, M. 2016. Identificación equina I. Extrema PRE. Rev. Asociación Extremeña de Criadores de Caballos de Pura Raza Española. Obtenido de [https://issuu.com/80101/docs/rev\\_extremadurapre\\_-\\_n\\_24\\_-\\_ago2016](https://issuu.com/80101/docs/rev_extremadurapre_-_n_24_-_ago2016)
- García S., y Heredia, N. 2006. Mycotoxins in Mexico: Epidemiology, management, and control strategies. Mycopathologia. 162, 255-264.
- Gimeno, A. 2014. Micotoxinas en la salud avícola. Su impacto en la salud humana: Prevención y control. 1, 55-65.
- Gimeno A.; Martins M.L. 2003. Análisis de riesgo de las más relevantes micotoxicosis en humanos. I Symposium Paramericano de Micotoxinas para la Industria, 1 al 4 de Abril de 2003 en Ciudad de México (Libro del Symposium). Ciudad de México, México. Especial Nutrients Inc.
- Gimeno, A. y Martins, M. L., 2006. Mycotoxins and Mycotoxicosis and Animals and Humans. Ed. Special, Nutrients, INC, p. 96.
- Gimeno, A. y Martins, M. L., 2011. Micotoxinas y Micotoxicosis en animales y humanos. Tercera edición, Special Nutrients, INC: USA, p. 86.
- Gremmels, F. J., 2008a. Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: A review. Food Additives and Contaminants, 25 (2): 172-180.
- Gremmels, F. J., 2008b. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. The Veterinary Journal, 176: 84-92.
- Hassan HF y Kassaify Z. 2014. The risks associated with aflatoxins M1 occurrence in Levaneese dairy products. Food Control; (37): 68-72.
- Hernández, E. y Lázaro, A. 2017. Estudio retrospectivo de micotoxicosis equina en el rancho "San Juan", municipio de Ocozocoautla, Chiapas. (Tesis de Licenciatura).

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas.

- Hernández S.J.R., Estrada, G.J., Estrada F.G., Ortega S.J.L., Castro F.R., Bautista C.C. 2009. Micotoxinas y micotoxicosis en el ganado porcino. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 8, 263-269.
- Horwitz, W., 1982. Evaluation of Analytical Methods Used for Regulation of Foods and Drugs. Analytical Chemistry 54, 67A.
- Hussein, H., y Brasel. (2001). Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. Toxicology, 167(2), 101 - 134.
- Iranzo, J. 2005. Guía práctica para la alimentación equina. Recuperado el 12 de marzo de 2020, de Engormix: <https://www.engormix.com/equinos/foros/guia-practica-alimentacion-equina-t2800/>
- Jay, J. (2000). Modern food microbiology (6a Ed.). Aspen Publication.
- Jones, F., Genter, M., Hagler, W., Hansen, J., Mowrey, B., Poore, M., Whitlow, L. 1994. Understanding coping with effects of mycotoxins in livestock feed forage. Published by North Carolina Cooperative Extension Service (North Carolina State University, Raleigh, NC.). Electronic Publication DRO-29, December, number AG-523, p. 1-31.
- Jorgensen, K. Rasmussen, G. and Thorup, I. 1996. Ochratoxin A in Danish cereals 1986-1992 and daily intake by the Danish population. Food Addit. Contam. 13: 95-104.
- Jurado, R. 1989. Toxicología Veterinaria. (2a ed.). Madrid, España: Salvat.
- Kabak, B., Dobson, A., & Var, I. 2006. Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. Crit Rev Food Sci Nutr, 46(8), 593 - 619.
- Kralj, I.C. y Prosen, H., 2009. An Overview of Conventional and Emerging Analytical Methods for the Determination of Mycotoxins. International Journal of Molecular Sciences, 10, 62-115.
- Kusumoto, K., Nogata, Y., y Ohta, H. 2000. Directed deletions in the aflatoxin biosynthesis gene homolog cluster of *Aspergillus oryzae*. Current Genetics. Current Genetics.
- Lazo, R. F. y Sierra, G., 2008. Investigación del Efecto de las Micotoxinas en el ser Humano. Revista Iberoamericana de Micología, 25: 7-11.
- Lubulwa A.S.G., Davis J.S. 1994. Estimating the social costs of the impacts of fungi and aflatoxins. Stored Products Protection, Proceedings of the 6th International Working Conference in Stored-Product Protection, National Convention Center. 2, 17-23.

- Luque C.A. 2015. Seguridad Alimentaria. Organismos competentes. Una mirada que parte de Europa y llega a España e Italia. (Trabajo fin de grado). Universidad de La Laguna, Facultad de Ciencias, Sección de Biología, España.
- Malla B.A.C., Saula L.S.V. 2016. Determinación del metabolito tóxico aflatoxina M1 en leches cruda, pasteurizada y ultrapasteurizada consumidas en la ciudad de Cuenca mediante la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). (Tesis de Licenciatura). Universidad de la Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas. Cuenca, Ecuador.
- Mallmann C.A., Dilkin P., Zanini L., Hummes R., Pereira C. 2007. Micotoxinas en ingredientes para alimento balanceado de aves. En Congreso Latinoamericano de avicultura. 20, 191-204.
- Maresca, M., Mahfoud, R., Garmy, N., & Fantini, J. 2002. The Mycotoxin Deoxynivalenol Affects Nutrient Absorption in Human Intestinal Epithelial Cells. *Journal. Nutrition*, 132, 2723 – 2731.
- Mejía T.L., Chapa O.A.M., Vázquez C.M.A., Torres P.I., Guevara G.R. G. 2011. Aflatoxins Biochemistry and Molecular Biology - Biotechnological Approaches for Control in Crops. In *Aflatoxins - Detection, Measurement and Control*. Recuperado 25/10/14 en: <http://www.intechopen.com/books/aflatoxins-detection-measurement-and-control>.
- Ministerio de Salud, C. 2012. Antecedentes generales sobre las aflatoxinas y otras micotoxinas y elementos a tener en cuenta para el diseño de prácticas correctas de cultivo. Recuperado el 27 de Marzo de 2019, de <http://web.minsal.cl/portal/url/item/72fd6274dad8792ee04001011f0109e4.pdf>
- OIE-World Organization for Animal Health, 2015. Terrestrial Animal Health Code
- Oliva, I. 2002. Equinos: limpieza del Box. Hospital Veterinario Sierra de Madrid.
- Padrón M., Yuef H., Hernández D.S., Reyes M.C.A., y Vázquez C.G. 2013. El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 31, 126-146.
- Palacios B., Mejía C., Soledad L.B., Del Rosario F.M. 2014. Identificación y cuantificación de hongos productores de aflatoxinas en insumos de alimentos balanceados para aves-Huacho 2010. 2, 12-17.
- Peña Yáñez, J. 1983. *Micología Clínica* (3a ed.). Madrid, España: Ciencia.
- Pereyra S., Dill M.R. 2010. Fusarium species recovered from wheat and barley grains in Uruguay, pathogenicity and deoxynivalenol content. *Agrociencia Uruguay*. 14, 33-44.
- Pérez, J., Gutiérrez, R., Vega, S., Díaz, G., Urbán, G., Coronado, M., y Escobar, A., 2008. Ocurrencia de Aflatoxina M1 en leches cruda, Ultrapasteurizada y Orgánica

- producidas y comercializadas en el altiplano Mexicano. *Revista de Salud animal.*, 30:103-109.
- Pérez, L. V. y Vargas, J. 2010. Manual de manejo sanitario de animales al interior de las fuerzas militares. Sistema de Salud de las Fuerzas Militares, Dirección General de Sanidad Militar. ISBN 978- 958-99145-6-4.
- Perusia O.R., y Rodríguez R. 2001. Micotoxicosis. *Rev. Investig. Vet. Perú.* 12, 87-116.
- Perusia, O y Rodríguez, R. 2001. Micotoxicosis. Sitio Argentino de Producción Animal. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/Micotoxicosis/78-MICOTOXICOSIS.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/78-MICOTOXICOSIS.pdf)
- Perusia, O y Rodríguez, R. 2017. *Claviceps purpurea* (cornezuelo del centeno). Ergotismo. Sitio Argentino de Producción Animal. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/Micotoxicosis/87-CLAVICEPS\\_PURPUREA.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/87-CLAVICEPS_PURPUREA.pdf)
- Genoud, J. 2011. Alimentación en el caballo. Sitio Argentino de Producción Animal. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_equinos/produccion\\_equina\\_en\\_general/106-Alimentacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_equinos/produccion_equina_en_general/106-Alimentacion.pdf)
- Pestka, J.J. 2007. Deoxynivalenol: toxicity, mechanisms and animal health risks. *Animal Feed Sci Technol.* 137, 283-298.
- Pitt, J.I. 1996. What are mycotoxins? *Australian Mycotoxin Newsletter* 7: 1.
- Pitt, J.I. 2000. Toxigenic fungi: which are important? *Medical Mycology*, 38, Suppl. 1: 17-22.
- Plumlee, K.H y Galey, FD. 1994. Neurotoxic mycotoxins: a review of fungal toxins that cause neurological disease in large animals. *J Vet. Internal medicine* 8, 49-54.
- Prado G.; Oliveira M.S., Abrantes F.M., Santos L.G., Veloso T., Barroso R.E.S. 2000. Incidência de ocratoxina A em café torrado e moído e em café solúvel consumido na cidade de Belo Horizonte, MG. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 20, 192-196.
- Riet-Correa F., R. R. 2013. Mycotoxicoses of ruminants and jorses. *Journal Vet Diagn Invest*, 25, 692-708.
- Rai, M. K., Bonde, S. R., Ingle, A. P. y Gade, A. K. 2012. Mycotoxin: Rapid Detection, Differentiation and Safety. *Journal Pharmacy Educ Research.*, 3: 22-30.
- Requena F., Saume E., León A. 2005. Micotoxinas riesgos y prevención., *Riesgos y prevención. Zootecnia Trop* (online), recuperado 13/04/2020 en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692005000400005](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692005000400005). 23, 393-410



- Resnik S.C.M.L., Pacin A. 1995. Mycotoxins in Latin America and the Caribbean. Food Control. 6, 19-28.
- Ríos, A. 2011. Máquinas agrícolas, tracción animal e implementos manuales. La Habana: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Samapundo, S., Devlieghere, F., De Meulenaer, B., Geeraerd, A.H., Van Impe, J.F., Debevere, J.M., 2005. Predictive modelling of the individual and combined effect of water activity and temperature on the radial growth of *Fusarium verticillioides* and *F. proliferatum* on corn. Int. J. Food Microbiol. 105, 35–52.
- Sanchis, V.; Marin. S.; Ramos, A.J. 2000. Control de micotoxinas emergentes. Situación legislativa actual. Rev. Iberoam. Micol. 17, S69-S75.
- Sanmartín, L. P. M. 2016. Evaluación del bienestar en potros y caballos jóvenes del centro militar de cría caballar de écija (Sevilla). Sanidad Militar, LXXII (2), 95-101.
- Santin, E. 2005. Mould growth and mycotoxin production. In: The mycotoxin Blue Book. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp.225-234.
- Serrano C., Cardona C. 2015. Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. CES Medicina. 29, 143-151.
- Serrano S. 2015. Risk assessment of mycotoxins in cereals. (Tesis Doctoral). Universidad de Valencia, Facultad de Medicina. Valencia, España.
- Scott, P. 1993. Mycotoxins. General Referee Reports. J. AOAC Int., 76, 1 - 7.
- Smith, T. 2005. Update: Mycotoxins and adsorbents. Feed International 26 (4), 15-21.
- Smith, T.K., G. Díaz and H.V. Swamy. 2005. Current concepts in mycotoxicoses in swine. In: The mycotoxin Blue Book. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp. 235-248.
- Solé M., Espadalé R., Aubert A. 1992. NTP 351: Micotoxinas (aflatoxinas y tricotecenos) en ambientes laborales. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_351.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_351.pdf)
- Soriano D.J.M. 2007. Micotoxinas en alimentos. Santiago De Compostela, España. Ediciones Díaz de Santos.
- Sweeney, M. J. y Dobson, A.D. 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. Int. J. food Microbiol. 43, 141-58.
- Tapia S.M., García P.O.D., Velásquez S.R.A., Nieto L.M.G., Villarreal C.D., Ricque M.D., Cruz S.L.E. 2012. Growth, feed intake, survival, and histological response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* feed diets containing grains naturally contaminated with aflatoxin. Ciencias Marinas. 38, 491-504.

- Tomasevic, I., Petrovic, J., Jovetic, M., Raicevic, S., Milojevic, M. y Miocinovic, J. 2015. Two year survey on the occurrence and seasonal variation of aflatoxin M1 in milk and milk products in Serbia. *Food Control*, 56: 64-70.
- Torres R.M.H. 2013. Contaminación por hongos. Peligro latente. *Revista UABC*. 4, 1-12.
- Valencia, Q. R., Sánchez, A. J., Tenorio, M. G., Deng, Y., Marian, W. S. y Valera, M. A. 2012. Preventive Strategies Aimed at Reducing the Health Risks. *Toxicology Environmental Health of Science*, 4(2): 71-79.
- Van Egmond H.P., Schothorst R.C., Jonker M.A. 2007. Regulations relating to mycotoxins in food. *Anal. Bioanal. Chem.* 389, 147-157.
- Vásquez S.M.P. 2006. Evaluación de Aflatoxinas en suplementos para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, y su relación con Aflatoxina M1 en leche. (Tesis Licenciatura). Universidad de la Salle, Facultad de Zootecnia. Bogotá, Colombia.
- Vendruscolo, C. F. 2016. Leukoencephalomalacia outbreak in horses due to consumption of contaminated hay. *Journal of veterinary internal medicine*, 30(6), 1879-1881.
- Whitlow, L., y Hagler, W. 2002. Mycotoxin contamination of feedstuffs - An additional stress factor for dairy cattle. (N. C. Science, Ed.) Obtenido de [http://www.cals.ncsu.edu/an\\_sci/extension/dairy/mycoto~1.pdf](http://www.cals.ncsu.edu/an_sci/extension/dairy/mycoto~1.pdf)
- Zheng, M. Z., Richard, J. L. y Binder J., 2006. A review of rapid methods for the analysis of mycotoxins. *Mycopathologia*, 161: 261-273.

## 7. ANEXO



**Figura A1. Convivencia de caballos en corral.**



**Figura A2. Bebederos de plástico, agua *Ad libitum*.**



**Figura A3. Pastoreo de caballo durante el día.**



**Figura A4. Bebedero de cemento, agua *ad libitum*.**

## Encuesta

A) Datos de establos o hípico.

Nombre:

Dirección:

Teléfono:

B) Datos del personal.

Nombre:

Cargo:

Edad:

Sexo:

Propietario:

Ocupación:

Estudios:

Tiempo del día que ocupa en el trabajo en la cuadra (en horas):

### C) Datos de animales.

1. Cantidad de animales:

**Caballos** \_\_\_ Bovinos \_\_\_ Porcinos \_\_\_ Borregos \_\_\_ Perros \_\_\_ Gatos \_\_\_  
 \_\_\_ Aves \_\_\_ Otros (cuáles) \_\_\_\_\_

2. Que tipo de identificación tiene los equinos:

Hierro \_\_\_\_\_ No. De registro (Stud Book) \_\_\_\_\_ Tatuaje \_\_\_\_\_ Chip \_\_\_\_\_  
 Otro (especifique) \_\_\_\_\_ Ninguno \_\_\_\_\_

3. Manejo de la entrada de nuevos animales: Sí \_\_\_ No \_\_\_

4. Si contesto que "sí" en al anterior, que tipo de manejo hace:

Cuarentena \_\_\_\_\_ Desparasitación \_\_\_\_\_ otra (cuál) \_\_\_\_\_

5. Número de caballos totales:

	No. Machos	No. hembras
Jóvenes (0 – 4 años)		
Adultos (6 – 15 años)		
Viejos (16 a más años)		

6. Razas de caballos

Razas	No. Machos	No. hembras
Cuarto de milla		
Mestizos		
Españoles		
Lusitanos		
Pura sangre inglés		
Árabes		
Mezclas		
Otras		

7. Fin zootécnico:

Recreativo: Charros \_\_\_\_\_ Salto \_\_\_\_\_ Cabalgata \_\_\_\_\_  
 Carreras \_\_\_\_\_  
 Trabajo: Tracción \_\_\_\_\_ Transporte \_\_\_\_\_ Equinoterapia \_\_\_\_\_  
 Otros (cuál) \_\_\_\_\_

### Alojamiento de animales

8. Los animales se alojan (tiempo):

Aire libre \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Potrero o pastizal \_\_\_\_\_

Corrales mayores de 100 m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

Caballerizas: \_\_\_\_\_

9. El alojamiento de los animales es individual o compartido con otros equinos, bovinos, ovinos, caprinos, otros animales:

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

10. Si contesta "sí" en la anterior pregunta, especifique con que animales:

11. Pisos y camas de alojamiento (corral y/o caballeriza):

Piso: Cemento \_\_\_\_\_ Tierra \_\_\_\_\_

Camas: Aserrín \_\_\_\_\_ Viruta \_\_\_\_\_ Paja \_\_\_\_\_ Otros (cuáles) \_\_\_\_\_

### Alimentación de los animales

12. Almacenamiento de alimento:

Al aire libre \_\_\_\_\_ En almacén o bodega cerrada \_\_\_\_\_ Usa tarimas \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

13. ¿Cuánto tiempo almacena el forraje?

14. ¿Cuánto tiempo almacena el concentrado?

15. ¿A tenido problemas de moho en la pastura o concentrado?

16. Alimento forraje (tipo de forraje y ración y frecuencia):

Forraje	Potros		Adultos	
	Ración	Frecuencia	Ración	Frecuencia
Rastrojo				
Avena				
Pasto fresco (pastoreo)				
Paca pasto estrella				
Paca de otro tipo de pasto				
Alfalfa				
Rastrojo				

17. Alimento concentrado y/o grano (tipo y ración y frecuencia):

Concentrado	Potros		Adultos	
	Ración	Frecuencia	Ración	Frecuencia
Royal Horse®				
Pell Roll®				
Caballo Ganador®				
Grano de Oro®				
Maíz				
Avena				
Alfalfa en pelet				
Estampida (alpesur)				
Otros				

18. Fuente del agua

Pozo \_\_\_ Red de agua \_\_\_ otra \_\_\_\_\_

19. Cantidad de agua que ofrece para consumo diario de los caballos:

Libre acceso \_\_\_ Litros \_\_\_\_\_

20. Tipo de Comederos: \_\_\_\_\_

21. Tipo de Bebederos: \_\_\_\_\_

### Salud y prevención

22. Asistencia veterinaria: Sí \_\_\_ No \_\_\_

23. Enfermedades en el último año (especifique cuales y el número de animales enfermos)

24. Enfermedades nerviosas (cuantos y que sintomatología)

25. Intoxicaciones por hongos u otros (especifique)

26. Cólicos: Sí \_\_\_ No \_\_\_ Épocas:

27. Tipo de cólicos frecuentes:

Leve (Flatulento y dolor abdominal; depende del diagnóstico) \_\_\_\_\_

Severo (Obstructivo e Isquémico; depende del diagnóstico) \_\_\_\_\_

28. Número de cólicos del 2018 a la fecha: \_\_\_\_\_

29. ¿Cuántos caballos murieron por cólico? \_\_\_\_\_

30. Cuantos caballos murieron por otras causas

31. Especifique las otras causas de muerte y el número de animales muertos

32. Calendario de vacunación:

33. Calendario de desparasitación:

34. Frecuencia de visita médica:

35. Botiquín de primeros auxilios veterinario: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
36. Exámenes de laboratorio para diagnóstico y control de enfermedades: Sí \_\_\_  
No\_\_
37. ¿Diagnóstico de anemia Infecciosa equina?
38. Si contesto si a la pregunta anterior, ¿cuantos caballos se diagnosticaron y cuantos fueron positivos?
39. ¿Diagnóstico de Leptospirosis?
40. Si contesto si a la pregunta anterior, ¿cuantos caballos se diagnosticaron y cuantos fueron positivos?
41. Enfermedades diagnosticadas:
42. Cirugías realizadas: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
43. ¿Qué Cirugías se realizaron?

### **Reproducción**

44. Tipo de reproducción  
Monta directa \_\_\_ Inseminación \_\_\_ Trasplante de embriones \_\_\_  
Otras \_\_\_\_\_

### **Manejo de animales**

45. Manejo de reproductor: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
46. Manejo de hembras de cría: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
47. Manejo de animales en etapas: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
48. Si contestó que sí a la pregunta anterior, divide a los animales por:  
Edad \_\_\_ Fase de entrenamiento \_\_\_ Sexo \_\_\_ Fin zootécnico \_\_\_  
Otros (cuáles) \_\_\_\_\_

### **Manejo de desechos y basura**

49. Identificación de desechos: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
Depósitos de basuras \_\_\_\_\_  
Depósito de desechos y de fluidos animales recolección por separado de materiales (inerte, reciclables, riesgo biológico) \_\_\_\_\_
50. Se realiza control y disposición de las basuras: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
51. Control y disposición de excreciones y fluidos. Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
52. Control y disposición de cadáveres. Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_



## Control de Vectores

53. Control de roedores:    Sí \_\_\_\_            No \_\_\_\_
54. Si contesto "sí" a la pregunta anterior, especifique que control tiene:  
Animales domésticos (gatos o perros) \_\_\_\_\_  
Plan de control de fauna nociva mediante compañía especializada \_\_\_\_\_  
Uso de insecticidas según sea necesario \_\_\_\_\_  
Otro \_\_\_\_\_
55. Control de moscas:                    Sí \_\_\_\_            No \_\_\_\_
56. Control de garrapatas, piojos, pulgas: Sí \_\_\_\_            No \_\_\_\_
57. Si contesto "sí" a la pregunta anterior, especifique que control tiene:

\_\_\_\_\_