

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**CAUSAS DE LA INCIDENCIA EN ENFERMEDADES DEL FORRAJE VERDE
HIDROPONICO**

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLÁSTICOS

PRESENTA:

ING. ROSA DEL CARMEN LEIJA CASAS



SALTILLO, COAHUILA

26 OCT 2007

AGOSTO 2007

RECIBIDO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO TITULADO
CAUSAS DE LA INCIDENCIA EN ENFERMEDADES DEL FORRAJE VERDE
HIDROPONICO**

PRESENTADO POR:

ING. ROSA DEL CARMEN LEIJA CASAS

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLÁSTICOS

HA SIDO DIRIGIDO POR:


MC. ROSARIO QUEZADA MARTIN

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



A TRAVÉS DEL JURADO EXAMINADOR HACE CONSTAR QUE EL CASO
DE ESTUDIO TITULADO.

CAUSAS DE LA INCIDENCIA EN ENFERMEDADES DEL FORRAJE VERDE
HIDROPÓNICO

PRESENTADO POR:

ING. ROSA DEL CARMEN LEIJA CASAS

HA SIDO ACEPTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLÁSTICOS


PRESIDENTE

MC. JUANITA FLORES

VOCAL

MC. BOANERGES CEDEÑO

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2007

DEDICATORIA

A Dios.

*Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida
Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más .*

A mi esposo: Mario Alberto

*Por el apoyo que siempre me has brindado, por tu amor, comprensión , motivación.
y por tu paciencia ... ¡ Te amo !
Gracias Dios, por permitir compartir su vida conmigo.*

A mis Padres: Erasmo y R. Ofelia

*Por haberme educado y soportar mis errores. Gracias, por el amor que siempre me han
brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad y honestidad.
¡Gracias por darme la vida!
¡Los quiero mucho!*

A mi Abuela: Chintita

*Eres un ejemplo para toda la familia de fortaleza para seguir adelante, Dios permita
tenerte con nosotros mucho tiempo.*

A mis Hermanos(as) y Cuñadas:

*Por que siempre he contado con ustedes, gracias a la confianza que siempre nos hemos
tenido; por el apoyo y amistad. Y porque se que siempre estarán ahí.*

A mis Sobrinos:

Porque con su espontaneidad han venido a dar alegría y felicidad a nuestra casa.

A la Familia Sánchez Saucedo:

Por formar parte de ustedes y porque a su lado he compartido momentos muy bonitos.

A mis Compañeros de la Especialidad:

*Bianca, Kypy, Yuyis, Hermi, Pancho, Robert y Teo.
Porque aún y con nuestras diferencias e ideologías formamos un equipo y logramos
llegar hasta el final del camino.*

AGRADECIMIENTOS

AL CONACYT:
Por el apoyo económico y la beca que me otorgo, la cual permitió mi estancia en el CIOA.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada:
Por permitirme formar parte el durante un año.

A la MC. Rosario Quezada Martín:
La cual con sus conocimientos y asesoría, me permitió elaborar este caso de estudio y poder contribuir con un grnito de arena en esta investigación.

A los Maestros de la especialidad:
MC. Boanerges Cedeno, MC. Juanita Flores, Dr. Luis Ibarra, Dr. Ricardo Hugo Lira, Dr. Juan Munguía, Dra. Fortensia, MC. Santiago Sánchez MC. Luis Villarreal, por sus consejos y por compartir desinteresadamente sus amplios conocimientos y experiencia.

Al Dr. Ramiro López Trujillo:
Gracias Dr. por el apoyo brindado a la búsqueda y recopilación de información, la cual me fue de gran ayuda.

A Patricia Siller:
Por tu ayuda desinteresada en la en la búsqueda de recopilación de artículos. Y en especial a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

INDICE

Dedicatorias.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice.....	iii
Índice de Cuadros.....	v
Índice de Figuras.....	v
I.- INTRODUCCION.....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Especificos.....	4
II.- REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Que es Forraje Verde Hidropónico.....	4
2.2. Generalidades del Forraje Verde Hidropónico.....	4
2.3. Ventajas de la Producción de Forraje Verde Hidropónico.....	5
2.3.1 Uso Reducido del Agua.....	5
2.3.2 Utilización Marginal del Suelo.....	6
2.3.3 Suministro de Alimentos Para el Ganado.....	6
2.3.4 Tiempo Reducido de Crecimiento.....	7
2.3.5 Menos Horas de Trabajo.....	7
2.3.6 Alto Valor Alimenticio.....	8
2.4. Ventajas de la Producción de Forraje Verde Hidropónico.....	8
2.4.1 Desinformación y Sobre valoración de la Tecnología.....	8
2.4.2 Costo levado de instalación.....	8
2.5. Principales Semillas Utilizadas.....	9
2.6. Metodología de Producción.....	9
2.6.1 Selección de Granos Utilizados en el Forraje Verde Hidropónico....	10
2.6.2 Selección de Semilla.....	10
2.6.3 Lavado de Semilla.....	10
2.6.4 Remojo y Germinación de las Semillas.....	10
2.6.5 Dosis de Siembra.....	11
2.6.6 Charolas.....	11
2.6.7 Germinación.....	11
2.6.8 Crecimiento.....	11
2.6.9 Riegos de Charolas.....	12
2.6.10 Riegos y Solución Nutritiva.....	12
2.6.11 Cosechas y Rendimiento.....	12
2.7. Factores que Influyen en la Contaminación de Hongos en el Forraje Verde Hidropónico.....	12
2.7.1 Calidad de la Semilla.....	13
2.7.2 Calidad del Agua de Riego.....	13
2.7.3 Iluminación.....	13
2.7.4 Temperatura.....	14
2.7.5 Humedad.....	14
2.7.6 Ventilación.....	15
2.8. Principales Hongos que Atacan el Forraje Verde Hidropónico.....	15
2.8.1 <i>Aspergillus</i>	17
2.8.2 <i>Fusarium</i>	18
2.8.3 <i>Penicillium</i>	19
2.9. Toxicidad de los Hongos del Forraje Verde Hidropónico.....	19
2.9.1 Micotoxinas de Importancia Mundial.....	21

2.9.1.1	Ácido Fusarico.....	22
2.9.1.2	Aflatoxinas.....	23
2.9.1.3	Ergotismo.....	25
2.9.1.4	Fumonisinias.....	25
2.9.1.5	Ocratoxinas (OTA).....	26
2.9.1.6	Toxina T2.....	27
2.9.1.7	Vomitoxina.....	27
2.9.1.8	Zearalenona.....	28
2.10	Efecto de las Micotoxinas en Animales que Consumen Forraje Verde Hidropónico Contaminado.....	29
2.10.1	Aflatoxicosis.....	30
2.10.2	Eslaframina.....	31
2.10.3	Estaquiobrotoxicosis.....	32
2.10.4	Eczema Facial.....	32
2.10.5	Leucoencefalomacia Equina.....	33
2.11	Prevención de Contaminación por Hongos Micotoxicos.....	34
2.11.1	Estrategias para Prevenir Hongos en el Forraje Verde Hidropónico.....	34
2.12	Control de Hongos en Forraje Verde Hidropónico.....	34
2.12.1	Uso de Adsorbedores o Secuestrantes.....	37
2.12.1.1	Aluminosilicatos de Sodio y Calcio Hidratados.....	37
2.12.1.2	Amonio.....	38
2.12.1.3	Arcillas.....	38
2.12.1.4	Carbón de Leña Activado.....	38
2.12.1.5	Colestiramina.....	39
2.12.1.6	Crospovidona (polivinilpirolidona).....	39
2.12.1.7	Sulfatos.....	39
2.13	Análisis para la Detección de Micotoxinas.....	39
III.-	ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO.....	40
IV.-	AREAS DE OPORTUNIDAD.....	42
V.-	CONCLUSIONES.....	43
VI.-	RECOMENDACIONES.....	45
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	46

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales Hongos Productores de Micotoxinas.....	17
--	----

Cuadro 2. Temperatura y Actividad de Agua Requerida para Algunas Especies de <i>Aspergillus</i>	18
Cuadro 3. Especies de <i>Fusarium</i> y Principales Micotoxinas que Producen	19
Cuadro 4. Incidencia de Micotoxinas según Zonas Geográficas.....	22
Cuadro 5. Principales Micotoxinas y Efectos que Producen.....	23

INDICE DE FIGURAS

Fig.1 Factores que afectan a la Producción de Micotoxinas en los Forrajes.....	15
Fig. 2. Relación entre la Actividad Hídrica y el Crecimiento de Hongos en Forrajes.....	29
Fig. 3. Metabolismo Ruminal de Micotoxinas.....	31
Fig.4. Efecto de las Micotoxinas en Diferentes Órganos de Aves	32
Fig.5. Efecto de las Micotoxinas en Diferentes Órganos de Cerdos	33

I.-INTRODUCCIÓN:

La producción de forraje en zonas áridas y semiáridas es uno de los problemas mas fuertes que tiene México, ya que se ven afectadas por las condiciones climáticas, por lo que el empleo de la técnica hidropónica puede contribuir a obtener forraje fresco, más nutritivo, a bajo costo y en menor tiempo, además se tiene la ventaja de poder producirlo durante todo el año. Las gramíneas forrajeras tienen la característica de producir alta calidad y cantidad de alimento en un corto periodo de tiempo, presentan un alto contenido de proteínas e hidrato de carbono soluble y bajo contenido de fibra poco lignificada.

Esta técnica fue creada para eliminarle al productor ganadero la dependencia y limitación que generan la pobreza de suelo y condiciones climatológicas adversas, tales como nieve, falta de lluvia, etc., posibilitando que el ganadero cuente con un forraje verde en la cantidad deseada, de alta calidad y un valor sustancialmente más económico que el forraje convencional, sustituyendo así los grandes espacios de terreno que son imprescindibles para obtener forraje creando granjas competitivas de reducidas dimensiones y altas producciones en las zonas donde el suelo y el clima son adversos, además de ser un elemento vital para la creación y el desarrollo ganadero en zonas donde el suelo y el clima no son apropiados, también contribuye a eliminar el éxodo rural.

La producción de forraje hidropónico es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El forraje verde hidropónico o "*green fodder hydroponics*" en forraje, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal. Esta técnica hidropónica consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. El proceso se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos (especialmente el nitrógeno) necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado.

Es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier

localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología forraje verde hidropónico es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, maíz, trigo, mezclas de trébol y alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional. Sin embargo a pesar de las múltiples ventajas en la producción de forraje verde hidropónico se presentan frecuentemente problemas de desarrollo de hongos, en el sistema radicular del forraje y algunos de estos hongos que se han encontrado producen micotoxinas que son dañinas para los animales al ingerir el forraje contaminado. Es importante, determinar cuales son los factores que influyen en el aumento de la proliferación de hongos y como se podría disminuir la incidencia de estos patógenos, para evitar una acumulación de toxinas que pueden afectar la salud de los animales que se alimentan del forraje verde hidropónico.

OBJETIVO GENERAL

Determinar las causas de la incidencia de enfermedades fungosas, el tipo de hongos presentes, y plantear una solución al problema.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Definir cuales condiciones ambientales influyen en la presencia de enfermedades fungosas en el forraje hidropónico.
- Establecer las especies de hongos presentes en el forraje hidropónico.
- Determinar el grado de infección de los hongos presentes en el forraje hidropónico sobre los animales que lo consumen.
- Plantear la solución para la disminución y eliminación de las enfermedades del forraje verde hidropónico.

II.- REVISION BIBLIOGRAFICA.

2.1. Qué es Forraje Verde Hidropónico

El forraje verde hidropónico es la germinación de una semilla (avena, cebada, trigo y otros) y con un brote de una alta calidad, altamente nutritiva y libre de enfermedades. Este proceso ocurre en una unidad hidropónica mayor muy versátil e intensiva donde solamente el agua y los alimentos se utilizan para producir una combinación de forraje y raíz muy alta en nutrimentos. Este forraje hidropónico es extremadamente alto en proteínas y energía metabolizante, y altamente digestible por los animales (Monney, 2002). El forraje es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producida rápidamente. Cualquier comestible que se utilice específicamente para alimentar el ganado domesticado, incluyendo conejos, cabras, ovejas, caballos, pollos y cerdos. Algunos tipos de forraje pueden crecer con eficacia en un ambiente hidropónico. Por ejemplo, 1 tonelada de cebada puede ser convertida a 7 toneladas de forraje en menos de dos semanas. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Fodder>)

2.2. Generalidades del Forraje Verde

El forraje verde hidropónico es la mejor alternativa dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requiere de grandes extensiones de tierras ni de mucha agua. Tampoco se requiere de largos períodos de producción ni de métodos o formas para su conservación y almacenamiento. El crecimiento es bastante rápido, prácticamente el periodo de producción es de 12 a 15 días. Esta forma de producción les permitiría a los productores obtener de una manera rápida, a bajo costo y en forma sostenible, un forraje fresco, sano, limpio y de alto valor nutritivo para alimentar a sus animales. Este forraje es destinado para la alimentación de vacas lecheras, caballos de paso y de carrera, cuyes, ovinos, etc. Es importante señalar que el principal insumo para la producción de forraje verde hidropónico, lo constituye la semilla (<http://www.forrajehidroponico.com/art002.htm>).

El forraje verde hidropónico representa una alternativa de producción, especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde ya, que innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficit alimentarios o escasez de forraje, henos, ensilajes o granos para alimentación animal. Los fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias de cenizas volcánicas, han incrementando significativamente su

frecuencia en los últimos años, afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales. Asimismo, el frecuente anegamiento de los terrenos por exceso de precipitaciones limita por períodos prolongados la disponibilidad de alimento verde fresco por parte de los animales causando en general, alta mortalidad y pérdidas de peso o de producción. Estos fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas, henos o ensilados. Ello redundaría en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, etc.) especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos o de animales menores. Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de forraje verde hidropónico (<http://www.forrajehidroponico.com/art003.htm>).

2.3.-Ventajas de la Producción de Forraje Verde Hidropónico

Este método de producir el forraje verde tiene muchas ventajas para el productor, la economía y el ambiente. Estas ventajas incluyen:

2.3.1-Uso Reducido del Agua.

El sistema hidropónico requiere una fracción del uso del agua de un cultivo convencional. Toma de 1 a 2 litros de agua producir un kilo de forraje, con respecto a 80 - 90 litros de agua necesarios para producir un kilo de forraje verde de la forma tradicional. Por lo tanto utilizar el agua mínima para la producción máxima del forraje es una de las principales ventajas de este sistema de producción. El agua que escurre se puede reutilizar para regar áreas pequeñas de pasto o recoger y utilizar en jardines y césped. Como esta agua no contiene ningún producto químico (solamente suplementos naturales), puede ser reciclada o ser filtrada para su uso dentro del invernadero sin dañar el ambiente (Monney, 2002).

2.3.2. Utilización Marginal del Suelo.

Este tipo de producción del forraje proporciona ventajas ecológicas y económicas enormes, pues su producción requiere un uso mínimo de la tierra con respecto a forrajes cultivados de manera extensiva. Por lo tanto el forraje hidropónico no requiere hectáreas de tierra para producir la alimentación requerida, mantienen el ganado permitiendo así que el productor aumente el valor de la tierra. Otros estudios realizados en Sudáfrica demostraron que el uso de la tierra por los animales podría también ser disminuido (www.isar.org).

Rotar de Rusia, indica que la reducción en la cantidad de tierra necesaria para la producción máxima del forraje es un activo para regiones donde es difícil la agricultura y en las regiones densamente pobladas que carecen de espacio suficiente, este sería un factor crucial para Asia y otros países del Tercer Mundo, pues poca área o superficie de pasto requerida para alimentar al ganado, proporcionaría más área cultivada para la producción de alimentos para el hombre (Monney, 2002).

2.3.3. Suministro de Alimentos Constante para el Ganado.

La tecnología hidropónica ha disminuido la necesidad del almacenamiento de larga duración de alimentos, desafortunadamente, el heno, el ensilaje y otros alimentos pierden algo de su valor alimenticio durante el almacenaje. Esta tecnología también ha provisto a los productores la oportunidad de tomar control sobre el crecimiento del forraje, garantizando una fuente constante de alimento de calidad los 365 días del año independientemente de la lluvia, del granizo, sol o de la nieve, por lo tanto el productor sabe exactamente qué alimentación tiene disponible cada día del año sin importar las condiciones estacionales, ya que tarda de seis a ocho días para que el forraje crezca de una semilla a una planta con una altura de 25 cms. Este suministro constante de alimentos permite que los productores conserven sus animales, vendiéndolos cuando los precios son convenientes y no tener que aceptar precios de mercado pobres debido a ganado de poca calidad. Las técnicas de forraje hidropónico también se han probado muy acertadamente en otros países en donde existen los ambientes extremos (Monney, 2002).

En Kazajstán del Este, fue instalado un sistema hidropónico, a tres kilómetros de una de las plantas más grandes de titanio y magnesio del mundo en esta área, donde los inviernos pueden durar más de 250 días, el índice de mortalidad de ganado recién nacidos era

extremadamente alto, y el ambiente contaminado ya que las condiciones atmosféricas desfavorables no permitían un buen desarrollo del forraje verde tradicional. Con la introducción de la producción hidropónica, el índice de mortalidad bajó sensiblemente y los animales sobrevivientes eran más fuertes y sanos, resultados similares se han encontrado en la región de Voronezh de Rusia, cerca de la estación de la energía atómica de Novovoronezh. Allí el forraje hidropónico producido se ha utilizado para alimentar los cerdos, reduciendo índices de mortalidad y mejorando la salud general de los animales, mientras que reduce costos de la alimentación. (<http://www.isar.org>)

2.3.4.-Tiempo Reducido de Crecimiento.

Los estudios realizados han demostrado que la producción de plantas hidropónicas lleva 7 días de la germinación de la semilla a una planta completamente crecida con una altura de 25– 30 cm. y listo para la cosecha. Aunque se sugiere que para un mejor resultado es bueno utilizar un ciclo mayor de ocho días. Durante las sequías recientes, que dieron problemas a muchas granjas de ciervos y ganado de las granjas sufrieron pérdidas, mientras que el problema fue mantener el ganado vivo y sano. Producir la misma cantidad de forraje en una situación de campo abierto o pradera, si hubiese suficiente agua para la irrigación, tomaría hasta 12 semanas de la germinación de la semilla hasta que esta listo para alimentar al ganado, en tanto que producir el forraje hidropónico lleva de 8-15 días y el rendimiento es de 7-10 kg de forraje comestible verde por cada kilo de semilla lo que demuestra la gran ventaja que este sistema de forraje verde hidropónico tiene para los productores (Monney, 2002).

2.3.5.-Menos Horas de Trabajo

El proceso de producir forraje verde hidropónico para ganado requiere de un mínimo de horas-hombre por día. Dependiendo del tamaño del modulo o invernadero, la investigación ha demostrado que se requiere una 1 hora por día de trabajo para mantener y producir forraje hidropónico. Con respecto a las muchas horas del trabajo intenso que se requiere para producir de la misma cantidad de alimentación de manera tradicional. Más tiempo será requerido dependiendo de las distancias que son recorridas para alimentar con el forraje hidropónico al ganado si el invernadero de producción esta muy alejado de los establos (Monney, 2002).

2.3.6. -Alto Valor Alimenticio.

Un factor importante sobre el crecimiento de este tipo de alimentación es que es un producto totalmente natural. El forraje se produce sin el uso de hormonas, estimulantes sintéticos de crecimiento, los fertilizantes químicos se pueden utilizar, que sean totalmente orgánicos. Por lo tanto no hay pesticidas o fungicidas usados que podrían contaminar la carne o la leche que se está produciendo. El forraje producido hidropónicamente, debe estar libre de polvo y cualquier otro contaminante y toxinas agrícolas relacionadas. Este sistema de producción es una actividad continua y exige cuidados que implican un compromiso por parte de los productores, la falta de conocimientos e información simple y directa se transforma en desventaja. Los estudios por la Universidad Agrícola de Ayr al oeste de Escocia descubrieron que el uso de forraje verde en la producción de la carne de res producía una carne con excelente calidad (Monney, 2002).

2.4.-Desventajas de la Producción de Forraje Verde

Existen varias desventajas en la producción de forraje verde hidropónico entre las cuales se encuentran las siguientes:

2.4.1. Desinformación y Sobre Valoración de la Tecnología.

Se debe conocer la tecnología así como las exigencias climáticas del sistema, especie forrajera utilizada y sus variedades, su comportamiento productivo, y plagas, enfermedades que la atacan, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad relativa y niveles de óptimos de concentración de CO₂. Innumerables proyectos han sufrido significativos fracasos porque no se cuenta con la preparación técnica disponible para dirigirlos, falta de conocimientos e información sobre producción de forraje verde y no haber accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema (FAO, 2001).

2.4.2. Costo Elevado de Instalación:

El costo inicial, se considera como una desventaja para muchos productores de bajos recursos que no pueden hacer una inversión inicial (FAO, 2001).

2.5. Principales Semillas Utilizadas

Hay muchos tipos de granos que pueden crecer hidropónicamente tales como: alfalfa, avena, cebada, centeno, maíz, sorgo y trigo. Sin embargo al elegir una semilla las características principales que se toman en cuenta son: su valor alimenticio, velocidad de crecimiento de la semilla y niveles de proteína. Una de las semillas que tiene todas estas cualidades es la cebada, la cual es altamente nutritiva con un nivel muy alto de proteína y bajo condiciones apropiadas puede llegar a tener una altura de 30 cm., en segundo lugar le esta la avena ya que también se considera buena semilla mejor para germinación, sin embargo en algunos estudios realizados en Australia han revelado que aunque tiene un gran valor nutrimental es poco digerible por el ganado (Monney, 2002).

La semilla seleccionada debe ser de buena calidad por ejemplo:

- Semillas que no hayan sido sobrecalentadas durante el secado, con la consiguiente reducción del poder germinativo,
- No hayan sido dañadas por el manipuleo, con las rupturas que permiten la libertad del almidón y la propagación de enfermedades;
- Se encuentre libres de polvo que es el principal portador de levaduras, bacterias, hongos, y otros microorganismos; y
- Que estén libres de residuos de fumigaciones, o toxicidades provenientes de agroquímicos residuales (Arano, 1998).

2.6. Metodología de Producción

La producción de forraje verde hidropónico, solo puede tener éxito en un ambiente perfectamente controlado, cuanto mejor sea la higiene y el control, mejores serán los resultados. La temperatura ambiente, luz, humedad y los esquemas de irrigación tienen una importancia fundamental para obtener el rendimiento y la calidad del forraje producido (Arano, 1998).

2.6.1. Selección de Granos Utilizados en Forraje Verde Hidropónico

Esencialmente se utilizan granos de alfalfa, avena, cebada, maíz, trigo, y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad o precio. Aunque en el caso de utilizar semilla de alfalfa no es tan eficiente su producción como con los granos de gramíneas debido a que su manejo es muy delicado y los volúmenes de producción son similares a la producción de forraje convencional (FAO, 2001)

2.6.2. Selección de la Semilla

Deberá de utilizarse semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptada a las diferentes condiciones locales, disponibles en la zona y de probada germinación y rendimiento, es también conveniente que las semillas elegidas para la producción de forraje se encuentren libres de piedras, pajas, tierra, semillas partidas las que luego son fuente de contaminación y fundamentalmente que no hayan sido tratadas químicamente que tengan agentes preemergentes o algún otro pesticida toxico (FAO, 2001)

2.6.3. Lavado de Semilla

Las semillas deben lavarse y desinfectarse en una solución de hipoclorito de sodio al 1 % (10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua) el desinfectado con hipoclorito de sodio elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos del cultivo del forraje verde hidropónico. El tiempo que dejas la semilla en la solución, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder los tres minutos, ya que al dejarlas por mucho tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas, causando importantes pérdidas. Finalizado el lavado se procede a un enjuague de la semilla con agua limpia (Arano, 1998; FAO ,2001).

2.6.4. Remojo y Germinación de las Semillas

Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela sumergida completamente en agua limpia por un periodo no mayor de 24 horas para lograr una completa imbibición. En este tiempo se divide en 2 periodos de 12 horas para cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas procedemos a sacarlas y orearlas durante una hora, en seguida se sumergen nuevamente por doce horas para finalmente realizar otro oreado. Mediante este fácil proceso estamos induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que se le esta efectuando al embrión. Esta germinación nos asegura un crecimiento inicial vigoroso del forraje verde hidropónico. Es importante

utilizar suficiente agua para cubrir completamente las semillas, a razón de un mínimo de 0.8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla (FAO, 2001).

2.6.5. Dosis de Siembra

Las dosis optimas de semillas a sembrar por metro cuadrado pueden ser entre 0.5, 1,1.5 y 2 kilos considerando la disposición de las semillas o siembra la cual no debe superar los 1.5 cm.de altura (FAO, 2001), según resultados encontrados por Guzmán (2006), la dosis optima para avena, trigo y triticale es de 2.3 kg. /m², para maíz las dosis optimas encontradas son de 3.8 a 4.7 kg. /m² (De la Torre, 2005).

2.6.6. Charolas

La siembra se hace en las charolas de manera muy cuidadosa para evitar daños al grano que ya debe de tener cuatro raicillas; la densidad de siembra será de acuerdo al grano a sembrar, para ello se distribuirá una capa delgada de semillas pre-germinadas la cual no deberá sobrepasar los 1.5 cm de altura o espesor. Una vez sembradas, las charolas se colocan en el sitio permanente de desarrollo (FAO, 2001).

2.6.7. Germinación

Se colocan las semillas en charolas en capas de 1 cm y se colocan en las mesas del germinador, sin utilizar ningún sustrato. Las charolas son expuestas a la luz, ya sea natural o artificial para estimular el desarrollo de la plántula y evitar que se consuman las materias de reserva del grano, las que deben permanecer en el ya que se eleva el valor nutritivo y se produce una germinación mas uniforme (FAO, 2001).

2.6.8. Crecimiento

Los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de forraje son: la luz, temperatura, humedad, oxigenación y gas carbónico. La duración del día o foto periodo influye sobre el desarrollo vegetativo. La luz solar no debe ser excesiva ya que causa quemaduras sobre las charolas superiores. La temperatura ideal es de 21° C y debe ser lo mas constante posible (Arano, 1998).

2.6.9. Riegos de Charolas

El riego de las charolas debe hacerse solo con micro aspersores o nebulizadores y hasta con una sencilla regadera de mano, no deben darse riegos por inundación ya que los excesos de agua estimulan la asfixia radicular, lo cual provoca ataque de hongos y pudriciones que inclusive pueden causar la perdida total del cultivo (FAO, 2001).

2.6.10. Riegos en Solución Nutritiva

Aparecidas las primeras 4 y 5 hojas, se recomienda dar un riego con una solución nutritiva (FAO, 2001).

2.6.11. Cosecha y Rendimientos:

La cosecha se realiza entre los 7-15 días sin embargo se puede realizar antes ya que la mayor riqueza nutricional se alcanza entre los días 7° y 8° día, son suficientes para completar el ciclo en un cereal sembrado para forraje hidropónico, el rendimiento es que por cada kilo de semilla, se producen de 7-18 kg. de forraje verde comestible (Monney, 2002). También se han encontrado un máximo de 22 kilos de forraje verde por cada kilo de semilla de cebada cervecera en un máximo de 17 días (FAO, 2001).

2.7. Factores que Influyen en la Contaminación por Hongos en el FVH.

Desafortunadamente en un ambiente controlado y húmedo se tienen problemas de importancia que afectan la producción; los principales son mohos, bacterias y hongos. El tipo común de moho, que afecta la producción, es un moho conocido como *rhizopus* y ataca el grano. El *rhizopus* es el moho del pan, que está presente en todos los granos de cereal y en el suelo, a tal grado que se disemina por todo el mundo. Un control climático estricto en forraje limita a menudo la cantidad de esporas del moho que puede germinar. Sin embargo si este moho progresa rápidamente en etapa temprana, se convierte en una fuente mayor de alimento para patógenos más peligrosos tales como bacterias y *Aspergillus* que causan problemas, incluso muerte en ganado. El moho del *Aspergillus* ha sido el principal hongo encontrado como la causa de casos de envenenamiento en Sudáfrica, Israel, Francia, Inglaterra y China (Monney, 2002).

También dentro de los factores que encontramos para la formación de hongos se encuentran: la temperatura, la humedad relativa y una gran cantidad de microorganismos, que se encuentran superficialmente en los polvos que van con los granos, los cuales son

algunos de los mayores problemas con los que se encuentran los productores de forraje verde hidropónico y siempre es una batalla, ya que se desarrollan durante el periodo de germinación del grano, y producen zonas ácidas y putrefacciones incipientes que serán causantes de una pobre calidad en el forraje, reducción del rendimiento e intoxicación en el ganado, por eso es muy importante la buena selección del grano y es imprescindible un buen tratamiento previo a la germinación (Arano, 1998).

El clima ejerce una importante influencia sobre los modelos de distribución y producción de mico toxinas. Las aflatoxinas y las fumonisinas predominan en áreas del mundo con clima cálido y húmedo, mientras que ocratoxinas y zearalenona se distribuyen en las regiones más frías (Fernández *et al*; 2002).

2.7.1. Calidad de la Semilla:

El éxito del forraje verde comienza con la elección de una buena semilla, tanto en la calidad genética como en la fisiológica. La semilla debe presentar un porcentaje de germinación mayor o igual al 70-75 % para evitar perdidas en el rendimiento del forraje verde hidropónico, esta semilla a utilizar tiene que estar limpia y tratada con una solución de hipoclorito de sodio al 1 % a través de un baño de inmersión, el cual dura aproximadamente entre 3 y 5 minutos, y el lote de semillas no debe contener semillas partidas, ni semillas de otros cultivares (FAO, 2001).

2.7.2. Calidad del Agua de Riego

En sistemas hidropónicos se debe utilizar un agua con su característica de potabilidad, es importante realizar un análisis químico de la misma y en base a ello formular la solución nutritiva, así como evaluar que otro tipo de tratamiento tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (FAO, 2001).

2.7.3. Iluminación

La radicación solar es básica para el crecimiento del forraje verde a la vez que promueve síntesis de compuestos(vitaminas) los cuales serán de importancia para la alimentación animal, cabe mencionar que al comienzo del ciclo de producción la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que hasta el tercer o cuarto día de sembradas las charolas o bandejas, deberán estar en un ambiente de luz tenue pero con su oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las

raíces. La exposición directa al sol trae consecuencias negativas (aumento de la evapotranspiración, endurecimiento y quemaduras de las hojas). En los dos últimos días del proceso de producción, se exponen las bandejas a la acción de la luz para lograr, como cosa primordial que el forraje obtenga su color verde intenso característico y complete su riqueza nutricional (FAO, 2001).

No se han encontrado trabajos que mencionen si la luz tiene un efecto positivo o negativo sobre el desarrollo de hongos que producen micotoxinas.

2.7.4. Temperatura

Otro de los factores que afectan la producción de forraje, es la temperatura ambiente, aquí el control es muy importante, aunque depende mucho del tipo de grano escogido y su variedad, el rango óptimo para producir forraje verde hidropónico se sitúa entre los 18 y los 28°C (FAO, 2001).

Para evitar problemas de hongos, levaduras y bacterias indeseables nocivas para la calidad del forraje verde hidropónico; algunos granos como (avena, cebada y trigo) requieren temperaturas bajas para su germinación de 18 a 21°C, solamente el maíz requiere un rango mucho mas alto de temperatura entre 22°C y 28°C, sin embargo hay que tener precaución ya que la contaminación se agudiza a estas temperaturas, principalmente con los grados de humedad tan alta a los que se trabaja el forraje verde hidropónico (Arano,1998).

2.7.5. Humedad

Es muy importante el control de humedad relativa en forraje verde hidropónico, los valores de la misma deben ser son mayores de 90 %, es aconsejable una buena circulación de aire a efecto de minimizar los excesos de humedad ya que si es muy alta resultaran problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas o bacterias difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos de operación. Por otra parte la poca humedad relativa (ambiente seco) da como resultado forraje deshidratado con baja capacidad de crecimiento y poco valor alimenticio (Arano ,1998).

2.7.6. Ventilación

Una inadecuada ventilación de los invernaderos es otra de las causas de contaminación. Por lo tanto para combatir esto problema es de vital importancia que exista una buena

ventilación. Asegurarse que el área este ventilada suficientemente permitiendo un flujo constante del aire a través del invernadero (Arano, 1998).

Evitar que el aire que fluya a través del invernadero, lleve mucho polvo el cual contiene esporas que contaminarían el forraje. La ventilación también evita que se condense la humedad y se formen gotas de agua que caen sobre el forraje y que son óptimas para el desarrollo de los hongos, se ha demostrado en investigación continua que los nutrientes escasos en el sistema de riego producen planta más débiles, crecimiento más pequeño y más lento, las cuales son muy susceptibles al ataque de mohos, hongos y bacterias. Por lo tanto es de importancia extrema que la nutrición sea correcta y adecuada para la producción de forraje hidropónico de calidad (Monney, 2002).

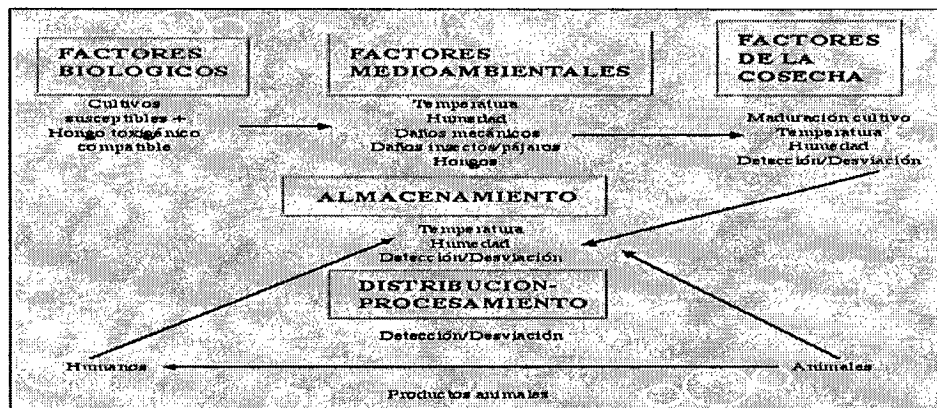


Fig.1. Factores que Afectan a la Producción de Micotoxinas en los Forrajes

2.8. Principales Hongos que Atacan el Forraje Verde Hidropónico

Durante su crecimiento, las plantas forrajeras son susceptibles de infecciones de diversos hongos, algunos de los cuales pueden producir micotoxinas. Estos hongos incluyen especies de *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Claviceps*, *Penicillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e infecciones endofitas (Scudamore & Livesey, 1998).

Las enfermedades ocasionadas por estos hongos fitopatógenos es uno de los factores que afectan el rendimiento de los forrajes, causando enfermedades como la podredumbre de semilla y el *damping-off* de pre- y pos-emergencia en leguminosas forrajeras. El *damping-off* de pre-emergencia se caracteriza por la pudrición de las semillas, las cuales se ablandan, se cargan de agua y por lo tanto las raíces no llegan a emerger. En el *damping-off* de pos-emergencia el patógeno ataca a tallos jóvenes ocasionando la caída y muerte de

la planta. Existen otros tres importantes géneros de hongos productores de micotoxinas y que se encuentran ampliamente distribuidos a nivel mundial: *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. La infección de las cosechas por estos hongos, disminuye su rendimiento y los alimentos presentan valores nutricionales menores (Lawlor & Lynch, 2001).

Las cosechas son más susceptibles a la infección en el campo por una gama de hongos y pueden producir metabolitos secundarios los cuales se apropian dependiendo de las condiciones que se presenten. Esto puede ocurrir en condiciones frescas y de humedad. Aquí el ganado puede peligrar ante la presencia de micotoxinas y altos niveles de esporas fúngicas (Scudamore & Livesey, 2002).

El clima ejerce una importante influencia sobre los modelos de distribución y producción de micotoxinas. Las aflatoxinas y las fumonisinas predominan en áreas con clima cálido y húmedo, mientras que ocratoxinas y zearalenona se distribuyen en las regiones más frías. Dentro de los principales organismos contaminantes presentes en semillas forrajeras y forraje verde se encuentran, hongos productores de micotoxinas que afectan al ganado. Las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos por hongos filamentosos que crecen sobre sustratos vegetales, principalmente cereales y forrajes. Estas micotoxinas provocan una respuesta tóxica cuando son ingeridas por los animales o el hombre. La expresión de la enfermedad varía y depende del órgano afectado, tipo de toxina, dosis y combinación de micotoxinas. Los cuadros clínicos abarcan una amplia variedad de síntomas, desde lesiones cutáneas a efectos nefrotóxicos, hepatotóxicos, neurotóxicos y genotóxicos (Denli & Pérez 2006).

Esto puede ocurrir en condiciones frescas y húmedas. El ganado puede peligrar ante la presencia de micotoxinas y altos niveles de esporas fúngicas (Scudamore & Livesey, 1998).

Las micotoxinas como son las aflatoxinas y ocratoxinas, tienen una amplia gama de acciones que van desde las carcinogénicas, mutagénicas o teratogénicas hasta llegar a ser unos importantes agentes inmunosupresores. Los hongos se desarrollan y producen micotoxinas cuando encuentran condiciones favorables en el medio, tales como humedad del grano superior al 13%, humedad relativa del aire por encima del 70%, temperatura

mayor de 20°C, presencia de nutrientes apropiados, pH>5 y presencia de oxígeno. El asentamiento del hongo también se ve favorecido por los daños que los insectos o pájaros hacen al grano, realizando pequeñas erosiones que facilitan la penetración del hongo. (Fernández *et al*; 2002).

Seis grupos de micotoxinas son producidos por los tres géneros principales de los hongos: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Yiannikouris & Jouany, 2002).

Cuadro1. Principales Hongos productores de micotoxinas

Principales Hongos Productores De Micotoxinas
<i>Aspergillus sp</i>
<i>Fusarium sp</i>
<i>Penicillium sp</i>

2.8.1. *Aspergillus*

Causa el deterioro de muchos productos alimenticios. Los productos metabólicos de la invasión fúngica suelen ser muy tóxicos, tanto para el hombre como para otros animales. También producen la inhibición de la germinación junto con cambios de color, calentamiento, amohosado, apelmazado y finalmente podredumbre de las semillas. Algunas especies, por ejemplo *A. niger* o *A. oryzae*, son de interés industrial o se emplean en la fermentación de alimentos en ciertas regiones, la ubicuidad de los *Aspergillus* es debida a su capacidad para crecer a diferentes temperaturas sobre substratos con diverso contenido de humedad. (Denli & Pérez, 2006)

La colonización de los granos durante el almacenamiento, por *Aspergillus* y otros mohos, se produce de forma explosiva cuando la humedad relativa ambiente intergranular se eleva por sobre el 70%, sin que se desencadene aún el fenómeno de brotación. El rango de temperatura para el crecimiento va desde 0-5°C para *A. glaucus* hasta 50-55°C para *A. fumigatus*, estando el óptimo entre 30-33°C para la mayoría de las especies. Si unos granos con un contenido de humedad del 15% no fueron afectados por *Aspergillus* durante un año es porque la temperatura de almacenamiento estuvo por debajo de 5-10°C. (<http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/04htextoaspergilos.pdf>)

Cuadro 2. Temperatura y Actividad de Agua Requerida para Algunas Especies de *Aspergillus* (Lacey 1989)

Temperatura y Actividad de Agua Requerida de Algunas Especies de <i>Aspergillus</i> .				
ESPECIE	TEMPERATURA ° C		ACTIVIDAD DE AGUA	
	RANGO	OPTIMO	MINIMO	OPTIMO
<i>A. flavus, A. parasiticus</i>	6-45	35-37	0.78	0.95
<i>A. candidus</i>	3-44	25-32	0.75	0.90-0.98
<i>A. fumigatus</i>	10-55	40-42	0.85	0.98-0.99
<i>A. restrictus</i>	9-40	30	0.71	0.96
<i>A. versicolor</i>	4-39	25-30	0.78	0.95

2.8.2. *Fusarium*

Es un hongo de campo que requiere alta humedad relativa (90%) y la temperatura del grano (23°C) para su crecimiento y crece muy raramente después de cosecha ya que las condiciones de almacenaje generalmente no son convenientes para su desarrollo. Incluso la rehumectación del grano seco tiene pocas probabilidades de crecimiento del hongo y de la producción de toxinas. En campo, el hongo causa la muerte de óvulos, marchitamiento del grano, debilitamiento o muerte de embriones. Este proceso se describe como "desgaste por la acción atmosférica" (<http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/06htextofusarios.pdf>)

Los hongos micotoxigenos en este género son hongos de campo, patógenos comunes de cereales, que causan enfermedades tales como destrozo principal del trigo, cebada, y putrefacción en maíz. Son un riesgo significativo para la producción de micotoxinas las cuales requieren temperaturas bajas para su crecimiento y la producción de micotoxinas varía según las especies de *Aspergillus*, por lo tanto la micotoxicosis de *Fusarium* se asocia considerablemente al efecto de la temperatura, humedad y pH en los granos o forrajes (Lawlor & Lynch, 2001).

Cuadro 3. Especies de Fusarium y principales micotoxinas que produce. (Lawlor & Lynch, 2001).

ESPECIES DE FUSARIUM	MICOTOXINAS
<i>F. culmorum</i> ; <i>F. graminearum</i> , <i>F. sporotrichoides</i>	Deoxynivalenol
<i>F. F. sporotrichoides</i> , <i>F. poae</i>	T-2 TOXINA
<i>F. sporotrichoides</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. poae</i>	Diacetoxyscirpenol
<i>F. culmorum</i> , <i>F. sporotrichoides</i> , <i>F. graminearum</i>	Zearalenone
<i>F. moniliforme</i>	Fumonisin
<i>F. moniliforme</i>	Acido Fusarico

2.8. *Penicillium*

El *Penicillium* crece sobre los alimentos preparados o sus materias primas, ya sean de origen vegetal o animal, si hallan la actividad del agua y los nutrientes necesarios. Los granos de cereales pueden contener *P. aurantiogriseum* aún antes de la cosecha, especialmente en las épocas húmedas, pero la mayor contaminación ocurre en los depósitos donde se mantienen las esporas desde una cosecha anterior, las especies de penicilios producen varios metabolitos secundarios, entre ellos ácido ciclopiazónico, ácido penicílico, cicloclorotina, citroviridina, citrinina, griseofulvina, ocratoxina A, *patulina*, *penitrem A*, todas estas sustancias son originadas por los hongos para afianzarse en su ambiente natural inhibiendo a otros organismos que compiten por el substrato. Las micotoxinas tienen diversa estructura química, su peso molecular es relativamente bajo y se difunden en el medio. Algunas existen en cantidades significativas en el ambiente natural como para influir en la salud del hombre y otros animales.

(<http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/05htextopenicilios.pdf>)

2.9.- Toxicidad de Hongos del Forraje Verde Hidropónico

Las micotoxinas, productos de metabolitos secundarios, pueden desencadenar cuadros graves de toxicidad cuando las condiciones medioambientales (pH, humedad y temperatura) le son favorables para su producción, siendo la forma más importante de control la prevención mediante la eliminación de condiciones propicias tales como baja

humedad, acidificación y anaerobiosis. Destacan dentro de este grupo de compuestos siete micotoxinas: Aflatoxinas B1, zearalenona, toxina T-2, desoxinivalenol, ocratoxina A, fumonisina y patulina, las que pueden afectar diversos órganos y sistemas (hepatotóxicas, nefrotóxicas, hematotóxicas, neurotóxicas, dermatotóxicas, cancerígenas y gastrotóxicas), siendo producidas por especies de los géneros *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium* (<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/>).

Estos hongos crecen y se ubican donde exista un ambiente favorable, pH, agua, calor y oxígeno en cantidades apropiadas los cuales están presentes en casi todos los forrajes y granos. Las micotoxinas se pueden formar durante el crecimiento del forraje verde, durante la cosecha, el almacenamiento o remoción de estos. Las micotoxinas han sido asociadas a una pobre respuesta productiva, fallas en reproducción y aumento de la incidencia de enfermedades y muerte. La susceptibilidad de los forrajes a la infección radicular por hongos esta directamente relacionada con un adecuado sustrato. Las semillas son frecuentemente el objetivo en las plantas debido a su rica cantidad de carbohidratos (Denli & Pérez 2006).

Es por esto que las aflatoxinas crecen preferentemente en granos como el maíz y el trigo y la cebada. El daño en la parte externa de las semillas (pericarpo) puede ser inducido por frío, sequía, granizo o durante la cosecha mecanizada, todo lo cual favorece la invasión de hongos. Además, los insectos también pueden servir de vehículo para las esporas de los hongos. Los tres cultivos que son altamente susceptibles a la invasión por especies de *Aspergillus* durante el crecimiento, cosecha, transporte y almacenamiento son maíz, maní (cacahuate) y algodón (http://www.ecooprinsem.cl/softagri/Cooprinforma64/Articulo_2_3.htm).

Las micotoxinas ocurren estacional y geográficamente, por lo que algunas áreas están en riesgo más alto que otras debido a condiciones climáticas tales como heladas tempranas, sequía e insectos que dañan al grano. Ocurren naturalmente en una variedad amplia de cosechas usadas como comestibles, sin embargo solamente siete micotoxinas se presentan en los alimentos contaminados de animales. *Acido fusarico*, *citritina*, *ocratoxina A*, *patulina*, *penicillium*, *trichotecenes* y *zearalenona* (Lawlor & Lynch, 2001).

Al mezclar granos o forrajes, dañados en tránsito y en condiciones de almacenaje incorrectas puede conducir a la contaminación por hongos. El grano tiene un contenido de agua óptimo para el almacenaje y puede continuar respirando y produciendo el agua. Este aumento en humedad en porciones del compartimiento de almacenaje puede ser de apoyo de crecimiento del moho y la producción de toxinas. Alternar condiciones atmosféricas calientes y frescas puede favorecer la migración y la condensación del agua dentro de un compartimiento de almacenaje, creando condiciones favorables para el crecimiento del moho y la producción de toxinas. Por estas razones es muy importante que el grano este almacenado en un contenido de agua que no excede 14 por ciento preferiblemente en compartimientos aislados, la susceptibilidad al crecimiento de esporas aumenta cuando se muelen los granos porque la capa de semilla protectora está quebrada. Las micotoxinas se producen solamente bajo condiciones aerobias. La producción de micotoxinas puede ocurrir en una amplia gama de los niveles de temperatura y humedad (<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/>).

El tiempo también puede afectar la planta, haciéndola más susceptible o menos susceptible a la infección. La producción de la micotoxina es más modulada por el sustrato, la humedad, la temperatura, el pH, y las tensiones tales como sequía y crecimiento asociado de otros microbios de los hongos. El crecimiento y la producción de los micotoxinas por los hongos toxigenica en almacenaje es a menudo imprevisibles. Los hongos pueden crecer activamente en almacenaje pero sin la evidencia de la contaminación por los micotoxinas. Ocurren naturalmente en una variedad amplia de cosechas usadas como alimento (Lawlor & Lynch, 2001).

2.9.1. Micotoxinas de Importancia Mundial

La importancia de las micotoxinas empezó a ser evidente desde que se descubrió que la aflatoxina B1, molécula producida por el hongo *Aspergillus flavus*, causó la muerte masiva de aves de corral en Inglaterra en los años sesenta y su interés se refleja en la gran cantidad de estudios, más del 25% de la producción mundial de cereales y materias primas destinadas al consumo humano y animal, están contaminados con algún tipo de toxina de origen fúngico y entre el 25 y 40 % de estos cereales están contaminados con varios tipos de micotoxinas (Lawlor & Lynch, 2001). Sin embargo, en ciertas regiones, algunas toxinas se producen más fácilmente que en otras, aunque la irregularidad meteorológica y los

cambios climáticos han hecho que se encuentren especies de hongos donde antes no se encontraban. (www.wpsa-aeca.com/img/informacion/wpsa1161831538a.pdf).

Cuadro 4. Incidencia de Micotoxinas según Zonas Geográficas. (Lawlor & Lynch 2001).

Localidad	Micotoxinas
Oeste de Europa	Ocratoxinas, Desoxinivalenol, Zearalenona
Este de Europa	Zearalenona, Desoxinivalenol
Norteamérica	Ocratoxinas, Desoxinivalenol, Zearalenona, Aflatoxinas
Sudamérica	Aflatoxinas, Fumonisinias, Ocratoxinas, Desoxinivalenol, Toxina T-2
África	Aflatoxinas, Fumonisinias, Zearalenona
Asia	Aflatoxinas
Australia	Aflatoxinas, Fumonisinias

2.9.1.1. Ácido Fusárico.

También producido por hongos del género *Fusarium moliniforme*, causa vómito en cerdos y en concentraciones elevadas de triptofano y serotonina en cerebro, tiene actividad farmacológica y tiene el efecto fisiológico de bajar la presión sanguínea. Esta respuesta se piensa que es debida a alteraciones en la neuroquímica del cerebro (Torres & Día, 2002).

Cuadro 5. Principales Micotoxinas. (Fernández *et al*; 2002)

MICOTOXINAS	HONGOS	SÍNDROME
Aflatoxinas B1, B2,G1,y G2	<i>A. flavus, A. parasiticus</i>	Hepatotóxico, nefrotóxico, inmunotóxico
Aflatoxinas B1, B2,	<i>A. flavus,</i>	
Toxina T-2	<i>Fusarium sporotrichioides</i>	
Zearalenonas	<i>F. roseum, F. graminearum</i>	Estrogénico
Fumonisinias	<i>F. moliforme</i> ,(<i>F.verticillioides</i>)	Hepatotóxico, nefrotóxico
Ocratoxinas	<i>A. ochraceus, A. fumigatus, P. verrucosum</i>	Nefrotóxico, poco patógeno para ovino
Ergotismo	<i>Pithomyces chartarum</i>	Eczema facial
Esiaframina	<i>Rhizoctomia leguminicola</i>	Parasimpático-mimético, salivar
Estaquiobotriotoxina	<i>Stachyobotrys alternans</i>	Úlceras en la boca

2.9.1.2. Aflatoxinas

Son una de las micotoxinas más importantes y frecuentes que afectan a los animales domésticos y que se tienen comprobados efectos tóxicos. Están producidas por distintos hongos del género *Aspergillus* principalmente *A. flavus* y *A. parasiticus*, se conocen 18 tipos de toxinas dentro de este grupo las mas conocidas son B₁, B₂, G₁, G₂, que crecen sobre cereales, principalmente el maíz y producen varias sustancias tóxicas, http://www.engormix.com/presencia_micotoxinas_granos_raciones_s_articulos_408_MY_C.htm.

Siendo aflatoxina B₁ la más patógena de todas, el riesgo de la contaminación de aflatoxina es el mayor en las zonas tropicales húmedas, y ataca cereales, forrajes, cacahuete y semilla de algodón. La producción de las toxinas fue asociada al uso inadecuado del preservativo del ácido propionico al grano puesto en almacenaje húmedo (Denli & Pérez, 2006).

Las aflatoxinas son depresores de la función inmune, los primeros síntomas de un problema de aflatoxina es la disminución del apetito, el animal lo pierde de tres a cuatro días después de que se alimenta, dependiendo de los niveles de contaminación, las pérdidas pueden resultar en poco crecimiento y muertes. Estas toxinas atacan el hígado, donde se metabolizan productos que pueden ser tóxicos o no, pero también ejercen sus efectos sobre los demás órganos del animal. (http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?AREA=MYC&art=351.)

Durante muchos años se consideró que el ganado ovino era bastante resistente a esta intoxicación, pero estudios experimentales han demostrado lo contrario. Los síntomas que se observan dependen de la dosis, tiempo de exposición y edad de los animales y el estado nutricional del animal. En general, en intoxicaciones subagudas y crónicas, los síntomas son inespecíficos, observándose sólo anorexia, apatía y pérdida de peso si la intoxicación se prolonga. El problema se observa cuando, disminuye el peso vivo y empeora el índice de transformación (Fernández *et al*, 2002).

La aflatoxina esta en relación al tiempo y la edad del animal ya que es un factor importante en la susceptibilidad, niveles superiores a 0.5 ppm en las dietas de cerdas lactantes disminuye las tasas de crecimiento en las crías debido a la aflatoxina que contiene la leche. Para los cerdos que están en desarrollo, las tasas de crecimiento son reducidas en concentraciones superiores a 0.2 ppm y los residuos se acumularán en el hígado en concentraciones incluso de menos que 0.1 ppm en la alimentación. Los suplementos que se han administrado para reducir el efecto de la toxicidad de la aflatoxina, son: lincomicina y tilosina, vitamina E y metionina no han sido acertados (Lawlor & Lynch, 2001).

2.9.1.3. Ergotismo

Este hongo es causado por una mezcla de micotoxinas encontrados y producidos por varios alcaloides del hongo *Claviceps purpúrea*, el cual infecta los cereales, principalmente el

centeno, así como por la ingestión de pastos o de heno contaminado. Se trata de una de las micotoxinas más conocidas y estudiadas y sus efectos se conocen sobre todo para el ganado vacuno. Estos alcaloides producen una contracción de la musculatura lisa de las arteriolas e isquemia (Fernández *et al*; 2002).

Ocurre por veranos calientes y húmedos, aunque en forraje infectado causa enfermedades, esto se asocia generalmente a las dosis altas en granos o forraje contaminado, la ingestión de pequeñas cantidades no causa ningún efecto. Los síntomas de la enfermedad son: la gangrena de las extremidades, que es la forma común en ganado, la neurotoxicidad con convulsiones, son las más comunes en ovejas. Las toxinas pueden también causar la hipertermia (Scudamore & Livesey, 1998).

También en ovejas los síntomas son inespecíficos e incluyen pérdida de peso y del apetito después pueden aparecer signos de gangrena en las extremidades anteriores con cojeras y ataxia, en ocasiones también sialorrea, náuseas, diarrea, ulceraciones y necrosis de la lengua, faringe, rumen e intestino delgado. Hay una forma nerviosa de la enfermedad con hiperexcitabilidad, movimientos de tremor, rigidez de los músculos extensores. Las ovejas tienen una menor tasa de fertilidad y se reduce la supervivencia de los fetos (Fernández *et al*; 2002).

2.9.1.4. Fumonisin

Las fumonisin son micotoxinas producidas por hongos del género *Fusarium*, *F. moniliforme* principalmente B1, B2 y B3 son los compuestos principales que están presentes en los cultivos de maíz, aunque B2 y B3 en menor concentración que B1. El nivel está influenciado por los factores ambientales como la temperatura y humedad. Asociado a un tiempo caluroso y seco seguido de un periodo de alta humedad. y condiciones de almacenamiento. (Denli & Pérez, 2006).

Los granos atacados por insectos tienen más nivel de la toxina (los maíces transgénicos resistentes al barrenador del tallo tienen menor incidencia) debido a los daños y podredumbre que los insectos producen sobre el maíz facilitando la entrada del hongo. (Torres & Díaz, 2002).

El desarrollo del hongo y la producción de la toxina acontecen durante el crecimiento, cosecha, almacenaje y procesado del maíz. Afectan fundamentalmente caballos, aves, y cerdos. Sus presencia se ha relacionado con la aparición de diferentes síndromes como: Leucoencefalomacia Equina (ELEM) Edema Pulmonar Porcino (PPE) Fumonisina B1 es también toxico al sistema nervioso central, y daño hepático renal en la mayor parte de las especies, los caballos destacan por ser la especie mas sensible (Fokunang, 2007).

2.9.1.5. Ocratoxinas (OTA)

Las ocratoxinas son un grupo de toxinas producidas por distintos hongos del género *Aspergillus ochraceous*, *parasiticus*, *verrucosum*, *A. niger* y *Penicillium* que contaminan algunos cereales. La presencia de (OTA) se produce en forma natural en una amplia variedad de vegetales tales como cereales, leguminosas frutos secos (Denli & Pérez, 2006).

Esta toxina se produce dentro de una gama de temperaturas que van desde los 15-37°C y ocurre a menudo junto con la citrinina. La ocratoxina A es hepatoxica y necrotoxica, causa toxicidad crónica más que aguda y también reduce la producción de leche y aumenta la mortalidad en ganado y animales que son resistentes a la mayoría de otros tipos de micotoxinas, es el hongo más prominente de climas frescos y húmedos (http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=135).

Ocurren principalmente en trigo y cebada generalmente en zonas templadas del hemisferio Norte y es endémico en Suecia y Dinamarca. Las concentraciones significativas pueden ocurrir en las temperaturas de 4°C, sin embargo, el ganado ovino y los rumiantes son especies muy resistentes a estas micotoxinas pues el líquido ruminal y la flora intestinal hidrolizan la ocratoxina A, a un metabolito no tóxico conocido como ocratoxina alfa (Fokunang, 2007).

2.9.1.6. Toxina T-2:

Esta micotoxina pertenece al grupo de tricóteenos, producidas por *Fusarium sp.* especialmente *F. tricinctum* y *roseum*, se produce en cereales en muchas partes del mundo y esta asociada a lluvias prolongadas en tiempos de cosecha (<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas>).

Este grupo de micotoxinas incluyen el Deoxynivalenol, el cual es ocasionalmente detectado en maíz y en trigo. Si los cerdos están hambrientos al ofrecerles el forraje, ellos pueden comer y luego vomitar, ya que el deoxynivalenol es también llamado la vomitoxina. Un moho color rojo púrpura (*Fusarium graminearum*) infectando trigo, maíz y poroto de soya antes de la cosecha, produce estas micotoxinas, a menudo en conjunción con el zearalenola. Hay otros tricotecenos, incluyendo la toxina T 2 y la HT 2, las cuales pueden afectar potencialmente a los cerdos. El mayor efecto de estas toxinas sobre el ganado y aves es la formación de lesiones bucales y efectos neurotóxicos en aves de corral así como la pérdida del apetito, además estas toxinas son consideradas como una causa de rechazo de alimento por parte de los animales.

(http://www.engormix.com/importancia_micotoxinas_cerdos_s_articulos_246_MYC.htm)

2.9.1.7. Vomitoxina

Hasta hace poco tiempo, la vomitoxina fue utilizada como “marcador” para la contaminación de *Fusarium*. Esto ha conducido a problemas en el pasado donde los niveles bajos de la vomitoxina fueron encontrados en alimentos los cuales eran micotoxicosis del *Fusarium* (Yiannikouris & Jouany, 2002).

Esta micotoxina es la más común producida por el género *Fusarium*, pertenece al grupo de los tricotecenos las cuales inhiben la síntesis de proteínas, y también es una de las más estudiadas por su efecto inmunosupresor, esta considerada como una de las más poderosas que alteran no solo la inmunidad natural, sino que además modifican sustancialmente la síntesis y liberación de citoquinas linfocíticas, las cuales son primordiales para el normal desarrollo del proceso inmunitario en animales (Torres & Díaz, 2002).

Los animales que consumen por varios días altas concentraciones de vomitoxina se encuentran mas predisuestos a contraer infecciones de origen viral y parasitario; los niveles de 200 ppb(porcentaje en peso bruto),en los cerdos producen vómitos y rechazo total del alimento, en ganado bovino se observa una grave disminución de la producción, con rechazo del alimento, provoca lesiones renales con disminución de la filtración glomerular, disminución en la producción de orina y en la eliminación de urea (<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas>).

2.9.1.8. Zearalenona (ZEA)

Las zearalenonas son un importante grupo de micotoxinas producido por hongos del género *F. graminearum*, *F. roseum* y otros, es también F-2, y son de distribución mundial, esta micotoxina tiene efectos similares a la hormona femenina estrógeno y puede inducir a la feminización aun cuando se encuentra en bajas concentraciones.

(http://www.engormix.com/presencia_micotoxinas_granos_raciones_s_articulos_408_MY_C.htm.)

Las condiciones favorables para su producción son la alta humedad y bajas temperaturas, a pesar de ser muy diferente estructuralmente al estrógeno, posee una fuerte actividad estrogénica, en cerdas en etapa de pubertad son mas sensibles a la acción de zearalenona (ZEA), ya que puede ocasionar pseudos estros y prolapso vaginal, el sistema genital inmaduro de estos animales sufre grandes cambio al ser expuesto a zearalenona.

(<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/>).

La zearalenona puede alterar la funcionalidad reproductiva de los animales (Denli & Pérez, 2006).

Esta micotoxina produce hiperestrogenismo cuyos síntomas varían dependiendo de la especie animal, sexo y edad. Los animales adultos presentan edematización e hiperemia de los genitales. A veces puede haber aborto, letargia, anemia, y prolapsos de la vagina o del recto. Las ovejas tienen una reducida tasa de ovulación y se incrementa la duración del estro (Fokunang, 2007). Un estudio realizado en Nueva Zelanda, encontraron que la zearalenona en forraje causa infertilidad en *ovejas* (Scudamore & Livesey 1998).

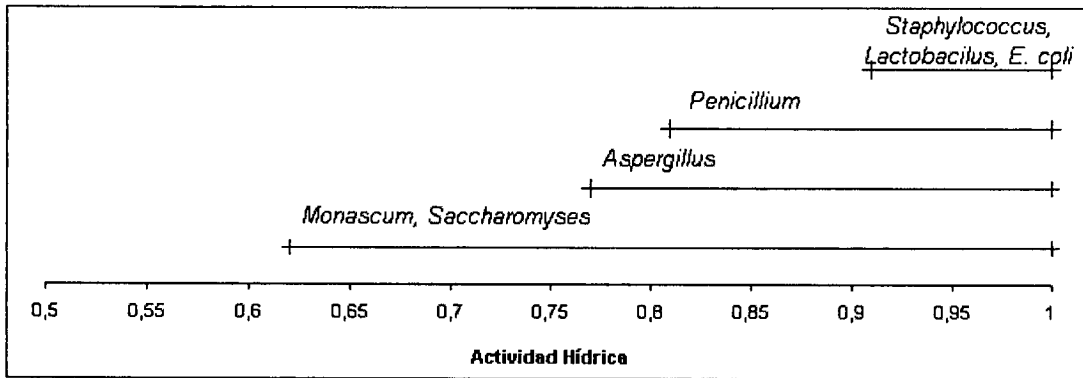


Fig.2. Relación entre Actividad Hídrica y Crecimiento de Hongos en forrajes (Nelson, 1993).

2.10. Efecto en los Animales que Consumen el Forraje Verde Contaminado

Las micotoxicosis representan un problema de difícil diagnóstico para los veterinarios debido a que normalmente inducen síndromes muy poco evidentes y que se pueden confundir fácilmente con deficiencias nutricionales, raciones mal balanceadas o infecciones por microorganismos. Los síntomas incluyen en general anorexia, disminución del peso vivo y de la eficiencia (<http://www.monografias.com/trabajos14/micotoxinas/micotoxinas.shtml>).

Dosis bajas de micotoxinas pueden afectar al sistema inmune favoreciendo el desarrollo de infecciones y los signos clínicos no se observan hasta que el animal muere debido a una infección poco importante. Pero esto no siempre es así en principio, todos los animales son susceptibles a los efectos de las micotoxinas, incluido el ganado ovino, pero hay factores como la especie, raza, sexo, edad y estado inmunitario que influyen en la susceptibilidad a la enfermedad (<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/>).

En general, animales muy jóvenes, viejos, o estresados sucumben más fácilmente a una micotoxicosis. La identificación de los hongos contaminantes puede ser de valor diagnóstico en el caso de epidemias agudas de micotoxicosis, pero el diagnóstico definitivo sólo se consigue con la extracción e identificación química de la micotoxina (Fernández *et al*; 2002).

Las micotoxinas causan un aumento de las enfermedades y reducen la eficiencia productiva. Algunas micotoxinas actúan directamente sobre el tejido animal, causando degeneración celular y la muerte. Estos efectos se manifiestan mediante tres mecanismos primarios: 1) Alteración del contenido de nutrientes, absorción y metabolismo, (2) cambios en la función endocrina y neuroendocrina, y (3) supresión de la respuesta inmune, pueden estar presentes en granos y forrajes, verdes, henos o ensilajes, y pueden estar presentes sin evidencia visual. Algunos animales tienen una tolerancia más baja al forraje contaminado (http://en.wikipedia.org/wiki/Fodder#Growing_Fodder_Hydroponically).

En caballos, la ingestión de alimentos y forrajes contaminados con micotoxinas causa numerosos problemas, en los órganos, específicamente en el hígado y riñones, suprimiendo el sistema inmunológico, lo que al final conduce a infecciones bacterianas secundarias y pobre estado general desafortunadamente muchos de los síntomas de la micotoxicosis no son exclusivos y pueden ser confundidos con otras enfermedades. (http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=135).

Los hongos pueden colonizar el forraje verde durante su crecimiento, afectando al ganado explotado en régimen extensivo, pero también durante su conservación en forma de ensilajes (<http://www.monografias.com/trabajos14/micotoxinas/micotoxinas.shtml>).

2.10.1. Aflatoxicosis:

Es una micotoxicosis no transmisible ocasionada por las toxinas producidas por el hongo *Aspergillus flavus*. Todos los cerdos son susceptibles especialmente, los animales jóvenes, se caracteriza por un menor crecimiento en los cerdos, pérdida de peso e inapetencia, ictericia y muerte, que resultan del daño hepático ocasionado por el consumo de alimentos contaminados pudiendo incluso ocurrir la muerte de los animales debido a una hepatitis aguda (<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/animal/ppc/enfermedades/aflatox.htm>).

Cuando se detecta un caso de aflatoxicosis, lo primero que hay que hacer es retirar el forraje contaminado, para ayudar a recuperarse a los animales se les puede aumentar la cantidad de proteína en la ración, así como la administración de vitaminas y minerales. Si las lesiones no han sido muy graves, cabe esperar la desaparición de la toxina en menos de una semana, periodo en el cual los animales no se pueden destinar a consumo humano ni la

leche de las ovejas se puede aprovechar, dado que pueden encontrarse residuos de aflatoxinas en estos productos (Fernández *et al*; 2002).

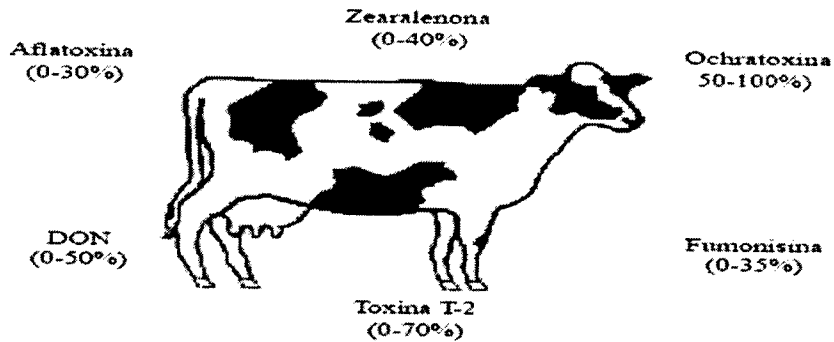


Fig.3. Metabolismo ruminal de micotoxinas (Torres & Díaz, 2002)

2.10.2. Eslaframina:

Es una micotoxicosis producida por el hongo *Rhizoctonia leguminicola* cuando crece en las leguminosas. Produce lo que se denomina "mancha negra" en el trébol rojo y en la alfalfa que aparece como manchas o anillos concéntricos en el tallo y las hojas de la planta. Este hongo se encuentra en el suelo y también puede infectar a otras leguminosas. La eslaframina produce un síndrome salivar debido a que es un compuesto parasimpático-mimético que estimula a las glándulas exocrinas (páncreas y glándulas salivares). Las ovejas salivan constantemente, presentan anorexia, timpanismo, diarrea, excesivo lagrimeo y orinan frecuentemente. La salivación alcanza su máxima intensidad a las 4-5 horas de haber sido ingerida y desaparece a las 24 horas. El tratamiento con un antagonista como la atropina no siempre es efectivo (Fernández *et al*; 2002).

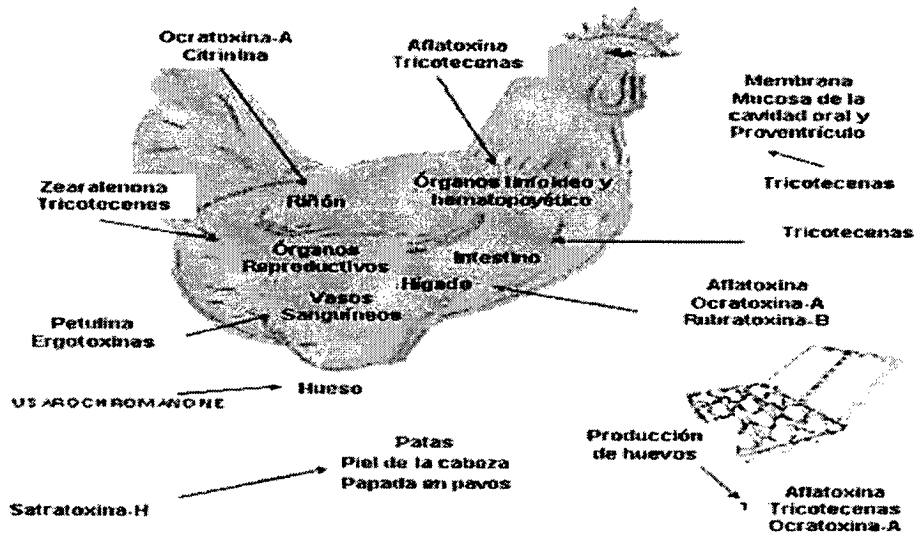


Fig 4. Efecto de las micotoxinas en diferentes órganos de aves (Torres & Díaz; 2002)

2.10.3. Estaquiobotriotoxicosis

Es una micotoxicosis producida como consecuencia de la ingestión de estaquiobotriotoxina. Esta toxina se encuentra en el forraje y el heno infectado por *Stachyobotrys alternans*. Se trata de un hongo saprofito que crece sobre los sustratos húmedos, ocasionando unas manchas negras como el hollín. Esta micotoxina afecta a caballos y rumiantes. Los animales rechazan el forraje, tienen diarreas y aparecen lesiones ulcerativas en los labios, lengua y boca, y las ovejas que están amamantando a los corderos dejan de producir leche. También puede aparecer fiebre y descarga nasal. La piel se vuelve áspera y quebradiza, especialmente alrededor de las órbitas y de la cara. En el forraje contaminado se pueden ver los micelios negros y los conidioforos pertenecientes al hongo (Fernández *et al*; 2002).

2.10.4. Eczema Facial

Es una fotosensibilización hepatógena debido a la ingestión de esporidesmina producida en los pastos por *Pithomyces chartarum*. Este hongo infecta los restos vegetales y pastos en los campos que son consumidos por las ovejas, se describió por primera vez en ovejas de Nueva Zelanda a principios del siglo XIX y en Europa en el año 1984, su presencia varía

con las condiciones ambientales siendo más frecuente en los otoño lluvioso, que después viene acompañado de un verano seco que los pastos, con materia vegetal muerta, y la humedad de lluvias favorece el desarrollo del hongo, produce cirrosis hepática incluso seis

meses después de haber ingerido la micotoxina y de esta lesión se deriva la patogenia del proceso. En las ovejas aparecen dermatitis, fotosensibilización e ictericia, también presentan inflamación de la conjuntiva, sacudidas de la cabeza y prurito. Las lesiones se asientan principalmente en orejas, párpados, cara, hocico, pezones y vulva, los cuales aparecen enrojecidos, mostrando exudados y escarificación. Debido a la lesión hepática, las ovejas presentan elevados niveles de bilirrubina (Fernández *et al*; 2002).

2.10.5. Leucoencefalomalacia Equina

La leucoencefalomalacia es una enfermedad neurológica degenerativa (necrosis del hemisferio cerebral) producida por la alimentación con forraje contaminado por *Fusarium moniliforme* que produce una micotoxina llamada Fumonisina B₁. Los cultivos afectados son los de maíz (maíz y productos derivados del maíz destinados al consumo humano y animal). El hongo crece normalmente en el grano de maíz mohoso que ha sido afectado por la lluvia mientras está en el tallo o que ha sido almacenado húmedo. La enfermedad también se produce en caballos que consumen alimentos comerciales, incluyendo granulados (<http://www.ars.usda.gov./is/pr/1999/990205.htm>).

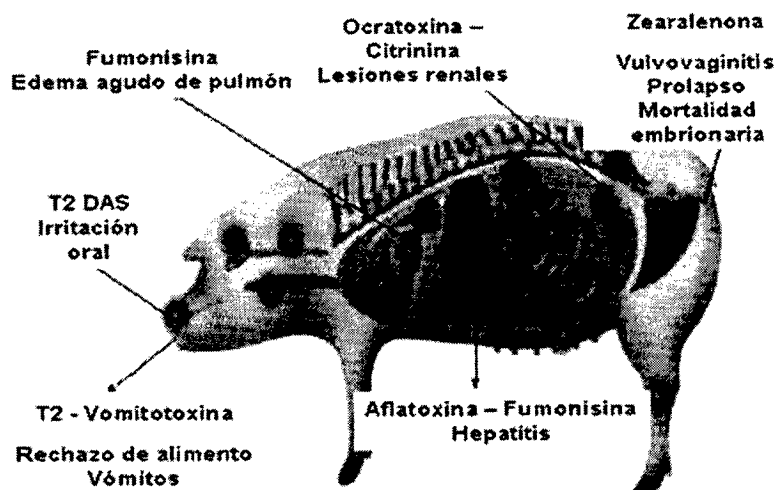


Fig. 5. Efecto de las micotoxinas en diferentes órganos de porcinos (Torres & Díaz; 2002)

2.11. Prevención de Contaminación por Hongos Micotóxicos.

La prevención de la producción de micotoxinas en los forrajes y granos implica un control de la biosíntesis de la toxina y el metabolismo de los hongos en el campo. El manejo adecuado de los forrajes verdes se considera un método ideal de control de contaminación tanto en la producción como en la cosecha de este. Sin embargo, en la práctica es difícil controlar factores ambientales como temperatura y humedad en la producción de forraje verde (Torres & Díaz, 2002).

2.11.1 Estrategias para Prevenir Hongos en el Forraje Verde:

- Reducir el estrés sufrido por la planta
- Control de insectos dentro de los módulos
- Eliminación de residuos dentro del módulo
- Utilización de Adsorbentes.
- Control medioambiental de conservación: la humedad, contenido o exceso de agua dentro de charolas, presión de O₂ y temperatura.
- Control de insectos y roedores ya que algunos son portadores de hongos.
- Separar todos los granos partidos y forrajes dañados antes de la siembra.
- Utilización del ácido propiónico como agente antifúngico (Denli & Pérez, 2006).

2.12. Control y Eliminación de Hongos en Forraje Verde Hidropónico.

Los principales factores que se deben controlar para evitar la producción de micotoxinas son: temperatura (cada moho tiene un rango de temperaturas en los cuales puede producir la toxinas), humedad (los mohos requieren menos humedad para el crecimiento que las bacterias o levaduras). Los valores óptimos de producción de micotoxinas por los hongos es el rango de actividades de agua de 0.93-0.98. El pH del sustrato también puede afectar la producción de micotoxinas. Generalmente la producción de toxinas se ve favorecida por valores de pH en el rango 3.4-5.5. También hay que tener en cuenta el sustrato; alimentos ricos en carbohidratos favorecen más la producción de toxinas. Sin embargo, también pueden producir toxinas en sustratos relativamente ricos en proteínas o grasa.

Teniendo en cuenta estos factores en los procesos, almacenamiento y distribución de los productos, se puede minimizar la contaminación de los productos con micotoxinas (<http://docum.azti.es/RIESGOS.nsf/0/cd13b5499cb2e4e1c1256c0500317f3f?OpenDocument>).

Otro aspecto importante a tener en cuenta para el uso de estos agentes de control biológico es su relación ecológica con otras bacterias benéficas que también viven en las raíces de las plantas, en especial los rizobios. Estas bacterias son utilizadas para inocular prácticamente el 100% de las semillas de leguminosas forrajeras sembradas. El efecto benéfico de los rizobios reside en su capacidad para transformar el nitrógeno del aire en formas químicas que pueden ser asimiladas por las plantas (fijación biológica de N₂), por lo cual se utiliza la inoculación con rizobios como alternativa al uso de fertilizantes nitrogenados. Esto hace factible el desarrollo de un inoculante mixto que sirva para promover el crecimiento de leguminosas forrajeras directamente (efecto de los rizobios por el aporte de nitrógeno) y proteja a las plantas de enfermedades por inhibición de hongos patógenos (<http://iibce.edu.uy/2001-07/index.html>).

En términos generales se debería de usar semilla de buena calidad de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento, también es muy conveniente que las semillas elegidas para la producción de forraje verde se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con agentes preemergentes, o algún otro pesticida tóxico, es también muy importante lavar y desinfectar la semilla (Arano, 1998).

Los hongos son organismos aeróbicos unicelulares. El crecimiento fúngico puede ocurrir en medios que contengan poca agua disponible la cual sería necesaria para soportar el crecimiento bacteriano. El control del crecimiento fúngico es el primer y más importante paso en el control de las micotoxinas a pesar de los riesgos de los hongos y micotoxinas animales, hay medidas de precaución efectiva para los animales (Torres & Díaz 2002)

Estas medidas incluyen:

- Examinar el alimento para detectar la presencia de micotoxinas
- Poca humedad en el alimento. Los niveles de humedad ideales no deberán exceder el 12%.
- Mantener el alimento fresco. El crecimiento fúngico toma tiempo y en alimento almacenado puede ocurrir dependiendo de la temperatura ambiental y los niveles de oxígeno de éste.
- Mantener el equipo limpio. Esto es importante ya que no solo nos aseguramos de controlar los hongos y por consiguiente las micotoxinas, sino también nos libramos de bacterias patógenas.
- Mantener el grano intacto hasta un secado adecuado. El crecimiento de hongos es más común en granos dañados o procesados.
- Mantener limpios los equipos de elaboración y la manipulación del alimento.
- Usar inhibidores de hongos. Los productos a base de ácido propiónico son muy efectivos para la inhibición del crecimiento fúngico, pero no para las micotoxinas. El ácido propiónico buferado tiene la ventaja de ser menos cáustico para el equipo, más estable y efectivo para periodos largos de tiempo que los ácidos de sales o ácidos libres. La razón de esta efectividad es que el ácido propiónico buferado no se volatiliza en el almacén antes de ser aplicado. Lo que permite más consistencia y mayor duración de la inhibición (Torres & Díaz 2002).
- -Usar microorganismos biológicos los cuales son bacterias lácticas como (*Saccharomyces cereviceae*), las cuales se utilizan en la fermentación de los alimentos ya que poseen estructuras de pared con capacidad de adherir micotoxinas (Shetty & Jesperen, 2006).
- Una amplia variedad de sustancias químicas se han estudiado para la eliminación de algunas mico toxinas, entre estas sustancias se puede mencionar el uso de amoniaco, formol, hidróxido de calcio, bisulfito de sodio, ozono, cloro, monometilamina, sin embargo, el método de amoniación es el que ha recibido mayor atención para la eliminación de aflatoxinas y se ha usado en Estados Unidos y Europa ([//metodos_determinacion_identificacion_control_s_articulos_300_MYC.htm](http://metodos_determinacion_identificacion_control_s_articulos_300_MYC.htm)).

En la actualidad, el método más aplicado para proteger a los animales contra micotoxicosis es la utilización de los adsorbentes mezclados en la alimentación y que se suponen atan las micotoxinas eficientemente en la zona gastrointestinal, la utilización de adsorbentes de micotoxinas en el contenido digestivo es el método considerado de elección en la protección de los animales frente al consumo de ingredientes contaminados.

2.12.1. Uso de Adsorbedores

Un adsorbente de micotoxinas es un material inerte, capaz de fijar a su superficie la micotoxina y salir del organismo junto con las heces. El adsorbente evita que la micotoxina sea absorbida por el animal y evita así el efecto tóxico de ella. Los sustratos mas utilizados como los aluminosilicatos(zeolitas naturales, clinoptilolita, aluminosilicatos de sodio y calcio hidratados (HSCAS), bentonitas naturales motmorillonitas), seguidos del carbón de leña activado y los polímeros especiales, dependen principalmente de la estructura química del adsorbente y la toxina(Huwig *et al*; 2001).

Algunos adsorbentes como la colestiramina y polivinilpolirridona tienen capacidad de adhesión de la aflatoxina B₁ y ocratoxina A, Sin embargo se debe también destacar el riesgo de que algunos adsorbentes pueden fijar algunos micronutrientes y reducir disponibilidad de algunos minerales y vitaminas (Yannikouris & Jouany; 2002).

2.12.1.1. Aluminosilicatos Hidratados de Sodio y Calcio

Los aluminosilicatos comprenden una familia muy grande de minerales con diferentes propiedades de superficie, pero generalmente del tipo hidrofílica. Este tipo de adsorbentes tiene una alta afinidad por aflatoxinas. Han demostrado ser bastante eficaces frente a aflatoxina a dosis entre el 0,5 y el 2 %, pero muy baja para toxinas de menor polaridad como la zearalenona, e incluso la *ocratoxina A*. No todos los compuestos de esta familia tienen la misma capacidad para secuestrar micotoxinas, por lo que es importante conocer su actividad real. Esta actividad es importante determinarla *in vivo* puesto que la unión micotoxina-adsorbente puede verse afectada por los distintos pH y condiciones a los que se ve sometida a lo largo del sistema digestivo. De hecho, en algunos casos incluso se ha detectado un aumento de la toxicidad *in vivo* utilizando adsorbentes que habían demostrado una buena capacidad de adsorción *in vitro* (Huwing *et al*; 2001).

2.12.1.2. Amonio

La aspersión con amoníaco, a veces puede ser eficaz pero no siempre son baratos y también puede destruir los nutrientes. Cuando se formulan minuciosamente las raciones comerciales, cualquier aditivo empleado para controlar la contaminación por micotoxinas debe tener una proporción baja de inclusión para prevenir una reducción en el volumen de nutrientes de la dieta. Es vital que los aditivos no-nutritivos del alimento ocupen tan poco espacio como sea posible en la fórmula (Torres & Díaz, 2002).

2.12.1.3. Arcillas

Varios productos se adjudican la propiedad de reducir la actividad de micotoxinas en los alimentos animales. Algunas bentonitas y otras arcillas de aluminosilicatos adsorben micotoxinas en el intestino previniendo su absorción. Las arcillas ligan las micotoxinas a través de cargas eléctricas. Sin embargo, no todas las micotoxinas tienen cargas eléctricas, lo que hacen difícil ligarlas de esta manera. Aún cuando los ligantes a las arcillas minerales empleadas, satisfacen algunos de los criterios para un sistema de reducción de micotoxinas exitoso, éstos tienen algunas serias limitaciones. Primero, éstos sólo ligan un espectro muy corto de toxinas y ofrecen limitada protección contra toxinas como zearalenona o tricotecenos. Segundo, tienen una alta tasa de inclusión, generalmente más del 1% de la dieta (http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=134&AREA=MYC#1).

2.12.1.4. Carbón de Leña Activado.

El carbón de leña activado que es formado por la pirolisis de materiales orgánicos es un polvo insoluble muy poroso con una alta superficie para formar m^2/g en un rango de (500 – 3500ppm). Desde el siglo XIX se ha utilizado como antídoto contra el envenenamiento. Por lo tanto, puede ser que también haga inactivo a las micotoxinas. En la solución acuosa, puede fijar la mayor parte de los micotoxinas por adsorción eficientemente mientras que diversos carbones de leña activados tienen menos o ningunos efecto contra la micotoxicosis. Esto puede ser debido al hecho de que el carbón de leña activado es un adsorbente relativamente no específico y, por lo tanto, los alimentos esenciales también están fijados por adsorción particularmente si sus concentraciones en la alimentación son mucho más altas comparadas a las de las micotoxinas. En otros ensayos con cabras, sin embargo, fue demostrado que las altas dosis del carbón de leña activado son beneficiosas

en una situación aguda de envenenamiento referente a altas cantidades de aflatoxinas (Huwig *et al*; 2001).

2.12.15. Colestiramina.

Es una resina del intercambio de aniones que se utiliza para el bloqueo de los ácidos de la bilis en el aparato gastrointestinal y para la reducción de las lipoproteínas y del colesterol de baja densidad. La colestiramina tiene un efecto muy pequeño en la reducción de la concentración de la ocratoxina en sangre, bilis, y tejidos finos (Huwig *et al*, 2001).

2.12.1.6. Crospovidona (polivinilpirrolidona)

Otro adsorbente el cual también un polímero amfoterico altamente polar a la absorbancia in vitro de el cual fue medido como 0.3 mg/g para la zearalenone. Hasta ahora, este polímero no se ha probado en vivo pero podría ser una alternativa (Huwig *et al*, 2001).

2.12.1.7. Sulfatos

Un estudio actual ha descubierto el sulfato, como una sustancia, la cual tiene características que inhiben los ataques de los hongos. El uso de este producto no sólo inhibe crecimiento del hongo sino que también provee a la planta de los elementos minerales esenciales para su desarrollo (Monney, 2002).

2.13.- Análisis para la detección de micotoxinas

Existe un sistema para la detección de micotoxinas llamado (APPCC) Análisis de Peligros y Punto de Control Critico, también conocido como HACCP (Hazard Análisis and Critical Control Points) se basa en la implementación de un sistema de Manejo Integrado de Micotoxinas con el objetivo de mantener un estricto control sobre la seguridad de los alimentos. Este sistema debe estar diseñado con el fin de minimizar la contaminación de los alimentos por medio de la identificación de los riesgos y el establecimiento de una adecuada monitorización y prueba de los mismos.

El Concepto de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC), esta basado en siete principios citados a continuación:

- Conducción de un análisis de riesgos y de la identificación de medidas preventivas.
- Identificación de puntos de control críticos.
- Establecimiento de niveles críticos y límites de Micotoxinas en el alimento.
- Establecimiento de records.
- Establecimiento de procedimientos de verificación y prueba.

(<http://www.monografias.com/trabajos14/micotoxinas/micotoxinas.shtml>)

III. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

La mayoría de las investigaciones referentes a micotoxinas en forraje verde hidropónico, parecen haber tomado auge a principios de abril del 2003, cuando se detectaron problemas serios de contaminación en forraje verde hidropónico, tras la muerte de varias ovejas en granjas de Queensland, Australia causadas por hongos del genero *Aspergillus*, presentándose como resultado de un incidente relacionado con la contaminación del forraje verde hidropónico. (Sneath & McIntosh. 2003).

En México el Centro de Investigación en Química Aplicada, ha estado haciendo estudios relacionados con forraje verde hidropónico, el mes de marzo del año en curso se realizaron análisis y se detectaron la presencia de hongos fitopatogenos en el forraje verde hidropónico los hongos encontrados en las muestras fueron: *Fusarium graminearum*, *Alternaria sp.* y *Aspergillus sp.*, posteriormente en el mes de junio de este mismo año se volvió analizar otra muestra y se volvió a encontrar *F. graminearum*, *equiseti*, *moniliforme*, *culmorum*, *solana* y *oxysporum*, *Rhizopus sp.* cabe mencionar que de las muestras analizadas no se detectaron casos de envenenamiento en ganado de ningún tipo por consumo de este forraje contaminado.

El Dr. Clarke y colaboradores realizaron una evaluación de la contaminación por micotoxinas en granjas equinas en Canadá. Obtuvieron 12 muestras de forraje y cinco muestras de concentrados de cada granja. Los mayores niveles de micotoxinas detectados de dicha evaluación fueron los encontrados en forrajes; comparados con los concentrados. Las micotoxinas que fueron encontradas son: deoxinivalenol (DON), Zearalenona, y

Toxina T-2, las cuales fueron significativamente mayores que en los niveles de los alimentos concentrados. Los niveles aumentados de micotoxinas en los forrajes y alimentos fueron asociados con el aumento de la contaminación por hongos. (http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=135)

En Irlanda y Canadá se realizaron estudios de forrajes y avena concentración de micotoxinas, para comprobar el grado de contaminación fúngica en la alimentación de caballos que competía con yandas por períodos de un año. Los resultados fueron que el 13% del forraje tuvieron presencia de hongos patógenos. De las micotoxinas detectadas, el T2 y el zearalenone eran los más prominentes. 21% del forraje irlandés y el 16% de alimentación granulada contuvieron zearalenone. Cuarenta por ciento de avena y el 54% de alimentación granulada contuvieron las toxinas de T2. (Buckley *et al*, 2007).

En la Estación Experimental Agropecuaria Rafaela del INTA (Argentina) se realizó un trabajo para utilizar Deoxinivalenol (DON) como marcador de la presencia de micotoxinas en ensilajes y henos, como así también estudiar la microflora presente en los mismos, haciendo énfasis, especialmente, en las especies correspondientes a los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Asimismo, se procuró relacionar estos resultados con los obtenidos de los estudios químicos de los forrajes. Los resultados de este estudio pusieron de manifiesto que la detección era positiva a esta micotoxina, aún en ausencia de *Fusarium*. Presentó contaminación con *Aspergillus flavus*, hongo potencialmente productor de aflatoxinas (<http://www.consumaseguridad.com/web/es/investigacion/2003/06/04/6735.php>).

Cabe mencionar que en algunos estudios que se han llevado a cabo no hay nada concreto en cuanto a resultados exitosos para control de enfermedades producidas por hongos ya que cada investigador estudia cada micotoxina por individual, esta revisión tiene ha consideración hacer conciencia de que se debe estar alerta ante la presencia de micotoxinas en forraje verde hidropónico, el daño que ocasionan al ganado así como la pérdida económica que provocan a los productores. Si los casos van a ser investigados, se requiere un protocolo bien definido, del conocimiento del problema, técnicas de producción, manejo del cultivo y la implicación posible de contaminación por micotoxinas al forraje verde, la respuesta rápida de los investigadores expertos en disciplinas de manejo de producción de forraje verde hidropónico y sus principales problemas que se tienen al producirlo, así como también problemas micológicos. Con este fin, para que la detección

de micotoxinas y su control sean detectados a tiempo y evitar la contaminación tanto en forraje como en animales. La efectividad de los secuestrantes y o absorbedores, no es la misma para todas las micotoxinas ya que muchos de ellos tienen mayor efectividad con las aflatoxinas. Los suficientes datos y métodos que se han desarrollado para determinar y para manejar riesgos en la salud animal y humana, aun no están contempladas aunque es probable que los riesgos a los animales y al hombre vía derivados y productos animales sean mínimos.

IV. ÁREAS DE OPORTUNIDAD

México tiene una amplia área de oportunidad para realizar investigación sobre los principales problemas que se están presentando en producción de forraje verde hidropónico, ya que la superficie está creciendo y aun no se tiene conocimiento respecto a problemas de contaminación por micotoxinas, y los que se tienen aun no han sido casos severos, los investigadores tienen una área oportunidad muy grande de enfocar sus estudios hacia la producción de forraje verde hidropónico y así complementar la reducida información que se dispone sobre las micotoxinas presentes en el forraje verde, sabemos que existen ciertos efectos que son nocivos para la salud de los animales y humanos.

Se tiene que profundizar sobre este tema y considerar cuáles son las concentraciones mínimas de micotoxinas permisibles en el forraje verde como alimento para los diferentes tipos de ganado, también hay que hacer análisis regularmente y detectar a tiempo las muestras de lo que come el animal. Por lo que las muestras deben tomarse en el comedero. Debe recordarse que las toxinas se forman en los lugares de almacenamiento o en espacios donde hay mucha humedad y no existe ventilación. La prioridad para la investigación futura depende de las diferentes dependencias de gobierno y centros de investigación y debe apuntar a la identificación de micotoxinas y soluciones en cuanto a su manejo cuando se presente el problema ya que se encuentran en los derivados de los animales como carne, leche, huevos y otros productos de origen animal las cuales al consumirlas los humanos contienen residuos tóxicos y producen alergias, intoxicación, vomito, daños neurológicos o deformaciones.

El desarrollo de un modelo de investigación para determinar y manejar riesgos asociados con las micotoxinas y otras causas de contaminación del forraje verde hidropónico,

permitiría un acercamiento constante a la investigación para controlar este problema, la priorización y vigilancia, así como los riesgos ocasionados en animales y humanos.

Mientras no se considere que las micotoxinas representen un problema fuerte de contaminación que afecta la salud tanto animal como humana, en las áreas desarrolladas del mundo, los efectos que se tienen de productividad seguirán siendo importantes.

El reconocimiento de micotoxicosis es extremadamente difícil, este problema se incrementa con la ausencia de los protocolos estructurados para la investigación de casos con problemas de micotoxinas en forraje verde. Si existe un problema clínico u ocasional de la enfermedad, es probable que la exposición subclínica sea mucho más frecuente.

V.-CONCLUSIONES

Podemos señalar que las condiciones ambientales influyen considerablemente en la presencia de enfermedades fungosas del forraje verde hidropónico, también se han detectado especies de hongos presentes su grado de infección de estos hongos sobre los animales que consumen, es importante mencionar que en México aun no existen informes sobre contaminación de animales por micotoxinas en forrajes ya que esta empezando en la producción y esta a su vez se esta convirtiendo en una alternativa rentable en la producción de forraje hidropónico, se esta volviendo una necesidad para aquellos ganaderos que no poseen terreno agrícola, debido al alto costo de los forrajes y a su escasez por temporadas. La presencia de micotoxinas en el forraje verde determina enormes pérdidas al sector ganadero ya que representan un riesgo para la salud humana y animal, representa un desafío para la industria pecuaria (ganadera), ya que por lo regular la intoxicación se da por varias micotoxinas al mismo tiempo y los efectos se complican por la presencia de otros factores dado que es muy difícil obtener insumos libres de toda contaminación, se deben proponer diversas formas para el manejo de este problema.

La alternativa actual más práctica para controlar micotoxicosis en la industria pecuaria es el uso de adsorbedores o secuestrantes de micotoxinas, sin embargo, este tema es muy polémico pues existen muchas opciones en cuanto a estos productos.

Debido a estas condiciones debe ser prioritario establecer estrategias de control y tratamiento que reduzcan la presencia y el impacto de las micotoxinas; ya que presentan un problema para el forraje verde hidropónico y la producción animal, el conocimiento actual que se tiene sobre la existencia micotoxinas en los forrajes y granos destinados para la alimentación animal es muy limitado, por lo cual se recomienda a los investigadores de

dependencias de gobierno y centros de investigación profundizar y así poder evitar una problemática más fuertes en un futuro.

Es importante tomar en cuenta todas las medidas de manejo, prevención y destoxificación de los alimentos para ganado existentes, son necesarias para asegurar una máxima producción procurando el confort adecuado de los animales en nuestra explotación así como un uso racional de los diversos productos químicos que se tienen al alcance para combatir y prevenir los diversos padecimientos y complicaciones que se pueden presentar en cualquier momento.

A pesar de los numerosos estudios realizados, todavía hay más interrogantes que respuestas. Los riesgos asociados a la salud han sido en muchos casos caracterizados no obstante aun no se han precisado los mecanismos por los cuales estas toxinas llegan ocasionar tales daños. La capacidad de difusión y contaminación así como los efectos que aunque en mínimas dosis puedan causar, las hace presentarse como un enemigo silencioso el cual debemos aprender como afrontarlo. La principal arma para combatir a las micotoxinas la constituye la difusión objetiva de la información a todos los integrantes de las cadenas productivas de alimentos y las consecuentes medidas de prevención y control que se puedan aplicar a lo largo de la misma. Se debe por otra parte lograr unificar los criterios en materia de normalización de los procedimientos para el muestreo, los análisis para la detección y los niveles permisibles tratando de globalizar el problema de las micotoxinas y las acciones para contrarrestarlo. No debemos esperar que ocurran hechos lamentables que involucren la vida ya sea humana como animal para empezar a conocer sobre las micotoxinas. Finalmente se puede decir que al cuidar el alimento que consumen los animales en producción, se contribuye a la inocuidad alimentaria, en una mejor nutrición humana y en un menor número de enfermedades.

V.-RECOMENDACIONES

En la actualidad no se tienen estudios que puedan orientar hacia un manejo y control eficiente de enfermedades tóxicas en el forraje verde hidropónico, se sugiere que los investigadores y productores, dedicados a este tema profundicen más en él.

En México, uno de los países que está comenzando con esta técnica, no cuenta con información reciente al respecto, en cuanto a que saber hacer cuando se presenten este tipo de problema de contaminación por forrajes o granos, los únicos antecedentes que se tienen son de Australia y Canadá, países que están a la vanguardia en este problema y los cuales han profundizando más en el estudio de micotoxinas presentes en forrajes.

Cabe mencionar que los diferentes trabajos de investigación que se han realizado han estado orientados principalmente a la alimentación de ganado caprino, equino, ovino, porcino, vacuno y sus diferentes rendimientos en producción de leche y calidad de carne, pero deberían realizar más líneas de investigación enfocadas a los principales problemas de contaminación por micotoxinas que tipo de hongos y bacterias los producen y como controlar este problema en el forraje, así como darle posibles soluciones para que los productores cuenten con la información necesaria y actuar en su momento.

Existen medidas para prevenir la contaminación, por ejemplo, la utilización de productos antifúngicos, buenas condiciones de procesamiento de los granos y forrajes, almacenamiento adecuado de los alimentos, etc. La dilución de la contaminación, mezclando alimentos de diferentes partidas, por ej. alimentos con baja contaminación con ingredientes no contaminados, puede constituir una forma de manejo que genere menos riesgo. Sin embargo, la utilización de las sustancias denominadas “secuestrantes o adsorbentes de toxinas” parece ser una opción práctica muy atractiva no sólo de índole paliativo sino también preventivo del problema. Todo lo anterior encaminado hacia mejorar la calidad de los productos pecuario finales para consumo, procurando y/o garantizando de esta forma el mantenimiento de la salud animal y humana.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

- Arano, R. C. (1998), Forraje Verde Hidropónico y otras técnicas de cultivo pp. 143-150.
- Buckley T. A. Creighton, U. Fogarty (2007), Analysis of Canadian and Irish forage, oats and commercially available equine concentrate feed for pathogenic fungi and mycotoxins. Irish Veterinary Journal Vol. 60 Num. 4 pp.231-236.
- De La Torre M. F.J (2005) Determinación de fertilización e influencia de la radiación solar para la producción de Forraje Hidropónico de trigo (*Triticum aestivum L.*) en invernaderos tipo túnel. Tesis de Licenciatura UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- Denly M. Pérez J.F. (2006) Contaminación por micotoxinas en los piensos. Efectos tratamientos y prevención. XXII Curso de Especialización del Fundación Española Para el Desarrollo De La Nutrición Animal (FEDNA). Barcelona, España.
- FAO, (2001) Manual Técnico de Forraje Verde Hidropónico, Santiago De Chile 2001
- Fernández A. A. Loste, T .Sáez., J.J. Ramos. (2002) Principales micotoxicosis en el ganado ovino. Revista Pequeños Rumiantes, 3, 3, pp 8-13,
- Fokunang, Ch, E.A. T. Fokunang, P. Tomkins and S .Barkwan. (2007), Global impact of mycotoxins on human and animal health management. Outlook on Agriculture Vol. 35, pp. 247-253
- Guzmán Y. A.(2006).Determinación de la Densidad de Siembra y Dosis De Fertilización para la producción de Forraje Verde Hidropónico de Trigo(*Triticum aestivum L.*) y Triticale(*X Triticosecale W*)Bajo Dos Condiciones de Luz. Tesis de Licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- Hinton, M.N (2000), Infections and Intoxications Associated with animal feed and forage which may Present a Hazard to Human Health. The Veterinary Journal. Vol. 159 pp. 124-138
- Huwig, A. Freimud, S. Kappelli O. and Dutler, H. (2001), Mycotoxins detoxication of animal feed by different adsorbents. Toxicology Letters Vol. 122 pp.179-188
- Lacey J. (1989). Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. Journal of Applied Bacteriology, Symposium supplement.11 -25pp
- Lawlor P. G. and P. B Lynch. (2001), Mycotoxins in pigs feeds 1: Source of toxins prevention and management of mytoxicosis. Irish Veterinary Journal, Vol. 54,(3) pp.19-29
- Lawlor P. G and P. B. Lynch (2001), Mycotoxins in pigs' feeds 2: Clinical Aspects. Irish Veterinary Journal Vol. 54(4) pp.172-176
- Monney, J. (2002), Growing Cattle Feed Hydroponically. Meat Livestock Australia.
- Nelson, C. (1993). Strategies of Mold Control in Dairy Feeds. J. Dairy Sci., 76: 898 – 902.

- Shethy, P.H & L. Jespersen. (2006) Trends in Food Sciences in Technology Vol. 17 pp 48-55.
- Sneath, R. and F. McIntosh (2003). Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Meat & Livestock Australia Limited.
- Scudamore, K. and Ch. Livesley.(1998), Occurrence and Significance of Mycotoxins in Forage Crops and Silage: a Review. J Sci Food Agric Vol.77 pp 1-17.
- Torres, F & G. L Díaz. (2002) Micotoxinas en la alimentación animal Tesis de Postgrado. Universidad Autónoma de Chihuahua.. Chihuahua, Chih.
- Yiannikouris, A. & Jouany Jean Pierre (2002), Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review Anim. Res. Vol. 51 pp. 81-99.

PAGINAS WEB CITADAS

- <http://www.ars.usda.gov/is/pr/1999/990205.htm>. Autor: By Jill Lee **Scientists Find New Clue to Treat Lethal Horse Disease**. Consultado (4-Julio -2007)
- <http://docum.azti.es/RIESGOS.nsf/0/cd13b5499cb2e4e1c1256c0500317f3f?OpenDocument> Autor: Desconocido Consultado (Junio-2007)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Fodder>Autor: Desconocido. **Growing Fodder Hydroponically** .Consultado (18-Abril 2007)
- http://www.engormix.com/aflatoxina_m1_leche_riesgos_s_articulos_372_MYC.h
Aflatoxina M1 en la leche. Riesgos para la Salud Pública Prevención y Control Autor. Alberto Gimeno. Consultado (13-Junio- 2007).
- <http://www.consumaseguridad.com/web/es/investigacion/2003/06/04/6735.php> Autor: Luis C. Galán Alejo/ José Juan Rodríguez Jerez. Observatorio de la Seguridad Alimentaria Universidad Autónoma de Barcelona: **La Contaminación por Micotoxinas** (5- Julio-2007).
- http://www.ecooprinsem.cl/softagri/Cooprinforma64/Articulo_2_3.htm.Autor Desconocido. Consultado (Junio2007)
- http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=134&AREA=MYC#1 Autor: Alltech. **Combatiendo la contaminación por micotoxinas**. Consultado (Mayo-2007)
- http://www.engormix.com/importancia_micotoxinas_cerdos_s_articulos_246_MYC.hm
Autor: Ing. José E. Ferrer (Agranco Corp.) **Importancia de las micotoxinas en cerdos**. Consultado.(8 -Junio2007)
- http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=135. Autor: Alltech Consultado (8-Junio-2007) **Los Efectos de las Micotoxinas en los Caballos: Lo que conocemos hasta ahora**
- http://www.engormix.com/micotoxinas_laboratorios_burnet__s_articulos_464_MYC.htm
Autor: Desconocido. **Micotoxinas** Consultado (-Junio -2007).

http://www.engormix.com/s_articulos_view.asp?AREA=MYC&art=351. Autor: Alberto Gimeno .**Micotoxinas más Significativas** (11- mayo-2007).

http://www.engormix.com/presencia_micotoxinas_granos_raciones_s_articulos_408_MYC.htm. Autor: **Presencia de Micotoxinas en Granos y Raciones para Cerdos (agriNEA)**. Consultado. (Mayo-2007)

<http://www.forrajehidropónico.com/art002.htm> .Autores: Alfredo Rodríguez Delfín y Hugo Tarrillo Olivas **Producción de Forraje Verde Hidropónico como alternativa de alimento para animales de las zonas afectadas por la ola de frío en el Sur del Perú.**

<http://www.forrajehidropónico.com/art003>. Autor Ing. Hugo Tarrillo. **Forraje Verde Hidropónico Maximizando el campo.**

<http://iibce.edu.uy/2001-07/index.html>. Autor: **Enfermedades de Nuestras Pasturas**. Consultado. (12-junio -2007)

<http://www.isar.org> Autor: Pavel Rotar. **Hydroponics' techniques Sprout Healthy, Inexpensive Fodder**. Consultado (Abril 2007).

http://www.metodos_determinacion_identificacion_control_s_articulos_300_MYC.htm
Autor: Desconocido. Consultado (2007)

<http://www.monografias.com/trabajos14/micotoxinas/micotoxinas.shtml> Autor: Dr. MVZ. Raúl González Salas. **Desafíos en la Lucha contra las Micotoxinas** Consultado. (Mayo 2007).

<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/> Autor: Christian Amandus Alvarado Gilis. **Micotoxinas en Nutrición Animal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias**. Consultado (Mayo 2007).

<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/animal/ppc/enfermedades/aflatox.htm>. Autor: FAO. **Enfermedades del Cerdo**. Consultado. (Julio-2007)

<http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/04htextoaspergilos.pdf>. Autor: Leonor Carillo **Los Hongos de los Alimentos y Forrajes. Aspergillus**. Consultado (26- Junio- 2007)

<http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/06htextofusarios.pdf>. Autor Leonor Carillo. **Los Hongos de los Alimentos y Forrajes. Fusarium** .Consultado (26 Junio 2007).

<http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/05htextopenicilios.pdf> Autor Leonor Carrillo. **Los Hongos en los Alimentos y Forrajes. Penicillium**. Consultado (28 -Junio- 2007)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Fodder>. Autor: Desconocido **Growing Fodder Hydroponically** .Consultado (18-Abril 2007).

www.wpsa-aece.com/img/informacion/wpsa1161831538a.pdf. Autor: Juan C. Blandon y Muzzafer Denly. **La Presencia de las Micotoxinas en el Pienso y su Impacto en la Producción Avícola**. Consultado (27-junio-2007).