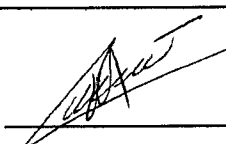


TESIS CON CARACTER ABIERTO

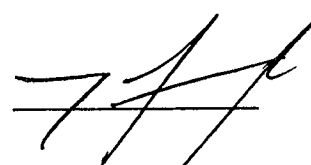
PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

AUTOR: JOSÉ CRUZ DE LA PEÑA MORALES FIRMA



TITULO: Evaluación de Productos Químicos para el Control de Micotoxinas en el Sistema Productivo de Forraje Verde Hidropónico.

ASESOR: Dr. Marco Antonio Arellano García FIRMA:



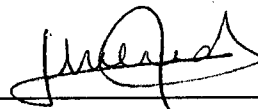
El Centro de Investigación en Química Aplicada clasifica el presente documento de tesis como ABIERTO.

Un documento clasificado como Abierto se expone en los estantes del Centro de Información para su consulta. Dicho documento no puede ser copiado en ninguna modalidad sin autorización por escrito del Titular del Centro de Información o del Director General del CIQA.

Saltillo, Coahuila, a 22 de Septiembre de 2010



Sello de la Institución



Dr. Juan Méndez Nonell
Director General del CIQA

**CENTRO DE INVESTIGACION EN QUIMICA APLICADA
DEPARTAMENTO DE PLASTICOS EN LA AGRICULTURA**



**Evaluación de Productos Químicos para el Control de
Micotoxinas en el Sistema Productivo de Forraje Verde
Hidropónico**

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para

Obtener el Título de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

POR:

JOSÉ CRUZ DE LA PEÑA MORALES


CENTRO DE INFORMACIÓN

07 OCT 2010

RECIBIDO

SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

AGOSTO 2010.

PROGRAMA DE POSGRADO EN AGROPLASTICULTURA



TESIS

**Evaluación de Productos Químicos Para el Control de
Micotoxinas en el Sistema Productivo de Forraje Verde
Hidropónico**

Presentada Como Requisito Parcial Para

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

Asesor

Dr. Marco A. Arellano García

SINODALES

M. C. Eduardo A. Treviño López

Dra. Hortensia Ortega Ortiz

Dr. A. Javier Lozano Del Rio

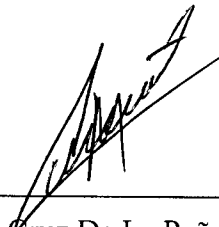
AGOSTO DE 2010

Saltillo, Coahuila, México.

DECLARACIÓN

Declaro que la información contenida en la Parte Experimental, así como en la Parte de Resultados y Discusión de este documento y que forman parte de las actividades de investigación y desarrollo realizadas durante el período que se me asignó para llevar a cabo mi trabajo de tesis, será propiedad del Centro de Investigación en Química Aplicada.

Saltillo, Coahuila a 30 de Agosto de 2010.



José Cruz De La Peña Morales

AGRADECIMIENTOS

A Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); por el otorgamiento del apoyo económico y moral que nos brinda al permitirnos seguir superándonos y formar parte de esta gran familia científica y tecnológica.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por la oportunidad de ser parte de este proyecto (maestría en ciencias en agroplasticultura) y por todo el apoyo brindado durante mi estancia en el mismo.

Al Dr. Marco Antonio Arellano García por la confianza que me dio para estar al frente de este proyecto y sacarlo adelante con sus enseñanzas.

Al Dr. Santiago Sánchez por haber sido un buen tutor y brindarme sus consejos desinteresadamente y saber que siempre cuento con su apoyo.

A todos los maestros y doctores que con su paciencia y conocimiento han forjado en mí una nueva etapa de superación.

A la Coordinación de la Maestría por tener la confianza y la paciencia para que se pudiera lograr este anhelo.

Al Departamento de Posgrado por el apoyo brindado durante toda nuestra estancia dentro del plantel.

A la gente de campo, por toda la ayuda proporcionada y enseñanzas prácticas para que este trabajo se llevara a cabo.

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza y el cobijo así como vida y salud para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres, por darme la vida, el sustento, los valores y la educación necesaria para salir adelante y ser un hombre de bien.

A mis hermanos, por el apoyo incondicional que siempre supieron darme en situaciones adversas y momentos gratos

A mis hijos que son el motor inalcanzable de mi vida para seguir adelante todos los días de mi vida

A toda la gente que estuvo apoyando incondicionalmente durante todo este tiempo y que sacrifico tiempo, desvelos, alegrías, frustraciones, por todo esto, muchísimas gracias.

RESUMEN

La contaminación en forraje verde hidropónico con especies fúngicas productoras de micotoxinas es uno de los riesgos para la alimentación animal. Esta investigación tiene como objetivo generar las tecnologías para controlar hongos patógenos, para la producción del forraje verde hidropónico. Describimos los procedimientos preventivos y correctivos posibles, controlando el lavado y desinfección, imbibición y germinación y aplicando productos químicos utilizados en la industria alimentaria como método correctivo cuando aparezcan los posibles agentes contaminantes del forraje verde hidropónico. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar. Se efectuaron diferentes dosis de hipoclorito de sodio para limpieza y desinfección donde se encontró que la dosis del 8% resulta ser efectiva. En cuanto a los niveles de imbibición y germinación se encontró que una hora es suficiente para obtener un margen de hasta seis días sin la aparición de contaminación en las charolas, además se obtuvo más de un 85% de germinación, comparando este método con el que se utiliza actualmente. Con los productos químicos se demostró que aplicándolos al quinto día se logra obtener una protección hasta por 8 días. En la selección de los productos químicos se comparó su efectividad aplicando el quitosán (biopolímero) y el ozono donde se observaron resultados de mucho interés, ya que con el uso de estos productos fue posible controlar los hongos hasta por seis días. Pero al pasar a los ocho días después de la siembra estos tratamientos se ven superados por sorbato de potasio.

Palabras claves: contaminación, hongos, forraje verde hidropónico, sustancias químicas, ozono, quitosán.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DECLARACION	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>ii</i>
DEDICATORIAS	<i>iii</i>
RESUMEN	<i>iv</i>
INDICE DE CONTENIDO	<i>v</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 El forraje verde hidropónico (FVH) en el mundo.....	1
1.2 Las micotoxinas y su influencia en el FVH.....	2
1.3 Hipótesis.....	4
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Particulares.....	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades del forraje verde hidropónico (FVH).....	5
2.2 Ventajas del forraje verde hidropónico.....	5
2.2.1 Uso reducido de agua.....	5
2.2.2 Utilización marginal del suelo.....	6
2.2.3 Suministro de alimento para ganado.....	6
2.2.4 Producción de FVH en corto tiempo.....	6
2.2.5 Se requiere menor tiempo de trabajo para producir FVH.....	7
2.2.6 El FVH contiene un alto valor alimenticio.....	7
2.3 Desventajas de la producción de forraje verde hidropónico.....	8
2.4 Principales semillas utilizadas en el FVH.....	8
2.4.1 El trigo.....	8
2.4.2 El triticale.....	10
2.4.3 El maíz.....	11
2.5 Metodología de Producción de FVH.....	12
2.5.1 Selección de granos utilizados en el FVH.....	13
2.5.2 Selección de la semilla para producir FVH.....	13
2.5.3 Lavado de semilla para la producción de FVH.....	13
2.5.4 La imbibición para las semillas utilizadas en FVH.....	14
2.5.5 dosis para la siembra para FVH.....	15
2.5.6 Germinación de la semilla para la producción de FVH.....	15

2.5.7	Charolas para la germinación y producción de FVH.....	16
2.5.8	Crecimiento de FVH.....	16
2.5.9	Riegos en las charolas.....	16
2.5.10	Aplicación de riegos con solución nutritiva.....	16
2.5.11	Cosecha y rendimientos en FVH.....	17
2.6	Factores importantes que afectan la producción de FVH.....	17
2.6.1	Calidad del agua de riego.....	18
2.6.2	Iluminación dentro del invernadero para FVH.....	18
2.6.3	Temperatura optima para el FVH.....	19
2.6.4	Humedad adecuada para el FVH.....	19
2.6.5	Ventilación adecuada dentro del invernadero.....	20
2.7	Principales hongos que atacan el FVH.....	20
2.7.1	<i>Aspergillus</i>	21
2.7.2	<i>Fusarium</i>	22
2.7.3	<i>Penicillium</i>	23
2.7.4	<i>Claviceps purpurea</i>	24
2.7.5	<i>Rhizopus</i>	24
2.8	Prevención de la Contaminación por Hongos que Producen Micotoxinas.....	25
2.8.1	Estrategias para prevenir hongos en el FVH.....	25
2.9	Control y eliminación de hongos en FVH.....	26
2.10	Productos Químicos para el control de hongos en FVH.....	27
2.10.1	Uso de los conservadores para control de hongos.....	28
2.10.2	Sorbato de potasio.....	29
2.10.3	Benzoato de sodio.....	30
2.10.4	Acido sórbico.....	31
2.10.5	Acido propionico.....	31
2.10.6	Sales cuaternarias de amonio.....	32
2.10.7	Acido fosfórico.....	32
2.10.8	Hipoclorito de sodio.....	33
2.10.9	Ozono.....	33
2.10.10	Quitósán.....	34
2.11	Situación de las micotoxinas a escala mundial.....	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	38

3.1 Localización geográfica del experimento.....	38
3.2 Características del sitio experimental.....	38
3.3 Material vegetal utilizado.....	38
3.4 Material de campo.....	39
3.5 Sustancias químicas.....	39
3.6 Equipos para automatización.....	39
3.7 Metodología para Medir la Contaminación en FVH.....	39
3.8 Descripción de los Métodos Actuales y la Propuesta de Modificación a los Mismos para el Control de Hongos en el FVH.....	40
3.8.1 Lavado y desinfección.....	41
3.8.2 Imbibición y germinación.....	42
3.8.3 Control de patógenos utilizando productos químicos.....	44
3.8.4 Evaluación de la efectividad del ozono.....	46
3.8.5 Evaluación de la efectividad del quitosán.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 Resultados Sobre Lavado y Desinfección para Trigo.....	49
4.2 Resultados Sobre la Imbibición y Germinación en Trigo para la Producción de FVH.....	50
4.3 Resultados de la Evaluación de los Productos Químicos para la Inhibición de Hongos Patógenos.....	52
4.4 Evaluación de la Efectividad del Ozono.....	55
4.5 Evaluación de la efectividad del Quitosán.....	56
4.6 Identificación de Hongos Presentes en el FVH.....	57
4.7 Análisis Bromatológicos del FVH de Trigo.....	57
4.8 Índice de materia seca para trigo.....	59
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	61

I. INTRODUCCIÓN

1.1 El forraje verde hidropónico (FVH) en el mundo

El forraje es un material vegetativo, utilizado para alimentar el ganado, las variedades de mayor interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en la familia de las gramíneas y de las leguminosas. Donde se incluyen pastos y cereales que tienen la característica de producir alta calidad y cantidad de alimento en un periodo corto de tiempo y además presentan altos contenidos en proteínas, hidratos de carbono soluble y bajo contenido de fibra (SEP, 1991).

El termino hidroponía deriva de los vocablos griegos “hydro” o “hudor” que significa agua y “ponos” equivalente a trabajo, literalmente se traduce como “trabajo del agua” o “actividad del agua”. Se puede definir a la hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan en una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua en el que a diferencia de los cultivos tradicionales en suélo, se utiliza como sustrato un material inerte o simplemente agua (Sánchez y Escalante, 1988).

En las regiones áridas y semiáridas existe poca disponibilidad de forraje debido a la poca precipitación y aunado a esto la extracción de mantos acuíferos es muy costosa, lo que limita su producción.

Una alternativa viable para obtener un forraje verde con buen valor nutritivo es por medio de la producción hidropónica, utilizando granos de rápido desarrollo como; maíz, trigo, avena, cebada, centeno, etc. y con técnicas sencillas y económicas.

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. Es un sistema de producción vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año o localidad geográfica. Teniendo siempre las condiciones mínimas necesarias para esta forma de producción (bajo invernadero).

En la práctica, el FVH 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.

Dentro del contexto anterior, el FVH representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, terneros, vacas en ordeño, caballos; otros rumiantes; conejos, pollos, gallinas ponedoras, patos, cuyes y chinchillas entre otros animales domésticos y es especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde.

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 necesarios (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 (Less, 1983; Hidalgo, 1985; Morales, 1987).

1.2 Las micotoxinas y su influencia en el FVH

Existen algunos problemas con la aparición de hongos, mohos y bacterias; debido a la humedad, ya que tenemos hasta un 90% de ella presente para la germinación y producción de este método, lo que nos provoca problemas fitosanitarios difíciles de controlar y eliminar. La semilla no germinada nos causa un problema de contaminación por descomposición, generando así el medio propicio para el desarrollo de estos patógenos.

La aparición de estos hongos nos causan la generación de micotoxinas en la producción que a su vez pueden ocasionar la muerte del ganado que lo ingesta. El problema en el forraje verde hidropónico es la generación de estos patógenos; cuya única solución será prevenir y evitar dicha proliferación, ya que se ha comprobado que pueden causar efectos tóxicos en humanos y animales.

Los mohos producen un deterioro y forman metabolitos secundarios y hacen que sobresalga frente a otros microorganismos, muchos de los cuales son tóxicos para las plantas y animales. Estos a su vez pueden causar enfermedad o muerte a los consumidores. Esta afección se llama micotoxicosis (Swanson, 1987).

Se conocen más de 300 toxinas fúngicas. Aflatoxinas b1 (*Aspergillus flavus*, *A. nomius* y *A. parasiticus* (Hocking, 1997). La patulina es producida por unas once especies de *Penicillium*, tres de *Aspergillus* y dos de *byssochlamys* (Moss, 1991).

La contaminación con micotoxinas afecta de forma general a gran cantidad de ingredientes y piensos utilizados en alimentación animal. Su impacto en la producción ganadera engloba tanto el costo de alimentación de los piensos contaminados como la reducción en los rendimientos productivos de los animales, el incremento en los costos de atención veterinaria, y el conjunto de esfuerzos económicos y técnicos dirigidos a reducir sus efectos negativos, por otro lado, es importante destacar el enorme riesgo que representa para la salud humana la presencia de micotoxinas en los productos animales, como consecuencia del consumo por el animal de piensos contaminados. En las últimas décadas, numerosos países han incorporado a su legislación regulaciones dirigidas a establecer los niveles máximos autorizados de micotoxinas en los piensos y alimentos destinados al hombre con el fin de salvaguardar su salud y el interés económico de los sectores involucrados (Denli y Pérez, 2006).

En México no tenemos casos documentados de muertes de animales por causa de las micotoxinas, sin embargo se cuenta con información de la comarca lagunera que desistieron del sistema de producción de forraje verde hidropónico, debido a la muerte de a animales. Esto refleja la necesidad urgente de informar y controlar los hongos que se presentan en este sistema de producción.

1.3 Hipótesis

Es posible mejorar las técnicas para la profilaxis y desinfección de la semilla, a escala regional, así como los tiempos de imbibición en el FVH.

Algunos productos inhibidores de hongos patógenos utilizados en la industria alimentaria, evitaban la germinación de esporas sobre el FVH.

A mayores dosis de aplicación de productos inhibidores de hongos patógenos, es posible evitar su proliferación en un mayor lapso de tiempo.

1.4 Objetivo General

Generar las tecnologías para controlar hongos que producen micotoxinas, en el sistema de producción del forraje verde hidropónico.

1.5 Objetivos Particulares

Definir las técnicas adecuadas para el manejo profiláctico en la semilla.

Determinar los tipos de patógenos presentes dentro del sistema de producción hidropónico de forraje verde.

Encontrar las dosis de aplicación de los productos inhibidores de hongos patógenos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del Forraje Verde Hidropónico (FVH)

El forraje verde hidropónico es la mejor alternativa dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requieren grandes extensiones de tierra ni de mucha agua. Tampoco requiere de largos periodos 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 permitirá a los productores obtener de una manera rápida, a bajo costo y de 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, cuyes, ovinos, etc. Es importante señalar que el principal insumo para la producción de forraje verde hidropónico, lo constituye la semilla. (www.forrajehidroponico.com).

2.2 Ventajas de la Producción de FVH

Este método para producir forraje verde hidropónico, tiene muchas ventajas para el productor como la economía y el ambiente. Donde estas incluyen:

2.2.1 Uso Reducido de Agua para la Producción de FVH

El sistema hidropónico requiere una fracción del uso del agua de un cultivo convencional. Toma de uno a dos litros de agua para producir un kilo de forraje, con respecto a 80-90 litros de agua necesarios para producir un kilo de forraje verde 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 aéreas 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, 200

2.2.2 Utilización Marginal del Suelo

Este tipo de producción del forraje verde proporciona ventajas ecológicas enormes, pues su producción requiere un uso mínimo de la tierra con respecto a los forrajes cultivados de manera extensiva. Por lo tanto el forraje hidropónico no requiere de 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 animales también podría ser disminuido (www.isar.org).

2.2.3 Suministro de Alimento 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 a 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 que alimentación tiene disponible cada día del año sin importar las condiciones estacionales, ya que se tarde de 6 a 8 días para que el forraje crezca de una semilla a una planta con una altura de 25 cm. 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).

2.2.4 Producción de FVH en Corto Tiempo

Los estudios realizados han demostrado que la producción de plantas hidropónicas lleva 7 días, de la germinación a una planta completamente crecida con una altura de 25 - 30 cm lista para la cosecha. Aunque se sugiere que para mejor resultado es bueno utilizar un ciclo mayor a 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 a pradera, si hubiese sido suficiente agua para la irrigación, tomaría hasta 12 semanas de la germinación de la semilla hasta que está listo para alimentar al ganado, en tanto que producir forraje hidropónico lleva de 8-15 días y el rendimiento es de 7 a 10 kilos 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).

2.2.5 Se Requiere Menor Tiempo de Trabajo para Producir FVH.

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

2.2.6 El FVH Contiene un 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 transforman 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 carne de res producía una carne de excelente calidad. (Monney, 2002).

2.3 Desventajas de la Producción de Forraje Verde Hidropónico

Existen varias desventajas en la producción de forraje verde hidropónico entre las cuales se encuentran la desinformación y sobrevaloración de la tecnología, se debe conocer la tecnología así como las exigencias climáticas del sistema, especie forrajera utilizada y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas y enfermedades que la atacan, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad relativa y niveles óptimos 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, 2002).

Otra desventaja es el elevado costo de instalación, se considera como una desventaja para muchos productores de bajos recursos que no pueden hacer una inversión inicial. (FAO, 2002).

2.4 Principales Semillas Utilizadas en el FVH

Hay muchos tipos de granos que pueden crecer hidropónicamente tales como: alfalfa, avena, cebada, centeno, maíz, sorgo y trigo. Si embargo al elegir una semilla las características que se toman en cuenta son: su valor alimenticio, velocidad de crecimiento de la semilla y niveles de proteína. (Monney, 2001).

2.4.1 El Trigo (*Triticum Aestivum*).

El trigo es una planta anual, de raíz fibrosa, es una caña herbácea cilíndrica, hueca o con médula que termina con una espiga; las hojas nacen al nivel de los nudos del tallo, con vainas y con limbo, plano por lo general, en la base del limbo se desarrolla una lígula y dos aurículas; el fruto es un grano o cariósipide cuyo pericarpio esta soldado a la almendra, formado por el albumen y el embrión o germen (Andrade, 2003).

Es la especie que ocupa el primer lugar en producción y superficie, entre los cuatro cereales a nivel mundial (trigo, arroz, maíz y cebada) en la alimentación humana y

animal, debido a que está ampliamente distribuido en el mundo, quizá por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países, por otro lado es una especie tolerante a bajas temperaturas en sus primeras fases de desarrollo su mayor producción tiende a concentrarse en ciertas áreas, principalmente en aquellos países de clima templado y frío (Andrade, 2003).

En la actualidad el trigo ocupa aproximadamente el 20% de la tierra cultivada a nivel mundial. La mayor parte se siembra en el hemisferio norte con el 80% del área en Norteamérica, Europa y la ex – Unión Soviética.

La importancia que tiene el trigo en México de acuerdo con el área de producción, ocupa el cuarto lugar, se siembra en casi todos los estados de la república mexicana y se adapta a tierras pobres en nutrientes, como tierras ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas; bajo estas condiciones se pueden considerar seis zonas importantes para su producción: zona noroeste del país, abarca Sonora, Sinaloa y Baja California; zona del bajío, que incluye Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y parte de San Luis Potosí; región de la laguna, la componen parte de Coahuila y Durango; zona norte, que comprende Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; zona centro, que comprende Aguascalientes, Zacatecas, Durango y el Valle de Toluca (Andrade, 2003).

Es susceptible a más enfermedades que cualquiera de los demás granos y en las estaciones húmedas las pérdidas más grandes se producen debido a la patología de otros cereales que afectan a la planta de trigo.

Como Clasificación Taxonómica tiene un Reino Vegetal, División *Tracheophyta*, Subdivisión *Pteropsidae*, Orden *Graminales*, Familia *Graminae*, Genero *Triticum*, Especie *Aestivum*.

La planta de trigo puede ser afectada principalmente por enfermedades provenientes de bacterias, hongos, parásitos o por virus. El trigo además puede sufrir del ataque de insectos en la raíz, también puede sufrir del ataque de plagas que afectan principalmente la hoja o la paja (cascarilla del grano), y que finalmente privan al grano del alimento suficiente con mayor gravedad, también puede ser afectado por la *Fusariosis*, que es un efecto de la presencia de moho en la espiga, la cual se manifiesta principalmente en la decoloración de la planta y la *Septoriosis*, que es un hongo que aparece en las semilla y se extiende a las hojas y el tejido verde de la planta.

2.4.2 Triticale (*X. Triticosecale W.*)

Es un cereal relativamente nuevo y resultado de la cruce entre el trigo (*Triticum sp*) y centeno (*Secale sp*); donde el trigo se ha utilizado mayormente y con mejores éxitos como progenitor femenino, mientras que el centeno se utiliza como progenitor masculino (Robles, 1986). El mismo autor menciona que en el proceso de formación de triticales, a través del cruzamiento de genomas diferentes, se pueden utilizar trigos harineros con la subsecuente obtención de triticales octaploides o bien, trigos duros para la obtención de triticales hexaploides, siendo estos últimos los más comercialmente utilizados hoy en día, según lo manifestado por Royo (1992), quien hace notar la conveniencia de hacer una subdivisión más dentro de los triticales, con la finalidad de diferenciar los triticales completos de los substituidos; los primeros son aquellos que presentan una completa dotación cromosómica del centeno (genomio R del centeno); mientras que en los segundos, algunos cromosomas del genomio R del centeno son substituidos por cromosomas que provienen del genomio D del trigo harinero.

Según Royo (1992), el reporte que se tiene acerca del primer cruzamiento entre trigo y centeno, es de que se realizó en Edimburgo en 1876 por Stephen Wilson, aunque careció en ese momento de utilidad práctica, ya que el producto de este cruzamiento fue la obtención de plantas estériles, y no fue hasta 1973, año en que se realizó otro importante hallazgo, el descubrimiento del uso de la colchicina, lo cual permitió la duplicación cromosómica, obteniéndose logros en la fertilidad, convirtiéndose así en una especie de mucho interés.

El triticale hereda las características positivas del centeno, referidas como mejor tolerancia a sequía y frío, resistencia superior a muchas enfermedades y una eficiente absorción del fósforo (Colín, 1997).

Este cultivo es destinado a la alimentación humana y animal; aunque su uso es limitado en la alimentación humana; dado que tiene un alto rendimiento en la producción de grano y al tener valores altos de proteína, es ideal en la producción de harina al tener un valor alimenticio bastante alto, motivo por el cual es utilizado en la producción de pasteles, galletas así como sémolas. En la alimentación animal a través de alimentos balanceados, en la producción forrajera para ensilaje o bien para el pastoreo directo (Royo, 1992).

Generalmente la planta de triticale es un poco más alta comparada con el trigo, posee hojas más gruesas y grandes, las espigas son de mayor longitud comparadas con la espiga del trigo y centeno. El color de la planta tiende a un verde-azulado. Un aspecto importante y que se refleja en la comercialización del triticale es el chupado del grano, aunado al bajo peso específico y ausencia de brillo del mismo, lo cual hace poco atractivo para el productor y consumidor, cabe mencionar que estos aspectos están altamente influenciados por el ambiente (Royo, 1992). Estas características son algunas por las cuales se puede diferenciar el triticale de las otras especies de cereales, siendo en el resto de sus características morfológicas muy similares.

Clasificación Taxonómica: Reino Vegetal, División *Tracheophyta*, Clase *Angiospermae*, Orden *Graminales*, Familia *Graminae*, Género *X*, Especie *Triticosecale*.

En la actualidad el triticale, muestra en general una mayor resistencia a las enfermedades que el trigo, con un elevado nivel a *Septoria tritici*, y buena resistencia a la roya del tallo y a la roya de la hoja.

2.4.3 El Maíz (*Zea Mays*)

Zea es una voz de origen griego, derivada de *Zea = vivir*. Esta planta es conocida con el nombre común de maíz, derivado de la palabra taína *mahís* con que los indígenas del Caribe la denominaban (The Oxford English Dictionary, online edition. Diciembre 2007).

Es una planta monoica; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta. Si bien la planta es anual, su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2,5 m de altura, con un tallo erguido, rígido y sólido; algunas variedades silvestres alcanzan los 7 m de altura (E. Lewis Sturtevant 1894). El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una *pared* por donde circulan las sustancias nutritivas y una *médula* de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u *olote* que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y

treinta. Es una planta monoica, absolutamente capaz de reproducirse por sí sola, al poseer flores masculinas y femeninas en el mismo pie.

La clasificación taxonómica es; Reino Vegetal, División *Magnoliophyta*, Clase *Liliopsida*, Orden *Poales*, Familia *Poaceae*, Genero *Zea*, Especie, *Mays*.

En este cultivo generalmente se presenta una *Bacteriosis: Xanthomonas stewartii* ataca al maíz dulce. Los síntomas se manifiestan en las hojas que van desde el verde claro al amarillo pálido. En los tallos de plantas jóvenes, aparecen como una mancha que ocasiona gran deformación en su centro y decoloración. Si la enfermedad se intensifica se puede llegar a producir un bajo crecimiento de la planta. *Pseudomonas alboprecipitans*. Se manifiesta como manchas en las hojas de color blanco con tonos rojizos originando la podredumbre del tallo. *Helminthosporium turcicum*. Afecta a las hojas inferiores del maíz. Las manchas son grandes de 3 a 15 cm y la hoja va tornándose de verde a parda. Sus ataques son más intensos en temperaturas de 18 a 25°C. Las hojas caen si el ataque es muy severo. *Antracnosis*. Lo causa *Colletotrichum graminocolum*. Son manchas color marrón-rojizo y se localizan en las hojas, producen arrugamiento del limbo y destrucción de la hoja. Como método de lucha está el empleo de la técnica de rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes. La *Roya*, Es producida por el hongo *Puccinia sorghi*. Presenta pústulas de color marrón que aparecen en el envés y haz de las hojas, llegan a romper la epidermis y contienen unos órganos fructíferos llamados teleutosporas. *Carbón del maíz*. *Ustilago maydis*. Se presenta en forma de agallas en las hojas del maíz, mazorcas y tallos. Esta enfermedad se desarrolla a una temperatura de 25 a 33°C. (www.infoagro.com)

2.5 Metodología de la Producción de FVH

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 tiene una importancia fundamental para obtener el rendimiento y la calidad del forraje producido. (Arano, 1998).

2.5.1 Selección de Granos Utilizados en FVH

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 las gramíneas debido a que su manejo es delicado y los volúmenes de producción son similares a la producción de forraje convencional. (FAO, 2002).

2.5.2 Selección de la Semilla para Producir FVH

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, demillas partidas, ya que luego son fuente de contaminación y fundamentalmente que no hayan sido tratadas químicamente con agentes pre emergentes o algún otro pesticida toxico (FAO, 2002). Semillas que no hayan sido sobre calentadas 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 libre de polvo que es el principal portador de levaduras, bacterias, hongos y otros microorganismos patógenos.

2.5.3 Lavado de Semilla para la Producción de FVH

Las semillas deben de lavarse u 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 de 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. Finalizando el lavado se procede a un enjuague de la semilla con agua limpia. (Arano, 1998; FAO, 2002).

Deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas limpias (Rodríguez, y otros, 2000).

Valdivia (1997), recomienda que toda la semilla que flote al momento del lavado se elimine, por ser grano vano, con poco peso y/o sin germen.

2.5.4 La Imbibición para las Semillas Utilizadas en FVH

Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de la bolsa de tela sumergida completamente en agua limpia por un periodo no mayor a 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo se divide en dos periodos de 12 horas para cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas procedamos a sacarlas y orearlas durante una hora, enseguida se sumergen nuevamente por 12 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 está 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, 2002).

Trabajos anteriores citados por Hidalgo (1985), establecen que terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ello las necesidades de oxígeno.

Arano (1998), menciona que habiendo seguido estrictamente el procedimiento de lavado y desinfección de los granos, a continuación se colocan en remojo por 24 horas. En agua clorada. Es conveniente cambiar el agua una o dos veces durante el periodo de remojo. Cumplidas las 24 horas, se retira el agua se le escurre y se mantienen húmedas otras 24 horas. Para que la germinación comience. Para este segundo día de preparación previa es conveniente mantener los granos tapados, con el objeto de mantener el microclima necesario para obtener para la liberación de calor de los mismos.

2.5.5 Dosis para la Siembra para FVH

La relación de siembra es de aproximadamente 5 a 7.5 kilogramos por metro cuadrado, dependiendo del tipo de grano a utilizar (Arano, 1998).

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja (FAO, 2002).

Según resultados encontrados por Guzmán (2006), la dosis optima para avena, Trigo, y Triticale es de 2.3 kg/m², para maíz las dosis óptimas encontradas son de 3.8 a 4.7 kg/m². (De La Torre; 2005).

Valdivia (1997), menciona que la relación de la semilla para siembra es de 1.4 a 1.7 kilogramos por bandeja de 400 centímetros cuadrados, mayor densidad no da mayores conversiones.

2.5.6 Germinación de la Semilla para la Producción de FVH

Se colocan las semillas en charolas con 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 más uniforme. (FAO, 2002).

El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH (FAO, 2002).

Para obviar problemas de procedencia y manejo histórico, y asegurar la calidad germinativa de las semillas, se aconseja efectuarse un ensayo de germinación, si el resultado supera el 90%, la semilla puede ser considerada apta para la producción de FVH (Arano, 1998)

2.5.7 Charolas para la Germinación y Producción de FVH

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 un capa delgada de semillas pre germinadas la cual no deberá sobre pasar los 1.5 cm. De altura o espesor. Una vez sembradas, las charolas se colocan en el sitio permanente de desarrollo. (FAO, 2002).

2.5.8 Crecimiento del FVH

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 fotoperiodo 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 más constante posible. (Arano, 1998).

2.5.9 Riegos en las 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 pérdida total del cultivo. (FAO, 2002).

2.5.10 Aplicación de Riegos con Solución Nutritiva

A partir del sexto día de la producción de forraje, se pueden aplicar riegos permanentemente con solución nutritiva, la cual es fundamental para la mejor calidad y desarrollo proteico del forraje hidropónico. El riego se aplicara bajo el concepto de que el grano debe permanecer húmedo, evitando encharcamientos en las bandejas. Se pueden hacer aplicaciones de 4 a 8 riegos diarios; es decir una cada hora a partir de las 8:00 am y hasta las 16:00 pm realizando ciclos de riego de un minuto cada vez. Entre los 7 y 14 días las plántulas deben tener una altura aproximadamente de 25 cm. Es el momento en que se procederá a cosechar las bandejas. Dos días antes de la cosecha se suspenderá el riego con solución nutritiva y se regara con solo agua, para eliminar el exceso de sales que podría afectar al ganado. (www.hydroenvironment.com.mx).

2.5.11 Cosecha y Rendimientos en FVH

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 7º y 8º, son suficientes para completar el ciclo en un cereal sembrado para forraje verde hidropónico, el rendimiento es que por cada kilo de semilla, se producen de 7 a 18 kilos 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, 2002).

2.6 Factores Importantes que Afectan la Producción de 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 uno conocido como *Rhizopus* y ataca el grano. Este hongo se presenta en todos los granos de cereal y en el suelo, a tal grado que se disemina por todo el mundo. En control climático estricto en forraje limita a menudo la calidad 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 además de causar el 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 putrefactas 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 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 (Figura 1) de hongos productores de micotoxinas. Las aflatoxinas y las

fumosinas predominan en áreas del mundo con clima cálido y húmedo, mientras que ocratoxinas y zearalenona se distribuyen en las regiones más frías (Fernández y otros; 2002).

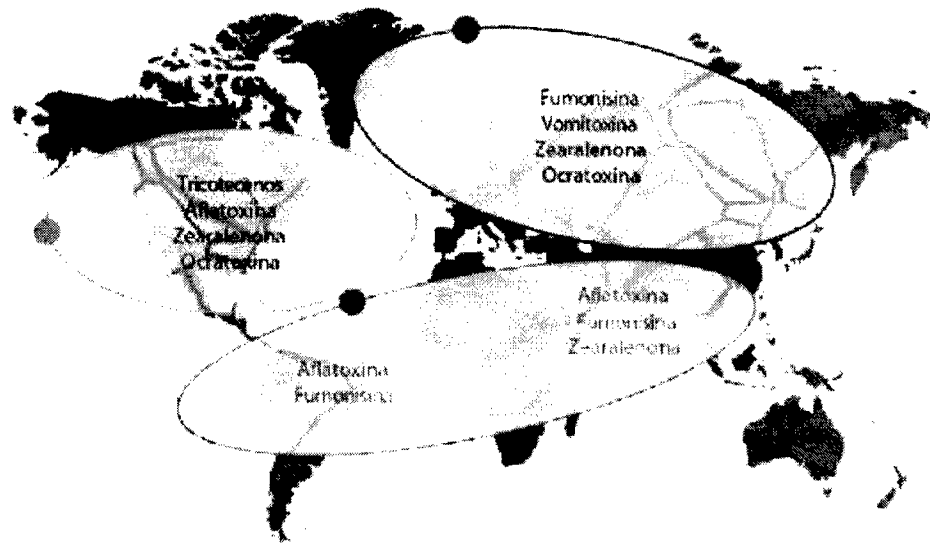


Figura 1 Distribución de las micotoxinas en el mundo (www.engormix.com).

2.6.1 Calidad del Agua de Riego

En sistemas hidropónicos se debe utilizar un agua con su característica potabilidad, es importante realizar un análisis químico de la misma y en base a ello formular la solución nutritiva, así como evaluar que tipo de tratamiento tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (FAO, 2002).

2.6.2 Iluminación Dentro del Invernadero para FVH

La radiación 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, 2002).

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

2.6.3 Temperatura Óptima para el FVH

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, 2002).

Para evitar problemas de hongos, levaduras y bacterias indeseables nocivas para la calidad del forraje verde hidropónico; algunos granos (avena, cebada y trigo) requieren temperaturas bajas para su germinación de 18 a 21°C, solamente el maíz requiere un rango mucho más alto de temperatura entre 22 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).

2.6.4 Humedad Adecuada para el FVH

Es muy importante el control de la humedad relativa en el forraje verde hidropónico, los valores de la misma deben ser no 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 una baja capacidad de crecimiento y poco valor alimenticio. (Arano, 1998).

2.6.5 Ventilación Adecuada Dentro del Invernadero

Una inadecuada ventilación de los invernaderos es otra de las causas de contaminación. Por lo tanto para combatir este problema es de vital importancia que exista una buena ventilación. Asegurándose 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 contaminan 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 optimas para el desarrollo de los hongos, se ha demostrado en investigación continua que los nutrientes escasos en el sistema de riego producen plantas más débiles, crecimiento más pequeño y más lento, las cuales son muy susceptibles al ataque de 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).

2.7 Principales Hongos que Atacan el FVH

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*, *clamidospodium*, *claviceps*, *Penicillium*, *pythium*, *rhizoctonia* e infecciones endófitas (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. El damping-off pos-emergencia, el patógeno ataca a los tallos jóvenes ocasionando la caída y muerte de la planta. Existen otros tres importantes géneros de hongos productores de mico toxinas 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).

Dentro de los principales organismos contaminantes presentes en semillas forrajeras y forraje verde se encuentran los hongos productores de micotoxinas que afectan al ganado. Estas a la vez 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 neurotóxicos, hepatotóxicos y genotóxicos. (Denli & Pérez, 2006).

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 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, $\text{pH} \geq 5$ y presencia de oxígeno. El asentamiento del hongo también se ve favorecido por los daños que los insectos o pájaros causan al grano, realizando pequeñas erosiones que facilitan la penetración del hongo (Loste A y otros; 2002).

2.7.1 *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 y 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 del *Aspergillus* es debida a su capacidad para crecer en diferentes temperaturas sobre sustratos 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 sobre el 70%, sin que se desencadene aun 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 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. (www.unsa.edu.ar).

Características Microbiológicas de *Aspergillus*, Se conocen unas 900 especies de *Aspergillus*, que Rapper y Fennell clasifican en 18 grupos, de los que sólo 12 se relacionan con enfermedad humana: *Aspergillus fumigatus* (85%), *A. flavus* (5-10%), *A. niger* (2-3%), *A. terreus* (2-3%), *A. versicolor*, *A. nidulans*, *A. glaucus*, *A. clavatus*, *A. cervinus*, *A. candidus*, *A. flavipes* y *A. ustus*. Las principales micotoxinas las podemos ver en el cuadro 2.1. Esta clasificación se basa en las siguientes características morfológicas del hongo: tamaño y forma de las cabezas conidiales, morfología de los conidióforos, fiálides y métulas (www.seimc.org).

Cuadro 2.1. Principales micotoxinas producidas por el género *Aspergillus*.

Especies de <i>Aspergillus</i>	Micotoxinas que genera
<i>A. parasiticus</i> y <i>A. flavus</i>	Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2
<i>A. ochraceus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. verrucosum</i> , <i>A. niger</i>	Ocratoxina A

2.7.2 *Fusarium*

Es un hongo de campo que requiere alta humedad relativa (90%) y la temperatura del grano (23°C) para su crecimiento y muy raramente se presenta después de cosecha ya que las condiciones de almacenaje generalmente no son convenientes para su desarrollo. Incluso la rehumectación del grano seco tiene poca probabilidad 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" (www.unsa.edu.ar). En el siguiente cuadro podemos observar las diferentes micotoxinas que produce el género *Fusarium* (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Especies de *Fusarium* y principales micotoxinas que producen (Lawlor y Lynch, 2001).

Especies de <i>Fusarium</i>	Micotoxinas que genera
<i>F. culmorum</i> <i>F. graminearum</i> , <i>F. sporotrichoides</i>	<i>Deoxyvalenol</i>
<i>F. sporotrichoides</i> , <i>F. poae</i>	<i>T-2 Toxina Tricotecenos</i>
<i>F. sporotrichoides</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. poae</i>	<i>Diacetoxyscirpenol</i>
<i>F. culmorum</i> <i>F. sporotrichoides</i> <i>F. graminearum</i>	<i>Zearalenona</i>
<i>F. moniliforme</i>	<i>Fumosinas FB1, FB2 y FB3, Acido Fusarico</i>

2.7.3 *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* aun 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 *Penicillium* producen varios metabolitos secundarios, entre ellos ácido *ciclopizónico*, ácido *penicílico*, *cocloclorotina*, *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 (Cuadro 2.3) (www.unsa.edu.ar).

Cuadro 2.3. Principales micotoxinas que genera el *Penicillium*.

Especies de <i>Penicillium</i>	Micotoxinas que genera
<i>P. verrocosum</i> , <i>P. nordicum</i>	<i>Ocratoxina A</i>
<i>P. griseofulvum</i>	<i>Patulina</i>
<i>P. citrinum</i> , <i>P. aurantiogriseum</i>	<i>Citrinina</i>
<i>P. commune</i> , <i>P. griseofulvum</i>	<i>Acido ciclopiazonico</i>

2.7.4 *Claviceps Purpurea*

El *cornezuelo* (*Claviceps purpurea*) es un hongo parasito del género *Claviceps*, que consta de mas de 50 especies. Todas ellas pueden afectar a una gran variedad de cereales donde el más común es el centeno.

Las infestaciones de este hongo causan la reducción de producción en la calidad y la cantidad de grano y heno y, si estas cosechas infectadas se utilizan para alimentar el ganado.

2.7.5 *Rhizopus (stolonifer)*

Es un género de mohos que incluyen especies cosmopolitas de hongos filamentosos hallados en el suelo, degradando frutos y vegetales, heces animales, y residuos.

Entre sus características particulares, se encuentran la formación de micelio aéreo carente de septos y la producción de esporangioforos que presentan en sus puntas esporangios esféricos donde se alojan las esporangiosporas, las cuales presentan diferentes formas: globosas, elipsoidales y angulares con superficies lisas o estriadas distintivas (Hernández Lauzardo y otros, 2006; Schipper, 1984).

Colonias de crecimiento rápido (cubren prácticamente toda la superficie de la placa en 3 días a 25°C) de aspecto consistente, con denso micelio aéreo, algodonosas, al principio blancas, después gris oscuro (micelio rojizo, grisáceo o marrón). Se reconoce fácilmente por sus espolones hialinos o parduzcos, sus rizoides numerosos y pardos y sus esporangios negros y lustrosos (brillantes).

Las esporas de *R. stolonifer* pueden sobrevivir largos periodos sin agua y soportar temperaturas elevadas, germinando sobre tejidos vegetales dañados y generando

rápidamente la maceración de los tejidos y la pudrición de los frutos (Adaskaveg y otros, 2002).

Tiene un desarrollo en una amplia variedad de temperaturas y humedades relativas, características que le permiten colonizar rápidamente a su hospedero, en solamente cuatro días este hongo puede pudrir totalmente los frutos, provocando pérdidas considerables en un corto tiempo (Northover y Zhou, 2002). Son escasos los estudios que reportan el proceso de interacción en el sistema *R. stolonifer*-productos agrícolas (Revista Mexicana de Fitopatología/volumen 26, numero 1, 2008).

2.8 Prevención de la Contaminación por Hongos que Producen Micotoxinas

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 la 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 FVH (Torres y Díaz, 2002).

2.8.1 Estrategias para Prevenir Hongos en el FVH

1. Reducir el estrés sufrido por la plántula
2. Control de insectos y roedores dentro de los módulos
3. Eliminación de residuos dentro del modulo
4. Utilización de adsorbentes
5. Control del medio ambiente de conservación, humedad, contenido de exceso de agua en las charolas, presión de oxígeno y temperatura.
6. Separar todos los granos partidos y dañados antes de la siembra
7. Utilización del ácido propiónico como agente antifúngico (Denli y Pérez, 2006).

2.9 Control y Eliminación de Hongos en el FVH

Los principales factores que se deben controlar para evitar la producción de micotoxinas son: temperatura (cada moho tiene un rango de temperaturas en las cuales puede producir las toxinas), humedad (los mohos requieren menos humedad para el crecimiento, que las bacterias o levaduras). Los valores óptimos para la producción de Micotoxinas por los hongos, es del rango de actividades del agua que son: 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 de 3.4-5.5. También hay que tener en cuenta que los cereales son ricos en carbohidratos lo que favorece la producción de hongos, sin embargo, también se pueden producir toxinas en sustratos relativamente ricos en grasas o proteínas. Teniendo en cuenta estos factores, almacenamiento y distribución de los productos, (semilla) se puede minimizar la contaminación de estos con micotoxinas (www.docum.azti.es).

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

Para la prevención de la micotoxicosis en la industria pecuaria es necesario contar con materias primas de calidad, libres de micotoxinas, asegurando que durante su transporte, almacenamiento y proceso no se contaminen con hongos productores de micotoxinas por lo cual Sarfati *et al.* (1997) recomiendan también:

- Adquirir granos certificados.
- Comprobar la calidad organoléptica de la semilla (más de 14% de humedad del grano no es recomendable).
- Eliminar granos rotos (los finos), para reducir substancialmente la contaminación.
- Utilizar fungicidas al almacenar los granos.
- Vigilar la humedad y los puntos calientes en silos de almacenamiento de granos y alimentos.

Una de las medidas generales tomadas siempre, en casos de contaminación, es retirar el alimento causante del problema y reemplazarlo por uno aparentemente sano; sin embargo, en muchas ocasiones esta medida no resulta práctica o factible, por lo que hay que realizar otro tipo de manejo (Sarfati *et al.*, 1997).

Cuando se conoce la existencia de materias primas o alimentos contaminados, se pueden tomar las siguientes medidas para disminuir las pérdidas en los animales (Romer Labs, 1995):

1. Medidas alimentarias

- No enviar el alimento contaminado a los animales más jóvenes, hembras reproductoras y lactantes; de preferencia envíelo a machos reproductores (cerdos) o rumiantes.
- Diluir el grano contaminado con grano sano, de tal manera de reducir la concentración de contaminación en el alimento final (riesgoso).
- Dirigir el grano o alimento contaminado a especies animales menos susceptibles, Ej. rumiantes de engorda, aves, etc (<http://comunidad.uach.mx>)

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

2.10 Productos Químicos para el Control de los Hongos en el FVH

Estos productos están destinados prevenir la presencia de hongos patógenos y su posible germinación dentro del sistema de producción de forraje verde hidropónico.

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 toxico de ella. Los sustratos más 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 y otros, 2001).

Algunos adsorbentes como la Colestiramina y polivinilpirolidona tienen la 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 (Yiannikouris y Jouany, 2002).

2.10.1 Uso de los Conservadores para el Control de Hongos

Los conservadores (químicos) se usan principalmente para producir alimentos mas seguros para el consumidor, previniendo la acción de agentes biológicos. Este método nos permite poder consumir alimentos que han sido cosechados y preparados con anterioridad. Los microorganismos de los alimentos son en general los principales culpables del deterioro o toxicidad de los alimentos.

Para retrasar el deterioro de los alimentos debido a la acción de microorganismos, se emplean sustancias antimicrobianas para inhibir, retardar o prevenir el desarrollo y la proliferación de bacterias, levaduras y moho. Por ejemplo:

- Evitar la aparición de bacterias en vinos, fruta seca, verduras en salmuera, o frutas enlatadas, se utilizan los compuestos sulfatados.
- El ácido sórbico es utilizado en la conservación de productos a base de papa, queso y mermeladas.
- Para los embutidos, jamones, etc. Se utilizan los nitratos y los nitritos, con el fin de protegerlos, de las bacterias que causan el botulismo (*Clostridium botulinum*).
- Como agentes antibacterianos y antifúngicos (hongos) se utiliza el ácido benzoico y sus sales de calcio, sodio y potasio, en productos en vinagre, mermeladas, gelatinas bajas en azúcar, aderezos y condimentos.

Hoy en día, puedes consumir con confianza, todo tipo de alimentos con conservadores. La conservación de los productos alimenticios ha permitido al hombre disponer de alimentos desde una cosecha hasta la siguiente. Por lo tanto, la función principal de la

conservación es retrasar el deterioro de los alimentos y prevenir alteraciones en su sabor, olor o aspecto (www.paraqueestebien.com.mx).

Los productos químicos como detergentes ácidos para realizar la limpieza de los lugares donde se procesan alimentos, se aplican para el control de sarros y hongos en las superficies de contacto directo con el alimento.

En el caso de los desinfectantes como las sales de amonio o el hipoclorito de sodio son extensamente utilizados para la desinfección y sanitización de todas las áreas de proceso de alimentos en diferentes dosis y con enjuague o sin el, esto para obtener un efecto residual de los productos sobre hongos y bacterias presentes sobre las superficies.

Con la acción de los detergentes ácidos rompemos la tensión superficial y una película termodurica que forman estos patógenos para protegerse de la acción de los desinfectantes, una vez realizada la limpieza con agentes ácidos se realiza la desinfección con cualquiera de las antes mencionadas para que tengan un efecto directo y eliminar al patógeno y dejar las superficies desinfectadas para realizar el trabajo sobre estas y no contaminar el alimento que puede ser riesgoso para la salud humana.

Se considera una excelente práctica sanitaria en la limpieza de tanques de almacenamiento, clarificadores, tanques de pesaje y otros equipos y utensilios. El uso de limpiadores ácidos, alternados con soluciones alcalinas logra la eliminación de olores indeseables y disminución de la cuenta microbiana. Los ácidos que se usan con más frecuencia como limpiadores generales son: ácido gluconico, Corroe el estaño y el hierro menos que el ácido cítrico, tartárico y fosfórico. Ácido sulfónico, actúa en la remoción de escamas en los tanques de almacenamiento, evaporadores, precalentadores pasteurizadores y equipo similar (www.salud.gob.mx).

2.10.2 Sorbato de Potasio

El sorbato de potasio como conservador de alimentos, también es conocido como la sal de potasio del ácido sórbico (número E 202). Su fórmula molecular es $C_6H_7O_2K$ y su nombre científico es (*E, E*)-hexa-2,4-dienoato de potasio. El sorbato de potasio es utilizado en una variedad de aplicaciones incluyendo alimentos, vinos y cuidado personal (www.digitalnorte.com.ar).

El sorbato de potasio es el conservador y antiséptico de alta eficiencia y seguridad recomendado por OMS y FAO, puede inhibir eficazmente la actividad de moho, sacromicetos y bacterias aerobias, también puede prevenir el crecimiento y la reproducción de microbios nocivos tales como *Clostridium botulinum*, *estafilococo* y *salmonella*, etc. Su efecto de inhibir el desarrollo es más fuerte que el efecto de esterilización, por lo que puede alargar el tiempo de conservación y mantener el sabor original de los alimentos. El Sorbato de potasio se aplica a las industrias de alimentos, bebidas, tabacos, pesticidas y cosméticos, etc. Siendo ácidos grasos insaturados, también puede ser usado para las industrias de resinas, especias y caucho (www.foodchem.es).

2.10.3 Benzoato de Sodio

También conocido como benzoato de sosa o (E211), es una sal del ácido benzoico, blanca, cristalina y gelatinosa o granulada, de fórmula C_6H_5COONa . Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol. La sal es antiséptica y se usa generalmente para conservar los alimentos.

Es usado como conservador, matando eficientemente a la mayoría de las levaduras, bacterias y hongos. El benzoato sódico solo es efectivo en condiciones ácidas ($pH < 3,6$) lo que hace que su uso más frecuente sea en conservas, en aliño de ensaladas (vinagre), en bebidas carbonatadas (ácido carbónico), en mermeladas (ácido cítrico), en zumo de frutas (ácido cítrico) y en salsas de comida china (soja, mostaza). También se encuentra en enjuagues de base alcohólica y en el pulido de la plata. Más recientemente, el benzoato sódico está presente en muchos refrescos. El sabor del benzoato sódico no puede ser detectado por alrededor de un 25% de la población, pero para los que han probado el producto químico, tienden a percibirlo como dulce, salado o a veces amargo. En la naturaleza lo podemos encontrar en arándanos, pasas, ciruelas, canela, clavos de olor maduros y manzanas. El benzoato de sodio en la cantidad y uso recomendado, es seguro y no produce daños a la salud.

El Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) ha evaluado el ácido benzoico y sus sales varias veces y encontraron que son aceptables para su uso en los alimentos. La última revisión se llevó a cabo en 1997. De acuerdo

con el International Soft Drinks Council (Diciembre 2002), el benzoato de sodio se encuentra de forma natural en un gran número de alimentos incluidos los arándanos, ciruelas, canela, entre otros. El benzoato de sodio ha sido utilizado por cientos de años como conservante en productos ácidos, ya que actúa en contra de las levaduras y las bacterias. Por ser un conservante bactericida y fungicida, es comúnmente utilizado en: bebidas carbónicas, ensaladas de fruta, jugos, mermeladas, jaleas, etc.

2.10.4. Ácido Sórbico

Es un ácido graso di insaturado, el ácido trans, trans-2,4-hexadienoico. Actualmente, en forma de ácido o como sorbatos, es el conservador más utilizado por la industria alimentaria. La razón principal es su falta de toxicidad, además de que su uso no aporta sabores ni aromas extraños al alimento. Los sorbatos son muy poco tóxicos, de los que menos de entre todos los conservantes, menos incluso que la sal común o el ácido acético (el componente activo del vinagre). Posee de fórmula química $C_6H_8O_2$. Debe su nombre debido a que fue aislado por primera vez en las frutas del género *Sorbus* (*Sorbus aucuparia*). El ácido se puede sintetizar por varios métodos diferentes. No debe confundirse con el ácido ascórbico (Vitamina C). Por esta razón su uso está autorizado en todo el mundo. Metabólicamente el ácido sórbico se comporta en el organismo como los demás ácidos grasos, es decir, se absorbe y se utiliza como una fuente de energía.

En este grupo de compuestos se ha comprobado que el más útil y más prometedor es el ácido sórbico que se utiliza incorporado a los productos, por tratamiento de superficie o en el embalaje. El ácido sórbico inhibe sobre todo a los mohos pero también a las levaduras e incluso a las bacterias.

2.10.5 Ácido Propiónico

El ácido propiónico fue descrito inicialmente en 1844 por Johann Gottlieb, que lo encontró entre los productos de la degradación del azúcar. El ácido propanoico (también llamado ácido propiónico y ácido propílico) es un ácido carboxílico monoprótico que puede encontrarse naturalmente, de fórmula CH_3CH_2COOH ($C_3H_6O_2$). En estado puro, es un líquido incoloro, corrosivo con un olor acre.

El ácido propionico inhibe el crecimiento de moho y de algunas bacterias. Por eso la mayoría del ácido propílico producido se utiliza como conservador para el pienso y para alimentos de consumo humano. Para el pienso se utiliza directamente, o como su sal de amonio. En los alimentos humanos, especialmente el pan y otras mercaderías cocidas al horno, se utiliza su sal de sodio o de calcio. También se lo utiliza de manera similar en algunos de los antiguos polvos antimicóticos para los pies.

2.10.6 Sales Cuaternarias de Amonio

Las sales cuaternarias de amonio son los productos químicos tensoactivos que consisten generalmente en un átomo de nitrógeno, rodeados por los grupos substitutivos que contienen de ocho a veinticinco átomos de carbón en cuatro perspectivas del átomo de nitrógeno. Estos compuestos son generalmente los más eficaces contra bacterias en gamas alcalinas de pH. Se cargan y enlazarán positivamente a los sitios negativamente cargados en la pared bacteriana de la célula. Estos enlaces electrostáticos causarán a las bacterias tensiones en la pared de la célula. También causan daño al flujo normal de compuestos que sostienen la vida a través de la pared de la célula al paralizarlo, disminuyendo su permeabilidad (www.lenntech.es).

2.10.7 Acido Fosfórico

El fósforo es un elemento fundamental para la vida y se encuentra presente en diferentes formas, (H_3PO_3 , H_3PO_4) se encuentra presente en mayor o menor proporción en prácticamente todos los alimentos. El ácido fosfórico se encuentra como tal en algunos frutos. Es también un producto de la industria química, obtenido en enormes cantidades para diversos usos incluido el alimentario.

El ácido es muy útil en el laboratorio debido a su resistencia a la oxidación, a la reducción y a la evaporación. Entre otras aplicaciones, el ácido fosfórico se emplea como ingrediente de bebidas no alcohólicas, como pegamento de prótesis dentales, como catalizador, en metales inoxidables y para fosfatos que se utilizan, como ablandadores de agua, fertilizantes y detergentes. Una de las principales aplicaciones del ácido fosfórico es como acidificante en las bebidas refrescantes, y particularmente en las de cola. Alrededor del 75% del ácido fosfórico manufacturado se utiliza como

fertilizante. Entre las aplicaciones del ácido fosfórico líquido se encuentran la utilización para tratamiento de metales, catálisis, comidas y bebidas (www.bedri.es).

2.10.8 Hipoclorito de Sodio

El hipoclorito es la sal del ácido hipocloroso. Se formula en varios tipos de formas. El hipoclorito se aplica generalmente como el hipoclorito de sodio (NaClO) e hipoclorito de calcio [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$]. Estos compuestos se pueden aplicar como biocidas. Funcionan de la misma manera que el cloro, aunque son menos eficaces (www.lenntech.es).

El hipoclorito es letal para varios microorganismos, virus y bacterias vegetativas, pero es menos efectivo contra esporas bacterianas, hongos y protozoarios. La actividad del hipoclorito se ve reducida en presencia de iones metálicos, biocapas, materiales orgánicos, bajo pH o luz UV. Las soluciones de trabajo deben ser preparadas diariamente. El cloro comercial que contiene 5%, que será utilizado para la desinfección de superficies, debe ser diluído 1:10 para obtener una concentración final de 0.5% de hipoclorito. Cuando se quiere desinfectar líquidos que pueden contener material orgánico, debe tenerse una concentración final de 1% de hipoclorito (seguridadbiologica.com).

2.10.9 Ozono

El ozono (O_3) es naturalmente inestable. Puede ser utilizado como agente oxidante de gran alcance, cuando se genera en un reactor. Como un biocida él actúa de la misma manera que el cloro; dificulta la formación del ATP, de modo que la respiración de la célula de los microorganismos se hace difícil. Durante la oxidación con ozono, las bacterias mueren generalmente por pérdida del citoplasma que sostiene la vida. Mientras que el proceso de la oxidación ocurre, el ozono se divide en oxígeno diatómico y un átomo de oxígeno, que se pierde durante la reacción con los líquidos de la célula de las bacterias.

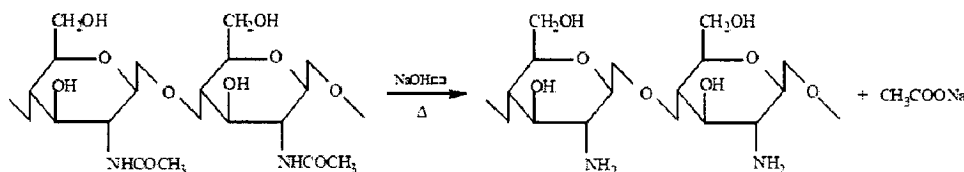
El ozono es el oxidante más poderoso para tratamientos de agua y del aire en procesos de desinfección en la agricultura y la industria de alimentos. Es amigable con el ambiente, y la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (Food and Drugs Administration - USA) lo ha clasificado como seguro. Es también conocida la

acción germicida directa del ozono sobre todo tipo de microorganismos, tanto hongos como bacterias y virus. Entre las bacterias que combate el ozono se encuentran familias tales como: *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Legionella*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, etc. y entre los hongos, muchos pertenecen a los gérmenes *Candida*, *Aspergillus* (*A. Niger*, *A. Fumigatus*), y otros causantes de enfermedades en los humanos por el consumo de agua contaminada. Con un residual de 0,6 mg O₃/m³ en el agua la acción bactericida sobre el *Escherichia Coli* se realiza en 2.5 minutos.

2.10.10 Quitosán

La quitina es un polímero natural que se clasifica dentro del tipo polisacárido, considerado a menudo como un derivado de la celulosa por sus características, pero con ciertas diferencias en su estructura molecular. La quitina es blanca, dura, inelástica y es la mayor fuente de contaminación superficial de las áreas cercanas al mar. La quitina es fácil de obtener del exoesqueleto de camarones o cangrejos, para ello se requiere un tratamiento químico con el fin de remover los pigmentos, las sales tales como el carbonato de calcio y las proteínas que se encuentran asociadas con ella. La producción industrial de quitina y quitosán se realiza por lo general a partir de exoesqueletos de cangrejo y camarón, desechados de las industrias pesqueras. Se calcula que entre un 20 a 58% del peso seco de los desechos de crustáceos es quitina, un polímero de 2-acetamida-desoxi-glucosa, catalogada como la sustancia orgánica más abundante, después de la celulosa (Mármol *et al*, 2004).

El quitosán es un derivado de la quitina, obtenido por la reducción de los grupos acetilo. Ambos biopolímeros están químicamente emparentados; la quitina, por su parte es una poli β-N-acetil-glucosamina y el quitosán un β-N-acetil-glucosamina-co-β-glucosamina (Larez-Velásquez 2006). La obtención de quitosán se realiza por medio de un tratamiento con álcali concentrado caliente con el fin de retirar la mayor cantidad de unidades acetilo de la estructura de la quitina; la ecuación química correspondiente es la siguiente:



La desacetilación de la quitina es también llevada a cabo por la presencia de catalizadores tales como la enzima quitinadesacetilasa, extraídas de hongos tales como la *Mucor rouxii*, la enzima es una glicoproteína ácida de aproximadamente 75 kDa con un contenido de carbohidrato de 30% por peso, su peculiaridad radica en que esta puede ser inhibida por la presencia de ácidos carboxílicos, particularmente el ácido acético (Tsigos and Bouriotis, 1995).

Presenta propiedades que lo hacen atractivo para ser usado en diversas aplicaciones tales como el tratamiento de aguas, cosmética, medicina, elaboración de alimentos y agricultura, entre otras (Larez-Velasquéz, 2008). En el caso particular de la agricultura se ha observado que presenta propiedades interesantes tal como la de funcionar como un agente antimicrobiano, inductor a la tolerancia contra algunos fitopatógenos y para mejorar diversos aspectos fisiológicos de las plantas (Rabea-Entsar *et al.*, 2003).

El quitosán se emplea principalmente como una ayuda en el crecimiento de las plantas, como sustancia que permite promover la defensa de las plantas contra infecciones provocadas por hongos. Su uso ha sido aprobado por muchos cultivadores de plantas de interior y exterior. (Benhamou N, 1984).

Las formas de aplicación del quitosán en la agricultura han sido desde la inmersión de semillas en solución acuosa (Cho *et al.*, 2008); aplicación en forma de complejo interpolielectrolito (Ortega-Ortiz *et al.*, 2003); como película para el recubrimiento de frutas (Gonzales-Aguilar *et al.*, 2005); y en forma de hidrogeles biodegradables donde ha dado resultados positivos (Hoon *et al.*, 2004). Comúnmente los hidrogeles se han utilizado con el propósito de facilitar la disponibilidad de agua a las raíces de las plantas y para mejorar algunas características físicas del suelo (Teyel y El-Hady, 1981); más recientemente se le ha utilizado como matriz para la liberación de principios activos de agroquímicos, lo que representa una disminución en la contaminación al ambiente y en los costos de aplicación (Larez-Velasquez, 2008). La ventaja adicional que ofrece la aplicación de los hidrogeles en base a quitosán es que, se suman a estos la propiedad antimicrobiana y la estimulación del crecimiento en las plantas. Sin embargo, es posible incrementar y complementar estos beneficios con la adición de otros mecanismos.

2.11 Situación de las micotoxinas a escala mundial

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 FVH, tras la muerte de varias ovejas en algunas granjas de Queensland, Australia casadas por hongos del genero *Aspergillus*, presentándose como resultado de un incidente relacionado con la contaminación del FVH, (Sneath y Macintosh, 2003).

En 2007 el Centro de Investigación en Química Aplicada, en México, realizó estudios sobre forraje verde hidropónico, en el mes de marzo se llevaron a cabo análisis que detectaron la presencia de hongos patógenos en el FVH y los hongos encontrados en las muestras fueron: *fusarium graminearum*, *alternaria sp* Y *Aspergillus sp*, posteriormente en el mes de junio del mismo año se volvió a analizar otra muestra y se encontraron los siguientes hongos: *F. graminearum*, *equiseti*, *moniliforme*, *culmorum*, *solana* y *oxysporum*, *Rhizopus sp* Cabe mencionar que de las muestras que se analizaron no se detectaron casos de envenenamiento en ganado de ningún tipo por el consumo de este forraje contaminado.

El Dr. Clarke y colaboradores realizaron una evaluación de la contaminación por micotoxinas en granjas equinas de Canadá. Los resultados que obtuvieron de doce muestras de forraje y cinco muestras de alimentos concentrados de cada granja. Los forrajes presentaron mayores niveles de contaminación; comparados con los alimentos concentrados y las micotoxinas encontradas fueron: Deoxinivalenol (DON), Zearalenona y toxina T2, estas micotoxinas tuvieron valores más elevados en forrajes y fueron asociadas a la contaminación por hongos en los mismos. (www.engormix.com). En Irlanda y Canadá se realizaron estudios de forrajes y avena para saber sus concentraciones de micotoxinas, y así comprobar el grado de contaminación fúngica en la alimentación de caballos que competían en carreras y en periodos de un año. Los resultados fueron que el 13% del forraje tenía presencia de hongos patógenos. Y las micotoxinas detectadas fueron: T2 y Zearalenona con un 21% del forraje irlandés y el 16% de alimentación granulada contuvieron Zearalenona. 40%de avena y el 54% de alimentación concentrada tenían toxinas tipo T2 (Buckley y otros, 2007).

En la estación experimental agropecuaria Rafaela del INTA (argentina) se realizo un trabajo para utilizar Deoxinivalenol (DON) como marcador de la presencia de micotoxinas en ensilajes y henos, así como también estudiar la microflora presente en los mismos, especialmente en los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Así mismo se procuro relacionar los 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, aun en ausencia de *Fusarium*. Además presento contaminación con *Aspergillus flavus*, hongo potencialmente productor de Aflatoxinas (www.consumaseguridad.com).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización Geográfica del Experimento

El presente trabajo se llevo a cabo en un invernadero del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México; con 25°27' de latitud norte y 101°02' de longitud oeste y una altitud de 1610 msnm. En los años del 2008 al 2010.

3.2 Características del Sitio Experimental

El invernadero tipo túnel de 12 metros de ancho por 18 m de largo, la estructura es de tubo en acero galvanizado, equipado con ventilación natural superior y en las paredes laterales (2) del invernadero, así como una pared húmeda y un extractor para ventilación artificial, la cubierta es de polietileno calibre 720, térmico y de larga duración, además se le incorporo una malla sombra para mejorar las condiciones de germinación y crecimiento dentro del invernadero. Los anaqueles donde se ponen las charolas para la producción son de tubería de acero galvanizado con 4 niveles para optimizar una alta producción de forraje verde hidropónico.

3.3 Material Vegetal Utilizado

Para este experimento se seleccionaron las siguientes especies de cereales: trigo (*Triticum Aestivum L*) traída del norte de Coahuila (Allende). triticale (*X Triticosecale*) material conseguido en la UAAAN unidad Saltillo. maíz (*Zea maíz*) adquirido en una forrajera de la localidad (Saltillo). Todos los materiales seleccionados son comercializados para consumo humano o como alimento para ganado.

3.4 Material de Campo

- Charolas de polietileno de 55.6 cm por 33.2 cm para producción de FVH
- Anaqueles metálicos para ubicar las charolas
- Balanza de reloj
- Balanza analítica
- Malla sombra de monofilamento de HDPE con 80% de sombreo

3.5 Substancias Químicas

- Acido fosfórico
- Acido propionico
- Acido sórbico
- Benzoato de sodio
- Detergente
- Hipoclorito de sodio (cloralex)
- Sales cuaternarias de amonio
- Sorbato de potasio

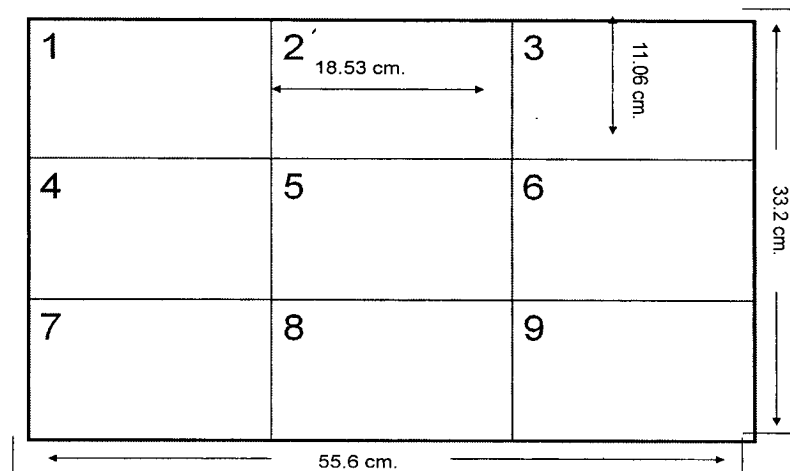
3.6 Equipos para Automatización

- Equipo automático para riego Rain Bird modelo E6c
- Micro-aspersores, mini sprayer 40 L/h
- Equipo generador de ozono Carbar's

3.7 Metodología para Medir la Contaminación en FVH

El método para la medición de la contaminación de las charolas donde se produce el forraje verde hidropónico, se tomó dividiendo el área de una charola en 9 cuadrantes del mismo tamaño considerando que el total es el 100%. Como ejemplo podemos mencionar que la suma de cada cuadrante equivale al 99.99% del total de la superficie de la charola; de aquí se asigna un valor en porcentaje para poder determinar la cantidad de la contaminación existente El valor de cada cuadrante es del 11.11% (Esquema 3.1).

Esquema 3.1 División para medir el porcentaje de contaminación en charola. Un metro cuadrado equivalen a 5.45 charolas.



Los cuadrantes y porcentajes fueron medidos de forma equitativa para que cada una tuviera la misma área a observar y el porcentaje resultado de la división de los números de cuadrantes (9) entre el 100% que es la charola en su total superficie.

3.8 Descripción de los Métodos Actuales y la Propuesta de Modificación a los Mismos para el Control de Hongos en el FVH

Se llevaron a cabo dos investigaciones, uno sobre el mejoramiento de los procedimientos actuales marcados por la FAO y dos; con un control de hongos patógenos aplicando productos químicos; el primero consistió en modificar los procedimientos que se utilizan en la actualidad, donde se evaluó el procedimiento de lavado y desinfección, imbibición y germinación de las semillas utilizadas para la producción de FVH. En segunda instancia; consistió en la utilización de productos químicos para la prevención y control sobre la formación de patógenos en los alimentos.

La evaluación de este experimento consistió en someter a diferentes modificaciones al lavado y desinfección así mismo también el mejoramiento de la imbibición y germinación. Y donde nuestro testigo será seguir puntualmente la metodología descrita por FAO.

Las diferentes innovaciones para mejorar los procedimientos actuales se enfocan en controlar y prevenir la contaminación por hongos patógenos productores de micotoxinas en el FHV.

3.8.1 Lavado y Desinfección

Las semillas se lavaron y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). Esto para eliminar contaminantes como los hongos comunes del cultivo adheridos a la semilla. El tiempo que duran las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos Finalizado el lavado se da un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia este procedimiento es el que marca la FAO.

La innovación de los procedimientos, para la Región Noreste de México específicamente en la localidad de Saltillo, Coahuila, El objetivo de esta innovación fue ratificar que a mayores concentraciones de hipoclorito de sodio, mejor control de hongos patógenos; (Cuadro 3.2) para lo cual, se elaboraron los siguientes tratamientos.

Cuadro 3.2 Diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio aplicadas para el lavado y desinfección en el cultivo de trigo para FVH.

Tratamiento	Dosis de hipoclorito de sodio (%) v/v
T1	2.0
T2	4.0
T3	6.0
T4	8.0
T5	10.0
T6	15.0
T7 [‡]	1.0
T8	0.8
T9*	0.0

[‡]Testigo actual procedimiento FAO.

*Testigo absoluto.

El diseño experimental fue completamente al azar con 9 tratamientos y 6 repeticiones. La matriz de tratamientos después de realizar el procedimiento aleatorio de los tratamientos, se muestra en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3 Tratamientos para el lavado y desinfección de la semilla de trigo.

Tratamiento	Repeticiones					
1	T1R1	T9R2	T7R3	T3R4	T8R5	T6R6
2	T2R1	T8R2	T5R3	T6R4	T9R5	T4R6
3	T3R1	T7R2	T1R3	T9R4	T5R5	T7R6
4	T4R1	T6R2	T8R3	T2R4	T7R5	T1R6
5	T5R1	T1R2	T2R3	T4R4	T6R5	T3R6
6	T6R1	T4R2	T9R3	T5R4	T3R5	T8R6
7	T7R1	T3R2	T4R3	T1R4	T2R5	T9R6
8	T8R1	T2R2	T6R3	T7R4	T4R5	T5R6
9	T9R1	T5R2	T3R3	T8R4	T1R5	T2R6

Donde “T” son los tratamientos; y “R” las repeticiones.

3.8.2 Imbibición y Germinación

El procedimiento actual para la imbibición, consiste en colocar la semilla dentro de bolsas de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un periodo no mayor a 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo se dividió en 2 periodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procede a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante una hora. Acto seguido se sumergen nuevamente por 12 horas para finalmente realizar el último oreado. Arano (1998), menciona que habiendo seguido estrictamente el procedimiento de lavado y desinfección de los granos, a continuación se colocan en remojo por 24 horas. En agua clorada. Se mantienen húmedas otras 24 horas. Para que la germinación comience. Para este segundo día de preparación previa es conveniente mantener los granos tapados, con el objeto de mantener el microclima necesario para obtener para la liberación de calor de los mismos.

Para mejorar la práctica actual de imbibición se incluyeron cinco diferentes niveles de tiempo inferiores a las 24 horas (Cuadro 3.4). Esto tiene por objetivo obtener una buena

imbibición, evitar la fermentación y a la vez controlar la aparición de los hongos patógenos que se presentan en el forraje verde hidropónico.

Para dar las condiciones de germinación se cubrió el rack con un plástico negro para generar las características de obscuridad por 36 a 48 horas; con una frecuencia de riego con duración de un minuto cada 3 horas durante el día. Indicando que esta práctica se realizó para todos los casos aquí presentados.

Cuadro 3.4 Implementación sobre los tiempos de imbibición y germinación para las semillas de trigo.

Tratamiento	Tiempo de imbibición (Hrs)
T1	1
T2	2
T3	3
T4	4
T5	5
T6 (Testigo)	24

El diseño experimental para esta innovación práctica fue uno completamente al azar con 6 tratamientos y 10 repeticiones cada uno. La matriz (Cuadro 3.5) después de su análisis aleatorio quedo de la siguiente forma.

Cuadro 3.5 Tratamientos para la imbibición en la semilla de trigo.

Tratamientos	Repeticiones									
1	T1R1	T3R2	T4R3	T6R4	T5R5	T2R6	T3R7	T1R8	T6R9	T3R10
2	T2R1	T4R2	T5R3	T4R4	T1R5	T6R6	T1R7	T2R8	T4R9	T6R10
3	T3R1	T5R2	T6R3	T2R4	T4R5	T1R6	T2R7	T3R8	T2R9	T5R10
4	T4R1	T6R2	T1R3	T3R4	T2R5	T5R6	T6R7	T4R8	T3R9	T4R10
5	T5R1	T1R2	T2R3	T5R4	T6R5	T3R6	T4R7	T5R8	T5R9	T1R10
6	T6R1	T2R2	T3R3	T1R4	T3R5	T4R6	T5R7	T6R8	T1R9	T2R10

Donde "T" son los tratamientos; y "R" las repeticiones

Para evaluar la germinación, se tomó una muestra con un molde de 6 por 8 centímetros, a cada uno de los tratamientos; en donde se realizó el conteo total de las semillas germinadas en cada uno de ellos para obtener el porcentaje de germinación, el cual se obtiene al dividir la cantidad de semillas germinadas entre las no germinadas y multiplicando por cien.

3.8.3 Control de Patógenos Utilizando Productos Químicos

En este apartado se dividió en tres experimentos con la finalidad de seleccionar la mejor opción en el uso de los productos químicos:

Evaluación de los productos químicos que se usan para la prevención de la formación de hongos patógenos en la industria alimentaria.

Evaluación de la efectividad del ozono.

Evaluación de la efectividad del quitosán.

Se seleccionaron productos químicos (Cuadro 3.6) inocuos para la salud animal y humana. Actualmente, estos productos químicos, son utilizados para controlar o inhibir el crecimiento de patógenos (hongos, bacterias y levaduras) en los alimentos.

El procedimiento experimental consistió en aplicar diferentes dosis recomendadas para cada producto (Cuadro 3.6) sobre el forraje verde hidropónico para evitar la aparición y proliferación de hongos. En esta evaluación se utilizaron los procedimientos que presentaron el menor índice de contaminación, valorados en las secciones 3.8.1 lavado y desinfección, 3.8.2 imbibición y germinación (adición de 8% de hipoclorito de sodio y tiempo de imbibición de una hora respectivamente).

La aplicación de productos químicos sobre el FVH, se inició toda vez que se presentó la incidencia de los hongos. Esto ocurrió en forma general a los 6 días después de siembra.

Cuadro 3.6 Productos químicos y dosis (en ppm) de aplicación para los cultivos de trigo triticale y maíz respectivamente.

Tratamiento	Conservador o producto químico	Dosis inferior	Dosis normal	Dosis superior
T1	Sorbato de potasio	2500	5000	10000
T2	Benzoato de sodio	500	1000	2000
T3	Acido sórbico	500	1000	2000
T4	Acido propionico	5000	10000	20000
T5	Acido fosfórico	5000	10000	20000
T6	Sales de amonio	1000	2000	4000
T7	Testigo	0	0	0

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Los cultivos evaluados fueron trigo, maíz, triticale. Después de realizar el análisis aleatorio, las matrices resultantes de estas combinaciones fueron las que se presentan en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.7 Distribución de los tratamientos para la aplicación de las dosis inferiores, normales y superiores de productos químicos para su aplicación en el trigo, triticale y maíz

Tratamientos	Repeticiones dosis normal			
1	T1R1	T3R2	T7R3	T6R4
2	T2R1	T4R2	T3R3	T7R4
3	T3R1	T5R2	T6R3	T2R4
4	T4R1	T7R2	T1R3	T5R4
5	T5R1	T6R2	T2R3	T4R4
6	T6R1	T1R2	T4R3	T1R4
7	T7R1	T2R2	T5R3	T3R4

Donde "T" son los tratamientos; y "R" las repeticiones.

La medición de la contaminación se realizó de acuerdo al punto número 3.7 para todos los experimentos, donde se explico la forma de medir la contaminación por hongos en las muestras de forraje verde hidropónico.

3.8.4 Evaluación de la Efectividad del Ozono (O₃)

En esta evaluación se utilizaron el sorbato de potasio y ácido sórbico en su dosis inferior y fueron comparados con la aplicación de ozono al sistema de irrigación (Cuadro 3.8) y con un testigo (procedimiento FAO).

Cuadro 3.8 Dosificación del ozono y los productos químicos seleccionados sobre el cultivo de trigo.

Tratamientos	Producto Químico	Dosis en ppm
T1	Sorbato de potasio	2500
T2	Acido sórbico	500
T3	Ozono	3.5
T4	Testigo	0

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente a azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones. El cultivo evaluado fue el trigo. Después de realizar el análisis aleatorio, las matrices resultantes de estas combinaciones se muestran en el Cuadro 3.9

Cuadro 3.9 Matriz de tratamientos para la evaluación del ozono para el cultivo de trigo.

Tratamientos	Repeticiones					
1	T1R1	T4R2	T2R3	T3R4	T4R5	T2R6
2	T2R1	T1R2	T3R3	T2R4	T3R5	T1R6
3	T3R1	T2R2	T1R3	T4R4	T1R5	T3R6
4	T4R1	T3R3	T4R3	T1R4	T2R5	T4R6

Donde "T" son los tratamientos; y "R" las repeticiones

La medición de la contaminación se realizó de acuerdo al punto 3.7 y en conjunto con los incisos 3.8.1 de lavado y desinfección, 3.8.2 de imbibición y germinación.

3.8.5 Evaluación de la Efectividad del Quitosán

En esta evaluación se utilizó el sorbato de potasio en su dosis inferior y el ozono. Su grado de efectividad se comparó con la aplicación de quitosano con un peso molecular de 200,000 gr/mol con un grado en desacetilación de 86% (Cuadro 3.10) y con un testigo (procedimiento FAO).

Cuadro 3.10 Dosis de quitosano, ozono y sorbato de potasio para el cultivo de trigo.

Tratamientos	Producto Químico	Dosis en ppm
T1	Sorbato de potasio	2500
T2	Quitosano	1000
T3	Ozono	3.5
T4	Testigo	0

El diseño experimental para esta técnica fue con, bloques completamente a azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones. El cultivo seleccionado fue el trigo, (Cuadros 3.11) después de hacer el análisis aleatorio. La contaminación se midió en porcentaje de acuerdo al punto 3.7.1.4 en todos los piensos.

Cuadro 3.11 Matriz de tratamientos para la evaluación del quitosano en trigo.

Tratamientos	Repeticiones					
1	T1R1	T4R2	T2R3	T3R4	T4R5	T2R6
2	T2R1	T1R2	T3R3	T2R4	T3R5	T1R6
3	T3R1	T2R2	T1R3	T4R4	T1R5	T3R6
4	T4R1	T3R3	T4R3	T1R4	T2R5	T4R6

Donde "T" son los tratamientos; y "R" las repeticiones

La limpieza y desinfección se realizó de acuerdo con el punto 3.8.1 y la imbibición de acuerdo al punto 3.8.2 y para conocer el porcentaje de contaminación se tomó en cuenta el punto 3.7 de este capítulo.

De acuerdo a la metodología de cosecha todos los experimentos fueron evaluados a los 8 días después de la siembra o antes de este para los casos de la aplicación de ozono y quitosano, ya que la literatura menciona que a esta edad el cultivo (cereales) presenta su mejor índice de contenido proteico para la alimentación animal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de los resultados esta ordenada de acuerdo a las evaluaciones llevadas a cabo en el Centro de Investigación en Química Aplicada. Iniciando con las evaluaciones prácticas donde se modificaron los métodos actuales para cada uno de los experimentos y posteriormente con las evaluaciones técnicas de productos químicos para el control de los hongos patógenos en el forraje verde hidropónico.

Dentro de los procedimientos actuales se tiene: lavado y desinfección, imbibición y germinación. Donde se incluyó la medición de contaminación por hongos en el FVH.

La medición de la contaminación para todos los resultados en este capítulo fueron realizados de acuerdo al inciso 3.7 del capítulo III anteriormente mencionado. Además la toma de muestras para la evaluación de la contaminación para todos los experimentos fue a los ocho días después de siembra (dds) por considerar que es el tiempo necesario para que el FVH tenga el más alto índice de proteína digestible para el ganado.

4.1 Resultados Sobre Lavado y Desinfección para Trigo

Los análisis estadísticos (SAS por sus siglas en inglés) se llevaron a cabo a los 8 días después de siembra. Para el caso de la aplicación de hipoclorito de sodio a diferentes dosis. Existen diferencias entre los tratamientos realizados (Cuadro 4.1) Para los tratamientos uno, dos y tres la contaminación inicio a los cinco días. En los tratamientos, cuatro, cinco y seis son estadísticamente mejores para controlar la contaminación por hongos, esta contaminación inicio a los seis días después de la siembra. En ninguno de los casos se presento alguna inhibición de la germinación en la semilla. Para los tratamientos siete, ocho y nueve, la contaminación tuvo su inicio a los cuatro días.

Cuadro 4.1. Comparativa de los tratamientos en la práctica de mejoramiento para el lavado y desinfección de la semilla de trigo para FVH.

Tratamientos	Dosis de hipoclorito de sodio (%) v/v	% de contaminación
T1	2.0	14.67 b
T2	4.0	14.67 b
T3	6.0	11.00 ab
T4	8.0	7.33 a
T5	10.0	9.17 a
T6	15.0	9.17 a
T7	1.0	16.50 bc
T8 (FAO)	0.8	16.50 bc
T9 testigo absoluto	0.0	16.50 bc

Tratamientos con la misma letra no tienen diferencia significativa. (Duncan).

Según FAO (2002) y Arano (1998), Las semillas deben de lavarse y desinfectarse en una solución de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). Rodríguez, y otros (2000), indican que deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas limpias. Sin embargo, esta concentración obtiene los mayores niveles de contaminación en esta evaluación. Probablemente la contaminación de la semilla utilizada por FAO y otros autores, se encuentre con un mayor índice de contaminación proveniente del campo donde se cultivo. Se sugiere la aplicación de mayores concentraciones de hipoclorito de sodio (8%) para el control de hongos patógenos en las semillas de la región noreste de México.

4.2 Resultados Sobre la Imbibición y Germinación en Trigo para Producción de FVH

Los resultados obtenidos por el sistema de análisis estadísticos (SAS por sus siglas en inglés) se observa que el tiempo de remojo esta altamente correlacionado a la contaminación por hongos (Cuadro 4.2). Al dejar remojando la semilla durante una hora

se observo que es un tiempo suficiente para su imbibición, este tratamiento resulto ser diferente estadísticamente para controlar de forma preventiva la aparición de hongos, en el FVH. En todos los tratamientos, las condiciones para la germinación fueron idénticas (descritas en el punto 3.8.2), y no existieron diferencias significativas en ninguno de ellos, ya que todos los porcentajes de germinación fueron aceptables para la producción de FVH.

Cuadro 4.2. Resultados para los tiempos de imbibición y germinación observando la diferencia estadística para el porciento de contaminación en la semilla de trigo.

Tratamientos	Tiempo (Hrs)	% de Contaminación	% Germinación
T1	1	47.30 a	89.1 a
T2	2	58.30 b	85.8 a
T3	3	69.30 c	90.2 a
T4	4	72.60 d	91.3 a
T5	5	69.30 c	89.1 a
T6	24	99.00 e	91.7 a

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa (Duncan).

El mejor resultado (Cuadro 4.2) se encontró en una hora de imbibición, al obtener una diferencia muy significativa contra el testigo ya que la contaminación comenzó al quinto día y en el tratamiento de una hora esta se presento hasta el sexto día después de la siembra. Por otra parte, se obtiene un ahorro en el tiempo de trabajo para la imbibición de la semilla.

La FAO (2002) recomienda colocar las semillas por 24 horas para lograr una completa imbibición. Trabajos anteriores citados por Hidalgo (1985), sugieren dejar la semilla en remojo por un periodo no superior a las 24 horas. Varias experiencias han demostrado que periodos de imbibición más prolongados de 24 horas, no resultan efectivos en cuanto al aumento de la producción de FVH. Los resultados encontrados en esta evaluación indican que el tiempo de imbibición es menor de 24 horas.

Se observo en el desarrollo de la evaluación en los tiempos de imbibición conforme a FAO e Hidalgo. La contaminación por hongos se presenta en las charolas a partir de los 4 días después de la siembra. Por lo cual, en esta región no se recomienda periodos

mayores a una hora de remojo, que nos resulto en un mejor control preventivo para la contaminación y atendiendo las recomendaciones de oscuridad para promover la germinación.

Arano (1998), Recomienda el remojo por 24 horas. En agua clorada. Es conveniente cambiar el agua una o dos veces durante el periodo de remojo. Cumplidas las 24 horas, se retira el agua y se mantienen húmedas otras 24 horas. Para que la germinación comience. Para este segundo día es conveniente mantener los granos tapados, con el objeto de mantener el microclima necesario para obtener para la liberación de calor de los mismos. Pero con esta practica detona la germinación de las esporas que no hayan sido removidas por el hipoclorito de sodio, ya que el experimento de imbibición de una hora dejo un mejor resultado en el control de la contaminación.

La FAO (2002) menciona que la semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH. Los resultados nos indican que todos los tratamientos incluyendo al testigo obtuvieron un muy buen porcentaje de germinación mayor al 85%.

Arano (1998) indica que es muy importante el control de la humedad en el FVH, los valores de la misma deben ser no mayores de 90%. Es aconsejable 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. Por lo que estamos de acuerdo con esta definición ya que en el tratamiento de una hora fue donde se encontró el menor índice relacionado con este tipo de contaminación. Y en conjunto una alta relación entre humedad y germinación de esporas.

4.3 Resultados de la Evaluación de los Productos Químicos para la Inhibición de Hongos Patógenos

En esta evaluación técnica se utilizaron productos químicos que son usados para el control de hongos en la industria alimentaria y fueron evaluados sobre los cultivos de trigo, triticale y maíz. La aplicación de los productos comenzó a partir del quinto día después de la siembra de forma preventiva para todos los tratamientos. La

contaminación se presentó a los ocho días después de la siembra (en todos los cultivos), obteniendo los siguientes resultados para cada uno de ellos.

- En el cultivo de trigo (Cuadro 4.3) todos los productos tuvieron control sobre los hongos patógenos, donde los más sobresalientes fueron los primeros cuatro que incluyen: sorbato de potasio, benzoato de sodio, ácido sórbico y ácido propiónico. Con mejores resultados estadísticos en todas las dosis aplicadas, después de esto se decidió seleccionar al sorbato de potasio y ácido sórbico por ser el producto que presenta un manejo seguro para el personal que lo aplica.

Cuadro 4.3 Datos estadísticos de contaminación encontrados en el cultivo de trigo.

Tratamiento ¹	Dosis Inferior	Dosis Normal	Dosis Superior
T1	13.7 a ²	8.25 a	2.75 a
T2	8.25 a	16.50 a	13.75 a
T3	11.00 a	8.25 a	5.50 a
T4	8.25 a	8.25 a	8.25 a
T5	22.00 a-b	19.25 a-b	19.25 a
T6	33.00 b-c	30.25 b	13.15 a
T7	38.50 c	74.25 c	60.05 b

¹T1 = Sorbato de potasio; T2 = benzoato de sodio, T3 = ácido sórbico, T4 = ácido propiónico, T5 = ácido fosfórico, T6 = cuaternarias de amonio, T7 = testigo FAO.

²Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa (Duncan).

El sorbato de potasio tiene una actividad inhibidora del desarrollo de hongos, levaduras y de un amplio espectro de bacterias. El sorbato de potasio es el conservante y antiséptico de alta eficiencia y seguridad recomendado por OMS y FAO, Por lo que dicho experimento corrobora su efectividad sobre hongos patógenos que afectan el alimento para ganado, ya que presentó buen control en todas las dosis aplicadas.

- En el cultivo de triticale el análisis estadístico sobre los porcentajes de contaminación (Cuadro 4.4) demuestran que los primeros 5 tratamientos en todas sus dosis de aplicación se inhibió la germinación de hongos, y el tratamiento 6 con la dosis normal y superior se logró controlar a estos

patógenos. Por lo tanto observando que este cultivo tiene características muy similares al trigo se decide a utilizar el producto químico denominado sorbato de potasio.

Cuadro 4.4 Diferencias estadísticas en el cultivo de triticale sobre la contaminación por hongos patógenos a los 8 dds.

Tratamiento¹	Dosis Inferior	Dosis Normal	Dosis Superior
T1	22.22 a ²	11.11 a	5.56 a
T2	11.11 a	27.28 a	27.78 a
T3	11.11 a	16.67 a	11.11 a
T4	11.11 a	11.11 a	11.11 a
T5	33.33 a	22.22 a	22.22 a
T6	61.11 b	27.28 a	16.67 a
T7	66.66 b	72.72 b	66.66 b

¹T1 = Sobrato de potasio; T2 = benzoato de sodio, T3 = ácido sórbico, T4 = ácido propiónico, T5 = ácido fosfórico, T6 = cuaternarias de amonio, T7 = testigo FAO.

²Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa (Duncan).

- Para el cultivo de maíz, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos (Cuadro 4.5). No representa riesgo para usarlo como alimento para ganado. Es probable que esta semilla no contuviera niveles altos de contaminación en campo cuando fue trillada, en comparación con la de trigo y triticale. Y podemos atribuirlo a la temporada invernal en donde particularmente se desarrollan estos cultivos y que permite la proliferación de hongos que requieren condiciones de alta humedad relativa. Por lo anterior es posible recomendar el uso de este cultivo para la producción de forraje verde hidropónico, ya que bajo las condiciones de la región no requiere de alguna aplicación química para el control de hongos patógenos.

Cuadro 4.5 Porcentajes de contaminación analizados estadísticamente para el cultivo de maíz a los 8 dds.

Tratamiento¹	Dosis Inferior	Dosis normal	Dosis Superior
T1	8.33a ²	8.31 a	5.50 a
T2	11.08 a	11.08 a	11.08 a
T3	10.81 a	11.11 a	11.06 a
T4	8.33 a	8.30 a	5.56 a
T5	10.81 a	13.86 ab	11.08 a
T6	13.89 a	14.08 ab	11.08 a
T7	24.99 b	22.25 b	22.19 b

¹T1 = Sobrato de potasio; T2 = benzoato de sodio, T3 = ácido sórbico, T4 = ácido propiónico, T5 = ácido fosfórico, T6 = cuaternarias de amonio, T7 = testigo FAO.

²Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa (Duncan).

4.4 Evaluación de la Efectividad del Ozono

La contaminación que presentó esta evaluación (Cuadro 4.6) confirma que el ozono no es el más indicado para inhibir el crecimiento de los hongos en el forraje verde hidropónico ya que presentó diferencias significativas contra los otros tratamientos, observándose que no es suficiente mantener el agua desinfectada con ozono.

Cuadro 4.6. Resultados estadísticos sobre la contaminación encontrada en la evaluación de la efectividad del ozono.

Tratamiento	6 dds^a	8 dds	10 dds
T1-Sorbato de potasio	0.00 a	11.11 a	18.52 a
T2-Acido sórbico	0.00 a	18.52 a b	27.78 b
T3-Ozono	0.00 a	18.52 a b	27.78 b
T4-Testigo FAO	7.41 b	20.37 a b	75.92 c

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. (Duncan).

^adías después de siembra.

El ozono es el oxidante más poderoso para tratamientos de agua y del aire en procesos de desinfección en la agricultura y la industria de alimentos. La Administración de

Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (Food and Drugs Administration-USA) lo ha clasificado como seguro. Es también conocida la acción germicida directa del ozono, tanto hongos como bacterias y virus. Entre las bacterias que combate el ozono se encuentran: *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Legionella*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, etc. y entre los hongos, muchos pertenecen a los gérmenes *Candida*, *Aspergillus* (*A. Niger*, *A. Fumigatus*). En relación a lo antes mencionado, se encontraron hongos, principalmente del genero *fusarium*, a los 7 días después de siembra en el tratamiento con ozono., por lo que este germicida no presenta una efectividad superior a la del Sorbato de potasio.

4.5 Evaluación de la Efectividad del Quitosán

El quitosán y el ozono resultan ser buenos productos hasta los siete días después de siembra (Cuadro 4.7). En las siguientes evaluaciones se ve superado en control de germinación de esporas por el sorbato de potasio presentando una diferencia significativa para los ocho y diez días. Muy probablemente será recomendable utilizar dosis más altas para el control de los hongos, aplicando quitosán, y de esta manera obtener un mejor tiempo de protección para el FVH.

Cuadro 4.7. Resultados estadísticos sobre la contaminación encontrada en la evaluación de la efectividad del quitosán en el FVH.

Tratamiento.	6 dds	8 dds	10 dds.
T1-Sorbato de potasio	0 a	7.41 a	14.81 a
T2-Quitosán	0 a	14.81 b	24.07 b
T3-Ozono	0 a	14.81 b	24.07 b
T4-Testigo FAO	14.81 b	24.07 c	51.85 c

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. (Duncan).

^adías después de siembra.

Los autores Bautista-Baños y Bravo-Luna (2004), analizaron el efecto en el control de la pudrición blanda y se observó que el quitosán retrasó el desarrollo de *R. stolonifer* en jitomate almacenado. Hernández (2007) por su parte comenta que las dosis que se pueden utilizar son de bajo peso molecular. Este autor preparó una solución de

chitosano de 10 mg/ml, disuelto en ácido acético, esterilizada en autoclave donde se obtuvieron concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mg ml⁻¹. La dosis que se utilizó para este experimento fue de 1% con un peso molecular de 200 mil gr mol⁻¹ y una desacetilación del 86%.

4.6 Identificación de Hongos Presentes en el FVH

Se envió una muestra de 100 cm² de cada uno de los tratamientos al Centro Internacional de Servicios Fitosanitarios S.A. de C.V. Para la identificación de hongos en el punto 4.4 de este capítulo. Se encontró que existía presencia de *Fusarium moniliforme* y *Rhizopus spp* y a la vez el laboratorio constató que las dosis aplicadas inhiben la aparición de estos hongos.

4.7 Análisis Bromatológicos del FVH de Trigo

La bromatología es una disciplina científica que estudia íntegramente a los alimentos. El propósito de este análisis es cuantitativo y cualitativo tanto del alimento como de materias primas así como saber su estado profiláctico y toxicológico. También ayuda a mejorar la nutrición y salud animal y como consecuencia la economía de la producción pecuaria.

La FAO indica que la producción de FVH apta para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH (Bonner y Galston, 1961; Koller, 1962; Simon y Meany, 1965; Fordham et al, 1975, citados todos ellos por Hidalgo, 1985.) Se puede observar (Cuadro 4.8) que el máximo nutritivo alcanzado para FVH (Trigo) es entre los 7 y los 10 días después de la siembra, y a los 15 días comienza una baja en el contenido proteínico que es lo importante para la nutrición animal.

Los análisis fueron realizados por el Comité Para El Fomento Y Protección Pecuaria De Nuevo León. (Cuadro 4.8) en los diferentes parámetros para saber si el FVH producido bajo las condiciones de la región noreste del país donde los resultados indican que es apto como alimento pecuario.

Cuadro 4.8. Análisis Bromatológicos determinados en trigo a los 7, 10 y 15 días después de siembra.

Parámetro Analizado	7 dds	10 dds	15 dds
Grasa cruda	2,56 [†]	3,97	2,69
Humedad	8,02	9,68	8,26
Cenizas	3,31	3,77	5,00
Fibra cruda	9,17	16,04	24,13
Proteína cruda (% N*6.25)	18,66	24,12	24,81
Extracto libre de nitrógeno	58,29	42,42	35,11

[†]Porcentaje.

^adías después de siembra.

FAO indica que en un análisis comparativo del valor nutricional de avena y el FVH del mismo cultivo a los 10 cm de altura y con 13 días de crecimiento se obtiene 2%, además FAO menciona que el rango óptimo de cosecha es entre los 12 y 14 días después de la siembra siempre y cuando se tenga una condición climática favorable. Ñíguez por otro lado menciona que la mayor riqueza nutricional del FVH se alcanza entre el séptimo y octavo día, por lo que este factor tiempo puede convertirse en un elemento negativo para la eficiencia de la producción. Less (1983), Peter y Lesson (1985), Santos (1987), y Dosal (1987), documentan que periodos entre los siete y los diez días son más que suficientes para completar el ciclo del FVH, ya que periodos más largos se ven marcados por una disminución en materia seca y de calidad en general. León (2004), por su parte señala que el tiempo óptimo de crecimiento es de diez días ya que periodos más largos no benefician al FVH (proteína base materia seca 20.33%). Por lo que es posible afirmar que el trigo es una mejor opción para este tipo de producción intensiva ya que en esta investigación se obtuvo (Cuadro 4.8) un promedio de 4.03% en cenizas y un 22.53% de proteína cruda, recalando que el experimento estuvo encaminado al control de patógenos y que de acuerdo a la literatura mencionada se logró obtener el rango de ocho días libres de contaminación por hongos.

4.8 Índice de Materia Seca para Trigo

La FAO (2002) y Dosal (1987) apuntan que la relación de fitomasa producida en la avena hidropónica en periodos de cosecha, demuestra que conforme pasan los días este parámetro va en decremento (Cuadro 4.10). En nuestro experimento encontramos la relación entre peso fresco y seco (Cuadro 4.9) y con estos datos logramos obtener la relación de fitomasa (Cuadro 4.10) en trigo y compararla con la del cultivo de avena, donde se encontró que el índice de conversión kilogramo producido sobre kilogramo sembrado en el trigo muestra un incremento a los 10 días y un decremento pasando estos días después de la siembra. (Cuadro 4.10). Por lo anterior podemos recomendar el cultivo de trigo, ya que presenta un mejor desarrollo a los 10 días.

Cuadro 4.9 Porcentaje de materia seca en avena a los 7, 10 y 15 días después de la cosecha.

Días	Peso fresco (g)	Peso Seco (g)	%
7	2174,44	445,87	20,59
10	2283,33	512,30	22,44
15	2381,78	457,23	19,20

Cuadro 4.10 Relación de fitomasa en trigo compararla con la del cultivo de avena.

Días después de siembra	Fitomasa producida (kg MS*m ²) avena	kg <u>producido</u> kg sembrado avena	días después de siembra	Fitomasa producida (kg MS*m ²) trigo	kg <u>producido</u> kg sembrado trigo
7	3,39	0,93	7	2,43	0,89
11	2,79	0,77	10	2,79	1,02
15	2,66	0,73	15	2,50	0,92

V. CONCLUSIONES

1. Al aplicar hipoclorito de sodio al 8% en el procedimiento de lavado y desinfección se alcanzó un periodo de hasta seis días libres de hongos patógenos.
2. Se redujo el tiempo de imbibición de la semilla en una hora, así como también se disminuyó el tiempo de trabajo empleado en esta actividad. además de conseguir un buen porcentaje de germinación lo que asegura una buena producción de forraje verde hidropónico.
3. En relación a los productos químicos (sorbato de potasio, benzoato de sodio, ácido sórbico, ácido propionico, ácido fosfórico, sales cuaternarias de amonio, ozono y quitosán) para el control de los hongos en el forraje verde hidropónico, se encontró que todos dan un cierto grado de control sobre la germinación de esporas, siendo las dosis altas probadas las que tuvieron un mejor desempeño. La mejor opción para el control de patógenos en el FVH en cuanto a costo-beneficio, fue el sorbato de potasio, por su buen desempeño en todas las dosis probadas. Además, se logro que el forraje verde hidropónico se mantuviera por más tiempo libre de patógenos hasta por ocho días.
4. En las pruebas realizadas con el ozono los resultados son alentadores ya que podemos lograr hasta 6 días libre de contaminación. Lo que podemos afirmar es que el sorbato de potasio resulta mejor para controlar hasta por 8 días la presencia de contaminación en trigo para el sistema de producción de FVH.
5. La evaluación sobre el quitosano logra 6 días libres de contaminación siendo superado por el sorbato de potasio que alcanzo 8 días. Para este producto podemos recomendar el uso de dosis superiores a la utilizada en este experimento con la finalidad de obtener más días libres de contaminación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ARANO R. C. 1998. Forraje verde hidropónico y otras técnicas de cultivo sin tierra. Buenos Aires Argentina. Ed. Universidad de Buenos Aires Textos. p. 147-150.
- BENHAMOU N. 1984. «Induction of systemic resistance to *fusarium* crown and root rot in tomato plants by seed treatment with Quitosano.». *Phytopathology* 84 (12): pp. 643-53.
- BUCKLEY, T. A., U. Creighton and Fogarty. 2007. Analysis of Canadian and Irish Forage, Oats and Commercially Available Equine Concentrate Feed for Pathogenic Fungi and Mycotoxins. *Irish Veterinary Journal*. 60 (4): 213-236.
- CEBALLOS, CJ AND E. GARCIA, P. (1992). Hydroponics. "New techniques production. Oxford University Press. Madrid. P.176-178.
- DENLI M. PÉREZ J. F. 2005 Contaminación por Micotoxinas en los Piensos. Efectos Tratamientos y Prevención. XXII Curso de Especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Barcelona España.
- FAO 2002. Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico, Primera Edición Santiago de Chile.
- FAO. 2001. Technical Manual. Hydroponic Green Forage. Organization of the Nations for Food and Agriculture. FAO Regional Office Latin America and the Caribbean. Santiago de Chile.
- 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* pp247-253.
- GALVAN CASTILLO F. 2002. Agriculture in Guanajuato. Problems, data and figures. *Camportunidades*. 54.
- GUZMÁN Y. A. R. 2006 Tesis Determinación de la Densidad de Siembra y Dosis de Fertilización para la Producción del 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

- HOWARD M. 1992. Hydroponics. New production techniques. Mundi Press. Madrid.
- HUWIG A, FREIMUND S, KÄPPELI O, DUTLER H. 2001. Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. *Toxicology Letters* Vol. 122 pp. 179-188
- HUTERWAL, G. 1992. Hidroponía. Edit. Albatros, Buenos Aires, Argentina.
- LACEY J. 1989, Pre-and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. *Journal of applied Bacteriology*, Symposium supplement. Pp.11-25
- LÁREZ VELÁSQUEZ Abril 2003 *Revista Quitosano en sistemas acuosos Iberoamericana de Polímeros Volumen 4(2)*
- LAWLOR P. G. AND P.B. LYNCH 2001, Mycotoxins in pig's feeds 1: Source of toxins prevention and management of Micotoxins. *Irish Veterinary Journal* Vol. 54(3) pp. 19-29
- LAWLOR P. G. AND P.B. LYNCH 2001, Mycotoxins in pig's feeds 2: clinical Aspects. *Irish Veterinary Journal* Vol. 54(4) pp. 172-176
- LOSTE, A. SÁEZ T., J.J. RAMOS Y FERNÁNDEZ A. 2002. Principales micotoxicosis en el ganado ovino. *Revista pequeños ruminates*, 3, 3, pp. 8-13.
- MONNEY, J. 2002, Growing Cattle Feed Hydroponically. *Meat Livestock Australia*.
- MONTESINOS SG 1983. Growth and development of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) on 5 dates of planting in the central Bajío region. Thesis Professional. EAZ University of Guanajuato.
- MORALES OAF (1987). Hydroponic green fodder and its use in foodtion of early weaned lambs. Agrop Faculty Cuarias and Forestry of the University of Concepción, Headquarters Chillán, Chile
- MUZZARELLI R. "CHITIN". 1974. Editorial Pergamon Press. Primer Edición pág. 2.
- NELSON, C. 1993, Strategies of Mold Control in Dairy Feeds. *Dairy Journal science*; 76: pp. 898-902
- ÑÍGUEZ CONCHA, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- RODRÍGUEZ M., C. AND C. MORALES. 2002. Características nutritivas del forraje verde hidropónico producido en condiciones de invernadero y riego por aspersión. *Chihuahua Ganadero*. Enero-febrero, año 4, vol. 15. Chihuahua, Chih., México. pp. 20.

- RODRIGUEZ RAMIREZ, HEC M. RODRIGUEZ, A. FLORES M., I. E. SANCHEZ AND A. GRADE A. 2003. Using hydroponic green fodder as a supplement for cows infants during the drought. *Hydroponics. The closest the Future*: 147-149.
- RODRIGUEZ DE LA R., GS 2003. Hydroponic green fodder. *Hydroponics. What's hot Near future*: 87-98.
- RODRÍGUEZ R., H. E. 2002. Producción de forraje verde mediante sistemas hidropónicos. Programa especial de investigación. Universidad Autónoma de Chihuahua. México
- ROYO, CONCEPCIÓN. 1992 El Triticale. Bases Para su cultivo y aprovechamiento pp. 45-65 Editorial UY Libros Montevideo Uruguay
- SCUDAMORE, K. AND CH. LIVESLEY. 1998, Occurrence and Significance of Mycotoxins in Forage Corps and Silage: a Review. *J Sci Food Agric* pp. 1-17
- SEP/TRILLAS 1991 Cultivos Forrajeros. Segunda Edición. Editorial Trillas S.A. de C.V. Cp. 03340, México DF
- SHETHY, P. H AND L. JESPERSEN. 2006, Trends in Food Sciences in Tecnology pp. 48-55
- SNEATH, R. AND F. MCINTOSH. 2003, Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Meat and Livestock Australia Limited.
- TORRES, F. Y G. L. DÍAZ. 2002, Micotoxinas en la Alimentación Animal. Tesis de Posgrado. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih.
- VALDIVIA BE 1996. Hydroponic forage production (FVH). Workshop Course Hydroponics International. Lima Peru, 25-29 March 1996.
- YIANNIKOURIS, A. AND JOUANY JEAN PIERRE. 2002, Mycotoxins in Feeds and their Fate in Animals: a Review *Anim. Res.* Vol. 51 pp. 81-99
- ZHM LOMELI 2000. Hydroponic green fodder. The fodder of the future ... Today. *Agrocultura.* 63. 15-18.

Páginas de internet revisadas

- ALCALÁ Y OTROS. *Aspergillus* y aspergilosis. Centro de Microbiología Clínica
http://www.seimc.org/control/revi_Mico/asperguillus.htm, (12 Mayo, 2010).
- ALIMENTOS CON CONSERVADORES, Roche
http://www.paraqueestebien.com.mx/notas/tips_150.htm (30 julio 2010).
- ALVARADO GILIS. Micotoxinas en nutrición animal. Universidad Austral de Chile.
Facultad de Ciencias Agrarias.
<http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/>, (23 Mayo, 2009).
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE BIOSEGURIDAD A. C. Seguridad Biológica
hipoclorito de sodio 19 julio 2008.
<http://seguridadbiologica.blogspot.com/2008/07/hipoclorito-de-sodio-como-agente.html> (30 junio 2010).
- BERDI. La pagina de Acido Fosfórico 2010.
http://www.bedri.es/Libreta_de_apuntes/A/AC/Acido_fosforico.htm (30 julio 2010).
- BUTKERAITIS. El efecto de las micotoxinas en rumiantes 16 Octubre 2008.
http://www.engormix.com/toxisorb_adsorbente_de_micotoxinas_s_products6030-9964.htm (30 julio 2010).
- CALVO M. bioquímica de alimentos, Universidad de Zaragoza.
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/conservantes.html> (31 julio 2010).
- CANCINO. 1999 Food-Info. <http://www.food-info.net/es/e/e280.htm> (30 junio 2010).
- CARRILLO. LEONOR, Los Hongos de los Alimentos y Forrajes *Aspergillus* 1991.
<http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/04htextoaspergilos.pdf> (7 Enero, 2010).
- DE LA PEÑA. A. Forraje verde Hidropónico. Hydro environment
http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=107&chapter=6, (28 Enero 2009).
- DOCTORFUNGUS.ORG, Zygomycetes.org, *Rhizopus stolonifer*
<http://es.wikipedia.org/wiki/Rhizopus>. (15 Julio 2010)
- EROSKI CONSUMER. La contaminación por micotoxinas, 16 marzo 2010
actualización. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnología/2003/06/04/6735.php> (23 Marzo 2010).

- ESPINOSA-ROBLES, P., ESPINOSA-MENDOZA, L., PÉREZ-MERCADO, C. AND AGUSTÍN-MARTÍNEZ, J. 2009. Hydroponics maize forage production. Acta Hort. (ISHS) 843:283-286 http://www.actahort.org/books/843/843_37.htm
- FERRER. Importancia de las micotoxinas en cerdos. Agranco Corp. 1 enero 2001. http://www.engormix.com/importancia_micotoxinas_cerdos_s_articulos_246_MYC.htm, (25 Enero 2010).
- FODDER, An article from Agriculture Guide, <http://en.wikipedia.org/wiki/Fodder>
Growing Fodder Hydroponically. Consultado (18 mayo 2009)
- FOODCHEM INTERNATIONAL CORPORATION, <http://www.foodchem.es/5-potassium-sorbate-1.html> (30 julio 2010).
- GIACINTO ICARDO. 2010. Benzoato de sodio. <http://www.atinachile.cl/content/view/700234> (31 julio 2010).
- GOMEZ. Los Beneficios del Ozono Revista Verdemente 2006. <http://www.dietametabolica.es/ozono.htm> (31 julio 2010).
- GONZÁLEZ. Desafíos en la lucha contra las Micotoxinas Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Granma. Cuba. <http://www.monografias.com/trabajos14/micotoxinas/micotoxinas.shtml>, (2 Julio 2009).
- INS BIOSCIENCE SDN. BHD. In Malaysia INS Wheatgrass Range <http://instrading.co.za/tea-honey> (15 agosto 2010).
- KNASS PATRICIA Presencia de micotoxinas en granos y raciones para cerdos. Revista de ciencia y técnica de la FCEQyN de la UNAM. 6 enero 2005. http://www.engormix.com/presencia_micotoxinas_granos_raciones_s_articulos_408_MYC.htm, (22 Enero, 2010).
- LENNTECH Rotterdamseweg Holland since 1999. <http://www.lenntech.es/biocidas.htm#ixzz0vYzkhDrZ> (30 junio 2010).
- LARONDELLE. Almacenamiento de cereales y otros productos. F. Agronomía Universidad Nacional de la Pampa. Noviembre 2000. <http://www.agro.unlpam.edu.ar/catedras-pdf/Micotoxinas.pdf>, (17 Mayo 2010).
- MENÉNDEZ HIDRITEC Desinfección con Ozono. http://www.hidritec.com/doc-desinfeccion_ozono.htm (31 julio 2010).
- PETRO QUÍMICA ARGENTINA. Soluciones innovadoras para la preservación de alimentos. <http://www.petroar.com/sorbato.pdf> (30 julio 2010).

- PONTÓN ET AL. Hongos y actinomicetos alergenicos, Revista Iberoamericana de Micología. Bilbao 2002 <http://hongos-alergenicos.reviberoammicol.com/files/038.PDF> (8 Junio, 2010).
- PRINCIPIOS DE FARMACOLOGÍA, medicinas alternativas. Cornezuelo del centeno.<http://www.iqb.es/cbasicas/farma/farma06/plantas/efectos/ergot.htm> (30 julio 2010)
- RAMÍREZ VILLAPUDUA Y SÁINZ RODRÍGUEZ Profesores investigadores de la Universidad Autónoma de Sinaloa y Agrobiológica, S.A. de C.V. <http://www.monografias.com/trabajos81/ozono-agricultura-y-bienestar/ozono-agricultura-y-bienestar2.shtml> (Julio 15 2010).
- RIESGOS ALIMENTARIOS, alimentatec, portal de tecnologías 2009 [http://docum.azti.es/Riesgos.nsf/0/cd13b5499cb2e4e1c125c0500317f3f?](http://docum.azti.es/Riesgos.nsf/0/cd13b5499cb2e4e1c125c0500317f3f?OpenDocument) OpenDocument, (15 Junio 2009)
- RODRÍGUEZ Y TARRILLO. Forraje verde hidropónico. Lima Perú. 1999. <http://www.forrajehidroponico.com/art002.htm>, (26 Mayo 2010).
- ROMAGNOLI Y SILVA Publicación cuatrimestral de la facultad de ciencias agrarias Universidad Nacional de Rosario 27 marzo 2009. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/27/2AM27.htm>, (5 Junio, 2009)
- ROMERO, VME 2009. Forage production in hydroponics. Tecnoagro. Technological and agricultural advances. www.tecnoagro.com.mx. No. 51. March-April 2009
- TORRES Y DÍAZ GARCÍA. Micotoxinas en la alimentación animal, 22 Octubre 2002. <http://comunidad.uach.mx/fsalvado/MICOTOXINAS.htm> (30 julio 2010)
- VENTURINO Y ÁLVAREZ. Micotoxinas y silos en bolsa, Biofarma S.A. Argentina 1 agosto 2008. http://www.engormix.com/s_articles_view.asp, (22 Enero 2010)