

2
24
302827



UNIVERSIDAD MOTOLINIA, A. C.

ESCUELA DE QUIMICA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"EFECTO DE PRETRATAMIENTOS Y
DISTINTAS LAMINAS DE RIEGO SOBRE
LA COMPOSICION QUIMICA DEL FORRAJE
HIDROPONICO DE AVENA Y PRODUCCION
DE AFLATOXINAS."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A :

CONSUELO ELIZABETH CAMARGO PULIDO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
CAPITULO I INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Hipótesis	2
CAPITULO II ANTECEDENTES	3
CAPITULO III PARTE EXPERIMENTAL	25
3.1 Diagrama de flujo	25
3.2 Material, reactivos y equipo	26
3.2.1 Material	26
3.2.1.1 Material biológico	26
3.2.1.2 Material de laboratorio	26
3.2.2 Reactivos	27
3.2.3 Equipo	28
3.2.4 Preparación de reactivos	29
3.3 Metodología	30
3.3.1 Cromatografía en capa fina	32
3.3.2 Cenizas	34
3.3.3 Proteínas (Kjeldahl)	34
3.3.4 Extracto etéreo o grasa cruda	36
3.3.5 Humedad	37
3.3.6 Fibra cruda	37

3.3.7 Extracto libre de nitrógeno (ELN)	38
3.4 Análisis estadístico	39
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION	40
4.1 Resultados	41
4.2 Discusión	68
CAPITULO V CONCLUSIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	76

I. INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema

La hidroponia es un método alternativo de producción de vegetales, independiente de las condiciones climáticas y geográficas, basada en el principio del cultivo con agua enriquecida con nutrimentos específicos para cada tipo de vegetal. Entre las principales ventajas de este tipo de cultivo se encuentra el aprovechamiento casi completo de los nutrimentos, debido a la recirculación del agua enriquecida y el incremento en el -- rendimiento por hectárea.

El forraje hidropónico es germinado a partir de semillas de cereal en ausencia de suelo, usualmente en un gabinete de crecimiento por un período limitado. La temperatura y las condiciones de humedad son ideales para las contaminaciones de tipo fúngico, resultando un grave problema ya que el hongo puede producir aflatoxinas que generan diversos grados de intoxicación.

1.2 Objetivos

A) Determinar la composición química proximal de forraje hidropónico de avena sometido a diferentes niveles de formal--

dehído (0, 5, 10, 15 y 20 g/l) y láminas de riego (300, 600 y 900 ml de agua al día).

B) Detectar la presencia de aflatoxinas en forraje hidropónico de avena sujeto a distintos niveles de riego (300, 600 y 900 ml de agua al día).

1.3 Hipótesis

Las concentraciones de formaldehído utilizadas en el pretratamiento de las semillas y el agua suministrada durante el desarrollo, posiblemente causen:

- Inhibición en el desarrollo de hongos.
- Disminución en la frecuencia de hongos productores de aflatoxinas.
- Inhibición en el crecimiento del cultivo hidropónico de avena.

II. ANTECEDENTES

El método de hidroponia aunque parezca un avance totalmente nuevo, es bastante antiguo pues realmente se remonta a la época de los griegos y romanos que hacían germinar las semillas para alimentar el ganado (7).

Experimentalmente la historia de la hidroponia se remonta a fines del siglo XVII, siendo Woodwar (1699) en Inglaterra, -- quien realizó los primeros experimentos de cultivo en agua. -- Con ello pretendía saber si el agua o la parte sólida del suelo eran los responsables del crecimiento de las plantas. El -- experimentó con tres sustratos diferentes (agua de lluvia, agua de río y agua de conducción) adicionados con mantillo (abono -- resultante de la putrefacción del estiércol) logró el crecimiento de la hierbabuena (22).

De Sausure, (1804) y Boussingault, (1851 a 1856) demuestran que las plantas contienen carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno (4). Al mismo tiempo Justus Von Liebig, (1840) publicó una obra acerca de la aplicación de la química en la agricultura. En ella pone en evidencia las funciones respectivas de las tierras y el agua, en cuanto a proporcionar diversos -- elementos químicos a las plantas (22).

Wiegmann y Polstorff, (1842) hacen las primeras pruebas - de cultivos en medio inerte (arena silícea purísima o recortes de platino), enriquecido con sales minerales en solución. Posteriormente Knop. (1860) realiza los primeros cultivos en medio líquido, siendo su fórmula nutritiva todavía válida. Simultáneamente J. Von Sachs efectúa experimentos análogos de cultivos de plantas in vitro utilizando solamente solución nutritiva. Ello implica un avance importante en los inicios de la hidroponia (22).

En 1921 la estación agraria experimental de Rhode Island (E.U.A.), realiza los primeros experimentos de cultivos con fines económicos, efectuados en arena humedecida con diversas soluciones nutritivas. Estos experimentos fueron perfeccionados posteriormente por Eaton, en la misma estación (12).

Gericke, (1929) del Departamento de Nutrición de Plantas de la Universidad de Berkeley, publica trabajos que demuestran la viabilidad de la hidroponia desde el punto de vista económico, por ello se le considera el pionero de la hidroponia moderna y fue él quien le dio el nombre utilizado actualmente (22).

Durante la segunda guerra mundial empezaron a desarrollarse nuevas técnicas para la producción de hortalizas con el propósito de abastecerse en lugares aislados. Al terminar la se-

gunda guerra mundial el ejército de los Estados Unidos de América construyó en la isla de Chofula las instalaciones hidropónicas más grandes del mundo con 31 hectáreas (18).

El cultivo hidropónico requiere cantidades determinadas de agua, ya que un exceso o deficiencia de ella no permitirá obtener un rendimiento óptimo. Los requisitos para el crecimiento de las plantas cultivadas en el suelo y por hidroponía son los mismos. La diferencia radica en la forma de suministrar a las raíces los nutrimentos inorgánicos. En general se proveen a través de una solución nutritiva, que se define como el conjunto de elementos requeridos por las plantas disueltos en agua (31).

A continuación se mencionan los diferentes sistemas hidropónicos y semihidropónicos (C):

- A) CULTIVO EN MEDIO EXCLUSIVAMENTE LIQUIDO. En este método el aparato radical de las plantas es sumergido en la solución nutritiva y sostenido con sistemas diversos según la especie.
- B) CULTIVO EN SUSTRATO INERTE Y POROSO. Aquí las plantas se encuentran ancladas al sustrato y la solución nutritiva puede suministrarse de dos formas:
 - a) La solución atraviesa el sustrato de arriba hacia abajo, por percolación siendo esta irrigación de tres ma

neras:

- Superficial discontinua con o sin recuperación de la solución nutritiva.
- Superficial continua con o sin recuperación de la solución nutritiva.
- Por esparcimiento en la superficie de sales seguido de irrigación con agua.

b) La solución nutritiva atraviesa el sustrato de abajo hacia arriba, por subirrigación propiamente dicha o - por circulación de la solución nutritiva.

C) CULTIVO EN SUSTRATO SOLIDO, INERTE Y POROSO. Las plantas están ancladas al sustrato, el cual puede estar mezclado con pequeñas cantidades de turba u otros materiales que absorben la solución nutritiva. Esta es suministrada por alguno de los métodos anteriormente mencionados, o bien es mezclada a materiales sintéticos. Los de mayor uso son las resinas intercambiadoras de iones, las cuales son previamente saturadas de los elementos nutritivos necesarios. Por ello durante el cultivo únicamente se suministra agua (16).

Se ha probado que los siguientes elementos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, boro, cobre, zinc y molibdeno; siendo denominados como -

macroelementos el nitrógeno, potasio, fósforo y calcio (18).

De los elementos esenciales el nitrógeno probablemente -- tiene una influencia mayor en el crecimiento de las plantas -- que los otros elementos. El nitrógeno en condiciones apropiadas favorece el crecimiento del follaje y contribuye a un buen desarrollo del tallo (15).

La solución nutritiva es el elemento más delicado e importante en todos los sistemas hidropónicos. Se puede decir que sus características son decisivas para el éxito o fracaso del cultivo hidropónico. La solución debe contener todos los elementos minerales que las plantas requieren en grandes cantidades (macroelementos) y en concentraciones mínimas (microelementos).

Para obtener la fórmula de la solución nutritiva que logre un equilibrio entre los nutrientes requeridos y su concentración, es importante considerar la especie a cultivar y la fase de crecimiento deseada. La concentración puede sufrir variaciones durante el cultivo de las plantas principalmente por la luminosidad y su duración.

La concentración de la solución se debe mantener dentro de ciertos límites de presión osmótica que permitan la absor-

ción hídrica y mineral. En la práctica se tiene el óptimo cuando la concentración total de la solución está comprendida entre 1500-2000 mg/l (38).

La concentración de la solución debe ser adecuada, por razones fisiológicas, a la fase vegetativa de las plantas.

En el Cuadro 1 se presentan los niveles de concentración (mínimos, máximos y óptimos) aconsejados para los diversos elementos.

Como el principal problema que se tiene en la hidroponía en la fase inicial es el crecimiento de hongos indeseables, se han hecho diversas investigaciones encaminadas a encontrar tratamientos que los inhiban.

Los desinfectantes de mayor uso son: el tri, tetra o penta clorofenolato de sodio y formaldehído a diferentes concentraciones. El formaldehído presenta algunas ventajas como son: bajo costo, desprendimiento de gases durante su evaporación que permite desinfectar al mismo tiempo las instalaciones y fácil eliminación por medio de un lavado del sustrato con agua pura. - Además por su toxicidad aún en baja concentración para el desarrollo de las plantas puede ser detectado fácilmente por medio del reactivo de Nessler (yoduro de potasio y mercurio en medio

CUADRO 1

RANGOS DE CONCENTRACION RECOMENDADOS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA FORMULACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA EL CULTIVO HIDROPONICO.

Elementos	Concentración (mg/l)		
	Mínima	Máxima	Optima
Nitrógeno (N amoniacal)	-	100	0-40
Nitrógeno (N nítrico)	40	200	60-160
Fósforo P	15	130	30-90
Potasio K	100	600	200-400
Calcio Ca	75	500	150-400
Magnesio Mg	25	150	25-75
Azufre S	50	600	75-300
Cloro Cl		600	
Sodio Na		400	
Fierro Fe		10	2-4
Boro B		5	0.2-1.0
Manganeso Mn		15	0.2-2.0
Cobre Cu		5	0.01-1.0
Zinc Zn		20	0.01-1.0

Estos datos son meramente indicativos y varían según la especie, la fase vegetativa, el período estacional durante el cual se realiza el cultivo, etcétera (38).

alcalino), que produce una coloración amarilla. Aunque los resultados obtenidos indican un efecto positivo en la inhibición del crecimiento de hongos, en algunos casos las concentraciones también inhiben la germinación de la planta (9,16).

Los cereales son plantas de la familia de las gramíneas - cuyos frutos son ricos en almidón y contienen importantes cantidades de proteína, sales minerales y vitaminas. Pueden ser afectados por los hongos presentando alteraciones como: descomposición, manchado, cambios en su sabor, apariencia, olor y valor nutritivo (19). Los más importantes son el trigo, arroz, maíz, avena, cebada, mijo y centeno. Constituyen la base de la alimentación humana y suministran entre el 50 y 65% del aporte energético recibido por el total de la población humana -- (25).

Uno de los componentes sujeto a mayor variación en los cereales es la proteína bruta, que oscila entre el 8 y el 12%. - Se ha visto que el valor de las proteínas de los cereales para promover el crecimiento de los polluelos guarda el siguiente orden: avena, cebada, maíz o trigo. El mayor valor relativo de las proteínas de la avena para el crecimiento, probablemente se debe a una mayor cantidad de lisina (25).

El contenido de grasa en los cereales varía con la espe--

cie, siendo la avena la más rica (5%) y el trigo el más pobre (2%). Las grasas son insaturadas y principalmente constituidas por ácido linoleico y oleico, por ello es blanda y tienden a enranciarse con facilidad. Esto ocurre sobre todo en la avena y el maíz, que contienen doble cantidad de grasa que el trigo y la cebada (25).

El contenido de fibra cruda en el grano cosechado es más elevado en aquellos que presentan una cubierta formada a partir de la glumilla interna y externa (avena y arroz) y más bajo en los granos "desnudos", como el trigo y el maíz.

En el endospermo se encuentra el almidón en forma de gránulos, cuya forma y tamaño varía en los diferentes cereales. El almidón está formado por un 25% de amilosa y un 75% de amilopectina. En los almidones "céreos", la cantidad de amilopectina es más elevada.

Todos los cereales son deficientes en calcio, contienen menos del 0.1%. El contenido en fósforo varía de 0.3 a 0.5%, aunque parte de este porcentaje está en forma de fitatos. Los fitatos en los cereales tienen la propiedad de inmovilizar el calcio de la dieta y probablemente también el magnesio. La avena posee fitatos más activos que la cebada, centeno y trigo.

Los granos de los cereales son deficientes en vitamina D y con excepción del maíz amarillo, en provitamina A. Son buena fuente de vitamina E y tiamina, pero tienen poca riboflavina. La mayor parte de las vitaminas se encuentran concentradas en el germen y en la capa de aleurona.

Los cereales constituyen la principal fuente de energía en la alimentación de terneras, cerdos y aves. En ciertos estados promueven su crecimiento, debido a que tanto los cereales como los subproductos pueden constituir hasta el 90% de su dieta (33).

En el Cuadro 2 se muestra la composición de algunos forrajes y complementos comúnmente usados para la alimentación de animales herbívoros de granja (concentración de nutrimentos en base seca) (33).

En cuanto a la avena en particular su valor nutritivo depende en gran parte de la relación que existe entre el grano mondado y la cubierta. El porcentaje de cubierta en el grano entero está relacionado con la variedad, medio ambiente y estación, variando entre 23 y 35% (valor medio 27%). Las avenas ricas en cascarilla poseen más fibra bruta y menos energía metabolizable que las que contienen una proporción más baja.

CUADRO 2

COMPOSICION DE ALGUNOS FORRAJES Y COMPLEMENTOS UTILIZADOS PARA ALIMENTAR ANIMALES HERBIVOROS DE GRANJA (BASE SECA).

FORRAJES	COMPOSICION (%)		
	Materia seca	Proteína	Fibra cruda
Avena (<u>Avena sativa</u>)			
Ensilado, final del crecimiento	30	12.8	30
Ensilada, estado pastoso	32	9.7	34
Grano	89	13.6	12
Heno	88	9.2	31
Paja	90	4.4	41
Cebada (<u>Hordeum vulgare</u>)			
Grano	89	13.9	6
Heno	87	8.9	26
Paja	88	4.1	42
Centeno (<u>Secale cereale</u>)			
Ensilado	28	12.6	34
Grano	88	13.8	3
Pastoreado, inicio del crecimiento	16	28.0	-
Maíz (<u>Zea mays</u>)			
Ensilado	35	8.0	24
Henificado	82	8.9	26
Sorgo (<u>Sorghum vulgare</u>)			
Grano	88	7.9	2
Planta completa ensilada	29	8.3	26
Planta completa henificada	90	7.4	28
Forrajero (ensilado)	26	6.2	29
Trigo (<u>Triticum spp.</u>)			
Ensilado, inicio crecimiento	26	11.9	27
Heno	86	8.7	28
Paja	90	4.2	42
Salvado	89	18.0	11

(33)

El contenido de proteína bruta varía entre 7 y 15% y aumenta con la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Contiene menos del 2% de aminoácidos esenciales como metionina, histidina y triptofano. El aminoácido más abundante en la proteína de la avena es el ácido glutámico, cuya proporción puede llegar hasta el 20% (25). Entre el 65 y 70% de sus proteínas son del tipo de las glutelinas, del 30% restante, un 15% corresponde a albúminas y el otro 15% a globulinas (14).

En el Cuadro 3 se da la composición en materia seca de 171 muestras de grano de avena recogidas en Gales. Como puede verse, existe una variación considerable en todos los constituyentes principales (27).

Durante el almacenamiento de los granos de cereales y productos procedentes de los mismos, su contenido de humedad no debe superar ciertos límites. De lo contrario pueden sufrir ataques microbianos causados generalmente por hongos y bacterias que producen alteraciones importantes. Entre las más comunes se presenta la acidificación, aparición de gases, degradación de determinadas sustancias contenidas en los granos, así como acumulación o formación de metabolitos tóxicos como micotoxinas (25).

Las fuentes de micotoxinas incluyen a todos los productos

CUADRO 3

COMPOSICION DE LA AVENA COSECHADA EN GALES DE 1961-1963. (REPRESENTATIVA DE 171 MUESTRAS).

COMPONENTES (%)	COMPOSICION EN BASE SECA (%)	
	Rango	Media
Proteína bruta	7.2 - 14.5	10.7
Fibra cruda	8.0 - 17.9	12.5
Extracto etéreo	0.9 - 8.0	5.2
Cenizas	2.2 - 4.1	3.1
Extracto libre de Nitrógeno	63.8 - 74.2	68.5
Calcio	0.07 - 0.18	0.11
Magnesio	0.10 - 0.18	0.13
Potasio	0.31 - 0.65	0.47
Sodio	0.004 - 0.06	0.02
Fósforo	0.29 - 0.59	0.38
Cloro	0.04 - 0.18	0.09
Cobre	0.03 - 0.082	0.047
Cobalto	0.0002 - 0.0017	0.0005
Manganeso	0.22 - 0.79	0.45
Zinc	0.21 - 0.70	0.37

(36)

de granos o forrajes y sus derivados que contengan carbohidratos o grasa y estén expuestos a una humedad superior al 14% y temperatura elevada (10).

Un aspecto más del daño que causan los hongos en productos agrícolas fue detectado recientemente cuando fueron descubiertas las aflatoxinas hacia 1960 (19).

En el Cuadro 4 se muestran las micotoxinas encontradas en cereales y sus productos, así como los hongos que las originan.

El término aflatoxina fué asignado al material tóxico asociado con el hongo Aspergillus flavus antes de que su naturaleza compleja fuera determinada (37). Actualmente se sabe que son sustancias solubles en disolventes orgánicos, producidas por Aspergillus flavus y Aspergillus parasiticus, con fórmula empírica $C_{17}H_{12}O_6$ y que tienen fluorescencia característica (6).

Los compuestos producidos por Aspergillus flavus y otros hongos son varios a saber Aflatoxina B_1 , B_2 , G_1 , G_2 , M_1 y M_2 ; Aflatoxicol (parasíticol) B, A, Gm, G_2a , y P, siendo la mayoría de estos compuestos de Metoxi-Benzen Bifurano, ya sea por la adición o separación de un radical alcohol, fenol, hidroxilo, oxhidrilo o una doble ligadura, lo que da diferentes pro-

CUADRO 4

RELACION DE LAS MICOTOXINAS ENCONTRADAS EN DIFERENTES CEREALES
Y LOS PRINCIPALES ORGANISMOS RESPONSABLES DE SU PRODUCCION.

T O X I N A	HONGO PRODUCTOR	SUSTRATOS
Aflatoxina	<u>Aspergillus flavus</u> <u>Aspergillus parasiticus</u>	Cereales (productos)
Acido cladospórico	<u>Cladosporium sp.</u>	Cereales
Fusariogenina	<u>Fusarium roseum</u> <u>Fusarium graminearum</u>	Cereales, harina, pan
Gliotoxina	<u>Gliocladium fimbriatum</u> <u>Trichoderma viride</u>	Piensos
Islanditoxina	<u>Penicillium islandicum</u>	Arroz
Luteoskirina	<u>Penicillium islandicum</u>	Arroz, piensos
Maltoricina	<u>Aspergillus oryzae</u>	Malta germinada
Ocratoxina	<u>Aspergillus oxhraceus</u> <u>Penicillium sp.</u>	Cereales (maíz)
Patulina	<u>Penicillium urticae</u> <u>Penicillium expansum</u>	Malta, arroz
Rubrottoxina	<u>Penicillium rubrum</u>	Cereales
Rugulsina	<u>Penicillium rugulosum</u>	Arroz
Esterigmatocistina	<u>Aspergillus versicolor</u> <u>Aspergillus nidulans</u> <u>Bipolaris sp.</u>	Harina, piensos
Tricotecina	<u>Trichothecium roseum</u>	Harina de maíz, nueces
Cerealenon	<u>Gibberella zea</u>	Maíz
Citrinina	<u>Penicillium citrinum</u> <u>Aspergillus terreus</u>	Arroz

(25)

piedades a cada uno de los compuestos (20). Así tenemos por ejemplo que la Aflatoxina M_1 es el producto de la Aflatoxina B_1 encontrada en la leche y la única diferencia es la adición de un hidroxilo (23).

La aflatoxicosis, parte de las enfermedades denominadas micotoxicosis, fué definida como la intoxicación de un huésped después de la entrada al cuerpo de la toxina original del hongo (5). La aflatoxicosis causada por la aflatoxina B_1 y las toxinas relacionadas representan una de las enfermedades más serias para el hombre como también para la avicultura, la ganadería y otras especies de animales pequeños (24).

Reportes previos han proporcionado datos sobre los efectos agudos y crónicos de las aflatoxinas en el hombre y en los animales pequeños, incluyendo aves (21).

Los efectos genéticos de las aflatoxinas en los animales pueden ser del tipo de: inducción de tumores mutagénicos y teratogénicos aunado a estos efectos encontramos la deficiente ganancia de peso y daño hepático. A partir de un hígado lastimado se pueden derivar diferentes insuficiencias tales como: - insuficiente formación de factores de coagulación, insuficiente formación de proteínas, anticuerpos, asimilación de vitaminas y otros (13).

Las aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂ producidas por Aspergillus flavus y Aspergillus parasiticus provocan en los animales los siguientes síntomas: reducción de apetito, disminución en el desarrollo y por lo tanto en el crecimiento, daño en hígado, ictericia, hemorragia, diarrea, postración, cambio en el color del pelo y reducción en la respuesta inmunológica (28).

El descubrimiento de las propiedades letales, carcinogénicas y degeneración histológica, de los metabolitos producidos por Aspergillus flavus han provocado una intensa investigación mundial para determinar todo lo concerniente a sus propiedades y características (11).

El problema de la eliminación de estos metabolitos puede ser enfocado desde tres puntos de vista: Prevenirlos, removerlos o inactivarlos. Desde cualquier ángulo, lo mejor es la --prevención, como es bien conocido, no todos los hongos producen micotoxinas, entre las especies productoras, no todas las cepas lo hacen y más aún, el crecimiento de cepas productoras no necesariamente implica la formación de micotoxinas (19).

Para separar micotoxinas de cereales y diversos productos contaminados se tienen dos enfoques: Uso de disolventes selectivos que separen aceites y aflatoxinas de la harina o bien el uso de disolventes que disuelvan las aflatoxinas pero no los -

aceites ni los componentes de la harina.

El tercer punto de vista para la eliminación de micotoxinas es su destrucción. El uso de radiación gamma esta siendo investigado así como el de microondas. La aplicación de temperaturas altas ha estado sujeta a mucha investigación, algunos autores sugieren que son necesarios 300°C pero a ésta temperatura las proteínas son desnaturalizadas y la toxicidad no baja, otros sugieren la esterilización con vapor.

Otro enfoque investigado es la detoxificación química la cual no debe dejar residuos tóxicos y mantener el valor nutritivo del producto tratado. Dichas características así como razones de tipo económico limitan los tipos de productos químicos que pudieran tener éxito en el proceso de detoxificación a escala comercial. Los productos químicos predominantes en este aspecto pueden ser clasificados como: agentes oxidantes, ácidos y bases (19, 35).

Hay varios procesos de óxido-reducción que destruyen la actividad biológica de las aflatoxinas B₁ y G₁ pero no las B₂ y G₂. De los sistemas oxidantes que destruyen todas las aflatoxinas, solamente el peróxido de hidrógeno es prometedor para detoxificar productos alimenticios y alimentos. También han sido comparadas la capacidad de ozono, oxígeno y aire para re-

ducir los niveles de aflatoxinas pero no tienen efecto para to dos los tipos de aflatoxinas y el ozono reduce el nivel de lisina. Con respecto al uso de ácidos y por las condiciones -- drásticas requeridas para alterar las aflatoxinas el resultado no sería satisfactorio (19).

Por otro lado diversas investigaciones muestran que gran parte de los tóxicos producidos resisten las condiciones ambien tales y al desaparecer el organismo productor, el grano puede quedar contaminado. Se ha demostrado que después de siete años persisten las micotoxinas en los granos, aún cuando ya no exista vestigio alguno del microorganismo productor (32).

Por lo anterior el mejor método para controlar la producción de aflatoxinas es el de prevención del crecimiento de los hongos productores, evitando las condiciones óptimas para su desarrollo y la apropiada utilización de desinfectantes.

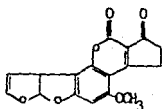
En cuanto a la detección de las micotoxinas, la prueba -- química de laboratorio puede ser específica o múltiple. Esto depende del número de micotoxinas que se desee encontrar. El método de detección específica regularmente se usa cuando ya -- existe una historia clínica bien definida o que se desea hacer una titulación de una micotoxina en especial. La separación -- de las micotoxinas generalmente se realiza por cromatografía --

en capa fina. La detección de las micotoxinas en sílica gel - es de acuerdo a su Rf y el color de fluorescencia. La cuantificación se puede lograr por diluciones hasta encontrar el rango de detección o por densidad de la mancha fluorescente por medio de un densitómetro (17). Las aflatoxinas B₁ y B₂ producen una fluorescencia azulosa en la cromatografía en capa fina; las G₁ y G₂ producen una fluorescencia verdosa (29).

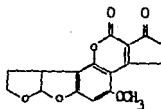
También se usa como método para la identificación la espectrofotometría de rayos infrarrojos. Este método se usa para la determinación de los grupos funcionales y no representa una prueba para el diagnóstico rutinario, sino para la identificación de un compuesto nuevo. El mismo método se utiliza -- cuando se desea identificar por cromatógrafo de gas y espectro fotometría de masas (26, 27).

A continuación se muestra en la Figura 1, la estructura -- de las aflatoxinas de interés analítico para productos alimenticios o alimentos contaminados (8, 30). En la Figura 2 se -- muestra la estructura microscópica característica de las diferentes especies de Aspergillus (33). La colonia de Aspergillus es compacta, de crecimiento lento (28 mm de diámetro en ocho - días), al principio es blanca, después se torna verde azulada con áreas amarillo azufre diseminadas sobre la superficie -- (33).

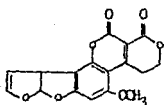
FIGURA 1



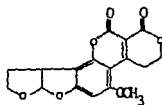
Aflatoxina B₁



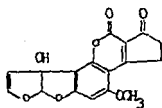
Aflatoxina B₂



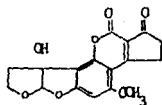
Aflatoxina G₁



Aflatoxina G₂



Aflatoxina M₁

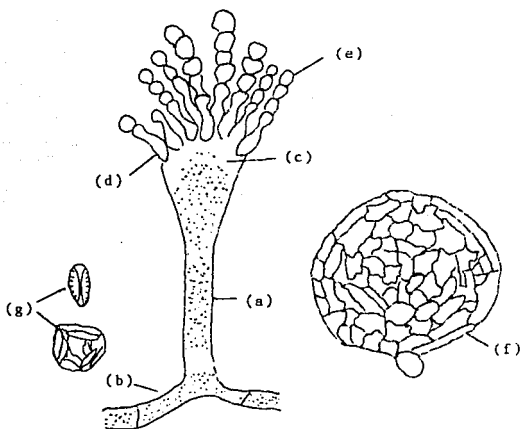


Aflatoxina M₂

Estructura de las aflatoxinas de interes analitico
en productos alimenticios y alimentos contaminados.
(32).

FIGURA 2

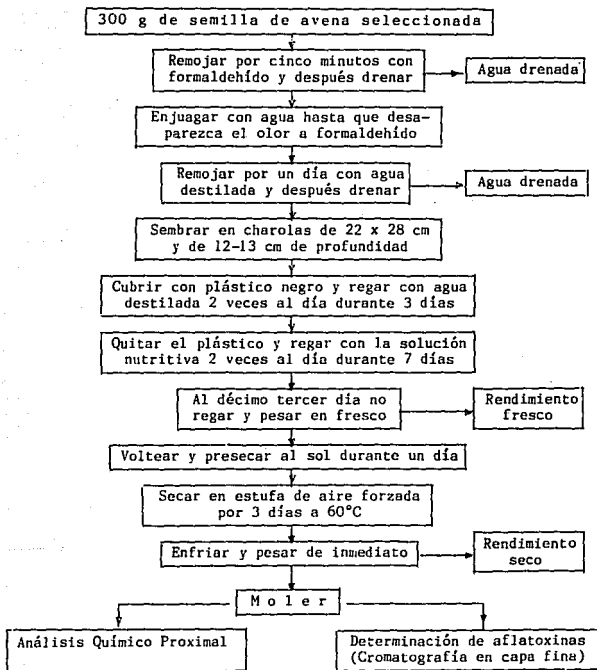
Estructura microscópica general de especies de Aspergillus .



La estructura portadora de conidios es una hifa alargada, no tabicada, ni ramificada (a) que nace de una célula pedal (b) en el micelio. Se ensancha en su extremo, formando una vesícula (c) - productora de esterigmas en forma de redoma (d) que cubren parcial o totalmente la superficie ensanchada. Los conidios parten de los extremos de los esterigmas, formando cadenas no ramificadas (e) que dan aspecto rugoso al conidióforo, ensanchando su vértice. Algunas especies de Aspergillus desarrollan peritecios (f) que contienen ascos y ascosporas (g). Cuando se encuentran estas estructuras, se incluye el hongo entre los ascomicetos en el género Eurotium (11).

III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Diagrama de flujo



3.2 Material, reactivos y equipo

3.2.1 Material

3.2.1.1 Material biológico

- Semillas de avena.

3.2.1.2 Material de laboratorio

- Agitadores.
- Buretas.
- Cápsulas de porcelana.
- Charolas de plástico de 22 x 28 cm y de 12-13 cm de profundidad.
- Crisoles.
- Embudos (filtración rápida y Buchner).
- Matraces.
- Matraces Kjeldahl.
- Mecheros.
- Papel filtro Whatman # 1.
- Perlas de ebullición.
- Pinzas.
- Pipetas.
- Plástico negro.

- Soporte universal.
- Vasos de precipitados.

3.2.2 Reactivos

Todos son grado analítico.

- Acetato de etilo. (Merck)
- Acetato de plomo. (J.T. Baker)
- Acetona. (Merck)
- Acetonitrilo. (J.T. Baker)
- Acido acético glacial. (Merck)
- Acido bórico. (J.T. Baker)
- Acido clorhídrico. (Merck)
- Acido sulfúrico conc. (93-95). (J.T. Baker)
- Anaranjado de metilo. (Sigma)
- Benceno. (Merck)
- Carbonato de calcio. (J.T. Baker)
- Carbonato de sodio. (Merck)
- Celite. (Merck)
- Cloroformo. (Merck)
- Cloruro de potasio. (Reasol)
- Eter etílico. (Merck)
- Formaldehído. (Merck)
- Fosfato de sodio. (J.T. Baker)

- Hidróxido de sodio. (J.T. Baker)
- Metanol. (Merck)
- Mezcla digestora de selenio. (Merck)
- Nitrato de amonio. (J.T. Baker)
- Rojo de metilo. (Sigma)
- Sílica gel G. Kieselgel 60H. (Merck)
- Sulfato de sodio anhidro. (Merck)
- Tolueno. (Merck)
- Verde de bromocresol. (Sigma)
- Zinc en gránulos. (J.T. Baker)

3.2.3 Equipo

- Balanza analítica de precisión (± 0.2 mg), Sar
torius.
- Balanza granataria con divisiones de 0.2 g -
(Sartorius).
- Bomba de vacío.
- Campana de extracción.
- Destilador eléctrico para agua.
- Digestor para fibra (LABCONCO).
- Equipo Kjeldahl (destilador eléctrico para a-
nálisis de nitrógeno y digestor).
- Estufa para secado con termostato capaz de --
mantener una temperatura de 24 a $150 \pm 1^\circ\text{C}$.

- Extractor de grasas (serie de extractores -- Soxhlet).
- Horno de convección mecánica a una temperatura variable de 90 a 110 °C.
- Molino motorizado tipo Wiley de mesa modelo - Nº 4 completo con criba de 0.5, 1 y 2 mm.
- Mufla eléctrica de 0 a 1000 °C. (Lindberg).
- Parrilla eléctrica con cubierta. Thermolyne - Sybron Corporation.

3.2.4 Preparación de reactivos

- Antiespumante diluido en proporción 1:4 en -- éter de petróleo o emulsionado con agua en la misma proporción (1).
- Catalizador: mezclar 200 g de K_2SO_4 con 5 g - de selenio y 20 g de $CuSO_4$ (1).
- Disolventes para correr cromatogramas: acetato de etilo, tolueno y acetona en proporción 2:3:1 (2).
- Placas de vidrio de 20 x 20 cm recubiertas -- con sílica gel G de un espesor de 6.5 mm y activadas a 230°C en una estufa durante una hora. Estas placas después de activarlas se pueden colocar en un desecador hasta su uso (2).

- Solución de acetato de plomo (20%). Disolver 200 g de acetato de plomo neutro en agua destilada, añadir 3 ml de ácido acético glacial y diluir a un litro (1).
- Solución de ácido bórico (4%); 40 g en 1000 ml de agua (1).
- Solución 0.1 N de HCl o H_2SO_4 , titulada con Na_2CO_3 anhidro, usando anaranjado de metilo como indicador (1).
- Solución 0.255 N de H_2SO_4 (1.25 g de H_2SO_4 en 100 ml de agua). (1).
- Solución de hidróxido de sodio al 50% aprox. (500 g de NaOH en 1000 ml de H_2O). La densidad de la solución debe ser de 1.36 (1).
- Solución 0.313 N de NaOH (1.25 g de NaOH en 1000 ml de agua libre de carbonatos (1).
- Solución indicadora de rojo de metilo-verde de bromocresol. Mezclar una parte de una solución alcohólica de rojo de metilo al 0.2% con cinco partes de una solución alcohólica de verde de bromocresol al 0.2% (1).

3.3 Metodología

Seleccionar la semilla libre de algún tratamiento --

con fertilizantes y pesar 300 g para cada charola. Aplicar -- los 5 tratamientos con formaldehído por triplicado y para cada lámina de riego. Lo anterior da un total de 45 charolas requi-- riendo 13.5 Kg de semilla.

Remojar en cubetas durante 5 minutos con formaldehído a -- distintas concentraciones (0, 5, 10, 15 y 20 g/l). Transcurri-- do el tiempo drenar y enjuagar hasta eliminar el olor a formal-- dehído.

Remojar en cubetas por un día con agua destilada y des-- pués drenar. Sembrar en charolas de plástico con 6 orificios en la parte inferior que permitan la salida gradual de líquida. Cubrir con plástico negro y regar con agua destilada 2 veces -- al día durante 3 días.

Transcurrido el tiempo quitar el plástico y regar con la solución nutritiva 2 veces al día durante 7 días. Dejar de re-- gar un día y pesar en fresco para obtener el rendimiento fres-- co.

Voltear y vaciar el forraje, dejando presecar al sol du-- rante un día. Secar en estufa de aire forzado por 3 días a -- 60°C. Enfriar y pesar de inmediato para obtener el rendimien-- to seco.

Moler el producto obtenido y realizar los análisis químicos para determinar su composición y la presencia de aflatoxinas.

A continuación se describen las técnicas a realizar para determinar la existencia o no de aflatoxinas por cromatografía en capa fina y los análisis químicos para determinar la composición química proximal.

3.3.1 Cromatografía en capa fina

EXTRACCION Y PARTICION.

Homogenizar 25 g de muestra con 90 ml de acetonitrilo y - 10 ml de cloruro de potasio al 4%, a alta velocidad por 3 minutos. Filtrar y recoger el filtrado en un embudo de separación.

Desengrasar con éter (25 a 50 ml) agitando y dejando en reposo hasta que las capas se separen, la capa oleosa se desecha y la acuosa se deposita en un vaso de precipitados.

La capa acuosa obtenida se decolora con una solución de - cloruro férrico al 10% y se ajusta el pH a 4.6 con NaOH al 4%.

Una vez decolorada filtrar con papel y agregar 50 ml de -

cloroformo y 50 ml de agua destilada agitando, dejar en reposo hasta que las capas se separen, extraer la capa clorofórmica - en un matráz de 250 ml.

Agregar a la capa clorofórmica un gramo de sulfato de sodio anhidro, agitar y después de 3 minutos de reposo aproximadamente decantar el líquido evitando el paso del sulfato de sodio y evaporar.

Resuspender la muestra con 0.5 ml de benceno-acetonitrilo en proporción 98:2 y agregar 2 perlas de vidrio para facilitar la recuperación. Hacer la cromatografía con el extracto bencénico obtenido, sobre placa de sílica gel G y utilizar volúmenes conocidos tanto de la muestra como del patrón.

Colocar las placas a desarrollar con el sistema de disolventes respectivo, dejar secar al medio ambiente y observar bajo la luz ultravioleta.

Las manchas que muestran un Rf similar al patrón y una -- fluorescencia azul igual al de éste se consideran potencialmente positivas (2).

PRUEBA CONFIRMATIVA CON ACIDO SULFURICO.

Realizar una aspersión con ácido sulfúrico-agua (1:3) sobre la placa, observando nuevamente bajo la luz ultravioleta. Las manchas seleccionadas anteriormente que ahora muestren una fluorescencia amarillo verdosa similar al patrón se consideran positivas o con presencia de aflatoxinas. Su concentración se obtiene por comparación con diferentes concentraciones del estándar (2).

3.3.2 Cenizas

Pesar aproximadamente 2 g de muestra en un crisol de porcelana previamente tarado, calcinar e introducir durante 3 horas en mufla precalentada a 550-600 °C. Enfriar el crisol en desecador y pesar inmediatamente calculando el porcentaje de cenizas únicamente con la primera cifra decimal (1).

3.3.3 Proteínas (Kjeldahl)

Pesar exactamente de 1 a 2 g de muestra sobre una hoja de papel filtro, doblar cuidadosamente el papel e introducir el conjunto en un matraz Kjeldahl de 500 u 800 ml. -- Añadir aproximadamente 6 g de catalizador y 20 ml de H_2SO_4 -- conc. Calentar en el digestor, primeramente a temperatura moderada hasta que la formación de espuma cese y después mantener el líquido en ebullición hasta que la solución se clarifi-

que. Continuar por 15-20 minutos más después de alcanzar este punto. Enfriar y añadir aproximadamente 400 ml de agua con agitación constante.

Colocar 50 ml de solución de ácido bórico en un matraz Erlenmeyer de boca ancha de 500 ml. Añadir de 2 a 3 gotas de indicador. Asegurarse que la punta del condensador se encuentre sumergida en el ácido bórico. Sosrener el matraz en posición inclinada para resbalar por la pared 40 ml de NaOH al 50% para formar dos capas.

Conectar inmediatamente al destilador, mezclar el contenido del matraz Kjeldahl mediante agitación rotatoria y calentar hasta que todo el NH_4^+ haya sido destilado (150 ml de destilado son generalmente suficientes). Bajar el matraz Erlenmeyer de manera que el condensador quede fuera de la solución de ácido bórico y apagar el sistema de calentamiento. Enjuagar con agua destilada la punta del condensador. Hacer un blanco de reactivos y el papel (sin muestra) por lo menos una vez al día y cuando se cambien reactivos.

Titular el destilado con la solución 0.1 N de ácido clorhídrico o sulfúrico hasta el vire del indicador. Substraer de esta cifra el volumen de ácido gastado por las muestras blanco (1).

Al calcular la proteína de un alimento a partir de su nitrógeno se parte de dos suposiciones: primero, que todas las proteínas del alimento contienen un 16% de nitrógeno, y segundo, que todo el nitrógeno está en forma de proteínas. El porcentaje de nitrógeno se expresa en términos de proteína bruta y se calcula como sigue:

$$\% N = \frac{(\text{ml ácido muestra} - \text{ml ácido blanco})(\text{Normalidad del ácido})(0.014)(6.25)(100)}{(\text{peso de la muestra en gramos})}$$

Se considera que en la práctica está justificado el uso de un factor medio de conversión de $100/16 = 6.25$ para las proteínas de los alimentos, ya que los requerimientos proteicos de los animales domésticos se expresan en términos de $N \times 6.25$ (26).

3.3.4 Extracto etéreo o grasa cruda

Extraer con éter etílico anhidro, en un cartucho de celulosa que permita el paso rápido del disolvente, aproximadamente 2 g de muestra en un aparato Soxhlet. El tiempo de extracción puede variar desde 4 horas a velocidad de condensación de 5 a 6 gotas por segundo, hasta 16 horas, 2 o 3 gotas por segundo, recuperar el éter residual sobre baño maría en lugar bien ventilado, secar el residuo a 100°C durante 30 minutos, enfriar y pesar. Secar el cartucho de celulosa en

la estufa a 90-110°C durante 24 horas o a peso constante y calcular por diferencia (1).

3.3.5 Humedad

Secar en cápsula de aluminio aproximadamente - 2 g de muestra hasta peso constante, a 95-100°C en una estufa cuya presión interior no exceda de 100 mm de Hg. La operación requiere desde unas 5 horas hasta 24 horas. Considerar como humedad la pérdida de peso al vacío. El material seco puede utilizarse para la determinación de grasa cruda (1).

3.3.6 Fibra cruda

Pesar con exactitud 2 g de muestra seca desgrasada y transferirla a un vaso de precipitados de 600 ml. Si la muestra original contiene menos del 1% de grasa, la extracción puede omitirse. Añadir 200 ml de solución de ácido sulfúrico al 1.25% a temperatura de ebullición y una gota de solución anti-espumante. Si se desea también pueden introducirse algunas -- perlas de vidrio para regular la ebullición (éstos dos últimos pasos se pueden omitir). Colocar inmediatamente el vaso en el digestor precalentado y hervir exactamente por 30 minutos. -- Filtrar el contenido del vaso a través de una capa delgada de asbesto en un crisol de Gooch y lavar con 4 porciones de agua

hirviente de 50 ml c/u.

Transferir el residuo de la filtración anterior al mismo vaso de precipitado, añadir 200 ml de solución de NaOH al 1.25% a temperatura de ebullición y hervir exactamente por 30 minutos. Filtrar el contenido del vaso lavando con una porción de 25 ml de solución sulfúrica caliente, seguida de porciones de 50 ml c/u de agua hirviente y, finalmente, con 25 ml de alcohol.

Secar el crisol con su contenido a 120°C durante 2 horas, enfriar en desecador y pesar. Calcinar a 600°C por 30 minutos, enfriar en desecador y pesar nuevamente (1).

% fibra cruda en muestra seca y desgrasada = C

$$C = [(Pr - Pc) (100)] / Pm$$

Pr = Peso del crisol con residuo seco.

Pc = Peso después de la calcinación.

Pm = Peso de la muestra.

% fibra cruda en material original - % F.C.

$$\% FC = C (100 - \% Humedad - \% Grasa cruda) / 100$$

3.3.7 Extracto libre de nitrógeno = ELN

El extracto libre de nitrógeno se obtiene apli

cando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ELN} = 100 - (\% \text{H} + \% \text{M.M.} + \% \text{P.C.} + \% \text{E.E.} + \% \text{F.C.})$$

%H = Porcentaje de humedad.

%M.M. = Porcentaje de materia mineral o cenizas.

%P.C. = Porcentaje de proteína cruda.

%E.E. = Porcentaje de extracto etéreo.

%F.C. = Porcentaje de fibra cruda (1).

3.4 Análisis Estadístico

El análisis estadístico aplicado para la interpretación de los resultados obtenidos es el análisis de varianza, que da una estimación (F) de la significancia de las variables. La F calculada se compara con valores tabulados (F tablas), la cual estima niveles de significancia del 5 y 1% (95 y 99% de probabilidad respectivamente). Con ello es posible observar si existe o no diferencia significativa entre las variables evaluadas.

Un valor de 95% significa que la diferencia es significativa y uno de 99%, que es altamente significativa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En el desarrollo de este estudio se utilizó un diseño experimental de tipo factorial para evaluar el efecto de dos variables. En el primer factor se evaluó la cantidad de agua a 3 niveles y en el segundo se estudió el efecto del pretratamiento de las semillas con formaldehído a cinco concentraciones.

Cada variable se evaluó por triplicado con el objeto de estudiar su influencia sobre el rendimiento-eficiencia en base húmeda y base seca.

De las 45 muestras obtenidas, se evaluó por duplicado el efecto sobre la cantidad de humedad, materia seca, proteínas, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno.

Para evaluar el efecto de cada factor se realizó el análisis de varianza, estableciéndose para determinar su tendencia, las ecuaciones de regresión en función de láminas de riego y nivel de formaldehído como variables independientes (34, 39).

4.1 Resultados

Los resultados del rendimiento promedio del forraje hidropónico de avena (base húmeda y base seca) obtenidos a diferentes concentraciones de formaldehído (0, 5, 10, 15 y 20 -- g/l) y distintas láminas de riego (300, 600 y 900 ml de agua - al día), así como la eficiencia y las desviaciones de pueden - observar en el Cuadro I.

En la primera lámina de 300 ml de agua al día, el valor - más alto en rendimiento-eficiencia en base húmeda es de 731.53g al utilizar una concentración de 15 g/l de formaldehído, dismi nuyendo los valores al aumentar y disminuir la concentración - de éste último y encontrándose el valor inferior de 600.8 g en ausencia de formaldehído. En cuanto a la eficiencia-rendimien- to en base seca no se observa una tendencia definida encontran do el valor más alto de 219.5g al utilizar 5 g/l de formaldehí- do y el inferior de 212.13 g en ausencia de formaldehído.

La siguiente lámina de 600 ml de agua al día presenta en base húmeda un rendimiento-eficiencia mayor a una concentra-- ción de 20 g/l de formaldehído de 712.27 g y menor de 655.4 g en ausencia de formaldehído sin tendencia clara, ya que los va lores suben y bajan. La tendencia tampoco es clara para la e- ficiencia-rendimiento en base seca, encontrando el valor más -

alto a una concentración de 5 g/l de formaldehído de 219.9 g y la menor al utilizar 20 g/l de formaldehído de 212.47 g.

En la tercer lámina de 900 ml de agua al día se encuentra el valor mayor de 719.87 g en cuanto a rendimiento-eficiencia en base húmeda, con una concentración de 5 g/l de formaldehído disminuyendo los valores hacia ambos lados y encontrándose el valor inferior de 632.1 g al utilizar 20 g/l de formaldehído. En el rendimiento-eficiencia en base seca, no se observa una tendencia a disminuir o aumentar los valores, encontrándose el mayor de 221.5 g al utilizar una concentración de 5 g/l de formaldehído y el menor de 215.8 g al utilizar 15 g/l de formaldehído.

En el Cuadro II se encuentran los promedios y desviaciones del análisis químico proximal que comprende humedad, materia seca, proteínas, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno para las diferentes láminas de riego (300, 600 y 900 ml de agua al día) y las distintas concentraciones de formaldehído (0, 5, 10, 15 y 20 g/l) utilizadas en el pretratamiento de la semilla.

Esquemáticamente y tomando en cuenta la relación entre las distintas concentraciones de formaldehído y las diferentes láminas de riego antes mencionadas, se realizaron las siguien-

tes gráficas evaluando en cada una de ellas los siguientes factores: Gráfica I rendimiento en peso fresco; Gráfica II rendimiento en peso seco; Gráfica III humedad; Gráfica IV materia seca; Gráfica V proteínas; Gráfica VI extracto etéreo; Gráfica VII fibra cruda; Gráfica VIII cenizas y Gráfica IX extracto libre de nitrógeno.

En el Cuadro III se evaluó cualitativamente a las aflatoxinas tipo B₁, B₂, G₁ y G₂ en 18 muestras escogidas al azar, no encontrándose presentes en ninguna de ellas, pero se encontraron bandas distintas a aflatoxinas y se determinó su R_f, tomando en cuenta los disolventes de desarrollo para dar una posible interpretación en cuanto al tipo de compuesto que se trata. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro IV.

Finalmente se muestran los análisis de varianza de la siguiente manera: Cuadro V producción en base húmeda; Cuadro VI producción en base seca; cuadro VII rendimiento en base húmeda; Cuadro VIII rendimiento en base seca; Cuadro IX humedad; Cuadro X materia seca; Cuadro XI proteína; Cuadro XII extracto etéreo; Cuadro XIII fibra cruda; Cuadro XIV cenizas y Cuadro XV extracto libre de nitrógeno.

CUADRO 1

RENDIMIENTO PROMEDIO DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA UTILIZANDO DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO Y DISTINTAS LAMINAS DE RIEGO.

Lámina de riego	Evaluaciones	NIVEL DE FORMALDEHIDO (g/l)				
		0	5	10	15	20
300 ml de agua al día.	Rendimiento	600.80	681.57	723.17	731.53	670.10
	Base húmeda (g)	±32.94	±53.24	±49.27	±69.55	±58.80
	Rendimiento	212.13	219.50	214.80	215.13	213.10
	Base seca (g)	±5.87	±6.22	±2.16	±2.97	±9.56
	Eficiencia*	3.13	3.55	3.77	3.81	3.40
	Base húmeda	±0.20	±0.28	±0.28	±0.35	±0.30
600 ml de agua al día.	Rendimiento	655.40	658.70	702.17	684.70	712.27
	Base húmeda(g)	±34.13	±60.88	±27.43	±51.86	±63.17
	Rendimiento	216.98	219.90	212.67	214.47	212.47
	Base seca (g)	±7.67	±1.65	±3.00	±3.91	±2.13
	Eficiencia*	3.41	3.43	3.66	3.57	3.71
	Base húmeda	±0.17	±0.32	±0.15	±0.25	±0.36
900 ml de agua al día.	Rendimiento	654.40	719.87	699.77	648.70	632.10
	Base húmeda(g)	±31.73	67.82	48.04	30.19	21.58
	Rendimiento	218.47	221.50	216.30	215.80	216.87
	Base seca (g)	±2.67	±1.92	±2.56	±5.64	±4.36
	Eficiencia*	3.41	3.75	3.64	3.38	3.29
	Base húmeda	±0.17	±0.37	±0.25	±0.15	±0.11
	Eficiencia*	1.14	1.15	1.13	1.12	1.13
	Base seca	±0.01	±0.01	±0.01	±0.03	±0.02

* La eficiencia se calculó dividiendo la cantidad de forraje entre grano seco.

CUADRO 11

PROMEDIOS DEL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA A DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO Y DISTINTAS LAMINAS DE RIEGO.

Lámina de riego	Componentes	NIVEL DE FORMALDEHIDO (g/l)				
		0	5	10	15	20
300 ml de agua al día.	Humedad (%)	9.20	10.76	9.42	9.82	9.22
	Materia seca (%)	80.99	80.90	80.51	80.40	80.16
	Proteína (%)	10.89	11.13	11.23	12.02	11.32
	Extracto etéreo (%)	7.05	6.61	7.02	6.77	7.16
	Fibra cruda (%)	11.91	11.86	12.04	10.17	10.36
	Cenizas (%)	12.91	12.49	12.74	11.61	10.72
	Extracto libre de nitrógeno (%)	3.93	4.11	4.04	4.60	4.65
		80.24	80.13	80.18	80.21	80.16
		66.56	66.29	65.86	65.60	66.76
		21.68	21.83	21.86	21.46	22.64
600 ml de agua al día.	Humedad (%)	8.07	10.99	9.84	10.72	9.09
	Materia seca (%)	80.35	80.46	80.52	80.57	80.54
	Proteína (%)	11.93	11.33	10.93	11.12	10.93
	Extracto etéreo (%)	9.54	6.49	6.92	6.34	7.77
	Fibra cruda (%)	10.43	12.88	13.45	13.38	10.59
	Cenizas (%)	10.31	11.52	11.78	12.49	12.78
	Extracto libre de nitrógeno (%)	3.62	3.77	3.95	4.05	4.19
		80.10	80.22	80.28	80.34	80.21
		65.60	65.53	64.75	65.11	66.52
		21.07	20.94	21.74	22.07	21.51
900 ml de agua al día.	Humedad (%)	10.11	9.16	10.27	9.66	9.39
	Materia seca (%)	80.48	80.48	80.41	80.32	80.21
	Proteína (%)	89.89	90.84	89.73	90.34	90.51
	Extracto etéreo (%)	11.89	11.48	10.41	10.32	10.22
	Fibra cruda (%)	10.66	9.94	11.31	10.95	10.95
	Cenizas (%)	80.69	80.55	80.24	80.48	80.71
	Extracto libre de nitrógeno (%)	7.23	7.44	9.08	6.96	5.95
		80.69	80.93	80.48	80.92	80.28
		13.44	13.84	12.64	12.00	13.41
		21.75	22.79	21.51	22.76	21.04
	3.25	3.94	2.97	4.06	3.56	
	80.24	80.28	80.19	80.42	80.53	
	69.19	64.85	65.01	66.04	66.18	
	21.48	21.73	21.76	21.95	20.72	

CUADRO III

VALORACION CUALITATIVA DE AFLATOXINAS TIPO B₁, B₂, G₁ y G₂ EN MUESTRAS DE CULTIVO HIDROPONICO DE AVENA, SOMETIDAS A DIFERENTES LAMINAS DE RIEGO Y DISTINTAS CONCENTRACIONES DE FORMALDEHIDO COMO PRETRATAMIENTO.

Tipo de lámina	Número de muestras	Presencia de aflatoxinas (B ₁ , B ₂ , G ₁ y G ₂)
I - 300 ml de agua/día 0 g/l de formaldehído 5 g/l de formaldehído 10 g/l de formaldehído 15 g/l de formaldehído 20 g/l de formaldehído	2 1 1 1 3	negativo negativo negativo negativo negativo
II - 600 ml de agua/día 5 g/l de formaldehído 10 g/l de formaldehído 15 g/l de formaldehído 20 g/l de formaldehído	1 1 2 1	negativo negativo negativo negativo
III- 900 ml de agua/día 10 g/l de formaldehído 15 g/l de formaldehído 20 g/l de formaldehído	1 2 2	negativo negativo negativo

CUADRO IV

BANDAS^{1/} Y SU RESPECTIVO R_F ENCONTRADO EN MUESTRAS DE CULTIVO - HIDROPONICO DE AVENA, DISTINTOS A AFLATOXINAS, CON SU POSIBLE INTERPRETACION EN CUANTO AL TIPO DE COMPUESTO QUE SE TRATA.

TIPO DE MUESTRA	R _F ^{2/}	COMPUESTOS POSIBLES
I - 300 ml de agua/día 0 g/l de formaldehído 0.66 0 g/l de formaldehído 0.6 5 g/l de formaldehído 0.73 10 g/l de formaldehído 0.66 20 g/l de formaldehído 0.66		Ac. Tereftálico, timol éter, vanillina, -- ac. acetilsalicílico, triptamina, siringaldehído, fenol, ac. p-hidroxibenzoico, ac. siringico. m-aminofenol, feniletilamina, ac. acético, ac. veratríco, bencilamina, 3,4 dimetilanisól (36,37).
II - 600 ml de agua/día 15 g/l de formaldehído 0.7 20 g/l de formaldehído 0.6 20 g/l de formaldehído 0.66		Ac. acetilsalicílico, - triptamina, siringaldehído, fenol, fenol, m-aminofenol, feniletilamina, - ac. acético, ac. veratríco, bencilamina, vanillina, timol éter (36,37).
III- 900 m. de agua/día 15 g/l de formaldehído 0.66 20 g/l de formaldehído 0.7 20 g/l de formaldehído 0.66		Ac. veratríco, bencilamina, vanillina, timol éter, m-aminofenol, feniletilamina, ac. acético (36,37).

1/ Se le denomina a la Zona cromatográfica, o sea, región donde se concentra la sustancia separada (3).

2/ Es la relación utilizada en cromatografía sobre papel y en capa delgada que es la distancia desde el origen al centro de la zona separada dividida por la distancia desde el origen al frente del solvente. Esta relación puede ser expresada como sigue: $R_f = d_2/d_1$ (3).

CUADRO V

ANALISIS DE VARIANZA EN PRODUCCION DE
FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA EN BASE HUMEDA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	25305.799	6326.45	2.62	2.69 - 4.02 NS
Lineal	1	9457.675	9457.675	3.92	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	12608.001	12608.001	5.223	4.17 - 7.56 *
Cúbico	1	2379.820	2379.820	0.986	4.17 - 7.56 NS
Riego	2	54.023	27.014	0.011	3.32 - 5.39 NS
Lineal	1	16.131	16.131	0.007	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	37.895	37.895	0.016	4.17 - 7.56 NS
Interacción F x R	8	26947.658	3368.457	1.395	2.27 - 3.17 NS
Residual	30	72413.867	2413.796		
Total	44	124721.352			

NS = No significativo

* = Significativo (95%)

CUADRO VI

ANÁLISIS DE VARIANZA EN PRODUCCIÓN DE
FORRAJE HIDROPÓNICO DE AVENA EN BASE SECA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	231.576	57.894	2.57	2.69 - 4.02 NS
Lineal	1	66.04	66.04	2.93	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	10.115	10.115	0.4498	4.17 - 7.56 NS
Cúbico	1	67.081	67.081	2.96	4.17 - 7.56 NS
Riego	2	62.275	31.138	1.38	3.32 - 5.39 NS
Lineal	1	52.801	52.801	2.34	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	9.474	9.474	0.42	4.17 - 7.56 NS
Interacción F x R	8	58.298	7.267	0.324	2.27 - 3.17 NS
Residual	30	674.554	22.485		
Total	44	1026.703			

NS = No significativo

CUADRO VII

ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO EN LA PRODUCCION
DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA EN BASE HUMEDA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	0.780	0.195	2.786	2.69 - 4.02 *
Lineal	1	0.256	0.256	3.657	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	0.434	0.434	6.2	4.17 - 7.56 *
Cúbico	1	0.064	0.064	0.914	4.17 - 7.56 NS
Riego	2	0.0018	0.0018	0.014	3.32 - 5.39 NS
Lineal	1	0.0002	0.0002	0.0028	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	0.0018	0.0018	0.026	4.17 - 7.56 NS
Interacción F x R	8	0.836	0.105	1.5	2.27 - 3.17 NS
Residual	30	2.098	0.070		
Total	44				

NS = No significativo

* = Significativo (95%)

CUADRO VIII

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO EN LA
PRODUCCIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE AVEÑA EN BASE SECA

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	0.006	0.002	2.70	2.69 - 4.02 *
Lineal	1	0.002	0.002	4.09	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	0.0003	0.0003	0.49	4.17 - 7.56 NS
Cúbico	1	0.0015	0.0015	2.49	4.17 - 7.56 NS
Riego	2	0.0014	0.0007	1.16	3.32 - 5.39 NS
Lineal	1	0.0012	0.0012	1.99	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	0.0002	0.0002	0.33	4.17 - 7.56 NS
Interacción F x R	8	0.002	0.0003	0.49	2.27 - 3.17 NS
Residual	30	0.018	0.0006		
Total	44	0.028	0.001		

NS = No significativo

* = Significativo (95%)

CUADRO IX

ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE
HUMEDAD OBTENIDO EN EL FORRAJE HIDROPONICO
DE AVENA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	18.078	4.52	10.134	2.69 - 4.02 **
Lineal	1	0.020	0.020	0.046	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	13.193	13.193	29.581	4.17 - 7.56 **
Cúbico	1	0.788	0.788	1.767	4.17 - 7.56 NS
Riego	2	0.154	0.077	0.173	3.32 - 5.39 NS
Lineal	1	0.015	0.015	0.034	4.17 - 7.56 NS
Cuadrático	1	0.139	0.139	0.311	4.17 - 7.56 NS
Interacción F x R	8	30.379	3.797	8.513	2.27 - 3.17 **
Residual	30	33.44	0.446		
Total	44	82.051			

NS = No significativo

** = Altamente significativo (99%)

CUADRO X

ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE
MATERIA SECA OBTENIDO EN EL FORRAJE
HIDROPONICO DE AVENA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	18,073	4.52	10.134	2.48 - 3.60 **
Lineal	1	0.020	0.020	0.046	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	13.19	13.19	29.573	3.96 - 7.01 **
Cúbico	1	0.789	0.789	1.769	3.96 - 7.01 NS
Riego	2	0.154	0.077	0.173	3.11 - 4.92 NS
Lineal	1	0.015	0.015	0.035	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	0.139	0.139	0.311	3.96 - 7.01 NS
Interacción F x R	8	30.379	3.797	8.513	2.05 - 2.77 **
Residual	75	33.44	0.446		
Total	89	82.051			

NS = No significativo

** = Altamente significativo (99%)

CUADRO XI

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE PROTEÍNA
OBTENIDO EN EL FORRAJE HIDROPÓNICO DE AVENA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	2.967	0.742	2.126	2.48 - 3.60 NS
Lineal	1	0.298	0.298	0.853	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	0.002	0.002	0.005	3.96 - 7.01 NS
Cúbico	1	2.602	2.602	7.454	3.96 - 7.01 **
Riego	2	1.743	0.871	2.454	3.11 - 4.92 NS
Lineal	1	1.314	1.314	3.765	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	0.428	0.428	1.227	3.96 - 7.01 NS
Interacción F x R	8	14.94	1.867	5.349	2.05 - 2.77 **
Residual	75	26.165	0.349		
Total	89	45.814			

NS = No significativo

** = Altamente significativo (99%)

CUADRO XII

ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE EXTRACTO
ETEREO OBTENIDO EN EL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	17.973	4.493	4.547	2.48 - 3.60 **
Lineal	1	8.089	8.089	8.188	3.96 - 7.01 **
Cuadrático	1	3.287	3.287	3.326	3.96 - 7.01 NS
Cúbico	1	0.831	0.831	0.841	3.96 - 7.01 NS
Riego	2	3.578	1.789	1.81	3.11 - 4.92 NS
Lineal	1	0.649	0.649	0.657	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	2.929	2.929	2.964	3.96 - 7.01 NS
Interacción F x R	8	39.44	4.93	4.969	2.05 - 2.77 **
Residual	75	74.105	0.988		
Total	89	135.095			

NS = No significativo

** = Altamente significativo (99%)

CUADRO XIII

ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE FIBRA CRUDA
OBTENIDO EN EL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	88.505	22.12	4.686	2.48 - 3.60 **
Lineal	1	9.964	9.964	2.111	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	64.782	64.782	13.725	3.96 - 7.01 **
Cúbico	1	11.25	11.25	2.383	3.96 - 7.01 NS
Riego	2	6.352	3.176	0.673	3.11 - 4.92 NS
Lineal	1	4.213	4.213	0.892	3.96 - 7.01 NS
Cuadrática	1	2.139	2.139	0.453	3.96 - 7.01 NS
Interacción F x R	8	84.989	10.624	2.251	2.05 - 2.77 *
Residual	75	353.994	4.72		
Total	89	533.84			

NS= No significativo

* = Significativo (95%)

** = Altamente Significativo (99%)

CUADRO XIV

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE CENIZAS
OBTENIDO EN EL FORRAJE HIDROPÓNICO DE AVENA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	2.628	0.657	8.532	2.48 - 3.60 **
Lineal	1	0.930	0.930	12.08	3.96 - 7.01 **
Cuadrático	1	0.076	0.076	0.988	3.96 - 7.01 NS
Cúbico	1	0.027	0.027	0.352	3.96 - 7.01 NS
Riego	2	3.812	1.906	24.753	3.11 - 4.92 **
Lineal	1	3.48	3.48	45.19	3.96 - 7.01 **
Cuadrático	1	0.332	0.332	4.311	3.96 - 7.01 *
Interacción F x R	8	3.78	0.473	6.143	2.05 - 2.77 **
Residual	75	5.79	0.077		
Total	89	16.011			

NS = No significativo

* = Significativo (95%)

** = Altamente significativo (99%)

CUADRO XV

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE EXTRACTO LIBRE
DE NITRÓGENO OBTENIDO EN EL FORRAJE HIDROPÓNICO DE AVENA

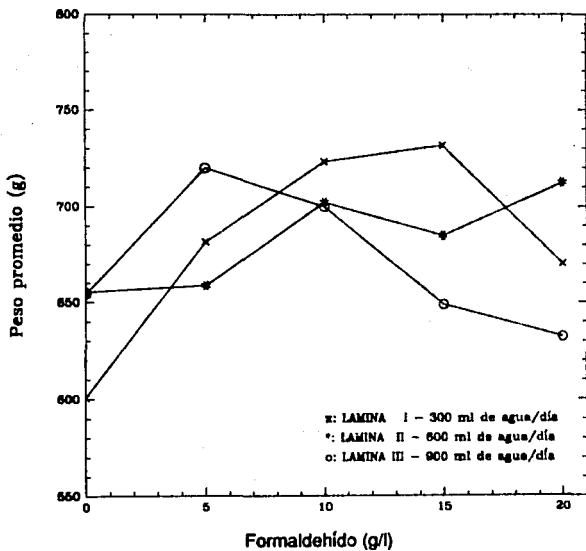
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas
Formaldehído	4	47.378	11.844	4.096	2.48 - 3.60 **
Lineal	1	3.381	3.381	1.169	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	42.995	42.995	14.872	3.96 - 7.01 **
Cúbico	1	0.969	0.969	0.335	3.96 - 7.01 NS
Riego	2	9.6	4.8	1.66	3.11 - 4.92 NS
Lineal	1	0.028	0.028	0.009	3.96 - 7.01 NS
Cuadrático	1	9.573	9.573	3.311	3.96 - 7.01 NS
Interacción F x R	8	42.197	5.275	1.825	2.05 - 2.74 NS
Residual	75	216.827	2.891		
Total	89	316.003	3.551		

NS = No significativo

** = Altamente significativo (99%)

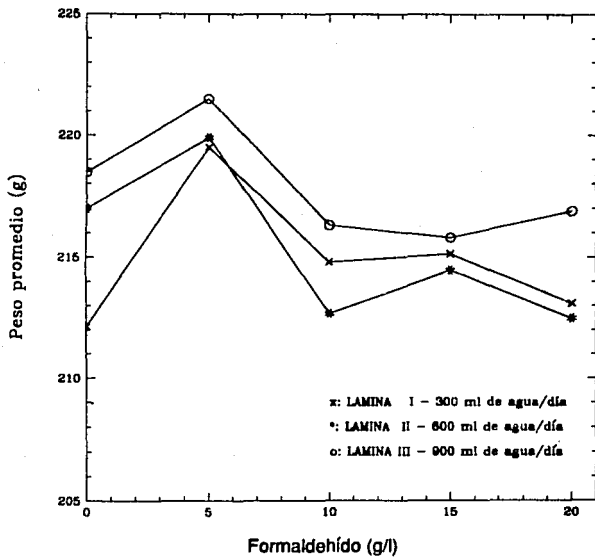
GRAFICA I

RENDIMIENTO PROMEDIO DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA EN PESO - FRESCO A 0, 5, 10, 15 y 20 g/l DE FORMALDEHIDO.



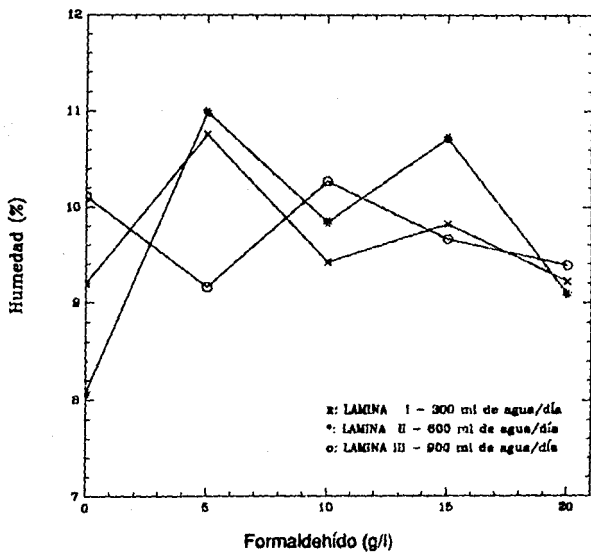
GRAFICA II

RENDIMIENTO PROMEDIO DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA EN PESO - SECO A 0, 5, 10, 15 y 20 g/l DE FORMALDEHIDO.



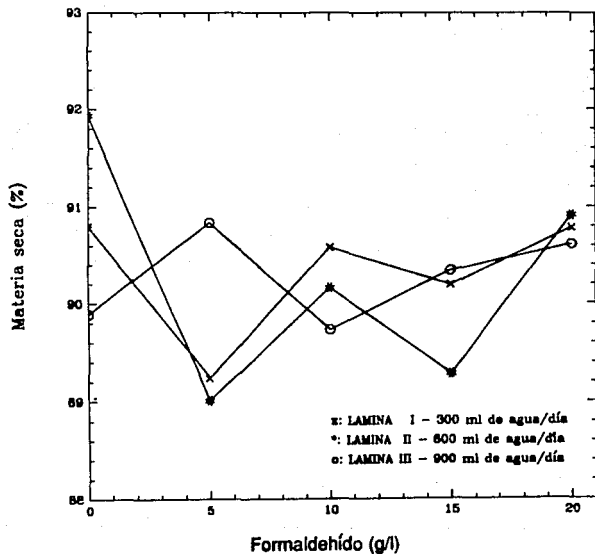
GRAFICA III

PORCENTAJE DE HUMEDAD OBTENIDO EN EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA A DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO.



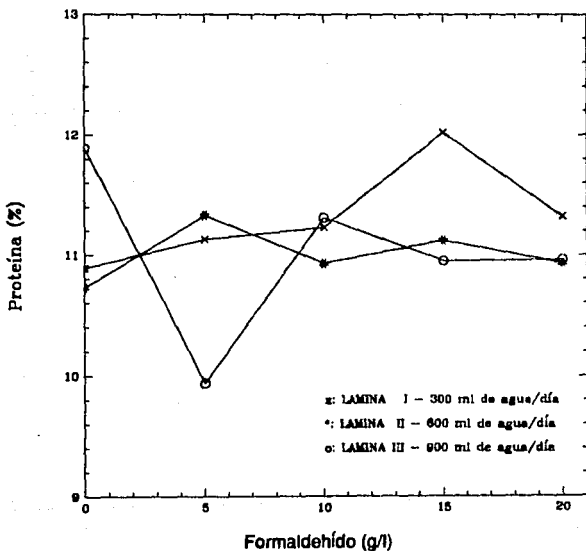
GRAFICA IV

PORCENTAJE DE MATERIA SECA OBTENIDO EN EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA A DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO.



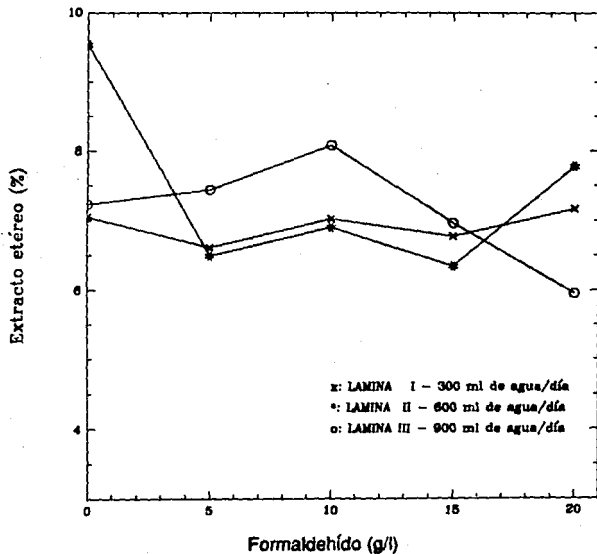
GRAFICA V

PORCENTAJE DE PROTEINA OBTENIDO EN EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA A DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO.



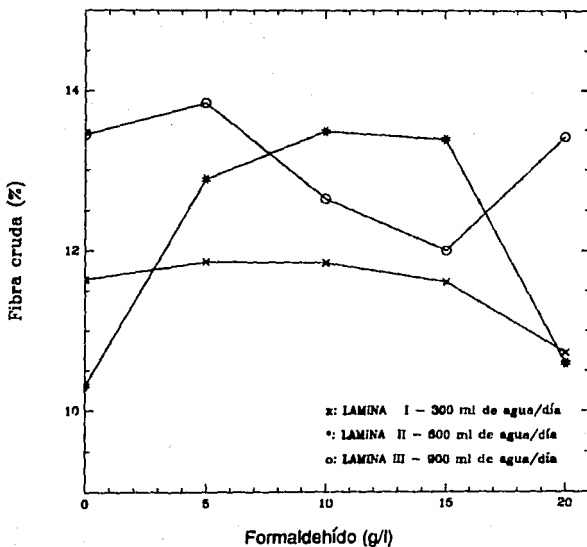
GRAFICA VI

PORCENTAJE DE EXTRACTO ETereo OBTENIDO EN EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA A DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO.



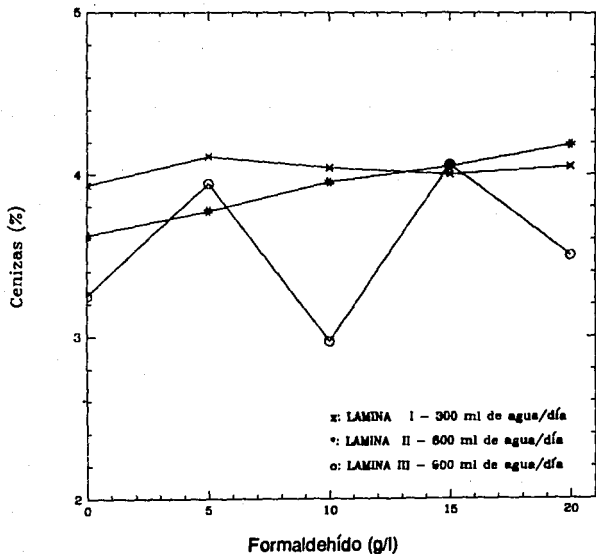
GRAFICA VII

PORCENTAJE DE FIBRA CRUDA OBTENIDO EN EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA A DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO.



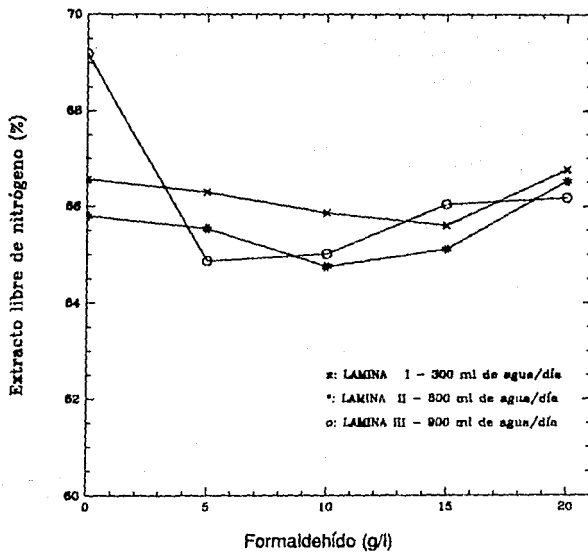
GRAFICA VIII

PORCENTAJE DE CENIZAS OBTENIDO EN EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA A DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO.



GRAFICA IX

PORCENTAJE DE EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (ELN) EN EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENAA DIFERENTES NIVELES DE FORMALDEHIDO.



4.2 Discusión

Para interpretar los resultados obtenidos de forraje hidropónico de avena en base húmeda, base seca, así como el contenido de humedad, materia seca, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno de acuerdo al diseño experimental planteado, se realizó un análisis de varianza para cada una de las evaluaciones anteriores con respecto al nivel de formaldehído y lámina de riego (39).

En los casos en que las variables presentan un efecto significativo o altamente significativo sobre lo evaluado, se determinó el tipo de tendencia (lineal, cuadrática o cúbica) para conocer el nivel de formaldehído o lámina de riego que genera los mayores porcentajes de cada variable.

PRODUCCION DE FORRAJE EN BASE HUMEDA:

Los resultados del análisis estadístico indicaron que la producción de forraje fresco se ve afectada de manera significativa por el nivel de formaldehído, mientras que la lámina de riego no afecta dicho parámetro (Cuadro V).

Como el nivel de formaldehído es la única variable que afecta el rendimiento de forraje fresco, se determinó que pre--

senta una tendencia de tipo cuadrático (Cuadro VII).

El mayor rendimiento fué de 731 g para una concentración de 15 g/l de formaldehído, siendo inferior para el resto de -- las concentraciones (600 g).

PRODUCCION DE FORRAJE EN BASE SECA:

Los resultados del análisis estadístico indicaron que la producción de forraje seco no se ve afectada por el nivel de -- formaldehído y tampoco por la lámina de riego (Cuadro VIII).

HUMEDAD:

Los resultados del análisis estadístico indicaron que la cantidad de humedad se ve afectada de manera altamente signifi-- cativa por la cantidad de formaldehído utilizado y por la in-- teracción de ambas variables. La lámina de riego como varia-- ble independiente no presenta efecto alguno (Cuadro IX).

Como el nivel de formaldehído es la variable que afecta -- la cantidad de humedad del forraje, se determinó que presenta una tendencia de tipo cuadrático (Cuadro IX).

El mayor porcentaje obtenido es de 10.9 % con una concen--

tración de 5 g/l de formaldehído y una lámina de riego de 600 ml de agua al día, presentándose en el resto de las concentraciones valores inferiores (8%).

MATERIA SECA:

Los resultados del análisis estadístico indicaron que al igual que la humedad, la cantidad de materia seca se ve afectada de manera altamente significativa por la cantidad de formaldehído utilizado y por la interacción de ambas variables. La lámina como variable independiente no presenta efecto alguno - (Cuadro X).

Se determinó para el nivel de formaldehído una tendencia de tipo cuadrático (Cuadro X).

El máximo valor (91.9%) se encontró en ausencia de formaldehído y con una lámina de riego de 600 ml de agua al día. presentando el resto de las concentraciones valores inferiores -- (89%).

PROTEINA:

Los resultados del análisis estadístico indicaron que la cantidad de proteína se ve afectada de manera altamente signifi

cativa por la cantidad de formaldehído utilizado y también por la interacción de ambas variables. La lámina como variable in dependiente no presenta efecto alguno.

Como el nivel de formaldehído es la variable que afecta - la cantidad de proteína del forraje se determinó que presenta una tendencia de tipo cúbica (Cuadro XI).

El valor más alto de 12.02% se encontró con una concentración de 15 g/l de formaldehído y una lámina de riego de 300 ml de agua al día, obteniéndose en las restantes concentraciones valores inferiores (9.94%).

EXTRACTO ETereo:

Se puede observar que en los resultados del análisis estadístico que la cantidad de extracto etéreo se ve afectada de - manera altamente significativa por la cantidad de formaldehído utilizado y también por la interacción con la lámina de riego. La lámina como variable independiente no manifiesta efecto alguno.

Se determinó que el formaldehído presenta una tendencia - de tipo lineal (Cuadro XII).

El valor mayor se encuentra en ausencia de formaldehído, con una lámina de riego de 600 ml de agua al día y es de 9.54%, disminuyendo con las otras concentraciones (5.95%).

FIBRA CRUDA:

Se observa que en los resultados del análisis estadístico, la fibra cruda se ve afectada por la cantidad de formaldehído utilizado de manera altamente significativa y por la interacción con la lámina de riego de manera significativa. La lámina de riego independiente no presenta efecto alguno. El formaldehído presenta una tendencia cuadrática (Cuadro XIII).

Se encontró el valor más alto de 13.84% con una concentración de formaldehído de 5 g/l y una lámina de riego de 900 ml de agua al día, dando las restantes concentraciones valores inferiores (10.31%).

CENIZAS:

El análisis estadístico muestra que las cenizas se ven afectadas de manera altamente significativa tanto por la cantidad de formaldehído como por la lámina de riego y por la interacción de ambas variables.

Se determinó que el formaldehído presenta una tendencia, al igual que la lámina de riego, de tipo lineal (Cuadro XIV).

El valor mayor de 4.2% se encontró con una concentración de 20 g/l de formaldehído y una lámina de 600 ml de agua al día. Para las restantes concentraciones se encontraron valores inferiores (3.25%).

EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO:

Los resultados del análisis estadístico indicaron que la cantidad de extracto libre de nitrógeno se ve afectada de manera altamente significativa por la cantidad de formaldehído, no encontrándose efecto para la lámina de riego y tampoco por la interacción de ambas variables.

Como el nivel de formaldehído es la variable que afecta la cantidad de extracto libre de nitrógeno, se determinó que presenta una tendencia de tipo cuadrática (Cuadro XV).

El valor mayor de 69.19% se encontró en ausencia de formaldehído, encontrándose valores inferiores para las restantes concentraciones (64.75%).

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hacen suponer que la concentración adecuada de formaldehído pra obtener un mayor rendimiento en peso seco de forraje se encuentra entre 0 y 5 g/l.

Aunque no se encontraron aflatoxinas, cabe mencionar que se obtiene un incremento del 1.4 al 3.5% en rendimiento utilizando una concentración de 5 g/l de formaldehído comparándolo con la ausencia del mismo. Hay que tomar en cuenta que el formaldehído durante su evaporación desinfecta las instalaciones incluyendo el área de desarrollo de las semillas exentas de algún pretratamiento con formaldehído. La manera de realizarlo no permitió evaluar de manera independiente a las semillas no sometidas al pretratamiento, evitando posiblemente el desarrollo de hongos que producen aflatoxinas u otro tipo de alteraciones.

Por los resultados obtenidos en rendimiento peso seco, -- una lámina de 300 ml de agua al día es suficiente para obtener un buen desarrollo y crecimiento de la planta. Un exceso sólo producirá un ligero aumento sólo en el peso fresco obtenido, -- siendo de 0.9% entre la lámina de riego de 300 y 900 ml. Sin embargo, puesto que lo evaluable es el peso seco, es preferible utilizar una lámina de riego de 300 ml para evitar el desg

rollo y proliferación de hongos.

Este tipo de cultivos presenta una serie de ventajas sobre los forrajes comúnmente utilizados en alimentación (Cuadro 2): contiene una menor cantidad de fibra cruda (alrededor del 12%), un alto porcentaje de proteína (10 al 12%), el doble de grasa cruda y una cantidad menor de cenizas. Además, el tiempo necesario para su desarrollo es corto (12 días).

BIBLIOGRAFIA

- 1.- A.O.A.C., Official Analytical Chemist 13th Washington, D. C., U.S.A., (1980).
- 2.- Anónimo, J. Assoc. Offic. Chem. Sa. 55: 1114-1119, (1972).
- 3.- Block, R., Durrum, E. and Zweig, G. A manual of paper -- chromatography and paper electrophoresis. Ed. Academic -- Press inc. 108-110, Publishers New York, (1965).
- 4.- Bowen, J.E., Funciones fisiológicas de los 16 elementos - principales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Agric. Amer. 8:7, (1984).
- 5.- Budavari, S., An Encyclopedia of Chemicals, Drugs y Biologicas. Editor Publish Merck y CO., Inc. Rahway, N.J., -- U.S.A., (1989).
- 6.- Burrows, W., Tratado de Microbiología. Ed. Interamericana. 648, México, (1974).
- 7.- Butler, J.D. y Oebker, N.F., Hidropónica: cultivo de plantas sin tierra. La Hacienda. 714: 10-32, (1971).
- 8.- Campbell, T., Gurtoo, H., Portmon, R. and Mgbofile, M. -- Influence of enviromental factors on mycotoxins toxicity as evidenced by studies with aflatoxin. Clinical Toxicology 5: 453-464, (1972).
- 9.- Capper, A.L., Fungal contamination of hydroponic forage. Anim. Feed Sci. Technol. 20: 163-169, (1988).

- 10.- Carnoghan, R., Hastor, R. and O'Kelly, J., Toxicity and fluorescence properties of the aflatoxins. Nature, London 200: 1101, 4911., (1963).
- 11.- Conant, N., Micología. Ed. Interamericana. México., -- 530-531., (1972).
- 12.- Corona, L.G., Hidroponia una alternativa alimentaria. Pequeña y mediana Industria. 5:39-40, México., (Febrero de 1985).
- 13.- Culvenor, C., The hazard from toxic fungi in Australian., Australian Vet., J. 50: 69-78, (1978).
- 14.- Desrosier, N.W., Elementos de tecnología de alimentos. Ed. Continental., 176-178, España, (1984).
- 15.- Douglas, S.J., Advanced guide to hydroponics. Drake Publishers Inc., New. Yord, (1976).
- 16.- Durany, U., Hidroponia: cultivo de plantas sin tierra. -- Ed. Sintes., Barcelona, (1984).
- 17.- Edds, G., Meyerholz, G. W. and Abbit, B., Aflatoxins and other mold toxins in livestock and poultry feed. Memorias del primer curso de actualización en Toxicología Veterinaria. F.M.V.Z. - U.N.A.M., (Octubre de 1981).
- 18.- Escalante, R.E. y Sánchez del Castillo, F., Un sistema de producción de las plantas. Hidroponia, principios y métodos de cultivo., Chapingo, Edo. de México., (1981).
- 19.- Forgacs, T. and Carll, W.T., Mycotoxicosis. Adv. Vet. Sci., 7: 273-282, (1962).

- 20.- García, A.G., Control de Micotoxinas., Memorias del primer curso de actualización en Toxicología Veterinaria., F.M.-V.Z. - U.N.A.M., (Octubre de 1981).
- 21.- Goldblatt, L.A., Aflatoxin. Academic Press. New York, N.Y. 363, (1969).
- 22.- Ibarzabal, C., Hidroponia: nueva agricultura sin tierra. Revista de Geografía Universal. 16: 658-675, (1976).
- 23.- Joffe, A. Toxin production by cereal fungi causing toxic alimentary aleukia in man. Mycotoxins in foodstuffs., Massachusetts Institute Press. EE. UU., 77-85, (1965).
- 24.- Kaplan, L. y Pesce, A., Química Clínica., Ed. Médica Panamericana., Buenos Aires, Argentina, 87., (1986).
- 25.- Kent, N.L., Tecnología de los cereales., Ed. Acribia., Zaragoza, España, 122-126, (1987).
- 26.- McDonald, P., Edwards, A. and Greenhalgh, J., Nutrición Animal. Ed. Acribia., España, 382-385., (1979).
- 27.- Morgan, D. Composición de la avena y de la Cebada., i. Sc. Fd. Agric., 18:21 y 19:393, (1968).
- 28.- Nesbitt, B.F., Kelly, J., Sargeant, K. and Sheridan, A., Toxic metabolites of Aspergillus flavus., Nature, 195: -- 1062-1063, (1962).
- 29.- Newberne, J.W., Bailey, W.S. and Siebold, H.R., Notas on a Recent Outbreak and Experimental Production of Hepatitis X in Hogs. J.A.V.M.A., 127:59-62, (july, 1978).

- 30.- Rosiles, M. y López, R., Síndrome estrogénico de origen alimenticio en cerdos. Vet. Mex, 8; 123-126., (1977).
- 31.- Sánchez Mondragón, A. y Sánchez del Castillo, F., Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en hidroponía. Chapingo, Nueva Epoca., 27-28:68-75., - México, (1981).
- 32.- Schuller, P., Hortwitz, W. and Stoloff, L., Sampling and Methods for aflatoxins. Journal of the A.O.A.C., Vol. 59-6, (1976).
- 33.- Shimada, A., Fundamentos de nutrición animal comparativa. Ed. Consultores en Producción Animal, S.C., México, (Septiembre de 1984).
- 34.- Steel, R.G.A. and Torrie, J.H., Principles and procedures of statistics. Mac. Graw Hill Book, New York, (1980).
- 35.- Stock, M.D. and Poblana, A., Collaborative study of a Method for Chemical confirmation of the identify of Aflatoxin. J. Agric. Food Chem., Vol. 58: 110-113, (1975).
- 36.- Stolman, A., Progress in Chemical Toxicology., Ed. Academic Press., N.Y. and London, Vol. 2, (1965).
- 37.- Stoloff, L., Analytical methods for micotoxins., Clinical toxicology, 5: 465-494, (1972).
- 38.- Turner, W.I. and Henry, V.M., Growing plants in nutrient solution. John Wiley, N.Y., (1952).
- 39.- William, G.C., Diseños Experimentales., Ed. Trillas., 646-649, México, (1987).