

77  
2ej

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO  
SOBRE LA COMPOSICION BROMATOLOGICA Y  
TASAS DE FERMENTACION DE FORRAJE  
HIDROPONICO DE AVENA (Avena sativa)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
P R E S E N T A :

SUSANA TZITLALI FABREGAT VAZQUEZ

Asesores: M.V.Z. Juan Manuel Cervantes Sánchez  
M.V.Z. Humberto Troncoso Altamirano





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
Resumen .....	1
Introducción.....	3
Material y Métodos .....	12
Resultados .....	15
Discusión .....	16
Cuadros y Figuras .....	23
Literatura Citada .....	39

## RESUMEN

Susana Tzitzilali Fabregat Vázquez. "Efecto de diferentes niveles de nitrógeno sobre la composición bromatológica y tasas de fermentación de forraje hidropónico de avena (Avena sativa)". (Asesorado por los M. V. Z. Juan Manuel Cervantes Sánchez y Humberto Troncoso Altamirano). Los objetivos fueron: Determinar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno sobre rendimiento, composición química y curvas de fermentación in vitro del forraje hidropónico de avena. El experimento se realizó en el Departamento de Nutrición de la F.M.V.Z. de la U.N.A.M. y la evaluación de rendimiento se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M. Durante el mes de enero de 1989, la temperatura media fluctuó entre los 15° y 18°C. Se utilizaron 5 tratamientos los cuáles tenían una dilución específica de nitrógeno y que fué utilizada como substrato para agua de riego, se usó la técnica de cultivo en agua, durante 12 días de crecimiento, después de la cosecha se deshidrató y molió, además se les hizo un Análisis Químico Proximal y de digestibilidad in vitro. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza siguiendo un diseño completamente al azar y para la digestibilidad in vitro, se utilizaron parcelas divididas. A las diferencias entre medias, se les realizó la prueba de Tukey. Se obtuvo el porcentaje de cada uno de ellos, observándose que el tratamiento T1 (0 ppm de nitrógeno) presentó un 13.05% de PC, un incremento del 10.3% de materia en base seca y una digestibilidad de 73.76% a las 24 hrs. Mientras que el tra-

tamiento T5 (600 ppm) obtuvo un 16.42 de PC, un incremento del 8% de materia en base seca, y una digestibilidad a las 24 hrs. de 68.72%. Para el tratamiento T2 (150 ppm) se obtuvo un 14.98% de PC, y un incremento del 14.4% de materia en base seca y una digestibilidad de 69.12% a las 24 hrs. El tratamiento T4 (450 ppm) obtuvo el 15.03% de PC, un 215.5% de base seca, y una digestibilidad a las 24 hrs. de 67.92%. Y en el tratamiento T3 (300 ppm) se obtuvo el 15.72% de PC, 223.5% de base seca y una digestibilidad de 63.04% a las 24 hrs. Se encontraron diferencias significativas tanto en proteína cruda como en base seca, en cuanto a fibra cruda, extracto etereo, cenizas y energía digestible, no hubo diferencia significativa, ya que todas fueron iguales con una probabilidad de ( $P < 0.05$ ). En cuanto a relación grano/gramo y gramo forraje, en base seca se obtuvieron los valores de 1:1.103, 1:1.144, 1:1.133, 1:1.1092 y 1:1.080. Para T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente.

## INTRODUCCIÓN

La República Mexicana cuenta aproximadamente con una superficie potencialmente agrícola de 117 millones de hectáreas, de las cuáles 23 millones son tierras laborales, y de éstas, sólo 4.8 millones de hectáreas son de riego, mientras que los 18.2 millones restantes, son tierras de temporal. Por otro lado, la superficie de temporal (7.5 millones de hectáreas) se considera tierra improductiva, principalmente por su grado extremo de aridez. Y se entiende que la región árida y semiárida de México, ocupa el 50 por ciento de la superficie del país. Por lo que es imperante investigar y trabajar ahí para utilizar su potencialidad (13).

Las zonas áridas del país presentan los siguientes problemas: en primer lugar, está el clima que se muestra desfavorable para la producción agrícola y ganadera, ya que las pérdidas de las cosechas en un 65%, se debe a causas meteorológicas básicamente relacionadas con agua y temperatura. Otro factor limitante sería el suelo, ya que la mayor extensión del territorio presenta acidez o semiacidez. Además se sabe que 14.4 millones de hectáreas donde existen suelos de buena calidad, están localizados en regiones con lluvia deficiente, y por lo tanto, el agua y la temperatura son los elementos del clima que más impactan a las actividades agrícolas, ya que el potencial productivo de una planta, no puede llegar a manifestarse si la disponibilidad de agua es limitada, y su período de crecimiento se ve constreñido por las

temperaturas bajas, sobre todo aquellas que causen heladas (7).

Se demuestra entonces que en el territorio nacional, se encuentran regiones donde el clima y el suelo hacen de la agricultura, una actividad inco--  
steable y riesgosa, a menos que se encuentren alternativas tecnológicas que permitan jugar de una manera menos aleatoria con los recursos del medio --  
ambiente.

Entre las alternativas utilizadas en otras partes del mundo destaca --  
la hidropónia, ya que utiliza más eficientemente el recurso agua y menospre--  
cia las limitantes impuestas por el suelo y en menor cuantía la temperatura --  
(7).

Hidropónia deriva de los vocablos griegos "hydro" que significa agua y "ponos" equivalente a trabajo, traduciéndose como trabajo del agua (7). Se puede definir a la hidropónia como un sistema de producción en el que las ra--  
íces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esencia--  
les disueltos en agua y en el que, en vez de suelo se utiliza como sustrato, --  
un material inerte; ó simplemente la misma semilla (3). El conocimiento que hoy se tiene de la hidropontia, es el resultado del trabajo de muchos investiga--  
dores, por lo que es necesario contar superficialmente con una visión históri--  
ca de su desarrollo (11).

El método hidropónia aunque parezca un avance totalmente nuevo, --

es bastante antiguo pues realmente se remonta a la época de los griegos y los romanos que hacían germinar las semillas para alimentar al ganado (3). En 1600 Jon Van Helmont, creyó haber probado que las plantas obtenían sus nutrientes del agua (11). Uno de los primeros experimentos de cultivo en agua -- fué hecho por Woodward en Inglaterra en el año de 1699; este investigador se interesaba por saber si el agua o la parte sólida del suelo, eran los responsables del crecimiento de las plantas (3). Y experimentó con tres substratos diferentes (agua de lluvia, agua de río y agua de conducción). Por otro lado -- De Saussure (1804) y Boussingault (1851-1856) mostraron que las plantas contienen bióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno (2). Tiempo después a mediados del siglo XIX Sachs y Knop, que fueron los reales iniciadores de esta clase de estudios desarrollaron un método de cultivar plantas sin tierra. Más tarde a fines de la década de 1920 y principios de la década de 1930, el Dr. W. F. Guericke empleó el término "hidropónica" para describir este método de cultivo de plantas (10). Durante la Segunda Guerra Mundial, con las exigencias de ésta, empezaron a desarrollarse nuevas técnicas para la producción de hortalizas, con el objeto de abastecerse en lugares aislados. Al terminar la segunda guerra mundial, el ejército de los Estados Unidos construyó en la isla de Chofula, las instalaciones hidropónicas más grandes del mundo con 31 hectáreas (7). Además el desarrollo de la hidropónica, se incrementó tanto a nivel comercial como a nivel investigación. Y se observó que los rendimientos son impresionantes, además pueden elevarse aplicando a las plantas ciertas sustancias químicas disueltas junto con los nutrientes en las aguas de riego (15). El agua debe encontrarse disponible en cantidades



adecuadas en el suelo o en cultivos sin suelo para conseguir un buen crecimiento de las plantas. Muy poca o un exceso de agua no producirá el efecto óptimo, además los requisitos para el crecimiento de las plantas en los cultivos en el suelo y en hidroponía son los mismos, por lo que la única diferencia fundamental entre los dos métodos, es la manera en que los nutrientes inorgánicos necesarios son suministrados a las raíces, por medio de las cuales se absorben ciertos minerales esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas disueltos en el agua (15).

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: nitrógeno, potasio, fósforo y calcio (7).

El nitrógeno después de C, H, O, es el elemento más abundante en los tejidos vegetales, ya que es uno de los elementos esenciales requeridos por las plantas en grandes cantidades. El contenido de nitrógeno normal en las hojas de las plantas, varía de 2 a 5% de materia seca dependiendo de la especie de planta. Y se puede decir que el 2% del peso seco de las plantas es nitrógeno. Además gran parte del nitrógeno de las células está en forma de proteínas, las cuales junto con el agua, son los componentes principales

del citoplasma, que es la "materia viva" de las células (2).

Además, es importante recalcar que toda proteína contiene del 16 al 18% de nitrógeno; asimismo, el 70% del nitrógeno de las hojas y la mitad del nitrógeno total de la planta, puede estar en los cloroplastos, que son los puntos fisiológicos de la fotosíntesis (2). Por otro lado, los requerimientos de nitrógeno en las plantas como porcentaje de peso en seco, es mucho mayor durante las etapas principales de crecimiento, disminuyendo con la edad. Sin embargo, el requerimiento total de nitrógeno se incrementa substancialmente hasta la etapa reproductiva de crecimiento y después, declina poco a poco. Asimismo, el nitrógeno es el principal constituyente de los aminoácidos y proteínas que juegan un papel esencial en el crecimiento de las plantas y su desarrollo.

De todos los elementos esenciales, el nitrógeno probablemente tiene una influencia mayor en el crecimiento de las plantas, más que los otros elementos, así como su deficiencia o exceso afecta marcadamente el efecto en el crecimiento de las plantas y los frutos (6).

El nitrógeno en condiciones adecuadas, favorece un lozano crecimiento del follaje y contribuye a un buen desarrollo del tallo. Por otro lado, si una deficiencia de nitrógeno se hace patente, una cantidad considerable de azúcares o almidones se almacena en los tejidos de la planta, que puede conllevar a una fuerte deposición de celulosa y lignina en las paredes celu

lares, dando lugar al endurecimiento de la planta que se torna quebradiza. En cambio, si la planta absorbe mucho nitrógeno y no se producen los suficientes carbohidratos, ésta se torna suave y succulenta, muy susceptible al daño mecánico y a varias enfermedades. La deficiencia de nitrógeno se observa como un decoloramiento verde normal, asociado con una apariencia saludable. Debido a que el nitrógeno es un elemento móvil en la planta, los primeros signos de deficiencia de nitrógeno aparecen en las hojas más viejas que se convierten en verde claro, y en amarillo llegando a morir eventualmente. Los síntomas de deficiencia se desarrollan rápidamente, pero pueden ser corregidas agregando algún tipo de nitrógeno disponible, al medio de crecimiento a una concentración suficiente para el desarrollo normal de la planta. Por lo que concentraciones inadecuadas de nitrógeno pueden afectar considerablemente el crecimiento y apariencia de la planta (6).

En la mayoría de los cultivos sin tierra, el control apropiado de nitrógeno se relaciona a la concentración y a la forma del elemento en la solución nutriente. Por lo que la mayoría de las fórmulas nutrientes tienen un balance entre dos tipos: Nitrato y Amoníaco, que provee algún grado de control de PH. Pero la experiencia ha mostrado que el porcentaje de iones de amoníaco en la solución nutriente, no debe exceder al 50% del total de la concentración de nitrógeno, con una mejor relación, siendo de 75% de nitrato a 25% de iones de amoníaco en la solución nutriente. Además, pue-

de haber variaciones requeridas de estos porcentajes sugeridos, dependiendo de la especie de planta, etapa de crecimiento y solución de nutriente, etc. Además, en sistemas de crecimiento sin tierra, el éxito o fracaso depende de que también se administre este elemento. Por lo que es necesario entonces mantener una relación balanceada de carbohidratos/nitrógeno (3).

La técnica de producción de forraje hidropónico en México, es una opción práctica que puede ser factible para incrementar la productividad animal.

Uno de los cultivos que mejor se adaptan a sistemas hidropónicos, es la avena, ya que es uno de los cereales importantes en los climas templados del mundo, ocupando el cuarto lugar en producción de grano después del trigo, el arroz y el maíz. A diferencia del trigo y del arroz que se cultivan principalmente para consumo humano, la avena se produce principalmente como alimento para ganado (13).

No se conoce con certeza el área exacta donde se originó la avena cultivada, pero parece que tuvo su origen en la región de Asia menor, y desde esta región, la avena se extendió hacia el norte y hacia el oeste, llegando hasta Europa y otras regiones favorables para su cultivo. Se conocen especies de avena diploides, tetraploides y hexaploides, y la mayor

parte de avena que se cultiva en Estados Unidos y Canadá, pertenece a la especie común Avena sativa, principalmente por la forma de separación de las florecillas donde la segunda flor se separa de la primera por desarticulación del segmento del raquis (13). Esta planta está adaptada a climas fríos y no tolera temperaturas mayores de 33°C. Requiere de precipitaciones mayores de 600 mm.

Además, el rendimiento en el campo es de 8 a 10 toneladas de materia seca por hectárea. En cambio en un sistema hidropónico, se producen 11.21 toneladas de materia seca por hectárea. Su contenido de proteína es de 12.8% y se le considera como uno de los forrajes más seguros para animales de engorda y reproducción (13).

Dada la importancia que tiene el nitrógeno en el metabolismo de las plantas, se plantea el presente trabajo.

### Hipótesis.

Hipótesis Causal: El nivel de nitrógeno determina el rendimiento del forraje hidropónico de avena.

Hipótesis Estadística:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$   
 $H_a : \text{al menos una es diferente.}$

Hipótesis Causal: El nivel de nitrógeno determina la composición química del forraje hidropónico de avena.

Hipótesis Estadística:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$   
 $H_a$  : al menos una es diferente.

Hipotesis Causal: El nivel de nitrógeno determina la curva de fermentación in vitro de forraje hidropónico de avena.

Hipótesis Estadística:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$   
 $H_a$  : al menos una es diferente.

### Objetivos

1. - Determinar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno sobre rendimientos de forraje hidropónico de avena.
2. - Evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno sobre la composición química del forraje hidropónico de avena.
3. - Evaluar el efecto del nitrógeno sobre las curvas de fermentación in vitro del forraje hidropónico de avena.

## MATERIAL Y METODOS

El trabajo de investigación, se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M.

El trabajo constó de dos etapas: Etapa 1. - Evaluación de rendimiento, que se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de México (U.N.A.M.)

Etapa 2. - Caracterización Química y curvas de fermentación in vitro, que se llevó a cabo en el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y -- Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M.

Etapa 1. - Evaluación del rendimiento del forraje hidropónico de avena .

Se utilizaron 12 Kgs. de avena, los cuáles se remojaron con agua de cal al 0.1% durante 24 horas, al término se drenó el contenido y se colocaron 2.4 Kgs. de avena (que fué la cantidad que cabía en las charolas) húmeda en charolas de plástico con drenaje, que medían 28.4 cm. de largo por 16 cm. de ancho.

Para la evaluación de la producción de forraje hidropónico, se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, con un testigo y 4 tratamien

tos con 4 repeticiones cada uno, la comparación de medios entre tratamientos se hizo mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) (16).

Para la producción de cultivo hidropónico, se utilizó la técnica de hidropónia. El proceso de producción de forraje duró 12 días, los primeros 3 días, se regaron de agua con cal, en una cantidad de 250 ml. por riego (se hicieron dos riegos), y se cubrieron con plástico negro para estimular su germinación. Al cuarto día, se retiró el plástico y se regaron con solución nutritiva, la cual fué preparada con agua destilada y nitrato de amonio (que era la fuente de nitrógeno). A los 12 días, se cosechó y se pesó individualmente cada tratamiento, se pesó en fresco y posteriormente se deshidrató al sol durante tres días, para después secarse en estufa a  $60^\circ$  durante tres días. Secas las muestras, fueron molidas y depositadas en bolsas de plástico para ser pesadas y procesadas.

Para la solución nutritiva se utilizó Nitrato de Amonio. Se elaboró una solución madre de 600 ppm. de nitrógeno, posteriormente se hicieron diluciones a 450, 300 y 150 ppm.

Los parametros a evaluar fueron: relación gramo-grano/gramo-forraje, en fresco y análisis químico proximal.

Etapa 2. - Caracterización química y curvas de fermentación in-vitro del forraje hidropónico de avena.



A todas las muestras se les realizó el Análisis Químico Proximal según Harris (8).

Los resultados fueron evaluados estadísticamente por análisis de varianza, siguiendo el modelo propuesto para un diseño completamente al azar y los promedios de los tratamientos fueron comparados entre sí, mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) (16).

Los parametros a evaluar fueron rendimiento en fresco y en base seca y relación gramo/grano de forraje fresco y materia seca.

Las curvas de fermentación del forraje hidropónico, se determinaron siguiendo la metodología propuesta por Tilley y Terry (14) modificada por Borquez y Riquelme (1), y se obtuvieron deteniendo la fermentación in vitro a 1, 2, 4, 8, 12 y 24 hrs. de iniciada la incubación. El inóculo utilizado, se obtuvo de un bovino fistulado, asimismo, se utilizó la saliva de Mc Douwall (8). Para las curvas de fermentación, se utilizó un diseño de parcelas divididas por tiempo y los promedios de los tratamientos fueron comparados entre sí, mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) (16).

## RESULTADOS

Los resultados de rendimiento en base fresca y base seca en diferentes tratamientos de forraje hidropónico, muestran en el cuadro número 1, la composición química de los forrajes hidropónicos en base seca, se observa en el cuadro número 2; en tanto que la relación gramo/grano y gramo/forraje, se observa en el cuadro número 3. El cuadro número 4, muestra la producción de forraje hidropónico de avena a diferentes niveles de nitrógeno, calculado por metro cuadrado. En la figura número 1, encontramos los valores de la relación gramo/grano y gramo/forraje con peso en base seca. La figura número 2, muestra las gráficas en barra de los resultados que fueron significativos al ser sometidos al análisis de varianza, los cuáles representan peso a la cosecha en base seca, representada por la figura 2, y proteína cruda con la figura número 3. Los resultados del análisis químico proximal, se representan en las gráficas de materia seca (fig. 4), proteína cruda (fig. 5), extracto etereo (fig. 6), cenizas (fig. 7), fibra cruda (fig. 8) y energía digestible (fig. 9).

Los resultados de los porcentajes de digestibilidad in vitro se muestran en el cuadro número 5, y donde se observa una gráfica en orden decreciente de tiempo, con las curvas de fermentación de dichos tratamientos. (fig. 10).

## DISCUSION

Peso fresco: en el cuadro número 1, se observan los resultados, - los cuáles corresponden a 1.562 gr., 1.487 gr., 1.375 gr., 1.375 gr., y 1.500 gr., para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente.

El Testigo T1 y T5 (600 ppm.) fueron los que mayor rendimiento dieron en relación a peso fresco. Cabe mencionar que en avena se presentó un porcentaje de humedad de 83%. Reportados en peso seco, fueron mayores T2 (225.5 gr.) y T3 (223.5 gr.) y menores T1 (217.5 gr.) y T5 (213 gr.) T4 (215.25 gr.). Convirtiendo los resultados de materia seca a base húmeda obtenidos por Chanona, muestra un 87.54% a los siete días en germinados hidropónicos (5), Hillier y Perry encontraron un 86.6% en germinados de avena (9). En cuanto a peso seco, los resultados fueron estadísticamente significativos, obteniendo en el tratamiento T2 (150 ppm.), el - cuál tuvo con mayor rendimiento (fig. 2).

En el cuadro número 4, se observa la cantidad de producción de forraje hidropónico de avena a diferentes niveles de nitrógeno por m<sup>2</sup>. donde se aprecia que al meter 10.964 Kgr. de avena en peso fresco, se obtiene - 34.250, 32.609, 30.153, 29.86 y 32.89 Kgr. del forraje antes mencionado.

En peso seco encontramos: 4.769, 4.975, 4.901, 4.720 y 4.671 Kgr./m<sup>2</sup>.

En proteína cruda, el tratamiento T3 (300 ppm.) obtuvo la mayor producción por m<sup>2</sup>. con 770.39 gr. En fibra cruda, la producción más alta fué el testigo T1 (0 ppm.) con 1,017.32 gr., seguido por el tratamiento T2 (150 ppm.) con 1,012.71 gr., mientras que en los otros tres tratamientos, la producción fué muy parecida con 987.06, 992.33 y 985.96 gr. en T3, T4 y T5.

Por último, cenizas donde la mayor producción la presentó el tratamiento T1 (que es el testigo) con 283.37 gr., seguido del tratamiento T5 -- (600 ppm.) el cuál tiene 262.63 gr. mientras que en los otros tratamientos, la producción fué mucho más baja.

En el caso de materia seca, se observó que los mayores tratamientos fueron T2 (150 ppm.) y T3 (300 ppm.) los cuáles presentaron diferencias significativas en relación con los otros tratamientos, mismos que fueron inferiores, por lo que se piensa que para obtener una óptima cantidad de materia seca, deberá utilizarse un número intermedio entre 150 y 300 ppm. (cuadro 2 figura 4). En la gráfica de materia seca, se observa cómo el nivel más alto se alcanza en T3 (300 ppm.) donde el porcentaje mayor de materia seca es de 16.25%.

El análisis presentado por Agri Science Laboratories Inc. donde el -

germinado de cebada obtuvo un 12.46% de materia seca y Ceballos que muestra un 18.35% de materia seca en forrajes hidropónicos de avena, comparan en sus resultados la calidad del presente trabajo. (5, 4)

En el caso de proteína cruda, se observa que a medida que aumenta la cantidad de nitrógeno, la proteína cruda tiende a aumentar, siguiendo una tendencia progresiva y probablemente, una cantidad mayor a 600 ppm. de nitrógeno, todavía hay respuesta, aunque debe tomarse en cuenta que en caso de aplicación excesiva de sustrato nitrogenado, la cantidad de sustrato no tiende a aumentar. En la gráfica de proteína cruda (fig. 5) se observa que el punto más alto se encontró en el tratamiento T5 (600 ppm.) donde la cantidad de proteína cruda fue de 16.42%. En el cuadro número 2 se muestra cómo los valores de cada tratamiento se presentan en forma ascendente (fig. 3). Hillier y Perry citan un porcentaje de proteína cruda en 20.75% a los seis días en el germinado de avena, en el presente estudio a los doce días tiene un 16.42%. Chanona menciona un 18.31% a los siete días en germinado de cebada. (9, 5)

En cuanto a extracto etéreo, se observa que a medida que aumenta el nitrógeno en el sustrato, se presenta una tendencia en el extracto etéreo a disminuir, sin embargo, el tratamiento T4 (450 ppm.) fue el más alto con 8.37 el cual no concuerda con la tendencia general descendiente de los otros cuatro tratamientos, sin embargo, no hubo diferencias significativas (fig. 6, cuadro 2)

En cenizas, el nivel más alto en T1 (0 ppm.) con un 4.75%, conforme se aumenta el nitrógeno, la curva tiende a disminuir. Existe una relación entre cenizas y proteína cruda, ya que las gráficas (fig. 5 y fig. 7), muestran que al aumentar la curva de proteína cruda, la de cenizas disminuye.

Aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas, se observó que los tratamientos T1, T2 y T3 (0, 150 y 300 ppm.) mantienen -- cierta estabilidad, mientras que a partir de T4 (450 ppm.) disminuye ligeramente, acentuándose ese decremento a 600 ppm. este concepto baja a -- esos niveles en un 13.2% (cuatro 2 fig. 7). Comparando con otros trabajos encontramos que el porcentaje obtenido por Ceballos fué 4.43% de cenizas en forraje hidropónico de avena (4), el trabajo realizado presenta un 5.05 y un 6.94% en germinado de cebada a los siete días (5).

Lo que respecta a fibra cruda, no se detectaron diferencias significativas estadísticamente. En la figura 8, se observa cómo el testigo T1 (0 ppm.) se encuentra ocupando el nivel más alto de la gráfica con 20.29%, notándose que mientras el nitrógeno aumenta, la fibra disminuye; pero al llegar al tratamiento T5 (600 ppm.) la fibra aumenta hasta llegar a un -- 20.10%.

Comparando con otros trabajos, el trabajo realizado alcanzó su ni

vel más alto en 21.33% (T1), este resultado concuerda con Ceballos, quien menciona 23.15% de avena en forraje hidropónico, Chanona que presenta en germinado de cebada a los siete días, un 17.7% de fibra cruda y con los de Hillier y Perry en germinado de seis días, con un 21.20% de fibra cruda (5, 4, 9)

Finalmente, en energía digestible se observa que a 300 ppm. ésta disminuye ligeramente, aumentando incluso a niveles mayores que la media con T4 (450 ppm.) aunque en términos generales no se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 2 fig. 9)

En lo que a digestibilidad se refiere, el mayor porcentaje se presentó en T1 (0 ppm.) a una hora se obtuvo el 57.88% seguido por T4 (450 ppm.) con un 55.36% y T5 (600 ppm.) que presentó 55.28%, terminando con T2 -- (150 ppm.) con un 53.24% y T3 (300 ppm.) con 52.72%

En la segunda hora, se encontró en T1 una digestibilidad de 59% seguido de T5 con un 58.24%, T4 que se presenta con el 57.32% donde los tratamientos restantes presentaron una menor digestibilidad T3 con 58% y T2 con 55.04%.

En la hora 4, se encontró similitud en los tratamientos T1, T5 y T4 con los valores de 61.4%, 61.04% y 60.72%, notándose una disminución en las curvas T3 con 58% y T2 con 55.04%.

A las 8 horas, el tratamiento T5 presentó la mayor digestibilidad con un 64.36%, el tratamiento T5 le sigue de cerca con un 63.48% a diferencia de los menores, los cuáles presentaron una digestibilidad menor 61.92%, 59.28% y 56.96% para T4, T3 y T2 respectivamente.

A las 12 horas T1, T5 y T3, seguían presentando una digestibilidad mayor, la cuál fué 67.72%, 66.4% y 75.76%, mientras que T3 y T2 presentaron una menor digestibilidad a las anteriores.

En 24 horas, el tratamiento T5 obtuvo la mayor digestibilidad presentando un 73.76%, después está el tratamiento T2 el cuál aumentó en las últimas 12 horas, ocupando el segundo lugar con 69.12%

El tratamiento T1 (0 ppm.) que es el testigo, obtuvo la mayor digestibilidad a las 24 horas, comparado con Ceballos que muestra una digestibilidad de 71.70% a las 24 horas en forraje hidropónico de trigo. (4)

De acuerdo a los resultados citados en el cuadro número 2, se llegó a la conclusión de que no hay diferencias significativas con una probabilidad de  $(P < 0.05)$  con lo cuál se acepta Hc. hipótesis nula. El coeficiente de determinación ( $R^2 = .3871$ ) nos señala que este modelo sólo explica que casi el 39% de los resultados se debe al nitrógeno y el resto 61% restane a otros factores no contemplados en el modelo.



Se pudo observar una ligera tendencia que de acuerdo al aumento de la cantidad de nitrógeno, disminuía el rendimiento en verde.

CUADRO 1

RENDIMIENTO DE FORRAJES DE AVENA  
A DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO

<u>Concepto</u>	<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T3</u>	<u>T4</u>	<u>T5</u>
Peso de la semilla en Base seca (g)	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1
Peso de la semilla en Base húmeda (g)	500	500	500	500	500
Peso a la cosecha en Base fresco (g)	1.562	1.487	1.375	1.362	1.500
Peso a la cosecha en Base seca (g)	217.5	225.5	223.5	215.25	213

CUADRO 2

COMPOSICION QUIMICA DE LOS TRATAMIENTOS  
DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA NITROGENADOS

<u>Concepto</u>	<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T3</u>	<u>T4</u>	<u>T5</u>
	b	a	a	b	b*
Materia Seca %	13.92	15.16	16.25	15.80	14.2
	b	a	a	a	b
Proteína Cruda %	13.05	14.98	15.72	15.03	16.42
Extracto Etéreo %	7.85	7.7	7.51	8.37	7.11
Cenizas %	5.0	4.87	5.05	4.79	4.34
Fibra Cruda %	21.33	20.485	20.14	21.02	21.11
E. D. %	3332.00	3337.45	3295.69	3370.36	3324.59

a y b Promedios de una misma línea, seguidos de distintas líneas son diferentes (P < 0.05)

\* significativo

Números que no tienen literales no fueron diferentes estadísticamente.

CUADRO 3

RELACION GRAMO/GRANO  
Y GRAMO/FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA

<u>Concepto</u>	<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T3</u>	<u>T4</u>	<u>T5</u>
Peso inicial y peso final Base húmeda	3.124	2.974	2.75	2.724	3.000
Peso inicial y peso final Base seca	1.103	1.144	1.133	1.092	1.080

## CUADRO 4

PRODUCCION DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA  
A DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO POR M2

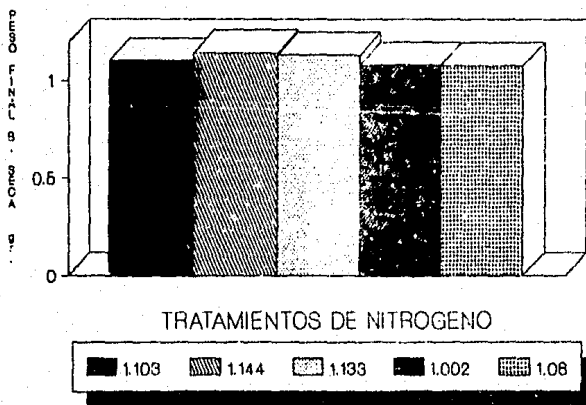
Concepto <u>Semilla</u>	<u>T r a t a m i e n t o s</u>				
	<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T3</u>	<u>T4</u>	<u>T5</u>
Peso Fresco Semilla remojada (Kgr.)	10.964	10.964	10.964	10.964	10.964
Peso seco (Kgr.)	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322
Forraje Hidropóni co Peso fresco (Kgr.)	34.250	32.609	30.153	29.86	32.89
Peso Seco (Kgr.)	4.769	4.975	4.901	4.720	4.671
P.C. (gr.)	643.85	740.56	770.39	709.42	766.88
F.C. (gr.)	1017.32	1012.71	987.06	992.33	985.96
Cenizas (gr.)	283.37	240.78	247.36	226.09	262.63

CUADRO 5

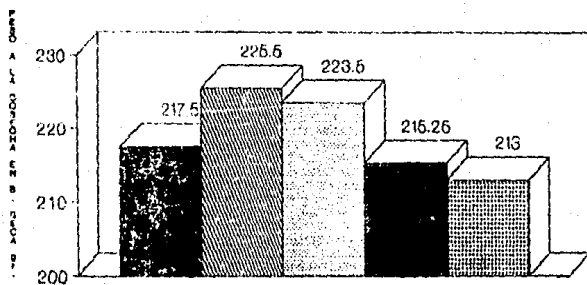
DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA  
CON DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO

<u>Horas</u>	<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T3</u>	<u>T4</u>	<u>T5</u>
1	57.88	53.243	52.72	55.36	55.28
2	59	54.28	55.24	57.32	58.24
4	61.4	55.04	58	60.72	61.04
8	64.36	56.96	59.28	61.92	63.48
12	67.72	60.28	61.12	65.76	66.64
24	73.76	69.12	63.04	67.92	68.72

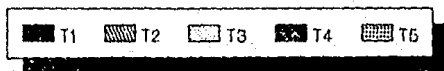
**FIGURA 1**  
**RELACION GRAMO/GRANO/FORRAJE**



**FIGURA 2**  
**COMPOSICION QUIMICA**



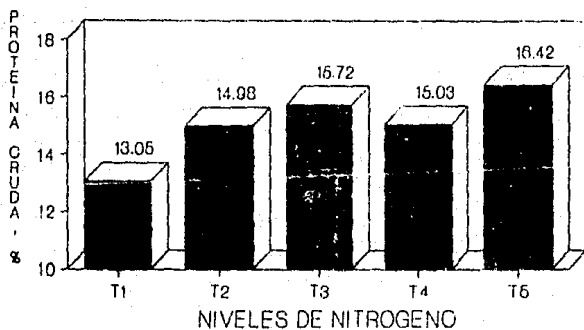
NIVELES DE NITROGENO



VALORES SIGNIFICATIVOS SOMETIDOS  
AL ANALISIS DE VARIANZA



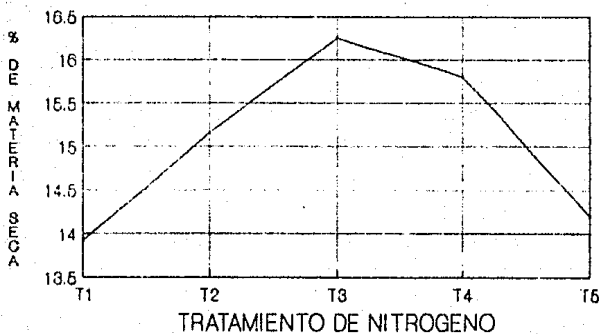
**FIGURA 3**  
**COMPOSICION QUIMICA**



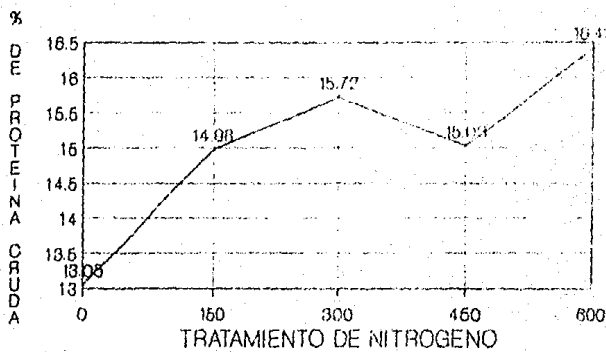
VALORES SIGNIFICATIVOS SOMETIDOS  
AL ANALISIS DE VARIANZA

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**FIGURA 4**  
**MATERIA SECA**

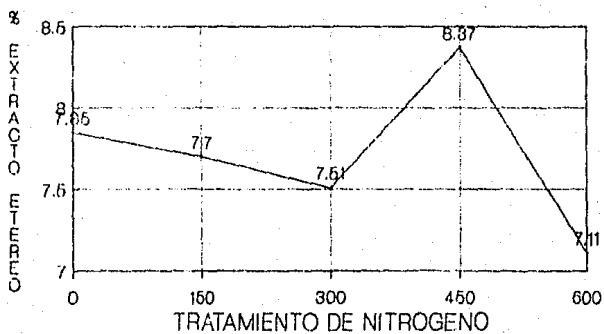


**FIGURA 5**  
**PROTEINA CRUDA**

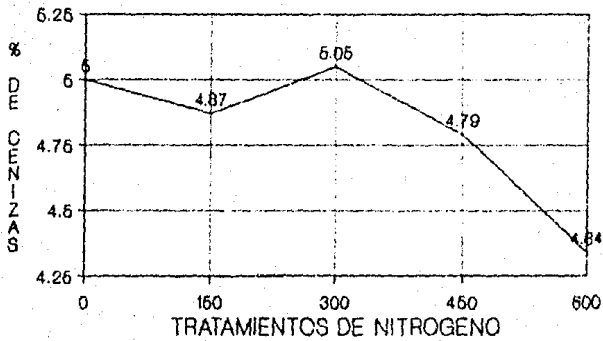


# FIGURA 6

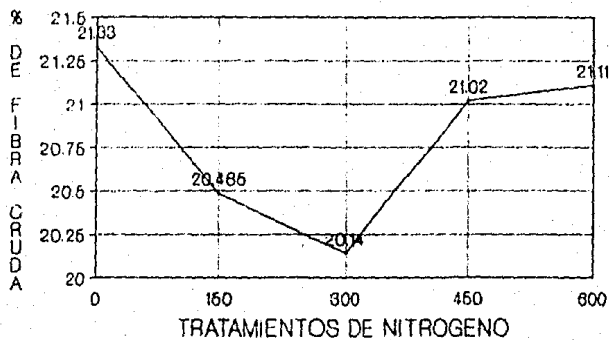
## EXTRACTO ETereo



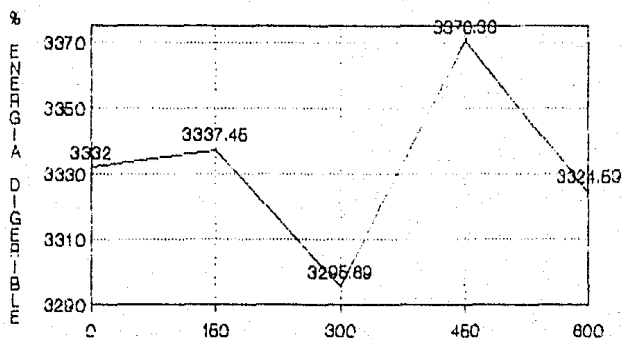
**FIGURA 7**  
**CENIZAS**



**FIGURA 8**  
**FIBRA CRUDA**

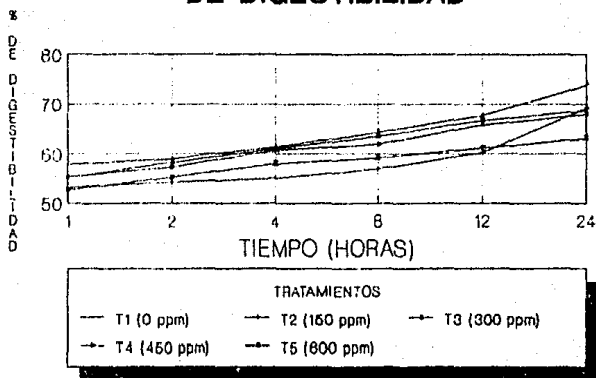


**FIGURA 9.**  
**ENERGIA DIGESTIBLE**



TRATAMIENTOS DE NITRÓGENO

**FIGURA 10**  
**CURVA DE FERMENTACION**  
**DE DIGESTIBILIDAD**





LITERATURA CITADA

1. - Borquez, G.J.L. y Riquelme, E.: Formulación de raciones para ruminantes en base a la tasa de fermentación in vitro de los ingredientes. Memoria de la VIII Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal. - Sto. Domingo República Dominicana, 1980.
2. - Bowen, J.E.: Funciones fisiológicas de los 16 elementos indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. - Agric. Amer. Año 34 (8) : 7 (1983).
3. - Butler, J.D. y N.F. Oebker. 1971. Hidropónica: Cultivo de Planta sin Tierra. - La Hacienda. 71 (4) : 10-32.
4. - Ceballos, O. A.: Evaluación nutricional del forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale en laboratorio. - U.N.A.M. 1989.
5. - Chanona, F.M.A.: Estudio comparativo de la utilización de diferentes niveles de germinación de cebada en la alimentación de ganado lechero. - U.N.A.M. 1983.
6. - Douglas, S.J.: Advanced guide to Hydroponics. Drake Publishers, Inc. - New York, 1976.
7. - 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.
8. - Harris, L.E.: Métodos de análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. - Center for Tropical Agriculture feed composition. - University of Florida, Gainesville, Flo. 1978.
9. - Hillier, R.J. y Perry, T.W.: Effect of hidroponically produced oat grass on ration digestibility of cattle. Journal of Animal Science, - R. 9 (5) : 783-785 (1976)
10. - Howard, M.R. 1978 : Hydroponic Food Production. - Woodbridge Press. Santa Bárbara.
11. - Ibarzabal, C. 1976. Hidroponía: Agricultura sin tierra. Rev. de Geografía Universal 1 (6) : 658-675 (1976).
12. - Less, P. 1983. Canadería Hidropónica. - Agricultura de las Américas 5: 16-41.

13. - Milton J. : Mejoramiento Genético de las Cosechas. - Ed. Limusa. -- 151-153, México, 1983.
14. - Molina G. A. : Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México. - Centro de Genética del Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, 1983.
15. - Tilley, J.M.A. and Terry J.H. : Principles and Procedures of Statistics. Mc Graw - Hill Book. - New York, 1960.
16. - Sánchez Mondragón A. y Sánchez del Castillo, F. : Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en Hidropónia. - Chapingo, Nueva Época, 27-28: 68-75, México 1981.
17. - Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. : Principles and Procedures of Statistics. Mc Graw - Hill Book