

Nº151
2EJ.

**EVALUACION NUTRICIONAL IN-VITRO DE FORRAJE
HIDROPONICO DE CUATRO CEREALES (AVENA,
CEBADA, TRIGO Y TRITICALE), CON UNA
SOLUCION NUTRITIVA.**

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la

Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del título de
Médico Veterinario Zootecnista

por

: Martin David Manzanares Gómez

Asesores: MVZ Humberto Troncoso Altamirano
MVZ Juan Manuel Cervantes Sánchez

México, D.F.,

1992

I

**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.

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
MATERIAL Y METODOS.....	12
RESULTADOS.....	16
DISCUSION.....	20
LITERATURA CITADA.....	24
CUADROS.....	27
FIGURAS.....	31

RESUMEN

MANZANARES GOMEZ MARTIN DAVID. Evaluación nutricional in vitro de forraje hidropónico de cuatro cereales (avena, cebada, trigo y triticale), con una solución nutritiva. (Bajo la dirección de: Humberto Troncoso Altamirano y Juan Manuel Cervantes Sánchez).

La investigación tuvo como objetivo determinar rendimientos, composición química, porcentaje de calcio y fósforo y curvas de fermentación in vitro del forraje hidropónico de cuatro cereales, a los que se les administró una solución nutritiva. Los tratamientos fueron: avena, cebada, trigo y triticale, con cuatro repeticiones por tratamiento. Los resultados obtenidos del rendimiento del forraje, de la composición química proximal, calcio y fósforo, se evaluaron por medio del análisis de varianza según un diseño completamente al azar y los promedios de los tratamientos se compararon entre sí mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Para las curvas de fermentación se utilizó un diseño de parcelas divididas por tiempo 0, 1, 2, 4, 8, 12, y 24 horas y los promedios de los tratamientos se compararon entre sí mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en cuanto a, rendimiento en base húmeda, en base seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y sobre las curvas de fermentación ($P < 0.05$) y no así con los valores de calcio y fósforo.

INTRODUCCION.

Existe preocupación Internacional de que la población humana del próximo decenio rebasará la capacidad mundial de producir alimentos, debido a las limitaciones de suelo, agua y energía. Sin embargo, se piensa que la creciente demanda de alimentos puede ser satisfecha mejorando la tecnología, a través de un incremento coordinado de la producción animal y vegetal con un empleo más congruente de las tierras marginales (14).

Las condiciones prevalecientes en nuestro país, de clima y suelo, limitan la producción de alimento para el consumo del ganado (13). Ya que la República Mexicana posee todos los climas que hay en el mundo, por su posición geográfica está colocada entre la zona templada y la zona cálida (12); y para muchos resultará extraño enterarse de que una gran parte del territorio mexicano es desértico, la realidad es que México se encuentra entre los paralelos 14 y 32 grados de latitud norte, que corresponden, en parte, a la faja de la tierra donde se localizan los desiertos más extensos del mundo, como los de Libia, Arabia y el Sahara (15). Sin embargo, la misma irregularidad en el suelo, la variada disposición de las tierras, los vientos reinantes, y la abundancia o escasez de lluvias, dan lugar a la gran variedad de climas existentes (12).

Las condiciones naturales imperantes en el territorio mexicano son marcadamente difíciles para dotar de riego a las superficies agrícolas. La orografía obstruye la comunicación e integración del territorio y define sus muy desiguales características naturales; las zonas áridas y semiáridas ocupan dos terceras partes de esta superficie (16).

La extensión del territorio mexicano es de 200 millones de hectáreas. De éstas el 62 % está clasificado como árido (12, 15), por lo que el desarrollo de su agricultura guarda estrecha vinculación con el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales: suelo y agua. En la zona norte del país, donde se localiza el 53 % de la tierra útil, se dispone de menos de 7 % de los recursos hídricos; en la región sur, donde sólo hay un 11 % de la tierra útil, se tiene casi el 64 % del agua, lo que influye negativamente en la producción agrícola. La irregular distribución del agua en el territorio nacional, así como la reducción de reservas de ella en las regiones sobrepobladas, dan origen a que en las épocas de estiaje sea superior la demanda a la oferta, ocasionando que se deban sacrificar superficies cultivables bajo condiciones de riego. En materia hidráulica los problemas de infraestructura dificultan la conducción del agua a grandes distancias, desde donde hay recursos suficientes hasta donde es mayor la necesidad de ella, así como, retenerla y reducir los escurrimientos hacia el mar (16).

La escasez de agua en las regiones áridas no necesariamente implica una falta de recursos hídricos, ya que en muchas de estas regiones existen mantos acuíferos potenciales que podrían emplearse con técnicas sofisticadas y caras. Así, el aprovechamiento del agua disponible puede optimizarse aumentando la eficiencia del uso de este importante recurso y distribuyéndolo en forma más racional (2).

El problema de la erosión de la tierra y de carencia de agua en algunas regiones de México, constituyen obstáculos que frenan e impiden el desarrollo de las actividades agrícolas (16). Por esta razón , para aspirar al desarrollo intensivo y rentable de la ganadería, es imperativo mejorar la capacidad de producción forrajera y la capacidad nutricional de los mismos, mediante la aplicación de tecnologías modernas que cada caso requiera en particular .

La producción de recursos forrajeros que actualmente se obtienen en el país, así como su baja calidad nutritiva, son factores que se unen para que la ganadería no produzca los insumos pecuarios que se requieren para abastecer las necesidades de la población (20).

Una alternativa tecnológica que permite utilizar de una manera menos aleatoria los recursos del medio ambiente, es la técnica de producción en hidroponia (13), pues es un sistema de producción agrícola que utiliza de manera eficiente el

recurso agua y menosprecia los limitantes impuestos por el suelo (4,12,15,17,18,19,20,21,), además que con este sistema se logra producir más forraje que con los tradicionales (4,15).

A la hidroponia se le puede definir, como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua y en el que en vez de tierra, se puede utilizar como sustrato diversos materiales como: aserrín, paja, cascarilla de café, etc. ; considerados como materiales inertes, o sin ningún sustrato utilizando solo el piso donde se cultivará (5,12,15,17).

Los primeros intentos de cultivar las plantas en un ambiente distinto del natural, se remontan a finales del siglo XVII. Fue Woodward quien, en 1699, experimentó la posibilidad de cultivar plantas de menta en tres diferentes sustratos líquidos, a las cuales había añadido cantidades diversas de mantillo (4,5).

En 1860 y 1865, el químico alemán Knop y el fisiólogo J. Von Sachs, respectivamente, sentaron las bases para el surgimiento de la hidroponia, cuando demostraron que, además del bióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, las plantas requieren de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y

hierro, y publicaron las primeras fórmulas de soluciones nutritivas (6,15,20,22). Knop y Von Sachs perfeccionaron notablemente el sistema de cultivo. Eliminaron, el sustrato y usaron una solución nutritiva controlada, en la cual, estaban presentes todos los elementos que se consideraban necesarios para el crecimiento de la planta (6,8). A partir de ellos han sido numerosos los trabajos que han contribuido al desarrollo de la hidroponia.

En el caso de la producción de forraje, en los siglos XVIII y XIX, especialmente en Francia y Alemania, nutricionistas animales encontraron algunas formas para cultivar pasto mediante la hidroponia en suficiente cantidad para animales estabulados. A finales de los años treinta del presente siglo, en Inglaterra y Escocia, se informa de la utilización de cereales germinados en la alimentación de ganado con buenos resultados. Sin embargo, la técnica utilizada era completamente rústica, obteniéndose una altura del pasto de 5 cm y solamente se duplicaba el peso del forraje en relación al peso de la semilla (6).

Esta técnica se venía desarrollando, principalmente, a nivel de laboratorio donde se podía experimentar sobre los diferentes factores ambientales que afectan al cultivo. Pero es hasta principios del decenio de los cincuentas cuando aparece en Europa la germinación de cereales en cámaras de

crecimiento, técnica perfeccionada más tarde en Estados Unidos (20,22).

Con la hidroponia se trata de proporcionar a la planta un sustrato con excelente aereación y drenaje; un continuo y fácil suministro de agua; una nutrición totalmente controlable durante todo el ciclo de vida de las plantas y adaptada a las cambiantes exigencias que las diferentes especies presentan durante las distintas etapas de su desarrollo y con un pH controlado (11,13,15,22).

La producción de forraje mediante la técnica de la hidroponia consiste, en germinar semillas durante un período de 6 a 10 días, ya sea sin o bajo control de temperatura, humedad relativa, luz y ventilación. Lo esencial es el control que se ejerce sobre el agua y los nutrientes. Las plantas, durante este período, multiplican de cinco a diez veces el peso de las semillas, alcanzan una altura de 20 a 25 cm, con un consumo de fertilizantes mínimo y un gasto de uno a dos litros de agua por kg de forraje verde producido (6,9,20,22).

Pocos son los trabajos donde se informa respecto a la determinación del valor nutritivo del pasto producido en hidroponia. Tomando datos de varios análisis químicos se informa que, el forraje producido en hidroponia contiene de

8.8 a 18 % de materia seca. En base seca el contenido es de 18.31 a 30 % de proteína cruda, y aproximadamente un 80 % de nutrientes digestibles totales (4, 10, 12, 15, 16, 22).

Es importante resaltar lo intensivo que resulta el sistema, ya que, por ejemplo, en México se tienen coeficientes de agostadero que van de 30 a más hectáreas (ha) hasta media hectárea para satisfacer las necesidades de una unidad animal durante un año (UA). Esto quiere decir que bajo la producción de forraje en hidroponia, se puede producir en 13 metros cuadrados el equivalente a 600 ha, con un coeficiente de 30 ha/UA. La literatura señala conversiones de semilla a forraje verde de 5:1 y hasta 12:1. Por ejemplo, se toma grano de cebada con 10 % de humedad y se obtiene forraje verde con 89 % de humedad, suponiendo una conversión de 8:1, se tiene: 1000 g de grano tienen 900 g de materia seca; 1000 g de grano producen 8000 g de forraje verde; 8000 g de forraje verde (89 % de humedad) tienen 880 de MS. La pérdida de MS es de 20 g o de 2.2 % (22).

Chanona (5), obtuvo 6 kg de forraje por cada kg de semilla con un 87.54 % de humedad y solo 2.14 % de fibra cruda.

El sistema hidróponico, tiene gran flexibilidad, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo distintas condiciones ecológicas, económicas y usos. Con este forraje producido, se puede alimentar no solo rumiantes (bovinos,

caprinos y ovinos) sino también cerdos, pavos y caballos, por su alta digestibilidad (13,21).

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas disueltos en agua. 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, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno (7,11,19,21). Bajo un sistema de cultivo hidropónico, con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados a través de una solución nutritiva y en forma que sean asimilables por las raíces de las plantas, por lo tanto se considera un prerequisite la solubilidad de los iones esenciales en el agua (11,19).

El nitrógeno, el potasio, el fósforo, el calcio, el azufre y el magnesio, denominados comúnmente como macroelementos. Los otros elementos: hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno (denominados microelementos) (7,14,19,21), van a menudo incluidos como impurezas en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los macroelementos, y a excepción del hierro, que sólo se añade a la solución cuando existe necesidad (19).

Se puede decir que la técnica ha sido y puede ser aplicada en regiones áridas o frías donde no se puede contar con una fuente permanente de forraje verde durante todo el año y de alto valor nutritivo en el menor tiempo posible; en sistemas que se ubican cerca de las zonas urbanas y no cuentan con terreno suficiente para producir forraje en forma convencional; en donde se tiene problema de disponibilidad de agua, ya sea por escasez o por salinidad; en lugares donde la extracción de agua subterránea puede resultar un gasto y no ser costeable equipar el pozo para utilizar el agua en sistemas de agricultura convencionales y en donde existen áreas no adecuadas para la agricultura debido a salinidad o erosión del suelo (21,22).

La investigación y producción hidropónica de germinados forrajeros, se encuentra en los inicios de su desarrollo en México, puesto que no se cuenta aún con conocimientos precisos del aprovechamiento de esta técnica innovadora en diversidad de situaciones. Además, dado que la mayoría de los trabajos sobre hidroponía están orientados hacia la floricultura y la horticultura, y que las fórmulas de las soluciones nutritivas se aplican a la producción hidropónica de cereales sin previa comprobación.

HIPOTESIS.

HIPOTESIS CAUSAL: Cada especie de cereal (avena, cebada, trigo y triticale) tiene diferente potencial para hacer variar la composición química proximal del forraje hidropónico.

HIPOTESIS ESTADISTICA:

$H_0: M_1 = M_2 = M_3 = M_4$

$H_a:$ Al menos una es diferente

HIPOTESIS CAUSAL: Cada especie de cereal (avena, cebada, trigo y triticale), tiene diferente potencial para hacer variar las curvas de fermentación del forraje hidropónico.

HIPOTESIS ESTADISTICA:

$H_0: M_1 = M_2 = M_3 = M_4$

$H_a:$ Al menos una es diferente

OBJETIVOS.

Los objetivos de la presente investigación son:

1. Evaluar los rendimientos en base seca y base húmeda del forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale, cultivado con una solución nutritiva.
2. Determinar la composición químico proximal y los niveles de calcio y fósforo del forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale, cultivado con una solución nutritiva.
3. Evaluar las curvas de fermentación del forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale, cultivado con una solución nutritiva.

MATERIAL Y METODOS**MATERIAL DE LABORATORIO**

- Estufa de aire forzado.
- Balanza analítica.
- Báscula granataria.
- Molino Willey a 60 mallas.
- Aparato de Kjeldahl.

- Aparato Soxhlet.
- Platinas.
- Crisoles.
- Muflas.
- Cámara de extracción.
- Bomba de vacío.
- Baño María con agitación.
- Agua de cal al 0.1 % para riego pre-emergente.
- 16 charolas de plástico de 18 cm por 25 cm por lado 11 cm altura.
- Plástico negro para cubrir las charolas.
- Sobres de papel para almacenar el germinado.
- Regaderas de 200 ml.
- Semilla de avena, cebada, trigo y triticale 2 kg de cada una.

- Solución Nutritiva (19) para el germinado

Agua desionizada 10 litros

Nitrato de potasio 11.0 g

Sulfato de calcio 7.6 g

Superfosfato triple 1.5 g *

Sulfato de amonio 1.4 g

Sulfato de magnesio 0.7 g

Se afora a 10 litros con agua desionizada

* Sustitución de 1.5 g de superfosfato triple por 4.41 ml de ácido fosfórico como fuente de fósforo.

METODOS

Este trabajo se desarrolló en el Laboratorio de bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, y en el invernadero del Instituto de Geología, ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Esta investigación estuvo dividida en dos fases:

Fase 1) Evaluación del rendimiento de forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale, cultivado con solución nutritiva y cosechado a los 10 días.

Durante 24 hrs se remojaron 1.5 kg de semilla de cada uno de los cereales en agua con cal al 0.1 %. Al término de este periodo se drenó el contenido y se tomaron 500 g de semilla húmeda de cada cereal y se puso en cada una de las 16 charolas de plástico, y por medio de la técnica de cultivo en agua se produjo forraje. Durante los primeros tres días se cubrieron con plástico negro para favorecer la germinación y se regaron con 500 ml de agua de cal al 0.1 % por día, divididos en dos riegos uno matutino y otro vespertino. Al cuarto día por la mañana se retiraron los plásticos en forma definitiva, se continuó dando dos riegos por día de solución nutritiva hasta la cosecha la que fue a los 10 días de

sembrado.

Cada charola se pesó individualmente con el cultivo y se procedió a la deshidratación del mismo por medio de exposiciones directas a los rayos solares durante tres días para después colocarse en sobres de papel e introducirlos en la estufa de aire forzado a 60 grados centígrados durante 48 horas. Deshidratado el forraje se pesó , se molió y se procedió posteriormente a analizarlo.

Los parámetros a evaluar en esta etapa fueron: rendimiento en base húmeda (forraje fresco) y base seca (forraje seco) y la relación grano:forraje.

Fase 2) En esta etapa se determinaron los niveles de calcio y fósforo, la caracterización químico proximal y las curvas de fermentación del forraje hidropónico.

A todas las muestras se les realizó el análisis químico proximal según Harris (8) y la determinación de calcio y fósforo según el A.O.A.C. (1).

Se determinaron las curvas de fermentación del forraje hidropónico a las 0, 1, 2, 4, 8, 12 y 24 horas de iniciada la incubación utilizando un inóculo de líquido ruminal de bovino fistulizado y saliva artificial McDougall, siguiendo la

metodología propuesta por Tilley & Terry (24), modificada por Bórquez y Riquelme (3).

ANALISIS ESTADISTICOS

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con cuatro tratamientos (avena, cebada, trigo y triticale) y cuatro repeticiones por tratamiento.

Los resultados obtenidos de la composición químico proximal, de calcio y fósforo, se evaluaron por medio de análisis de varianza en un diseño completamente al azar y los promedios de los tratamientos se compararon entre sí mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (23).

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 ($P < 0.05$) (23).

RESULTADOS

Los resultados de la composición químico proximal de los cuatro forrajes hidropónicos (avena, cebada, trigo y

triticale), en base húmeda y base seca se muestran en el cuadro 1 y 2 respectivamente; mientras que en las figuras 1, 2, 3 y 4, se muestran la composición química en base seca de los cuatro forrajes, respectivamente. En la figura 5, se observa el contenido de calcio y fósforo en base seca. El cuadro 3, muestra el rendimiento del forraje hidropónico, en tanto que el en cuadro 4, se muestra la relación grano:forraje hidropónico. Los resultados en porcentaje de la digestibilidad in vitro del forraje están en el cuadro 5. Las curvas de fermentación de los forrajes hidropónicos: avena, cebada, trigo y triticale se presentan en la figura 6.

Los resultados promedios de rendimiento del forraje hidropónico fresco de avena, cebada, trigo y triticale fueron de 417.25 g , 733.62 g , 582.87 g y 484.12 g respectivamente. La cebada y el trigo fueron los forrajes de mayor rendimiento con diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$). La avena y el triticale fueron los de menor rendimiento sin observarse diferencia estadística ($P > 0.05$).

En cuanto al rendimiento del forraje seco el mayor fue el trigo con 203.23 g, seguido por la avena con un rendimiento de 200.48 g, la cebada con 188.73 g. Estos tres cereales son iguales estadísticamente, a diferencia del triticale que obtuvo una producción de 162.85 g presentando una diferencia estadísticamente significativa con relación a los otros tres

cereales ($P < 0.05$). La avena y cebada presentaron un balance de materia seca positivo, mientras que cebada y triticale mostraron un balance negativo.

Los resultados de la relación grano a forraje, fueron para la avena 1:2.173, para la cebada 1:3.821, para el trigo 1:3.036 y de 1:2.521 para el triticale.

Los resultados del análisis químico proximal, muestran que en los porcentajes de proteína cruda (PC) de los germinados si hay diferencia significativa con los tratamientos ($P < 0.05$). Al expresar los resultados en materia seca se obtuvo para el germinado de triticale 18.67 % de PC, para el trigo 18.27 %, para la cebada de 17.41 % y en el germinado de avena donde se tiene el porcentaje más bajo de proteína cruda, 11.22%, siendo ésta diferente estadísticamente al resto de los cereales ($P < 0.05$).

En cuanto a el comportamiento de los germinados en el porcentaje de fibra cruda (FC), el análisis estadístico arrojó diferencias significativas ($P < 0.05$). La avena da 15.86 %, la cebada con 13.01 %, el trigo 7.31 % y el triticale con 8.08 %.

La variable de extracto etéreo (EE) también presentó diferencia significativa ($P < 0.05$). El germinado de avena dió

el más alto porcentaje con 11.49 %, seguido del triticale con 9.88 %, el trigo con 9.68 %, la cebada presenta el más bajo nivel con 9.0 %.

En el contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN), no hubo diferencia significativa en los tratamientos ($P>0.05$). El germinado con mayor porcentaje de ELN es el de trigo con 61.85 %; posteriormente el germinado de triticale con 59.85 %; los germinados de avena y cebada con 58.05 % y 55.47 % respectivamente.

En el contenido de cenizas los germinados presentan diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$). La cebada presenta 5.11 %, el triticale con 3.51 %, la avena con 3.38 % y el de menor porcentaje es el trigo con 2.89 %.

No hay diferencias significativas ($P>0.05$) en el porcentaje de calcio (Ca). El germinado de avena presenta 1.35 %, la cebada 1.125 %, el trigo 0.73 % y el triticale con 0.965 %.

En lo que respecta al contenido de fósforo, no se presenta diferencia significativa ($P>0.05$), el porcentaje para el germinado de avena es de 0.68 %, para el de cebada es 0.74 %, para el de trigo 0.812 % y el de triticale con 0.59 %.

En cuanto a las curvas de fermentación si hubo diferencias

significativas ($P < 0.05$) a la primera hora , segunda y doceava horas en todos los germinados. A las 24 horas se observó que el germinado de trigo presentó el porcentaje mayor de digestibilidad con 64.91 %, siendo el menor el germinado de triticale con 61.85 %.

DISCUSION

Los resultados muestran que cada cereal tiene un potencial diferente en términos de porcentaje de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y curvas de fermentación, tomando en cuenta que la distribución de los tratamientos con sus repeticiones fue realizada al azar.

Es probable que lo anterior sea debido a la participación de los diferentes nutrientes contenidos en la solución nutritiva en el proceso de la fotosíntesis y en la elaboración de proteínas de las plantas, ya que cada planta tiene un potencial de incremento o decremento de nutrientes diferente durante la hidroponia.

Ceballos (4), Sánchez y Sánchez del Castillo (22) mencionan que en general el nivel de proteína de los germinados hidropónicos es superior al de las semillas que los originan, e inferior en el porcentaje de fibra cruda.

Hillier y Perry (10), citan un porcentaje de proteína cruda en 20.25% a los 6 días en el germinado de avena, Ceballos (4), menciona 14.56% de PC a los 10 días, en este estudio se tiene un 11.22% de PC en el germinado de avena.

Martinez (13), menciona un porcentaje de 15.36% de fibra cruda en el germinado de cebada a los 10 días de germinación; Ceballos (4), informa un 17.30% de FC; Chanona (5), para el germinado a los 7 días menciona 17.17%; Hillier y Perry(10), para el germinado de avena a los 6 días informan 21.20% de FC, valores que se encuentran muy por arriba de los resultados obtenidos durante el presente trabajo (15.86% y 13.01% para la avena y cebada respectivamente).

El contenido de fibra no solo se debe a las partes en crecimiento formadoras de las paredes celulares, sino también se considera la envoltura de la semilla que permanece como parte de todo el conjunto que forma el germinado ya que su cubierta no se desecha, y en algunos casos, como la avena, se incrementa el porcentaje de FC a causa de las glumas (13). Así mismo, en el proceso fotosintético, se desdoblán los carbohidratos y grasas durante la germinación, concentrando la fracción fibrosa (7).

Ceballos (4), trabajando con agua desmineralizada como sustrato menciona valores obtenidos de extracto etéreo para

los germinados de avena, cebada, trigo y triticale de 6.59 %, 4.85 %, 6.73 % y 4.17 % respectivamente. Hillier y Perry (10), mencionan 4.9 % de EE, para el germinado de avena a los 6 días de cosechado. Mientras que Chanona (5), informa 4.24 % para el germinado de cebada a los 7 días. Los resultados obtenidos en esta investigación presentan valores superiores a los antes citados (avena 11.49 %, cebada 9.0 %, trigo 9.68 % y triticale 9.88 %).

En lo que respecta a la digestibilidad in vitro, se observa que conforme van en aumento las horas de fermentación el porcentaje de digestibilidad tiene una tendencia ascendente. Ceballos (4), informa un porcentaje de digestibilidad a las 24 horas de fermentación del forraje hidróponico de trigo de 71.70 %, para la avena de 64.01 %, para la cebada de 64.96 % y para el triticale de 65.76 %. Mientras que en esta investigación se observan resultados inferiores (64.91 %, 62.26 %, 62.78 % y 61.85 %, respectivamente). Ortega (16), menciona un valor de 65.80 % para el forraje hidropónico de cebada a los 10 días de germinación. Monroy (15), informa un 64.66 % de digestibilidad a las 24 horas para el forraje de avena cultivado con una concentración de 80 ppm de fósforo. Las diferencias observadas con los cuatro tratamientos, son debidas al diferente potencial que cada cereal tiene.

El coeficiente de determinación (R^2) en aquellas variables

que presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$), es arriba del 58 %, señala que este modelo fue eficiente para evaluar las variables en este estudio.

La hidroponia demuestra ser una forma alterna de producción de alimentos que mejora en ciertos aspectos (PC, FC, EE, Cz y la digestibilidad) las características de los forrajes. La composición química de los germinados los ubica como alimento de buena calidad, pero se hace necesaria más investigación a cerca de la fibra ácida detergente (FDA) y la fibra neutro detergente (FDN), realizar estudios de correlación comparando diferentes concentraciones de solución nutritiva, a fin de establecer el nivel óptimo de estos minerales de la solución nutritiva como nutrientes y conocer el grado ideal; de acuerdo a las necesidades de cada forraje, así como, la realización de pruebas in vivo, ya que la digestibilidad, la composición químico proximal y el rendimiento no son los únicos factores a considerar; se debe estudiar la gustosidad de este tipo de forrajes por parte del ganado (rumiantes, cerdos y aves).

LITERATURA CITADA

1. A.O.A.C.: Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, 1975.
2. Arnon, I.: La modernización de la agricultura en países en vías de desarrollo. Limusa. México, D.F., 1987.
3. Borquez, G.L.L. y Riquelme, E.: Formulación para raciones para ruminantes en base a la tasa de fermentación In vitro de los ingredientes. Memorias de la VIII reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Sto. Domingo, Republicana, 1980.
4. Ceballos, O.A. : Evaluación nutricional de forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale en laboratorio. Tesis de licenciatura: Fac.de Med.Vet.y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1989.
5. Chanona, F.M.A.: Estudio comparativo de la utilización de diferentes niveles de germinación de cebada en la alimentación de ganado lechero. Tesis de licenciatura: Fac.de Med.Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1983.
6. Durany, U.: Hidroponia. Cultivo de plantas sin tierra. Sintes, S.A. 3a. edición. Barcelona, España, 1890.
7. Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L.: Physiology of crop plants. First edition. The Iowa State University Press. Iowa, 1985.
8. Harris, L.E.: Métodos para análisis químico y evaluación biológica de los alimentos para animales. Center for tropical Agriculture Feed Composition. University of Florida, Gainesville Fda., USA, 1970.
9. Hernández, A.I.: Sustitución parcial del alimento concentrado por hidroponia de trigo durante las etapas de crecimiento, desarrollo y finalización de cerdos. Tesis licenciatura: Fac.de Med.Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1990.
10. Hillier, R.J. and Perry, T.W.: Effect of hydroponically produced oat grass on ration digestibility of cattle. J. Anim. Sci. 29(5):783-785(1969).
11. Howard, M.R.: Hydroponic food production. Woodbridge Press Publishing Company. Second edition. Santa Bárbara California, USA, 1981.

12. López, S.M.G.: Evaluación nutricional in vitro de forraje hidropónico de avena, con diferentes concentraciones de potasio como sustrato. Tesis de licenciatura: Fac. de Med.Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1990.
13. Martínez, R.I.: Estudios de germinados de avena (Avena sativa), cebada (Hordeum vulgare), sorgo (Sorghum vulgare, var. wac.) y amaranto (Amaranthus hypochondriacus) como forrajes. Tesis de licenciatura: Departamento de Zootecnia, División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétaro. Querétaro, Qro., 1987.
14. Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F. y Warner, G.R.: Nutrición Animal. 7a. edición. McGraw-Hill. México, D.F., 1984.
15. Monroy, L.J.F.: Efecto de diferentes niveles de fósforo sobre la composición bromatológica de forraje hidropónico de avena (Avena sativa). Tesis de licenciatura: Fac. de Med.Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1990.
16. Ortega, O.F.J.: Evaluación nutricional en laboratorio de forraje hidropónico de cebada. Tesis de licenciatura: Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1990.
17. Peer, D.J. and Lesson, S.: Feeding value of hydroponically sprouted barley for poultry and pigs. Anim. Feed Sci. and Technol., 13:183-190(1985).
18. Peer, D.J. and Lesson, S.: Nutrient content of hydroponically sprouted barley. Ani. Feed Sci. and Technol., 13:191-202(1985).
19. Rojas, G.M.: Fisiología vegetal aplicada. 2a. edición. McGraw-Hill. México, D.F., 1979.
20. Sánchez, C.F.: Un sistema de producción de plantas. Hidroponia, principios y métodos de cultivos. 2a. edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Edo. de México, México 1981.
21. Sánchez, D.A.: Tecnicación de la ganadería mexicana. 1a. edición. Limusa. México, D.F., 1984.

22. Sánchez, M.A. y Sánchez del Castillo, F.: Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en hidroponía. Nueva Epoca, Nos.27-28, Enero-Abril de 1981. Chapingo, Edo. de México.

23. Steel, R.G. and Torrie, J.H.: Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill book. New York, 1960.

24. Tilley, J.M.A. and Terry, R.A.: A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassld Soc., 18:104-111 (1963).

CUADRO 1

COMPOSICION QUIMICO PROXIMAL DE FORRAJES HIDROPONICOS
DE AVENA, CEBADA, TRIGO Y TRITICALE EN BASE HUMEDA

	AVENA	CEBADA	TRIGO	TRITICALE
MATERIA SECA %	45.82	25.7	35.07	25.58
HUMEDAD %	54.18	74.3	64.93	74.24
PROTEINA CRUDA %	5.13	4.47	6.39	4.66
FIBRA CRUDA %	7.26	3.31	2.55	1.97
EXTRACTO ETereo %	5.32	2.31	3.40	2.48
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO %	26.56	14.3	21.72	15.67
CENIZAS %	1.55	1.30	1.01	0.79
TND % *	41.31	22.55	32.50	23.62
EM Kcal/Kg **	1553.49	815.34	1175.10	853.77

* Total de nutriéntes digestibles.

** Energía metabolizable.

CUADRO 2

COMPOSICION QUIMICO PROXIMAL DE LOS FORRAJES HIDROPONICOS
DE AVENA, CEBADA, TRIGO Y TRITICALE EN BASE SECA

	AVENA	CEBADA	TRIGO	TRITICALE
PROTEINA CRUDA %	11.22a	17.41b	18.27b	18.67b
FIBRA CRUDA %	15.86b	13.01b	7.31a	8.08a
EXTRACTO ETereo %	11.49b	9.0a	9.68a	9.88a
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO %	58.05a	55.47a	61.85a	59.85a
CENIZAS %	3.38a	5.11b	2.89a	3.51a
TND % *	89.62	87.71	92.63	91.92
EM Kcal/kg **	3397.49	3170.89	3348.47	3323.12
CALCIO %	1.35a	1.125a	0.73a	0.965a
FOSFORO %	0.68a	0.74a	0.812a	0.59a

a b, Distintas literales por hilera indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

* Total de nutrientes digestibles

** Energía metabolizable

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 3

RENDIMIENTO DE FORRAJE HIDROPONICO
EN FRESCO (BASE HUMEDA) Y EN SECO (BASE SECA)

	AVENA	CEBADA	TRIGO	TRITICALE
FORRAJE HUMEDO g	417.25a	733.62b	582.87c	484.12a
FORRAJE SECO g	200.48b	188.73b	203.23b	162.855a

a b c. Distintas literales por hilera indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

CUADRO 4

RELACION DE GRANO/FORRAJE HIDROPONICOS *

	BASE HUMEDA	BASE SECA
AVENA	1: 2.173	1: 1.042
CEBADA	1: 3.821	1: 0.983
TRIGO	1: 3.036	1: 1.058
TRITICALE	1: 2.521	1: 0.848

* Expresado en proporciones

CUADRO 5

PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD in vitro DE FORRAJE
HIDROPONICO DE AVENA, CEBADA, TRIGO Y TRITICALE EN BASE SECA

H O R A	AVENA	CEBADA	TRIGO	TRITICALE
1	45.33b	32.96a	44.26b	46.61b
2	48.78b	36.71a	50.97	46.70b
4	51.0a	54.72a	53.86a	47.99a
8	51.62a	58.65a	58.28a	54.53a
12	54.64a	60.36b	60.90b	56.31ab
24	62.26a	62.78a	64.91a	61.85a

a b. Distintas literales por hilera indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA BASE SECA

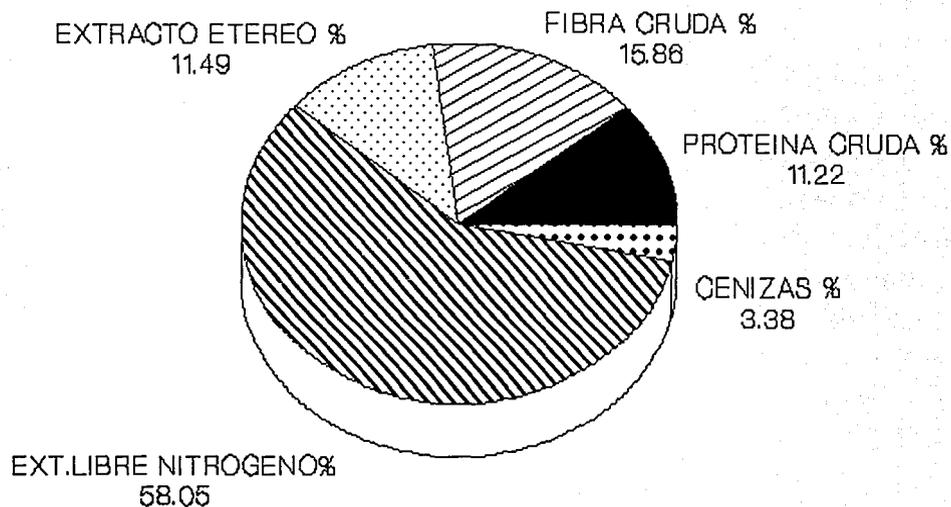


Fig. 1

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA BASE SECA

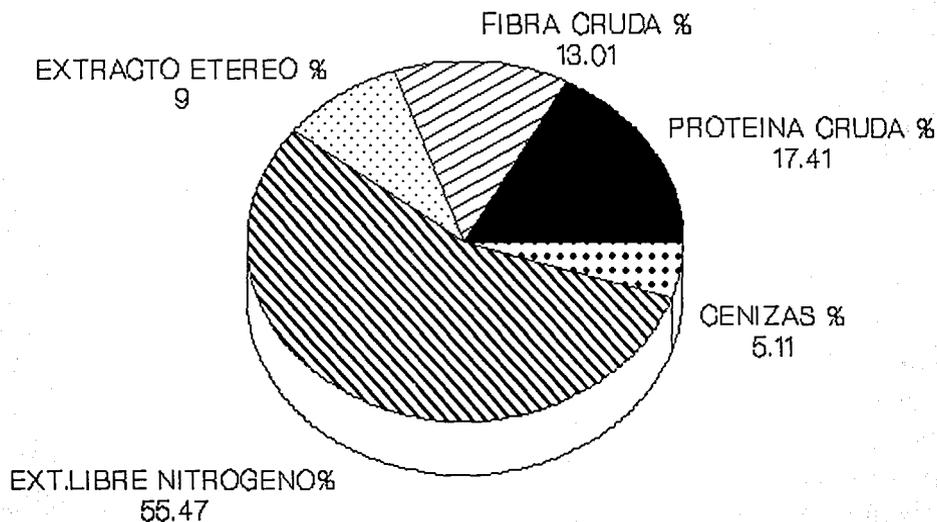


Fig. 2

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL FORRAJE HIDROPONICO DE TRIGO BASE SECA

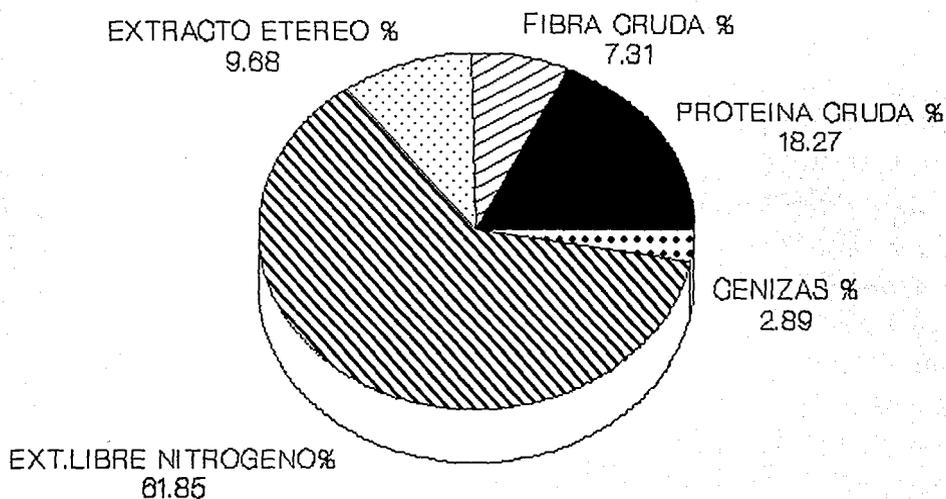


Fig. 3

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL FORRAJE HIDROPONICO DE TRITICALE BASE SECA

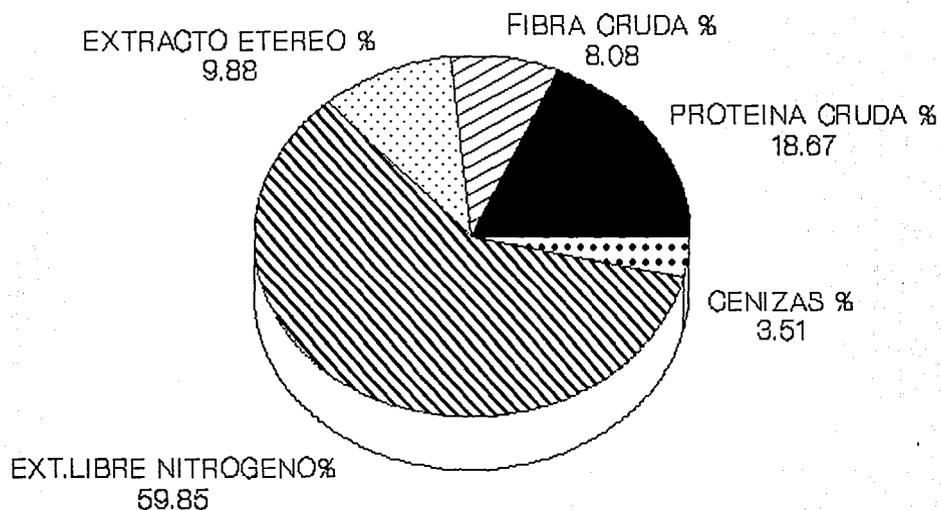


Fig. 4

CONTENIDO DE CALCIO Y FOSFORO DE LOS FORRAJES HIDROPONICOS

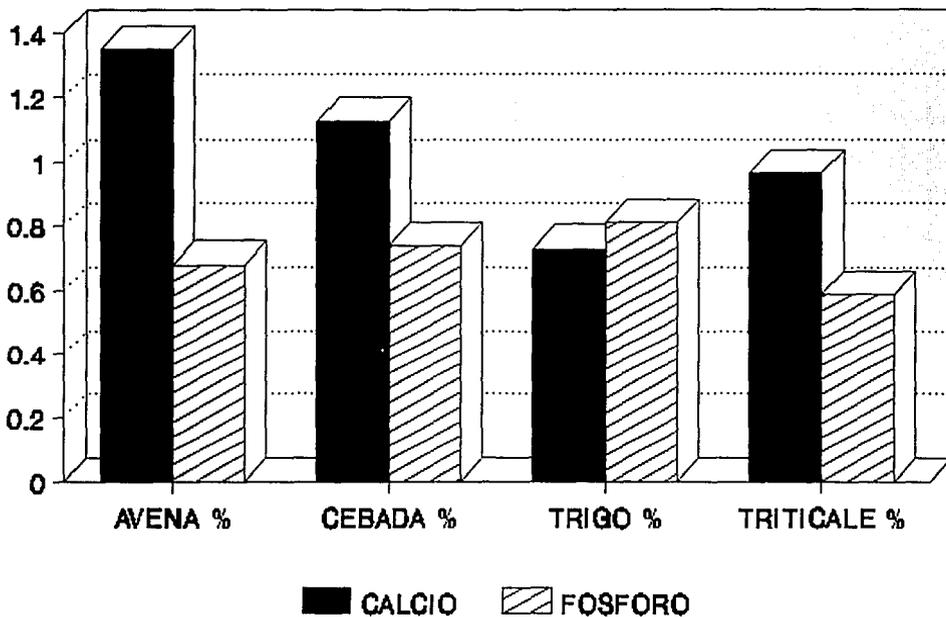


Fig. 5

CURVAS DE FERMENTACION DEL FORRAJE HIDROPONICO

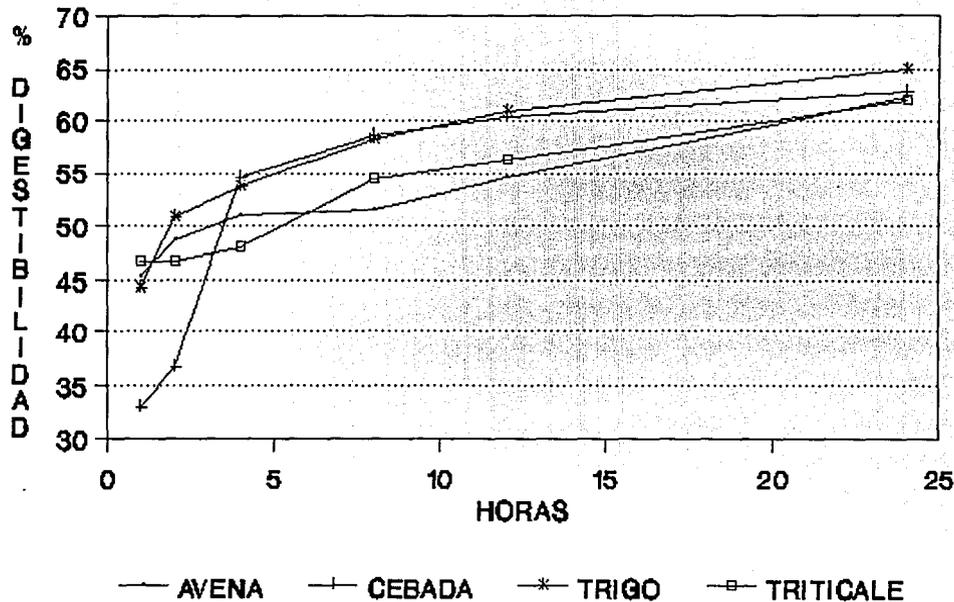


Fig. 6