



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACION NUTRICIONAL DE CULTIVO HIDROPONICO DE AVENA Y CEBADA. CON RASTROJO DE MAIZ COMO SUSTRATO. CON Y SIN TRATAMIENTO DE HIDROXIDO DE SODIO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA PRESENTA: LIDIA MORGA CID

ASESORES MVZ HUMBERTO M TRONCOSO ALTAMIRANO MVZ FRANCISCO A CASTREJON PINEDA



MEXICO. D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

**EVALUACION NUTRICIONAL DE CULTIVO HIDROPONICO DE AVENA Y CEBADA, CON
RASTROJO DE MAIZ COMO SUSTRATO, CON Y SIN TRATAMIENTO DE HIDROXIDO DE
SODIO.**

**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

Lidia Morga Cid

**Asesores:
MVZ Humberto M. Troncoso Altamirano
MVZ Francisco A. Castrejón Pineda**

México D.F. 2001

DEDICATORIAS

A mi papá **Enrique Morga García.**

Por enseñarme a ser mejor que ayer, mañana mejor que hoy, por mostrarme el camino correcto aceptando los riesgos, enseñándome a aprovechar las oportunidades que la vida da, llegando siempre más lejos, haciendo siempre distinción de cual es el objeto en la vida y los sueños

A mi mamá **Lidia Cid Oropeza.**

Quién con su cariño y confianza a mostrado que la mejor manera de predecir el futuro es creándolo, teniendo tiempo para mostrar que los sueños e ideales se logran solo con paciencia A ti por ser la flor más dulce que Dios ha podido crear.

A mis hermanos **Roxana, Elizabeth, Edith y Enrique.**

Quienes siempre han mostrado su cariño y ayuda incondicional.

A mis sobrinos **Stefania, Vanessa y Mario.**

Por tener en la sonrisa la semilla de la alegría que crece en el corazón y florece en la boca

A **Rogelio López Martínez.**

Por saber que el amor no hace girar al mundo, pero que ha logrado hacer que ese giro sea más agradable compartiendo todos los buenos y malos momentos

A las personas involucradas directa e indirectamente que no he mencionado pero que siempre están conmigo

AGRADECIMIENTOS

Gracias, hermosa palabra que describe esa sensación de reconocer que hubo algo ajeno a nuestra capacidad que determinó la diferencia entre el éxito y el fracaso. Hermosa palabra que admite lo que el hombre siente cuando más allá de su mano se extiende otra mano a cubrir su carencia, así sin pedirlo sin siquiera merecerlo. Este sentimiento es el que tú sembraste y quiero que todos lo sepan... Gracias Señor.

A mi papá *Enrique Morga García* y a mi mamá *Lidia Cid Oropeza*.

Una mínima recompensa a su máximo sacrificio, a su firme propósito de formar de mí una persona útil, haciéndolo posible, así el que yo escalara la cumbre de sus esfuerzos.

A mis hermanos *Roxana, Elizabeth, Edith y Enrique*,

Quienes con sus defectos y virtudes me han brindado su apoyo y confianza, porque a la hora de cometer errores me enseñaron que hay un instante de reflexión, una fracción de segundo en la que se puede volver atrás, y quizá remediarlos, y que la curiosidad vence al miedo más fácil que el valor.

A *Rogelio López Martínez*.

Por su amistad incondicional, confianza y por aprender juntos que los ideales son perspectivas abiertas que sabemos, quizá, inalcanzables, pero que son dignas de ser perseguidas, por ser una mano en la que pueda apoyarme para seguir adelante.

A mi asesor *Humberto Troncoso Altamirano*

Por brindarme su confianza, amistad, apoyo y la oportunidad para poder realizar esta meta

A *Fermina*.

Quien sin su ayuda no hubiera logrado realizar el trabajo de laboratorio, y por enseñarme que de cada cosa negativa, algo positivo se puede obtener, y por haber permitido contar con su valiosa amistad.

A el Dr. *Alfonso Andrade C.* y a la M. en C. *Pilar Ortega L.*

En la unidad de Ambientes Controlados del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias UNAM, por su apoyo a este trabajo de investigación al permitir el uso de su invernadero.

ME ENAMORE DE UNIDEAL, PERO EN EL CAMINO HACIA EL, ME ENAMORE DEL CAMINO.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.	1
INTRODUCCION.	2
MATERIAL Y METODOS	3
RESULTADOS Y DISCUSION	11
LITERATURA CITADA.....	18
CUADROS	21
FIGURAS.....	27

RESUMEN

MORGA CID LIDIA Evaluación nutricional de cultivo hidropónico de avena y cebada, con rastrojo de maíz como sustrato, con y sin tratamiento de hidróxido de sodio (bajo la dirección del MVZ Humberto M. Troncoso Altamirano y el MVZ Francisco A. Castrejón Pineda).

Se realizó un experimento con germinados hidropónicos de 2 cereales : avena y cebada, con el objetivo de evaluar si el rastrojo de maíz picado tratado con NaOH modifica la composición química proximal, paredes celulares, calcio, fósforo y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica de los germinados. Estos cultivos se realizaron en el invernadero de la Facultad de Ciencias (UNAM), en charolas de plástico de 60 cm de largo, 40 cm de ancho y 10 cm de altura, en las cuales se colocó una capa (0.72 Kg) de rastrojo de maíz picado (1 cm el tamaño de partícula), seguida de una capa de grano (0.72 Kg) extendida uniformemente sobre la superficie. Las charolas se colocaron con una inclinación de 8%, realizando dos riegos al día hasta saturación por 15 días. El día 16, se tomó una muestra del centro de la charola de 10x10 cm, y se llevó inmediatamente al laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición de la FMVZ, UNAM, para su deshidratación en horno de convección a 50° hasta peso constante. Las muestras deshidratadas se molieron a un tamaño de partícula de 1mm, y ya molidas se sometieron al análisis químico proximal, la determinación de fibra detergente neutro y ácida, calcio, fósforo, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x2 (2 tipos de grano por 2 niveles de NaOH al rastrojo de maíz picado), definiendo cuatro tratamientos: T1= grano de avena con rastrojo de maíz sin tratar, T2= grano de avena con rastrojo tratado T3= grano de cebada con rastrojo sin tratar, y T4= grano de cebada con rastrojo tratado, con cinco repeticiones cada uno. Los resultados fueron normalizados y se sometieron al análisis de varianza y comparación de medias mediante el programa JMP de S.A.S. Se encontró efecto de la interacción forraje por tratamiento ($P<0.05$) en el contenido de fibra cruda (T1 26.96% ab, T2 23.92% a, T3= 20.21% ab y T4= 25.92% b) y fósforo (T1 0.50% a, T2 0.38% b, T3 0.35% a y T4 0.38% a). Así también se presentó una diferencia significativa con el tipo de grano en el contenido de materia seca (avena 13.53%, cebada 12.74%), extracto etéreo (avena 11.73%, cebada 15.32%) y cenizas (avena 6.13%, cebada 5.46%). El resto de las variables en estudio fue similar entre tratamientos. En germinados de avena y cebada en hidroponía, el tratamiento con NaOH al rastrojo de maíz utilizado como sustrato, no modifica el valor nutritivo a los 15 días de germinación. La modificación en el valor nutritivo de los germinados de avena y cebada en hidroponía se debe principalmente al tipo de grano.

INTRODUCCIÓN.

La extensión del territorio mexicano es de 200 millones de hectáreas, de las cuales el 62% son áridas. En la zona norte del país, donde se localiza el 53% de la tierra útil, se dispone de menos del 7% de los recursos hídricos; en la región sur, en donde sólo hay un 11% de la tierra útil, se tiene casi el 64% del agua. Esta situación influye negativamente en el proceso de producción agrícola

(1) El uso actual del suelo susceptible de aprovecharse para el pastoreo depende de la capacidad de carga animal por hectárea y de los rendimientos obtenidos en el desarrollo de los pastos. Estos factores determinan el coeficiente de agostadero, el cual en el país es en promedio de 17 hectáreas por cabeza en terreno adecuado y hasta 50 hectáreas en terreno inadecuado (2, 3).

El proceso de la erosión de la tierra y la carencia de agua de algunas regiones de México constituyen obstáculos que frenan e impiden el desarrollo de las actividades agrícolas. Sin embargo, contando con un mínimo de agua, dichas regiones podrían desarrollar cultivos hidropónicos, que son más productivos que las siembras normales (4).

El agua es el elemento más importante para la fisiología vegetal, ya que disuelve todos los minerales contenidos en el suelo; gracias a ellos, los solutos entran en la planta y fluyen por los tejidos. También participa en los procesos de la fotosíntesis y es esencial para la turgencia. La humedad del suelo representa un aspecto muy importante para el ambiente de la planta; empieza a influir en las plantas incluso antes de su germinación, ya que muchas semillas deben estar en contacto con el suelo húmedo pocos días después de la maduración (5,6). Toda semilla tiene en potencia una planta viva completa. Sin colocarla en tierra, ni darle alimento alguno, la semilla germinará al poco tiempo de que las condiciones de temperatura y humedad le sean favorables, debido a que, de igual modo que los bulbos y tubérculos, las semillas contienen en sí mismas los elementos nutritivos de reserva necesarios para la etapa del desarrollo.(7).

El término hidroponía se deriva de dos palabras griegas: *hydro* (agua) y *ponos* (trabajo), que combinadas significan "agua trabajando" y son una alusión al empleo de agua y fertilizantes químicos para el cultivo de plantas sin tierra (8). La idea general del cultivo hidropónico es proporcionar al vegetal un material, medio o sistema capaz de almacenar el agua, oxígeno y nutrientes que la planta necesita y fácilmente responda a ellos (9,10).

El cultivo hidropónico tiene sus inicios aproximadamente hace 3 siglos, con Woodward, en Inglaterra, quien realizó los primeros experimentos para determinar la forma en que las plantas obtenían su alimento, sin conseguir grandes resultados ni progresos (11). En el siglo XIX, Nicolás de Saussure estableció la teoría de que las plantas están compuestas de elementos químicos que se toman del agua, el aire y el suelo (9). Jean Coussingault, científico francés, logró cultivos en recipientes con arena y carbón (6). Hacia los años 1929 a 1930, el doctor William F. Gericke obtuvo exitosamente cosechas sin el recurso de tierras; lo llamó cultivo hidropónico (8)

La técnica de la hidroponía ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde el cultivo al aire libre y el invernadero, hasta las altamente especializadas, pero al mismo tiempo puede ser utilizada en países subdesarrollados para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas. La única restricción son las fuentes de agua potable y nutrientes, aunque en áreas donde aquéllos no existen, los cultivos hidropónicos pueden ser realizados con agua de mar. La hidroponía es una alternativa excelente en países con poca tierra cultivable y en aquellos que, teniendo una superficie pequeña, tienen una población numerosa (10).

En general, se puede decir que la técnica ha sido y puede ser aplicada bajo condiciones áridas o frías, donde no se cuenta con una fuente permanente de forraje verde; en sistemas ubicados 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; donde el costo de la extracción de agua subterránea hace imposible utilizar el agua en

sistemas de agricultura convencionales; en donde se tienen áreas inadecuadas para la agricultura debido a la salinidad o erosión del suelo; en donde se desarrollen investigaciones sobre fisiología vegetal y nutrición animal (12).

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas que se realiza en un periodo de 9 a 15 días, captando energía de la luz del sol y asimilando los minerales del sustrato. La plántula resultante del grano germinado alcanza una altura promedio de 25 centímetros, el animal consume la parte aérea formada por el tallo y las hojas verdes, los restos de semilla y la raíz. Con el forraje verde hidropónico se puede alimentar ganado vacuno, porcino, caprino, equino, conejos y aves con excelentes resultados. Las ventajas del forraje verde hidropónico se pueden resumir así:

- ★ suministro constante durante todos los días del año, evitando alteraciones digestivas
 - ★ menor incidencia de enfermedades al ser forraje libre de contaminantes
 - ★ aumento en la fertilidad por tener mayor disponibilidad de nutrientes
 - ★ aumento en la producción de leche
 - ★ en general, todas las ventajas que los animales puedan obtener de una buena alimentación
- (11).

Considerando datos de varios análisis químicos proximales reportados, el pasto producido en hidroponia contiene de 8.8 a 13.4 % de materia seca, de 18.31 a 26.3% de proteína cruda, aproximadamente 80% de nutrientes digestibles totales y un alto contenido de β -caroteno. Por otra parte, se ha encontrado que al incluir forrajes hidropónicos a diferentes niveles en raciones para novillos, se han afectado significativamente los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y se han modificado favorablemente la cantidad y proporción de los ácidos grasos volátiles en el rumen

(12).

Dentro de estos trabajos se encuentra el estudio realizado por Ceballos, quien evaluó germinados

de avena, cebada, trigo y triticale, comparándolos entre sí para observar su desarrollo (13).

Manzanares realizó estudios de estos mismos cereales, observando los efectos de una solución nutritiva a base de K, Ca, P y Mg (14). Fabregat estudió el efecto de diferentes niveles de nitrógeno sobre la composición bromatológica de forraje hidropónico de avena (15). Ortega realizó estudios en la evaluación del rendimiento del forraje hidropónico a diferentes tiempos de cosecha, utilizando una solución a partir de N, P, K (16). López evaluó *in vitro* el forraje hidropónico de avena, utilizando diferentes concentraciones de fósforo como sustrato (17). Hernandez estudió la sustitución parcial de alimento concentrado por cultivo hidropónico de trigo para cerdos en diferentes etapas de crecimiento (18). Todos ellos obtuvieron resultados similares: mayor cantidad de forraje verde y la materia seca en poca cantidad. No encontrando diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) en la cantidad de materia seca de los estudios realizados.

Entre los principales cereales cultivados en el país después del maíz y sorgo se encuentran la cebada y la avena. La cebada (*Hordeum vulgare*) es una especie que se cultiva en México y su importancia radica en su uso en la alimentación del ganado y en la industria de la cerveza. El área sembrada en el país actualmente es de 245,000 hectáreas, siendo la mayor parte de temporal, en los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. Es una planta de rápido crecimiento (19,20); como planta forrajera se comporta y se utiliza igual que el trigo y la avena. La paja de cebada es suave, como la de avena y se emplea para alimentar al ganado caballar, mular y vacuno (21).

En la producción de cereales, la avena (*Avena sativa*) es uno de los más importantes en el mundo, ocupando el cuarto lugar de producción de grano, después del trigo, arroz y maíz. Este cereal tiene múltiples aplicaciones; utilizando tanto el grano como el forraje, heno o en pastoreo. La avena es una planta de crecimiento rápido, más aún que la cebada (19,20). La avena es una planta forrajera bien conocida que tiene un papel importante en la alimentación del ganado lechero; en diferentes formas, constituye el alimento básico para los équidos de carreras y de salto; da también

buenos resultados en el comienzo de la ceba de los animales de engorda (21)

Por otra parte, el rastrojo de maíz es uno de los principales residuos de cosechas que se producen en el país y ha sido muy utilizado como alimento para novillos, caballos en descanso y otros animales, ya que contiene aproximadamente la cuarta parte del valor nutritivo de la planta entera, sin embargo, presenta una baja digestibilidad. Debido a esto se han utilizado diferentes técnicas para incrementar esta propiedad. Una de ellas es tratarlo con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) la cual produce una hidrólisis y logra aumentar la digestibilidad del rastrojo de maíz, incrementando la disponibilidad de nutrientes que pueden ser utilizados por los animales y/o cultivos hidropónicos (21). De los trabajos de Tufinio, Calderón y Shimada se desprende que *sustancias alcalinas como el NaOH son capaces de modificar el proceso de fermentación del ensilaje*; probando diferentes concentraciones. Ellos concluyeron que el 4 % de NaOH en base seca, resultó el mejor tratamiento (22).

JUSTIFICACION

El forraje fresco obtenido por hidroponia proviene de semillas normales, que producen forrajes succulentos y libres de contaminación, siendo una alternativa de cultivo y producción, bajo ciertas condiciones, como ya se mencionó. Debido a que la cantidad de materia seca en el forraje producido es bastante baja, aproximadamente 50% menor que en los forrajes cultivados convencionalmente, deberá retomarse la idea de elevar la cantidad de materia seca, lo cual no es posible por el cultivo mismo. Una alternativa es incluir en el cultivo un sustrato base para mejorar la cantidad de materia seca

El presente trabajo trató de justificar el uso del rastrojo de maíz picado con y sin tratamiento con NaOH como sustrato (o "suelo") del cultivo en hidroponia de la avena y cebada, ya que este residuo de la cosecha es ampliamente utilizado en la alimentación animal en México

HIPÓTESIS

El rastrojo de maíz picado tratado con NaOH modifica el valor nutritivo (composición química y digestibilidad) de los cultivos de avena y cebada en hidroponía

OBJETIVOS

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- a) Determinar y comparar la composición química proximal de la avena y la cebada en hidroponía, *utilizando rastrojo de maíz como sustrato, con y sin tratamiento de NaOH*
- b) Determinar y comparar el calcio y fósforo de la avena y cebada en hidroponía, utilizando rastrojo de maíz como sustrato, con y sin tratamiento de NaOH.
- c) Determinar y comparar las paredes celulares de la avena y cebada en hidroponía, utilizando rastrojo de maíz como sustrato, con y sin tratamiento de NaOH.
- d) *Determinar y comparar la digestibilidad in vitro de la materia seca y de la materia orgánica de la avena y cebada en hidroponía, utilizando rastrojo de maíz como sustrato con y sin tratamiento de NaOH.*

MATERIAL Y METODOS.

UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó en dos fases. La primera, de campo se llevó a cabo en el invernadero ubicado en la Facultad de Ciencias de la UNAM. La segunda fase se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

MATERIAL

Se utilizaron 20 charolas de plástico oscuro, de 60 cm de largo por 40 cm de ancho y 10 cm de alto, con orificios en un extremo para facilitar, por medio de un declive, el drenaje del agua de riego. Las charolas se mantuvieron en un ambiente controlado. Se formaron 4 tratamientos, 2 de avena y 2 de cebada de la siguiente manera:

T1= 5 charolas con semilla de avena con rastrojo de maíz sin tratar

T2= 5 charolas con semilla de avena con rastrojo de maíz tratado con NaOH

T3= 5 charolas con semilla de cebada con rastrojo de maíz sin tratar

T4= 5 charolas con semilla de cebada con rastrojo de maíz tratado con NaOH

METODO

Mediante la técnica de cultivo hidropónico se obtuvo forraje de avena y cebada que se cosechó a los 15 días de crecimiento para evaluar la producción del mismo. Las charolas se colocaron en las mesas completamente al azar y se utilizó una densidad de siembra de 3 kg de semilla seca por metro cuadrado y una cantidad similar de rastrojo seco, lo cual representó 0.72% kg de semilla y rastrojo por cada charola. La semilla se remojó previamente en el agua de cal al 1 % durante 24 horas, para evitar la formación de hongos. El rastrojo se trató con NaOH al 4% en agua durante 24 horas también y otro tanto de rastrojo solo se puso a remojar en agua, pero en diferentes recipientes. Primero se colocó una capa de rastrojo de maíz y sobre ésta se extendió otra capa de

semilla, estos materiales se regaron dos veces por día con agua potable de la UNAM, y se cubrieron las charolas con plástico oscuro para estimular la germinación, retirando los plásticos al tercer día para continuar con los riegos.

Después del día 15, se tomaron muestras representativas (del centro de cada charola) de 10x10 cm los cuales se deshidrataron en horno de convección a 50°C hasta peso constante para hacer la determinación de materia seca; una vez secas las muestras, fueron molidas y depositadas en bolsas de plástico para proceder a su análisis químico proximal según A.O.A.C.(23), paredes celulares (fibra detergente neutro y ácida) por Van Soest (24), de calcio y de fósforo según A.O.A.C. (23) y digestibilidad *in Vitro* según Tilley y Terry de acuerdo con el análisis descrito por Tejada (25), para este último análisis se utilizó liquido ruminal que se tomó de cuatro ovinos fistulizados alimentados a base de heno de alfalfa y alimento concentrado.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento tuvo un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2x2 (2 tratamientos de NaOH y 2 tipos de semillas), con 5 repeticiones por tratamiento. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y las medias se estudiaron entre sí mediante contrastes en el programa JMP (26).

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + T_j + ST_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = k -ésimo valor de la variable dependiente(comparación químico proximal, paredes celulares, calcio, fósforo, y digestibilidad *in vitro* de la materia seca).

- μ = media de la población
- S_i = efecto de la i -ésima semilla (i = 1,2)
- T_j = Efecto del j -esimo tratamiento (j = 1,2)

- ST_{ij} = efecto de la interacción
- E_{gk} = error experimental

Usando el programa JMP, se estudió la normalidad de las diferentes variables, pues éstas se trabajaron en porcentajes, los cuales, en general, no presentan una distribución normal. Todas las variables excepto extracto etéreo (EE), cenizas (CEN), calcio (Ca), fósforo (P), digestibilidad *in vitro* de la materia seca y de la materia orgánica (DMS y DMO); se distribuyeron normalmente y no hubo necesidad de una transformación. La fibra detergente neutra (FDN) y detergente ácido (FDA), no pudieron normalizarse, por lo que el análisis estadístico se realizó con los valores originales. Las demás variables, se transformaron (Box-Cox) con las siguientes formulas:

$$\text{EXTRACTO ETEREO} = \frac{\text{EE} - 1}{13.1466483}$$

$$\text{CENIZAS} = \frac{(\text{CEN}^{-2}) - 1}{-0.0098502}$$

$$\text{CALCIO} = \frac{(\text{Ca}^{-2}) - 1}{-8.0379696}$$

$$\text{FOSFORO} = \frac{(\text{P}^{-18}) - 1}{-25.676644}$$

El análisis de éstas variables se hizo con los valores transformados, sin embargo los resultados se presentan en las unidades originales.

RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados obtenidos mediante el Análisis Químico Proximal en los diferentes tratamientos se presentan en los Cuadros 1 y 2 y son los siguientes:

MATERIA SECA (MS)

No tuvo efecto significativo del tratamiento o de interacción forraje por tratamiento (Cuadro 2), sin embargo, el tipo de forraje fue significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de materia seca, los tratamientos con avena presentaron mayor cantidad de materia seca (13.53%), que los de cebada (12.74%).

La diferencia en el contenido de materia seca se debió al tipo de grano. Al respecto, Ceballos (13), estudiando la composición nutricional de forrajes hidropónicos de cuatro cereales: avena, cebada, trigo y triticale, sin inclusión de rastrojo, encontró que a los 10 días de germinación, la materia seca fue mayor en cebada que en avena. No obstante, Ortega (16), al estudiar el cultivo hidropónico de cebada, sin rastrojo como sustrato, encontró en el tratamiento sin fertilización y bajo condiciones de manejo parecidas a las de esta investigación, que la cebada a los 15 días de crecimiento en hidroponia presentó un contenido de materia seca de 19%, diferente al de la presente investigación. Por lo anterior, es probable que el contenido de materia seca en este tipo de germinados varíe con el tipo de grano y a los días de germinación en que se cosechó el forraje y a las condiciones de germinación que prevalecen en cada estudio.

Sobre este último punto debe señalarse que el contenido de materia seca se modifica según las condiciones de temperatura, luminosidad, características de las charolas, manejo de riego, etc. que se le proporciona a los cultivos en germinación.

PROTEINA CRUDA (PC)

En proteína cruda no hubo efecto significativo de los factores en estudio (Cuadro 2) El germinado hidropónico de avena presentó 11.94% en promedio, mientras que la cebada fue de 12.79% Este contenido de proteína fue menor al 14.56% y 14.11% encontrados en avena y cebada respectivamente por Ceballos (13) y; menor al 16.86% de proteína cruda obtenido por Ortega (16), en forraje hidropónico de cebada a 15 días de crecimiento. Debido a la utilización del rastrojo de maíz picado que se utilizó como sustrato, el cual contiene menor cantidad de proteína cruda y contribuyó a disminuir la cantidad presente en el germinado.

EXTRACTO ETereo (EE)

Como se mencionó, en esta variable se requirió hacer una transformación para su análisis estadístico; los resultados del EE, en base seca, se muestran en el Cuadro 1. Este (Cuadro 2) mostró una diferencia significativa por tipo de forraje ($P < 0.001$), y no hubo efecto del tratamiento o interacción forraje por tratamiento; así, la cebada sin tratamiento fue la que obtuvo un mayor porcentaje, en promedio de 15.32%, mientras que la avena sin tratamiento, tuvo menor cantidad, presentando 11.73% en promedio.

La diferencia de extracto etéreo en ambos casos no está dada por la concentración en el grano; el NRC (27,28) indica que el grano de avena con cascarilla, tiene un contenido de EE de 5% y hasta 7.3% en grano perlado (sin cáscara) y, en el grano de cebada el EE puede ser de 2.2 a 2.3%. Estos valores están por abajo del EE de los germinados antes mencionados. De acuerdo con este contenido de EE en el grano, el germinado de avena debería presentar mayor cantidad que el de la cebada. El origen de la mayor cantidad de EE puede estar en una mayor cantidad de pigmentos. Es manifiesto que a los 15 días de germinación, estos tienen mayor concentración de pigmentos, sin embargo, no han sido determinada su cantidad en esta ó en otras investigaciones.

La diferencia de EE es probablemente debida al contenido de pigmentos en las plántulas (principalmente clorofila), los cuales al aumentar los días de germinación y el crecimiento del vegetal, van aumentando considerablemente los niveles en el extracto etéreo.

CENIZAS (CEN)

De igual manera, esta variable requirió de una transformación para su análisis. En cenizas hubo una diferencia significativa en el tipo de forraje (Cuadro 2). Los germinados de avena presentaron una mayor cantidad de cenizas 6.36%, mientras que los de cebada mostraron 5.46% de cenizas. La diferencia en el contenido de cenizas se debió probablemente a la mayor concentración de éstas que señala la literatura en el grano de avena (27,28). A pesar de que en este estudio se utilizó rastrojo de maíz como sustrato, el contenido de cenizas fue similar al valor obtenido por Ortega (5.96%) en germinados de cebada de 15 días de crecimiento (16).

FIBRA CRUDA (FC)

Esta variable mostró una diferencia significativa ($P= 0.04$) en la interacción forraje por tratamiento (Cuadro 2, Figura 1). El germinado de avena con rastrojo de maíz tratado presentó un contenido de fibra cruda de 26.96%, que fue mayor al del germinado de cebada con rastrojo de maíz tratado (20.21%). Con los otros tratamientos no existieron diferencias y sus contenidos de fibra cruda quedaron comprendidos dentro de estos dos valores. Los germinados de avena con rastrojo de maíz tratado con NaOH presentaron un aumento del contenido de fibra cruda; en cambio, en los germinados de cebada el tratamiento del rastrojo de maíz con NaOH, hizo que disminuyera el contenido de fibra cruda; probablemente por la acción del NaOH sobre los enlaces de lignina en la pared celular. Sin embargo, la cantidad de FC no difirió en los germinados de cebada con rastrojo sin tratar, por lo que la disminución de ésta debería estudiarse más detalladamente en futuros trabajos. El contenido de fibra cruda en los germinados de la presente investigación fue mayor al 23.15% y 17.30% registrados en los germinados de avena y cebada, respectivamente, en el estudio realizado por Ceballos (13) y, al 12.61% de fibra cruda del germinado de cebada realizado

por Ortega (16) Esta diferencia en el contenido de fibra cruda es debida a la inclusión de rastrojo de maíz picado en los germinados de esta investigación.

Los resultados de los análisis de paredes celulares (fibra detergente neutro y ácida) y el contenido de calcio y fósforo de los diferentes tratamientos se presentan en los Cuadros 3 y 4.

FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN)

Como se mencionó anteriormente los valores de fibra detergente neutro requirieron una transformación, sin embargo, no se logró la distribución normal, por lo que el análisis estadístico se realizó con los porcentajes originales y los resultados se muestran en el Cuadro 4

No se encontró efecto significativo de los factores en estudio ($P > 0.05$). Los tratamientos con avena mostraron 62.77% de fibra detergente neutro, y la cebada presentó 63.48 %. Como puede observarse, éstos valores fueron mayores que los obtenidos mediante la determinación de FC. Esto se debe a que con dicha técnica, el ácido y el álcali empleados en la digestión, degradan buena cantidad de fibra, por lo que el análisis de paredes celulares es mucho más confiable para evaluar el contenido real de fibra en los alimentos fibrosos (como los rastrojos) (25). No se encontraron otros estudios que mostraran el contenido de FDN en germinados de avena y cebada con rastrojo de maíz como sustrato, para hacer la comparación. Hubo un estudio con germinado de trigo a 12 días en el que utilizaron rastrojo de maíz molido como sustrato, esa investigación señaló 62.08% de FDN (29), sin embargo, debe tomarse en cuenta que fue germinado de trigo por lo que no es válido hacer una comparación.

FIBRA DETERGENTE ACIDO (FDA)

Como se mencionó, en el análisis de esta variable al hacer la transformación de valores, no se logró la distribución normal por lo que se utilizaron los porcentajes originales. En el Cuadro 4 se

muestran los resultados del análisis de varianza. No se presentó ninguna diferencia significativa en los tratamientos en estudio. El germinado de avena presentó 42.54% de FDA y el de cebada 42.55% en promedio (Cuadro 3); no se encontraron otros estudios que incluyeran esta variable para hacer una comparación de estos resultados.

CALCIO (Ca)

Como fue mencionado, para el análisis de esta variable se requirió hacer una transformación de valores

El calcio no presentó diferencias significativas en los factores en estudio (Cuadro 4) Los cultivos hidropónicos de avena mostraron 0.67% de calcio, mientras que los de cebada presentaron 0.59% (Cuadro 3). Este contenido de calcio fue menor al 1.58% indicado por Ortega (16) en germinados de cebada de 15 días de crecimiento y sin sustrato. También fue menor al 2.87% en germinados de avena y 2.50% encontrados en germinados de cebada estudiados por Ceballos (13) El bajo contenido de Ca en esta investigación fue debido al uso del rastrojo de maíz picado como sustrato, ya que de acuerdo con el NRC (27,28) contiene menor cantidad de Ca (0.6%) que los granos. Por esta razón disminuyó el porcentaje de calcio presente en los germinados en estudio

FOSFORO (P)

Esta variable requirió de una transformación para su análisis. No presentó efecto significativo del tratamiento y del forraje; sin embargo, la interacción forraje por tratamiento fue significativa ($P < 0.05$) (Cuadro 4 y Figura 2). El germinado de avena con rastrojo de maíz tratado con NaOH, tuvo mayor concentración de fósforo (0.50%) que los demás germinados. Los otros tratamientos fueron similares entre sí. El contenido de fósforo en germinados de avena y de cebada y del rastrojo de maíz según el NRC (27,28), es de 0.30%, 0.39% y 0.29% respectivamente por lo que no se entiende cual puede ser el origen de la cantidad elevada de fósforo

En otro estudio realizado por Ortega, en germinados de cebada sin sustrato y sin fertilización, la cantidad de P fue de 0.75% y cuando se usó fertilización, el contenido de fósforo se elevó hasta 0.96%. En esta investigación, el contenido de fósforo estuvo dentro del contenido de los materiales utilizados.

Los resultados de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica se muestran en los Cuadros 5 y 6.

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LA MATERIA SECA (DIVMS).

Sobre la DIVMS no existió efecto de los factores evaluados en esta investigación. La DIVMS de los germinados fue en promedio 67.79%. Al respecto, Ortega (16), en germinados de cebada sin sustrato, indicó una digestibilidad de 63.90% a las 24 horas de incubación para la DIVMS. Por otra parte, Ceballos (13) en germinados de avena y cebada señaló una digestibilidad *in vitro*, a las 24 horas, de 64.01% y 64.96% respectivamente. Apparently el empleo del rastrojo de maíz picado no modificó la DIVMS en este trabajo; sin embargo, este residuo de cosecha por sí solo de acuerdo al NRC (27,28), y debido a su elevado contenido de fibra presenta una digestibilidad muy baja, de tan solo 45-50%. Por lo tanto al emplearlo en los germinados tal parece que mejora su digestibilidad. Esto puede ser tan importante que requiere mayor investigación.

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LA MATERIA ORGANICA (DIVMO).

En esta variable, el análisis de varianza mostró que no hubo efecto de ninguno de los factores en estudio (Cuadro 6) y en promedio el porcentaje fue de 73.94%. Esta digestibilidad es elevada en comparación con la que se puede obtener con una dieta a base de rastrojo de maíz y grano si éstos se suministraran al animal por separado y no en forma de germinado. Por tal motivo, debe continuarse estudiando la digestibilidad de este tipo de germinados, pues es probable que al proporcionarle esos ingredientes (en esa forma de germinado), a los rumiantes, estos logren digerirlo o aprovecharlo mejor.

CONCLUSIONES

El tratamiento con NaOH al rastrojo de maíz picado que es utilizado como sustrato en los germinados, no modifica el valor nutritivo de estos, tanto en el caso de avena como en el de cebada en hidroponía.

En el Análisis Químico Proximal, el tipo de grano determinó cambios en el forraje hidropónico en cuanto al contenido de materia seca, extracto etéreo y cenizas; la interacción forraje por tratamiento modificó significativamente el contenido de fibra cruda y fósforo.

Para la fibra detergente neutro y ácida de los cultivos de avena y cebada hidropónicos, no se encontró diferencias significativas importantes.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica en los germinados de avena y cebada, no se modificó por los factores en estudio

LITERATURA CITADA.

1. Ramos VCO. y Aguilar AE. La agricultura de riego en México. Sistema actual y perspectivas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España 1986.
2. López RDG. Problemas económicos de México. UNAM. México 1980.
3. Rodríguez CS. Algunas consideraciones acerca del uso del suelo como recurso estratégico para planeación del desarrollo de producción ganadera en México. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México. 1983.
- 4 Anónimo Hidroponía cultivo sin suelo. Agro-síntesis, 1982, 13 (9): 52-53
5. Daubemire R. Ecología vegetal. Limusa. México 1982.
- 6 Rodríguez RS Efecto de la suplementación predestete a la vaca o becerro y destete precoz en fertilidad de un hato mantenido en pastoreo. Técnica Pecuaria en México. 1(3) 1963.
7. Sáenz CA. Germinados en vez de alfalfa. Agro-export 1984; 3 (25): 49-56.
8. James SP: Hidroponía, como cultivar sin tierra. El Ateneo. 6ª. edición, Buenos Aires , Argentina 1994
9. Martínez CE. y García L. M. Cultivo sin suelo: hortalizas de clima mediterráneo (3). Horticultura sc. Barcelona, España 1993.
10. Howard SR Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. Mundi-Prensa. Madrid, España 1994
- 11 Gutiérrez II. Cultivos hidropónicos. Géminis itda 1988; 9 (1) 1.
12. Sánchez MA y Sánchez DC. Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en hidroponía. Chapingo, Nueva Época. 1981.
13. Ceballos OA. Evaluación nutricional de forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale en laboratorio. (tesis de licenciatura), México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia UNAM. 1989
14. Manzanares GM: Evaluación nutricional in vitro de forraje hidropónico de cuatro cereales (avena, cebada, trigo y triticale) con una solución nutritiva. (tesis de licenciatura), México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia UNAM. 1989.

15. Fabregat VS. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno sobre la composición bromatológica y tasas de fermentación de forraje hidropónico de avena. (tesis de licenciatura), México, D.F México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia UNAM. 1990.
- 16.Ortega OF. Evaluación nutricional en laboratorio de forraje hidropónico de cebada. (tesis de licenciatura), México, D.F. México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia UNAM. 1990.
- 17 López SM. Evaluación nutricional in vitro de forraje hidropónico de avena a diferentes concentraciones de fósforo como sustrato. (tesis de licenciatura), México, D F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia UNAM. 1990.
- 18 Hernández HAI. Sustitución parcial de alimento concentrado por hidroponía de trigo durante etapas de crecimiento, desarrollo y finalización en cerdos. (tesis de licenciatura), México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia UNAM. 1990.
- 19.Robles S. Producción de granos y forrajes. Limusa. México 1981
- 20.Grandeurt P. Los cereales. Mundi- Prensa. España 1969.
- 21.Flores M. Bromatología animal. Limusa México 1980.
22. Viana CM. Shimada AS. Técnica pecuaria en México. Inclusión de hidróxido de sodio a forrajes. 1978, 35 (2): 48-55.
- 23.A.O.A.C. Official Methods of Analisis. Association of official agriculture Chemists, Washington, D.C. U.S.A. 1975.
- 24.Van Soest PJ and Wine RH. Use of detergents in the determination of plant cell wall constituents. J. Assoc. Anal. Chem. 50:50-53,(1967).
- 25.Tejada HI: Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales, Sistema de Educación Continua en producción animal, A.C., México 1992.
- 26.- Steel RG. Torrie JH. principles and procedures of stadistic. 2nded. Singapore: McGraw-Hill 1981.
- 27.Lee R, Conrad JH. Tablas de composición de alimentos de America latina abreviado. Universidad de Florida Gainesville, Florida, 1974.
28. Nutrient requirements of beef cattle. National Research Council. Seventh ed. National Academy

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
 CERRITOS
 DE LA BAHÍA DE CALI

Press Washington, D.C. 2001.

29. Cubillas DMR Comparación proximal, digestibilidad y balance de nitrógeno en ovinos pelibuey del germinado de trigo a 8 y 12 días con sustrato de rastrojo de maíz. (tesis de licenciatura), México, D.F México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. 1990.

CUADRO 1
ANALISIS QUIMICO PROXIMAL (%) DE GERMINADOS DE AVENA Y
CEBADA CON RASTROJO DE MAIZ COMO SUSTRATO TRATADO CON
NaOH Y SIN TRATAR.

TIPO DE GERMINADO	MATERIA SECA		B A S E S E C A							
			PROTEINA CRUDA		EXTRACTO ETEREO		CENIZAS		FIBRA CRUDA	
			MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
T1 AVENA CON RASTROJO SIN NaOH	13.98	0.91	11.54	1.54	10.51	2.62	6.66	0.57	26.96 a	4.22
T3 CEBADA CON RASTROJO SIN NaOH	12.45	1.35	12.42	1.35	16.28	3.80	5.53	0.28	20.21 b	3.38
T2 AVENA CON RASTROJO CON NaOH	14.04	0.72	12.34	8.00	12.96	2.71	6.06	0.15	23.92 ab	3.54
T4 CEBADA CON RASTROJO CON NaOH	13.03	1.23	13.16	0.94	14.39	0.94	5.40	0.27	25.92 ab	4.34

D E = Desviación estándar

CUADRO 2
ANALISIS DE VARIANZA PARA EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE
GERMINADOS DE AVENA Y CEBADA.

FUENTE DE VARIACION	GL	MATERIA SECA			PROTEINA CRUDA			EXTRACTO ETereo			GENIZAS			FIBRA CRUDA		
		CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P
FORRAJE	1	8.00	5.31	0.05	3.62	2.19	NS	68.38	10.08	0.01	3.68	21.41	0.0003	28.15	3.00	NS
TRATAMIENTO	1	0.50	0.33	NS	2.91	1.76	NS	2.59	0.38	NS	0.43	2.53	NS	8.93	0.46	NS
F X T	1	0.33	0.22	NS	0.05	0.003	NS	20.97	3.09	NS	0.89	0.52	NS	95.70	4.97	0.04
ERROR	16	1.51			1.65			6.78			0.17			19.25		
TOTAL	19															

GL = GRADOS DE LIBERTAD
 CM = CUADRADOS MEDIOS
 F = DISTRIBUCION F

P = PROBABILIDAD
 F X T = FORRAJE POR TRATAMIENTO
 NS = NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 3
ANALISIS DE PAREDES CELULARES (%) DE GERMINADOS DE AVENA Y CEBADA CON
RASTROJO DE MAIZ COMO SUSTRATO TRATADO CON NaOH Y SIN TRATAR.

TIPO DE GERMINADO	FIBRA DETERGENTE NEUTRO		FIBRA DETERGENTE ACIDO		CALCIO		FOSFORO	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
T 1 AVENA CON RASTROJO SIN NaOH	62.15	3.75	42.68	2.18	0.72	0.13	0.50 ^b	0.14
T 3 CEBADA CON RASTROJO SIN NaOH	64.34	0.91	42.93	1.36	0.59	0.10	0.35 ^a	0.06
T 2 AVENA CON RASTROJO CON NaOH	63.40	2.97	42.40	1.19	0.62	0.11	0.36 ^a	2.97
T 4 CEBADA CON RASTROJO CON NaOH	62.62	1.91	42.17	1.91	0.60	0.07	0.38 ^a	0.04

D.E. = Desviación estándar

CUADRO 4
ANALISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO Y
ACIDO, CALCIO Y FOSFORO DE GERMINADOS DE AVENA Y CEBADA.

FUENTE DE VARIACION	GL	FIBRA DETERGENTE NEUTRO			FIBRA DETERGENTE ACIDO			CALCIO			FOSFORO		
		CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P
FORRAJE	1	5.14	0.60	NS	3.76	0.86	NS	0.005	0.44	NS	0.009	1.69	NS
TRATAMIENTO	1	0.03	0.003	NS	0.57	0.13	NS	0.0007	0.06	NS	0.003	0.56	NS
F X T	1	16.16	1.87	NS	0.49	0.12	NS	0.01	1.35	NS	0.02	4.74	0.04
ERROR	16	8.63			4.30			0.01			0.005		
TOTAL	19												

GL = GRADOS DE LIBERTAD
 CM = CUADRADOS MEDIOS
 F = DISTRIBUCION F

P = PROBABILIDAD
 F X T = FORRAJE POR TRATAMIENTO
 NS = NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 5

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LA MATERIA SECA Y MATERIA ORGANICA (%) DE GERMINADOS DE AVENA Y CEBADA CON RASTROJO DE MAIZ COMO SUSTRATO TRATADO CON NaOH Y SIN TRATAR.

TIPO DE GERMINADO	DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA		DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
T1 AVENA CON RASTROJO SIN NaOH	65.71	2.61	77.41	6.15
T3 CEBADA CON RASTROJO SIN NaOH	67.77	3.50	73.47	2.61
T2 AVENA CON RASTROJO CON NaOH	69.67	2.85	73.59	4.45
T4 CEBADA CON RASTROJO CON NaOH	68.50	3.95	71.30	5.33

D.E. = Desviación estándar

CUADRO 6
ANALISIS DE VARIANZA PARA LA DIGESTIBILIDAD *IN-VITRO* DE LA MATERIA SECA Y ORGANICA, DE GERMINADOS DE AVENA Y CEBADA.

FUENTE DE VARIACION	GL	DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA			DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA		
		CM	F	P	CM	F	P
FORRAJE	1	22.07	1.28	NS	0.81	0.03	NS
TRATAMI-ENTO	1	0.21	0.01	NS	0.40	0.02	NS
F X T	1	17.74	1.03	NS	37.23	1.57	NS
ERROR	16	17.20			23.71		
TOTAL	19						

GL = GRADOS DE LIBERTAD
 CM = CUADRADOS MEDIOS
 F = DISTRIBUCION F

P = PROBABILIDAD
 F X T = FORRAJE POR TRATAMIENTO
 NS = NO SIGNIFICATIVO

FIGURAS

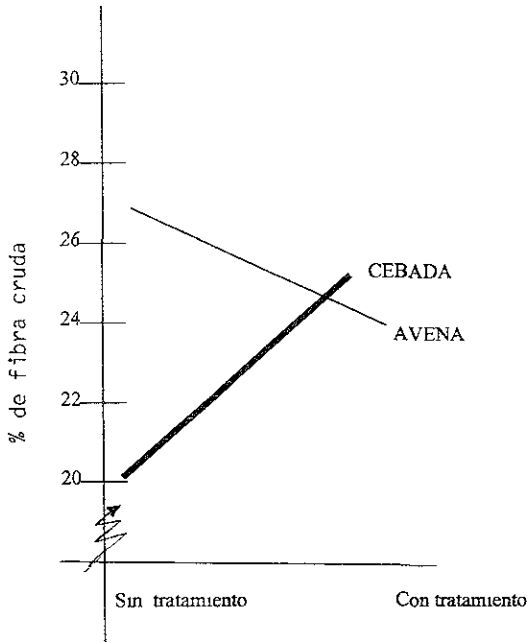


Figura 1

Interacción de forrajes de avena y cebada con y sin tratamiento de NaOH para fibra cruda.

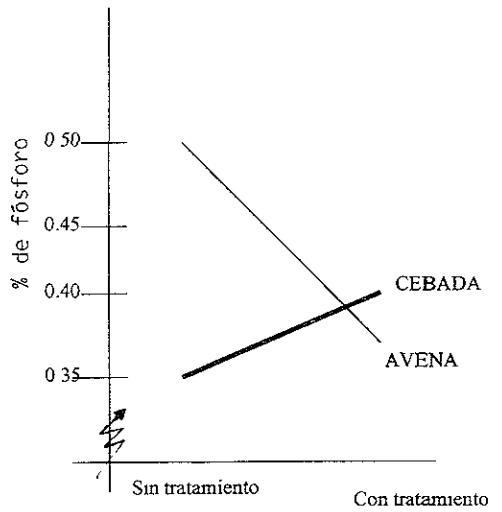


Figura 2

Interacción de forrajes de avena y cebada con y sin tratamiento de NaOH para fósforo