

105  
des



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

EVALUACION NUTRICIONAL DE FORRAJE HIDROPONICO  
DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS A CUATRO  
DENSIDADES DE SIEMBRA, EN LABORATORIO

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
p r e s e n t a

LUIS ANTONIO GOMEZ MEDINA



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

México, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



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.

**EVALUACION NUTRICIONAL DE FORRAJE HIDROPONICO  
DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS A CUATRO  
DENSIDADES DE SIEMBRA, EN LABORATORIO.**

**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**

**Luis Antonio Gómez Medina**

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

**MEXICO, D.F.,**

**1995**

A Dios: Por lo que significa para mi.

A mis padres: Sara María Medina Vélez  
Antonio Gómez-Bailón  
Por su amor y cuidados, que hicieron  
posible muchos sueños, entre ellos la  
culminación de mi carrera.

A Verónica: Mi compañera incondicional, por su apoyo  
y su amor.

A mis hijos: Verónica y Luis Antonio con gran  
carífo.

A mis hermanos: Francisco Javier  
Hermino Armando  
Alejandro  
Ricardo  
Porque juntos pasamos días de  
felicidad y de tristeza, son días  
que guardo en mi corazón.

A mi hermana: Sara Gabriela (Q.E.P.D.)  
Algunas cosas las dejamos  
inconclusas, hoy quiero terminar  
una. Tal vez sea demasiado tarde,  
tal vez ya no tenga caso, tal vez te  
lo diga algún día, pero hoy quiero  
que se grabe en este texto:  
GABY TE QUIERO.

**A mis amigos  
y familiares:** Con cariño, en especial a mis  
abuelas Ernestina Vélez y Fidela  
Bailón

**Agradezco a :** La U.N.A.M. y la F.M.V. y Z. por la  
oportunidad que se brindó.

**A mis profesores:** Por la formación académica.

**A mis asesores:** Por su colaboración.

**A Karina y Tania:** Por la colaboración del trabajo  
escrito.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	11
HIPOTESIS.....	12
MATERIAL Y METODOS.....	13
RESULTADOS.....	16
DISCUSION.....	17
LITERATURA CITADA.....	25

**CONTENIDO**  
**LISTA DE CUADROS**

Cuadro	Página
1	Análisis químico proximal, digestibilidad <u>in vitro</u> , calcio y fósforo del forraje hidropónico de cebada.....29
2	Relación gramo-forraje.....30
3	Rendimiento de forraje hidropónico de cebada en base seca .....31
4	Rendimiento en gramos de nutriente por charola.....32
5	Rendimiento en gramos de nutriente por m .....33
6	Porcentaje de digestibilidad <u>in vitro</u> a las 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 96 horas de digestibilidad.....34
7	Comparación nutricional entre forraje hidropónico de cebada y forrajes de cebada y heno de cebada.....35

**CONTENIDO**  
**LISTAS DE FIGURAS**

Figura	Página
1	Porcentaje de proteína cruda.....36
2	Porcentaje de fibra cruda.....37
3	Porcentaje de extracto etéreo.....38
4	porcentaje de extracto libre de nitrógeno.....39
5	Porcentaje de cenizas.....40
6	Porcentaje total de nutrientes digestibles.....41
7	Energía digestible.....42
8	Porcentaje de calcio.....43
9	Porcentaje de fósforo.....44
10	Porcentaje de digestibilidad <u>in vitro</u> con densidad de siembra de 3 Kg por m <sup>2</sup> .....45
11	Porcentaje de digestibilidad <u>in vitro</u> con densidad de siembra de 4 Kg por m <sup>2</sup> .....46
12	Porcentaje de digestibilidad <u>in vitro</u> con densidad de siembra de 5 Kg por m <sup>2</sup> .....47
13	porcentaje de digestibilidad <u>in vitro</u> con densidad de siembra de 6 Kg por m <sup>2</sup> .....48

## RESUMEN

Gómez Medina Luis Antonio "Evaluación Nutricional de Forraje Hidropónico de Cebada con y sin Microelementos a cuatro densidades de siembra, en Laboratorio". (bajo la dirección del M.V.Z. Juan Manuel Cervantes Sánchez y Humberto Troncoso Altamirano). El presente trabajo se realizó en el Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, con el objetivo de evaluar el rendimiento, composición químico proximal, digestibilidad *in vitro* y concentración de calcio y fósforo de la materia seca del forraje hidropónico de cebada, con microelementos (Zinc, Hierro, Manganeso y Cobre) y sin microelementos a cuatro diferentes densidades de siembra (D1=3kg/m<sup>2</sup>, D2=4kg/m<sup>2</sup>, D3=5kg/m<sup>2</sup>, D4=6kg/m<sup>2</sup> de semilla de cebada). Por medio de la técnica de cultivo en agua se sembró semilla de cebada en 24 charolas de las cuales la mitad se regó con una solución que incluía Zinc (Zn)0.05ppm, Hierro (Fe)2.0ppm, Manganeso (Mn)0.5ppm y Cobre (Cu)0.05ppm y la otra mitad sólo con agua bidestilada, a su vez cada grupo contó con cuatro subtratamientos (D1, D2, D3 y D4) que corresponden a cada densidad de siembra. A los diez días de haber regado la cebada, se cosechó el forraje hidropónico que se secó al sol y posteriormente se deshidrató en estufa de laboratorio y después se molió, se realizó el análisis químico proximal, la digestibilidad *in vitro*, así como la concentración de calcio y fósforo. Una vez obtenidos los resultados de éstos, se efectuó un análisis de varianza, según un diseño de parcelas divididas. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey, y se encontraron diferencias estadísticamente significativas en digestibilidad y en calcio (probabilidad P 0.05), el grupo que se trató con microelementos tuvo una mayor digestibilidad que el grupo sin microelementos y dentro del grupo con microelementos la densidad de siembra D1 (3kg/m<sup>2</sup>) fue la que tuvo una mayor digestibilidad. Dado los resultados obtenidos se concluye que para una mayor digestibilidad se utilice la densidad de siembra de 3kg/m<sup>2</sup> adicionando microelementos y para el calcio las densidades de siembra de 5 y 6kg/m<sup>2</sup> son las más apropiadas ya sea con o sin microelementos.

## INTRODUCCION

El territorio mexicano comprende alrededor de 2 millones de km<sup>2</sup>, de los cuales dos terceras partes tienen un clima árido o semiárido. En estas regiones se localizan el 53% de la tierra útil, con una disponibilidad del 7% de los recursos hídricos, mientras que en la zona del golfo y sureste del país se registran precipitaciones pluviales desde 1 100 mm anuales hasta los 3 000 mm anuales, llegando la disponibilidad de agua en estas regiones al 64% y con una disponibilidad de tierra útil del 11%. En estas condiciones se puede apreciar que los recursos hídricos en nuestro país no están distribuidos homogéneamente y ésto se manifiesta como una limitante para el desarrollo de la agricultura y la ganadería (3, 24).

Cabe señalar que se observan grandes extensiones de suelo que dependen de la lluvia de temporal con un ciclo agrícola reducido a unos meses, y a pesar de que existan grandes recursos en agua pero con la limitante de lo accidentado de su suelo, también hacen difícil llevar prácticas agrícolas (1,17,24,27).

Uno de los problemas a resolver es el mejor aprovechamiento del agua, buscando técnicas y sistemas que se puedan desarrollar y adaptar con facilidad de manejo a bajo costo.

Además del problema de la erosión de la tierra y de carencia en agua en algunas regiones de México, constituyen obstáculos que frenan e impiden el desarrollo de las actividades agrícolas (24,26). Por esta razón, para aspirar al desarrollo intensivo y rentable de la ganadería es imperativo mejorar la capacidad de producción forrajera y la calidad nutricional de los mismos, mediante la aplicación de tecnologías modernas que cada situación requiera en particular (14).

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 utilizarse con técnicas sofisticadas y costosas. Así, el aprovechamiento del agua disponible puede optimizarse, aumentando la eficiencia del uso de este importante recurso y distribuyéndolo en forma más racional (3,24).

Así, la hidroponía permite un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos, en especial en zonas desérticas o en regiones donde hay más tierra apropiada para el riego, de la que se puede irrigar (1,13). También hay que tomar en cuenta que en regiones de riego, se corre el riesgo de un inapropiado uso del agua con la consecuencia probable de la erosión, que es una amenaza para los suelos bajo riego, tanto en regiones áridas como húmedas. Más aún en las primeras, los suelos generalmente son superficiales, livianos y de bajo contenido de materia orgánica; eso los hace más susceptibles a la erosión por el viento y el agua. Además del daño por erosión, el riego incontrolado puede causar problemas graves

de drenaje y acumulación de sales en las zonas más bajas. El exceso de agua al pasar por la zona de la raíz arrastra y lixivia los elementos nutritivos para las plantas. Cuando el agua forma charcos puede haber acumulación de álcalis. Aunque esos terrenos todavía puedan cultivarse, los rendimientos serán más bajos y los cultivos menos rentables (1,11,24).

Los primeros intentos de cultivar 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 líquidos, a las cuales había añadido cantidades diversas de mantillo (3,9,14). A mediados del siglo XIX. Sachs y Knop, fueron los reales iniciadores de esta clase de estudios, desarrollaron un método de cultivo de plantas sin tierra, en el cual estaban presentes todos los elementos que se consideraban necesarios para el crecimiento de la planta (10,14,15). También en este siglo, en Europa se desarrolló forraje hidropónico de una manera rústica, con la finalidad de alimentar ganado con resultados aceptables. En 1929. W.T. Gerecke, publicó datos más precisos sobre la nueva técnica a la que nombró hidroponia (9,14).

Una alternativa tecnológica que permite utilizar de manera menos aleatoria los recursos del medio ambiente, es la técnica de hidroponia (15). A la hidroponia se le puede definir, como un sistema de producción donde se cultivan plantas sin suelo, y en substitución de este sustrato se pueden utilizar diversos materiales como aserrín, paja,

cascarilla de café, las mismas semillas, etc., regadas con una proporción adecuada de agua que, puede llevar disueltas sales fertilizantes portadoras de los nutrientes (9,14,17). Esta técnica permite controlar el agua, los nutrientes, el pH, el drenaje y tener un mayor control sobre la producción de forraje, de tal forma que muchas actividades se simplifican como: el barbecho, aplicación de nematocidas, herbicidas, el tratamiento de enfermedades, corrección de deficiencias minerales y cosecha (6,9,14,26), por otro lado, mejora la economía por que se aprovecha mejor el agua, se dosifica con más precisión los agroquímicos, se puede prescindir del tractor o de la ardua labor de la yunta y en pequeñas superficies de cultivo es posible contar con forraje fresco durante todo el año, ya que no se depende tanto de los factores climáticos (14,21,26,27). También, el rendimiento en 40 cm<sup>2</sup> es de una tonelada de forraje verde al año (6, 18). En 13 m<sup>2</sup> de cultivo hidropónico rinden lo mismo que 600 ha, con un coeficiente de 30 ha por unidad animal (18). Como se aprecia no es necesario tener grandes extensiones de tierras para tener altos rendimientos de forraje.

Es importante destacar que el rendimiento de un cultivo ya sea de temporal, de riego o hidropónico dependen de factores como: agua, drenaje, iluminación, pH, macroelementos y microelementos (Cu, Fe, Zn y Mn) estos últimos a continuación se mencionan. (3,8,16,29)

Los microelementos son vitales para el cultivo, aunque su cantidad absorbida sea pequeña. Las razones de su deficiencia

en la planta pueden ser: por su baja cantidad en el suelo o por problemas de disponibilidad asimilable (pH ácido o demasiado básico, competencia iónica, salinidad, escasa materia orgánica, etc.), también el exceso de concentración de algunos de estos elementos puede acarrear problemas de toxicidad vegetal (16,25,31).

El zinc, es absorbido en su forma catiónica por la planta ( $Zn^{++}$ ), se absorbe como todos los microelementos en pequeñas cantidades y es común en el suelo con una concentración de 1 ppm en la solución. En medios alcalinos se reduce la cantidad asimilable; además, cuando la cantidad real de este elemento es pequeña los microorganismos del suelo comienzan a competir con las plantas por el nutriente (situación que no sucede con un cultivo hidropónico). Parece ser que el zinc ejerce un importante papel en el proceso de la fotosíntesis y formación de la clorofila así como en la formación de sustancias de crecimiento (como el indol-acético) y es un activador de numerosos procesos (11,16,25). Debido a sus múltiples funciones, un suministro suficiente de zinc, es esencial para el cultivo, desde su desarrollo inicial hasta la cosecha. La falta de zinc inclusive durante periodos muy cortos de crecimiento, reducirá significativamente la producción y la calidad del cultivo (16,25). A su vez la carencia de Zinc en forrajes consumidos por el ganado bovino puede ser causa de esterilidad en las hembras y los machos (11,19,29).

El hierro es absorbido por la planta en forma ferrosa y férrica, ( $Fe^{++}$  y  $Fe^{+++}$ ), además de algunas otras formas

orgánicas complejas como los quelatos. Es absorbido principalmente en su forma ferrosa. Su cantidad asimilable en el suelo varía principalmente con el pH del mismo, cuando hay una gran alcalinidad la forma férrica tiende a la formación de hidróxido férrico,  $(Fe(OH)_3)$ , que precipita haciéndose insoluble. Esto ocurre en suelos con un alto contenido de calcio, produciéndose en las plantas una severa clorosis caliza (16,25).

Manganeso: las plantas absorben el manganeso en su forma catiónica,  $Mn^{++}$ . Este elemento es limitado en la superficie arable del suelo (unos 15-20 cm de profundidad), no obstante esta relativa cantidad, es suficiente por lo general para satisfacer las necesidades nutritivas de las plantas. Una concentración excesiva puede originar efectos tóxicos en la planta. Se encuentra en el suelo determinado por varios factores, por ejemplo, el pH, ya que en suelos alcalinos pierde totalmente su asimilabilidad por parte de las plantas. También los excesos de materia orgánica tienen una gran cantidad de elementos competitivos, disminuyendo la absorción del manganeso y muchas bacterias específicas pueden oxidarlo, inmovilizándolo en el suelo, provocando una clorosis parecida a la del hierro, perdiendo igualmente una gran parte de la clorofila. De consumir el animal forrajes carentes de este elemento retrasa la madurez sexual, la secreción láctea e incluso hasta es motivo de esterilidad en bovinos y un exceso de manganeso en los forrajes puede dar lugar a una carencia de vitamina B1 (7,8,11,16,19,23).

El cobre es absorbido por los vegetales en su forma catiónica, (Cu<sup>++</sup>). Su exceso provoca efectos tóxicos, las causas de su deficiencia están determinadas por las cantidades en el suelo y por las condiciones del mismo en cuanto a pH, materia orgánica, etc., (11,16,19,22,23,25).

El cobre se encuentra generalmente en las fuentes naturales del suelo en cantidades insuficientes para las necesidades de las plantas, y en los suelos con un contenido de materia orgánica muy acentuado; su carencia repercute en la calidad biológica de los forrajes, y asimismo en el organismo del animal que los consume. Por su alto poder antiséptico y desinfectante del suelo, resulta ser el cobre un eficaz elemento correctivo de las tierras turbosas y de naturaleza húmeda o muy saturadas de materia orgánica, evitando ciertas enfermedades de las plantas de carácter patológico o parasitario originadas por la anormal naturaleza del suelo, a causa de la excesiva acumulación de sales de hierro y manganeso, también este último influye en la absorción de cobre de manera análoga, (11,16).

Los suelos ácidos o muy alcalinos requieren más aportaciones de cobre que los neutros, sin que un ligero exceso de este elemento pueda ser de efectos tóxicos para la planta, ya que de no ser totalmente consumido, constituye un material de reserva en lo sucesivo. La carencia de cobre en los prados y praderas artificiales pueden tener graves repercusiones en los animales que consumen sus forrajes, por reducir la inmunidad no específica del animal y ser la causa de ciertas

enfermedades. El metabolismo de las células óseas del animal se altera por la carencia de cobre en los alimentos, provocando un cierto reblandecimiento del esqueleto que puede ser causa de fracturas en sus extremidades y de raquitismo, debido a la insuficiencia de calcio y fósforo en su complejo celular a pesar de que en el suelo exista abundancia de estos elementos, que no pueden ser incorporados por la alteración del mecanismo enzimático sujeto al control del cobre. (11, 16, 25, 31)

En cuanto a la composición bromatológica, se han hecho diferentes estudios de cultivos hidropónicos para evaluarlos nutricionalmente y comparar su rendimiento; en estos trabajos se han evaluado diversos factores que influyen cuantitativa como cualitativamente en los germinados. Dentro de estos trabajos se encuentra el realizado por Ceballos (6), que evaluó germinados de avena, cebada, trigo y triticale, comparándolos entre sí para observar su desarrollo, así mismo Fabregat (10) estudió el efecto de los diferentes niveles de nitrógeno sobre la composición bromatológica de forraje hidropónico de avena, mientras que Manzanares (17) realizó estudios sobre los efectos de una solución nutritiva a base de K, Ca, P y Mg en el forraje hidropónico de cuatro cereales (avena, cebada, trigo, y triticale), también Ortega (21) realizó una evaluación sobre el rendimiento del forraje hidropónico a diferentes tiempos de cosecha y además agregando al 50% de la siembra una solución nutritiva a base de N, P, K. y al otro 50% de la siembra sin solución nutritiva.

Cabe aclarar que estos resultados son de diferentes investigaciones con diversas variables como: tiempo de cosecha con macroelementos, sin solución nutritiva, etc.

La hidroponia ha sido ampliamente utilizada en hortalizas y flores y en menor grado en cereales, mas sin embargo gran parte de los estudios han sido dirigidos hacia la evaluación de substratos sobre el rendimiento y la composición bromatológica, por otro lado se ha visto que la densidad de siembra influye en el rendimiento de los cultivos hidropónicos, Núñez (20) recomienda 90 Kg. de semilla de cebada por hectárea en un cultivo tradicional, Hernández (13), recomienda en cultivo hidropónico 4 Kg. de semilla por charola. En este rubro hay pocos trabajos en función de la densidad de siembra en cultivos hidropónicos y es uno de los motivos de este trabajo.

### III OBJETIVOS.

- 1.- Determinar la composición química, niveles de calcio y fósforo, del forraje hidropónico de cebada con y sin microelementos y a cuatro densidades de siembra en base seca..
- 2.- Evaluar la digestibilidad in vitro del forraje hidropónico de cebada con y sin microelementos y a cuatro densidades de siembra, en base seca:
- 3.- Evaluar el rendimiento en base seca del forraje hidropónico de cebada de acuerdo a su densidad de siembra, con y sin microelementos.

### III OBJETIVOS.

- 1.- Determinar la composición química, niveles de calcio y fósforo, del forraje hidropónico de cebada con y sin microelementos y a cuatro densidades de siembra en base seca..
- 2.- Evaluar la digestibilidad in vitro del forraje hidropónico de cebada con y sin microelementos y a cuatro densidades de siembra, en base seca.
- 3.- Evaluar el rendimiento en base seca del forraje hidropónico de cebada de acuerdo a su densidad de siembra, con y sin microelementos.

#### IV HIPOTESIS.

- 1.- La aplicación de microelementos (Cu,Fe,Zn,Mn), varía el rendimiento en base seca del forraje hidropónico de cebada.
- 2.- La aplicación de microelementos en el sustrato, hace variar el análisis químico proximal, la digestibilidad *in vitro*, los niveles de calcio y fósforo y el rendimiento en base seca del forraje hidropónico de cebada.
- 3.- La densidad de siembra, hace variar el rendimiento en base seca del forraje hidropónico de cebada.
- 4.- La densidad de siembra, hace variar el análisis químico proximal, la digestibilidad *in vitro*, los niveles de calcio y fósforo y el rendimiento en base seca del forraje hidropónico de cebada.

Hipótesis estadística.

$H_0: M_1=M_2=M_3=M_4=M_5=M_6=M_7=M_8$

$H_a: \text{al menos una es diferente}$

## V. MATERIAL Y METODOS.

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. Este se dividió en dos etapas:

Etapas 1.- Evaluación de rendimiento de forraje hidropónico de cebada en base seca, considerando los microelementos y la densidad de siembra.

Por medio de la técnica de cultivo en agua (27), se produjo forraje hidropónico de cebada que se cosechó a los 10 días de crecimiento, para evaluar la producción del mismo. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con dos tratamientos (que corresponden a tratamientos con microelementos y tratamientos sin microelementos) y cuatro subtratamientos que representan a cuatro diferentes densidades de siembra, los cuales se presentan a continuación:

Tratamiento 1 Cebada + agua con microelementos (que a continuación se mencionan).

Mn 0.5 ppm	Cu 0.05 ppm
Fe 2.0 ppm	Zn 0.05 ppm

Tratamiento 2 Cebada + agua sin microelementos.

Los subtratamientos son de acuerdo a su densidad de siembra:

Densidad

D1	3 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>
D2	4 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>
D3	5 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>
D4	6 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>

## V. MATERIAL Y METODOS.

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. Este se dividió en dos etapas:

Etapla 1.- Evaluación de rendimiento de forraje hidropónico de cebada en base seca, considerando los microelementos y la densidad de siembra.

Por medio de la técnica de cultivo en agua (27), se produjo forraje hidropónico de cebada que se cosechó a los 10 días de crecimiento, para evaluar la producción del mismo. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con dos tratamientos (que corresponden a tratamientos con microelementos y tratamientos sin microelementos) y cuatro subtratamientos que representan a cuatro diferentes densidades de siembra, los cuales se presentan a continuación:

Tratamiento 1 Cebada + agua con microelementos (que a continuación se mencionan).

Mn 0.5 ppm

Cu 0.05 ppm

Fe 2.0 ppm

Zn 0.05 ppm

Tratamiento 2 Cebada + agua sin microelementos.

Los subtratamientos son de acuerdo a su densidad de siembra:

Densidad

D1	3 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>
D2	4 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>
D3	5 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>
D4	6 kg de semilla seca de cebada/m <sup>2</sup>

Para poder realizar el estudio se utilizaron charolas de 456 cm<sup>2</sup> y se calculó la proporción de semilla que llevó cada charola en base a cada densidad de siembra quedando de la siguiente manera:

Densidad

D1 136.8 g de semilla seca de cebada/Charola de 456 cm<sup>2</sup>

D2 182.4 g de semilla seca de cebada/charola de 456 cm<sup>2</sup>

D3 228.0 g de semilla seca de cebada/Charola de 456 cm<sup>2</sup>

D4 273.6 g de semilla seca de cebada/charola de 456 cm<sup>2</sup>

La semilla de cebada, se remojó en agua con cal al 1% durante 24h., al término se escurrió (cabe aclarar que al remojar la semilla, ésta aumenta su peso) quedando de la siguiente manera: D1= 221.0g., D2=295.0 g., D3=368.3 g. y D4=442.0 g. en 6 charolas para cada densidad, haciendo un total de 24 charolas de 456 cm<sup>2</sup> (28.4 cm x 18.0 cm), posteriormente a cada charola se aplicaron dos riegos por día (mañana y tarde), cada riego fue de 250 ml de agua desmineralizada, una vez regado, se cubrieron las charolas con un plástico oscuro, todo esto con la finalidad de estimular la germinación. Al tercer día se empezó a regar la mitad de las charolas con agua desmineralizada, y la otra mitad restante se regó con agua desmineralizada a la que se le agregó Cu(0.05 ppm), Fe(2.0 ppm), Zn(0.05 ppm) y Mn(0.5 ppm), (25) al cuarto día se retiró el plástico oscuro y se continuó con los dos riegos por día hasta el momento de su cosecha que fue el día décimo. Se expuso al sol durante tres días con la finalidad de secarlo, para después deshidratarlo en la estufa del

laboratorio a 60°C durante 48 horas, una vez secas las muestras, fueron molidas y depositadas cada una en bolsas de plástico para ser pesadas.

Los parámetros a evaluar de esta etapa fueron:

-rendimiento en base seca y relación grano/forraje en base seca.

Etapa 2.- Caracterización de la composición química proximal y de las curvas de fermentación del forraje hidropónico de cebada (considerando los microelementos y la densidad de siembra). A todas las muestras se les realizó el análisis químico proximal según Harris (12), y determinación de Ca y P según el A.O.A.C.(2). Para determinar las curvas de fermentación del forraje hidropónico a las 0,1,2,4,8,12,24 y 96 horas, se utilizó líquido ruminal del bovino fistulizado y saliva artificial Mc Dougall, siguiendo la metodología de digestibilidad *in vitro* de Tilley y Terry (30) modificada por Bórquez y Riquelme (5). 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 ( $p < 0.05$ ). (28) Los parámetros a evaluar fueron: porcentaje de Proteína Cruda (P.C), Fibra Cruda (FC), Humedad, Materia Seca (M.S), Extracto Etéreo (E.E.), Cenizas, Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.), Total de Nutrientes Digestibles (T.N.D.), Calcio (Ca), Fósforo (P) y Digestibilidad *in vitro* de la materia seca en función del tiempo (26).

## RESULTADOS

Los resultados de la composición químico proximal, calcio y fósforo, del forraje hidropónico de cebada con y sin microelementos y a cuatro densidades de siembra se muestran en el cuadro No.1 y figuras 1 a la 9, donde se observa que sólo hay diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) en el calcio, donde los subtratamientos D1 y D2 son estadísticamente diferentes a los subtratamientos D3 y D4 de ambos grupos ( $p < 0.05$ ). La relación grano-forraje hidropónico se observa en el cuadro No.2, no hay diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ). El rendimiento en gramos de nutriente por charola se observa en el cuadro No.4, tampoco se presenta diferencia estadística significativa, lo mismo sucede en el cuadro No.5 que presenta el rendimiento en gramos de nutriente por m<sup>2</sup>, los resultados de la digestibilidad in vitro presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), donde el grupo con microelementos muestra un mayor porcentaje de digestibilidad en comparación con el grupo sin microelementos, ya dentro del grupo con microelementos vemos que a la hora de iniciada la prueba el subtratamiento D3 cuenta con 41.7%, siendo el porcentaje más alto, pero conforme transcurre la prueba el subtratamiento D1 aumenta su digestibilidad y al finalizar ésta a las 96 horas dicho subtratamiento obtiene un 86.96% de digestibilidad, siendo el más alto, ver cuadro No.6 y figuras 10,11, 12 y 13, en el rendimiento del forraje hidropónico en base seca se presenta en el cuadro No.3, no hay diferencia estadística significativa, pero se observa que las densidades D1 y D2 de ambos grupos presentan mayor rendimiento que las densidades D3 y D4, en el cuadro No. 7 se hace una comparación nutricional entre el forraje hidropónico de cebada, heno de cebada y forraje de cebada, observando, que el porcentaje de proteína cruda del cultivo hidropónico es de 11.67%, en cambio en el heno es de 7.1% y el forraje de cebada es de 2.5% a 3.6%. En este mismo cuadro la digestibilidad in vitro a las 96 horas del forraje hidropónico de cebada (promedio de ambos grupos) es de 78.70%, la digestibilidad del heno es de 63% y en forraje de cebada oscila entre 62% a 80%, la fibra, cruda en el forraje hidropónico de cebada es de 6.46%, del heno de cebada es de 27.80% y en forraje de cebada está entre 5.6% a 99% (7,8,23).

## DISCUSION

Es importante mencionar que en el forraje hidropónico de cebada no se encontraron diferencias significativas en cada uno de los resultados del análisis químico proximal que a continuación se mencionan:

Proteína Cruda (P.C.): Los resultados nos muestran, que el grupo tratado con microelementos mantuvo una curva ascendente hasta el subtratamiento D3 con 12.04% de P.C., ya en el subtratamiento D4 disminuye a 11.89% de P.C. Mientras que el tratamiento sin microelementos se comportó de forma irregular, y su porcentaje de P.C. más alto se presentó en el subtratamiento D4 con 12.13%, también al referirnos al promedio entre ambos grupos el tratamiento sin microelementos, fue de 11.94% y con microelementos 11.89%, valores que se encuentran por debajo de lo reportado por Ceballos (6) con 14.11% de PC, Manzanares (17) y Ortega (21) reportan 17.41% y 17.09% respectivamente. Estos dos últimos trabajos adicionaron una solución nutritiva a base de nitrógeno, fósforo y potasio a sus cultivos hidropónicos.

Fibra cruda (F.C.): Se presentaron mayores porcentajes en el grupo sin microelementos, ya que su promedio fue de 6.84%, y en el grupo con microelementos fue de 6.65%. En el grupo con microelementos se comportaron de forma ascendente, en cambio en el grupo sin microelementos tuvo cierta tendencia descendente. En otros trabajos Ceballos (6) reporta 17.30% de F.C., Ortega (21) con solución nutritiva 10.31% de F.C. y sin

solución nutritiva 12.84% de F.C., Manzanares (17) reporta 13.01% de F.C. y en el presente trabajo 6.65% con microelementos y 6.84% de F.C. sin microelementos, valores que no coinciden con ninguno de los trabajos previos.

Extracto Etéreo (E.E.): Ceballos (6) reporta 4.85% y Ortega (21) 5.85%. Regando el cultivo únicamente con agua bidestilada y teniendo valores más bajos que los obtenidos en el presente trabajo, donde el promedio del grupo sin microelementos fue de 7.30% y con microelementos fue de 7.37%, Manzanares (17) y Ortega (21), en sus trabajos adiciona macroelementos al cultivo hidropónico reportando valores más altos 9% y 19.63% respectivamente, como se puede apreciar en la comparación conforme se adicionan minerales de mayor necesidad en la planta el porcentaje de E.E. aumenta.

Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.): Los resultados fueron 71.47%, 71.38%, 71.08% y 71.29% para los subtratamientos del grupo con microelementos 1,2,3 y 4 así como 70.84%, 71.49%, 71.35% y 70.88% para los subtratamientos del grupo sin microelementos. Ambos grupos se comportaron en forma irregular, ya comparándolos con otros trabajos resultan ser más altos que los obtenidos por Manzanares (17) que reporta 55.47% de E.L.N., Ortega (21) reporta 47% con solución nutritiva y 61.87% sin solución nutritiva, Ceballos (6) menciona 59.39%.

Cenizas: En el grupo con microelementos a pesar de sus diferentes densidades, su contenido de cenizas fue casi similar en los 4 subtratamientos; en cuanto al grupo sin

microelementos se comportaron de forma inconstante, obteniendo los mayores porcentajes de cenizas en los subtratamientos D1 y D4 con 2.49% cada uno, el subtratamiento D3 con 2.47% y el subtratamiento D4 con 2.43%, ésto mismo se observó en los trabajos reportados por Ortega (21).

Total de Nutrientes Digestibles (T.N.D.): El grupo con microelementos tuvo una tendencia decreciente. El grupo sin microelementos se comportó de forma inconstante. El promedio favorece al grupo con microelementos con un 91.35% de T.N.D., y el grupo sin microelementos obtuvo 91.21% en promedio. Ortega (21) coincide al reportar 92.99% de T.N.D. con solución nutritiva y presenta un valor inferior de 74.16% sin solución nutritiva, lo mismo Manzanares (17) que reporta 87.71% de T.N.D.

Energía Digestible (E.D.): El mayor porcentaje corresponde al grupo con microelementos, el subtratamiento D1 se comportó con tendencia decreciente, y el grupo sin microelementos se comportó de forma inconstante.

El análisis químico proximal: No se vio influenciado por la adición de microelementos, ya que tanto el grupo con microelementos, como el grupo sin microelementos obtienen resultados similares, no habiendo diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). Pongingis (22), Whatley (32), Bidwell (4) mencionan que la semilla tiene fuentes de reserva suficientes para poder emerger la plántula, y la radícula pueda extenderse para su anclaje y empezar a usar los nutrientes del medio.

Ortega (21) en su trabajo adicionó a la semilla de cebada una solución nutritiva con nitrógeno, fósforo y potasio, lo comparó frente a otro grupo de semilla de cebada sin solución nutritiva, dando como resultado que no hubo diferencia estadística significativa en ninguna de sus evaluaciones. El presente trabajo se realizó en la temporada de primavera, donde la luminosidad y temperatura aumentan, pero disminuye la humedad relativa y la evaporación es mayor, siendo el agua un vehículo para que la planta pueda asimilar los minerales y al disminuir el vehículo el aporte de nutrientes a la planta disminuye (29,32).

**Digestibilidad:** Si hubo diferencia significativa, presentándose un mayor porcentaje de digestibilidad en los subtratamientos con microelementos, que fueron los siguientes: 86.96%, 82.23%, 76.93% y 78.54%, para los subtratamientos D1, D2, D3 y D4 respectivamente, ya, en los tratamientos sin microelementos los resultados fueron: 82.25%, 77.54%, 74.70% y 70.53%, para los subtratamientos D1, D2, D3, y D4. También dentro del grupo que se trató con microelementos, el subtratamiento D1 correspondiente a la densidad de  $3\text{kg/m}^2$  fue el más alto en digestibilidad, y posteriormente este grupo tiene un comportamiento decreciente, lo mismo sucede con el comportamiento del grupo sin microelementos, donde conforme aumenta la densidad de siembra la digestibilidad disminuye. En las curvas de fermentación, se aprecia que conforme va transcurriendo el tiempo la digestibilidad aumenta, lo mismo reportan en sus

trabajos Manzanares (17), Ortega (21) y Ceballos (6), donde el porcentaje de digestibilidad a las 24 horas oscila entre 62.78% y 65%, en el presente trabajo sacando un promedio de los dos grupos da como resultado 59.68%.

Fósforo (P): El grupo con microelementos tiene una tendencia ascendente, adquiriendo los niveles más altos en el subtratamiento D4 con 0.866% de P, en cambio, en el tratamiento sin microelementos se comportó de forma irregular obteniendo su nivel más alto en el subtratamiento D2 con 0.84% de P, en otros trabajos se reportan niveles inferiores, a los obtenidos aquí. Manzanares (17) obtuvo 0.74% de P, Ceballos (6) reporta 0.651% y Ortega (21) 0.70%, de P.

Calcio (Ca): En cuanto a niveles de calcio se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05\%$ ) en las densidades de siembra, donde los subtratamientos con microelementos D1 y D2 con 0.34% y 0.35% de calcio respectivamente, son diferentes a los subtratamientos D3 con 0.47% y D4 con 0.5% de calcio del mismo grupo, algo similar ocurre en el grupo sin microelementos donde D1 con 0.37% y D2 con 0.38% de Ca son diferentes a D3 y D4 con 0.47% de Ca respectivamente, como también se puede observar en los resultados que a mayor densidad de siembra mayor contenido de Ca. En trabajos realizados Ortega (21) obtiene 1.13%, Manzanares (17) reporta 1.125% y Ceballos (6) 0.872% de Ca, mientras que en el presente trabajo se tienen niveles más bajos, con microelementos se obtuvo en promedio 0.41% y sin microelementos 0.42%.

En la relación grano-forraje hidropónico no hay diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) entre los grupos. La relación grano-forraje más alta se presentó en el grupo con microelementos en el subtratamiento D2 con una proporción de 1 a 0.99 y la relación más baja se observó en el grupo sin microelementos en el subtratamiento D4 con una proporción de 1 a 0.86, coincidiendo con Sánchez (27) que reporta 1 a 0.88, Manzanares (17) donde reporta 1 a 0.98 y Ortega (21) que menciona con macroelementos 1 a 0.98 y sin macroelementos 1 a 0.99, curiosamente Ceballos (6) que en su trabajo utilizó agua bidestilada obtiene 1 a 1.49 siendo la proporción más alta.

En el rendimiento en gramos de nutriente por charola y por  $m^2$  no hay diferencia estadística todos los nutrientes guardan una relación de acuerdo a su densidad de siembra.

En la comparación del forraje hidropónico de cabada con heno de cabada, forraje de cebada, vemos que el forraje hidropónico es más rico en proteína cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, y su digestibilidad es mayor aprovechándose más los nutrientes que aportan las plantas, no en todos los nutrientes el forraje hidropónico tiene niveles altos, en fibra cruda su porcentaje es bajo en comparación con el heno y forraje de cebada. En calcio y fósforo, es menor al heno, y puede llegar a tener los mismos niveles que el forraje de cebada (7,19,23).

En la densidad de siembra por  $m$  hay una gran gama de posibilidades que va desde 3 kg de semilla hasta 6 kg por  $m^2$

sin que ésto cambie el valor nutritivo del forraje hidropónico, lo que si se observó es que a medida que se aumenta la densidad de siembra, tiende a disminuir la digestibilidad in vitro. Donde la densidad de siembra de 3 Kg./m<sup>2</sup> de ambos grupos (con y sin microelementos), fueron las digestibilidades más altas: Con microelementos 86.96%, y sin microelementos 82.25%, siendo diferente estadísticamente a los subtratamientos D2 (4 Kg/m<sup>2</sup>), D3 (5Kg./m<sup>2</sup>), y D4 (6Kg./m<sup>2</sup>), de ambos grupos, de igual manera el subtratamiento D2 o la densidad de siembra de 4Kg/m<sup>2</sup>, de ambos grupos presentan diferencia estadística, con los subtratamientos D1, D3, D4, de ambos grupos, y los subtratamientos D3 y D4 son estadísticamente hablando, iguales, y diferentes a D1 y D2. Por lo tanto la adición de microelementos, como las diferentes densidades de siembra no hicieron variar el rendimiento del forraje hidropónico de cebada, el análisis químico proximal ni los niveles de fósforo. Solamente se influye en la digestibilidad y en el calcio y para éstos podremos decir que la densidad de siembra de 3kg/m<sup>2</sup> con microelementos es lo más apropiado para una mayor digestibilidad y para el calcio las densidades de siembra de 5 y 6kg/m<sup>2</sup> tanto con microelementos como sin microelementos son apropiadas.

El cultivo hidropónico de forrajes muestra ser una forma alterna de alimento que mejora ciertos aspectos de tipo nutricional de manejo y económicos. La composición química los ubica como alimentos de buena calidad pero es importante

que el cultivo lleve todos los elementos requeridos por la planta en forma conveniente y, más o menos, en proporciones adecuadas (luz, agua, drenaje, pH, macro y microelementos) según el tipo de cultivo.

También dadas las características nutritivas y de digestibilidad, puede ser utilizado en rumiantes, pero se debe considerar la utilización de este forraje para otras especies, que en su digestión tengan la capacidad de asimilarlo y aprovecharlo como conejos, cerdos y caballos.

#### LITERATURA CITADA.

- 1.- Anónimo.: Riego de conservación. Agricultura de las Américas., 34 (5) : 22-27 (1895).
- 2.- A.O.A.C.: Official Methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C., 1975.
- 3.- Arnon, I.: La modernización de la agricultura en países en vías de desarrollo. Limusa. México, D.F., 1987.
- 4.- Bidwell, R.G.S.: Fisiología Vegetal. Edit. AGT. Primera Edición, México, D.F., 1990.
- 5.- Borquez, G.L.L. y Riquelme, E.: Formulación para raciones para rumiantes 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). Santo Domingo, República Dominicana 1980.
- 6.- Ceballos, O.A.: Evaluación nutricional de forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale en el laboratorio. Tesis de licenciatura, Fac. de Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. 1989.
- 7.- Church, D.C. y Pond, W.G.: Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. Editorial Limusa, Tercera Reimpresión, México, D.F., , 1992.
- 8.- Dealba, J.: Alimentación del ganado en América Latina. Prensa Nacional Mexicana, Segunda Edición, México, D.F., 1983.
- 9.- Durany, U.: Hidroponia. Cultivo de plantas sin tierra. Síntesis. — 3a. ed. Barcelona, España, 1980.

- 10.- Fabregat, V.S.:Efecto de diferentes niveles de nitrógeno sobre la composición bromatológica y tasas de fermentación de forraje hidropónico de avena. Tesis de Licenciatura, Fac. de Med. Vet. y Zoot. U:N:A:M: 1990.
- 11.- Flores, M.J.: Bromatología Animal. Editorial Limusa. 2ª Edición, México, D.F., 1981.
- 12.- Harris, L.E.: Métodos para análisis químico y evaluación biológica de alimento para animales. Center for Tropical Agriculture Feed Composition, University of Florida, Gainesville, Fla. U.S.A. 1970.
- 13.- Hernández, H.J.P.: Estudio de factibilidad económica para la producción de forrajes en cultivo hidropónico en una cámara comercial. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey N.L. 1981.
- 14.- Huterwal, G.O.: Hidroponia, "Cultivo de plantas sin tierra". Albatros, Buenos Aires, República Argentina 1989.
- 15.- Irbazal, C.: Hidroponia: Agricultura sin tierra. Rev. de Geografía Universal, I(6): 658-675 (1976).
- 16.- Juscafresa, B.: Forrajes, fertilizantes y valor nutritivos. Editia Mexicana, Segunda Edición, México, D.F., 1983.
- 17.- Manzanares, G.M.: Evaluación nutricional in-vitro de forraje hidropónico de cuatro cereales ( avena, cebada, trigo, y triticale ) con una solución nutritiva. Tesis de Licenciatura, Fac. de Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. 1989.

- 18.- 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.
- 19.- Morrison, F.B.: Compendio de alimentación del ganado. Editorial Uteha, México, D.F., 1987.
- 20.- Nuñez, E.R. y Acosta, R.: Fertilización y densidad de siembra de cebada en la zona oriental del Valle de México. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México, 1983.
- 21.- Ortega, O.F.: Evaluación nutricional en laboratorio de forraje hidropónico de cebada. Tesis de Licenciatura, Fac. de Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. 1990.
- 22.- Popinigis, F.: Fisiología da semente. Editorial Agiplan, Brasilia, Brasil, 1977.
- 23.- Revuelta, G.L.: Bromatología zootécnica y alimentación animal. Salvat Editores. Barcelona, España, 1953.
- 24.- Reyes, M.D.: El uso y manejo del agua. Veinticinco años de investigación agrícola en el CIANO. Cd. Obregón, Son. 1980. 93-101. Ed. Campo Agrícola Experimental Valle del Yaqui-CIANO, Cd. Obregón, Son. (1982)
- 25.- Rodríguez, S.F.: Fertilizantes y nutrición vegetal. Editorial AGT. México, D.F., 1982.

- 26.- Sánchez, C.F.: Un sistema de producción de plantas hidropónicas, principios y métodos de cultivo. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 1981.
- 27.- Sánchez, M.A. y Sánchez, D.C.: Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en hidropónia. Chapingo, Nueva Epoca., (27,28): 68-75 (1981).
- 28.- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H.: Principles and procedures of statistics. Mc Graw-Hill Book. New York. 1960.
- 29.- Sutcliffe, J.F. y Baker, D.A.: Las plantas y las sales minerales. Ediciones Omega. Barcelona, España, 1983.
- 30.- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A.: A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J.Br. Grassld Soc., 18:104-11 (1963).
- 31.- Torres, C.C.A. y Guajardo, V.R.: Evaluación de la disponibilidad de los microelementos, fierro, cobre, manganeso, zinc y molibdeno en algunos suelos de la parte sur oriental del Valle de México. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México, 1973.
- 32.- Whatley, J.M. y Whatley, F.R.: Luz y vida vegetal. Ediciones Omega, Barcelona, España, 1984.

CUADRO 1

PORCENTAJES DE ANÁLISIS QUÍMICO PROMEDIAL DIGESTIBILIDAD  
 EN LITRO CALCIO Y FOSFORO, DEL FORRAJE HIDROPÓNICO DE  
 CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS, Y A CUATRO DIFERENTES  
 DENSIDADES DE SIEMBRA, EN BASE SECA.

CON MICROELEMENTOS

SIN MICROELEMENTOS

	D1	D2	D3	D4	PROM.		D1	D2	D3	D4	PROM.
P.C. %	11.67	11.99	12.04	11.89	11.89	P.C.	11.91	11.96	11.79	12.13	11.94
F.C. %	6.46	6.55	6.78	6.82	6.65	F.C.	6.98	6.71	6.8	6.87	6.84
E.E. %	7.6	7.36	7.28	7.25	7.37	E.E.	7.49	7.12	7.3	7.32	7.3
ELN %	71.47	71.38	71.08	71.29	71.3	ELN	70.84	71.49	71.49	70.88	71.14
CENIZAS %	2.5	2.46	2.5	2.48	2.48	CENIZAS	2.49	2.43	2.47	2.49	2.47
TND %	91.71	91.38	91.16	91.15	91.35	TND	91.34	91.09	91.25	91.17	91.21
ED kcal/kg	4035.47	4020.9	4010.99	4010.87	4019.55	ED	4019.21	4008.07	4014.93	4011.53	4013.43
EM kcal/kg	3309.09	3297.14	3289.01	3288.89	3296.03	EM	3295.75	3286.61	3292.24	3289.46	3291.01
DIGEST. %	a 86.96	ab 82.23	b 76.93	a 78.54	ab 81.16	DIGEST.	b 82.25	ab 77.54	b 74.7	b 70.53	b 76.25
Ca %	a 0.34	b 0.35	b 0.47	b 0.5	ab 0.41	Ca	b 0.37	b 0.38	b 0.47	b 0.47	0.42
P %	0.805	0.846	0.856	0.866	0.846	P	0.817	0.84	0.83	0.833	0.83

a, b, c, diferente literal en el mismo renglón indica diferencia estadística significativa (P < 0.05%)

D1 136.8 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup> (correspondiente a 3Kg/m<sup>2</sup>)  
 D2 182.4 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup> (correspondiente a 4Kg/m<sup>2</sup>)  
 D3 228.09g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup> (correspondiente a 5Kg/m<sup>2</sup>)  
 D4 273.6 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup> (correspondiente a 6Kg/m<sup>2</sup>)

CUADRO 2

RELACION GRAMO/FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A 4 DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA									
TRATAMIENTOS (BASE SECA)									
CON MICROELEMENTOS DENSIDAD DE SIEMBRA					SIN MICROELEMENTOS DENSIDAD DE SIEMBRA				
D1	D2	D3	D4	PROM.	D1	D2	D3	D4	PROM.
1:0.89	1:0.96	1:0.82	1:0.92	1:0.89	1:0.91	1:0.96	1:0.87	1:0.86	1:0.90

\* expresado en proporciones

D1 3Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

D2 4Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

D3 5Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

D4 6Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

CUADRO 3

RENDIMIENTO DE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA EN BASE SECA

TRATAMIENTOS

COM MICROELEMENTOS

SIN MICROELEMENTOS

DENSIDAD DE SIEMBRA

DENSIDAD DE SIEMBRA

	COM MICROELEMENTOS					SIN MICROELEMENTOS				
	D1	D2	D3	D4	PROMEDIO	D1	D2	D3	D4	PROMEDIO
GR/	130	180,6	191,5	248,98	187,76	131,3	173,3	214,3	235,3	188,55
CHAROLA										
KG/M <sup>2</sup>	2,6	3,84	4,2	5,46	4,04	2,88	3,8	4,7	5,1	4,12

D1.- 136.8 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup>. (correspondiente a 3Kg/m<sup>2</sup>)

D2.- 182.4 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup>. (correspondiente a 4Kg/m<sup>2</sup>)

D3.- 228.0 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup>. (correspondiente a 5Kg/m<sup>2</sup>)

D4.- 273.6 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>2</sup>. (correspondiente a 6Kg/m<sup>2</sup>)

CUADRO 4

RENDIMIENTO EN GRAMOS DE NUTRIENTES POR CHAROLA DE 416 CM<sup>2</sup>  
DE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS  
A 4 DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA  
(BASE SECA)

Nutrientes g	CON MICROELEMENTOS DENSIDAD DE SIEMBRA					SIN MICROELEMENTOS DENSIDAD DE SIEMBRA				
	D1	D2	D3	D4	PROM.	D1	D2	D3	D4	PROM.
MAT. SECA	109	158,9	169,6	228,6	166,5	111,5	157,6	179,1	213,3	165,4
PROT. CRUDA	12,7	19,05	20,42	27,18	19,84	13,28	18,85	21,12	25,47	19,68
FIBRA CRUDA	7,04	10,4	11,5	15,59	10,07	7,78	10,58	12,18	14,65	11,3
S.E.*	8,28	11,69	12,35	16,57	12,22	8,35	11,22	13,07	15,61	12,06
CENIZAS	2,725	3,91	4,24	5,67	4,13	2,78	3,83	4,42	5,31	4,09
S.L.M.	77,9	113,4	120,6	166	118,7	78,99	112,7	127,8	151,2	117,7
CALCIO	0,371	0,556	0,797	1,143	0,717	0,412	0,56	0,841	1	0,703
POSFORO	0,877	1,36	1,452	1,98	1,417	0,91	1,324	1,486	1,78	1,375

- D1 3Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (136.8 g. por charola )  
 D2 4Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (182.4 g. por charola )  
 D3 5Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (228.0 g. por charola )  
 D4 6Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (273.6 g. por charola )

\* extracto etéreo.

CUADRO 4

ANÁLISIS EN GRAMOS DE NUTRIENTE POR CHAROLA DE 456 CM <sup>2</sup> DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS A 4 DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA (BASE SECA)										
Nutriente g	CON MICROELEMENTOS DENSIDAD DE SIEMBRA					SIN MICROELEMENTOS DENSIDAD DE SIEMBRA				
	D1	D2	D3	D4	PROM.	D1	D2	D3	D4	PROM.
MAT. SECA	109	158,9	169,6	228,6	166,5	111,5	157,6	179,1	213,3	169,4
PROT. CRUDA	12,7	19,05	20,42	27,18	19,84	13,29	18,85	21,12	25,47	19,68
FIBRA CRUDA	7,04	10,4	11,5	15,59	10,07	7,78	10,58	12,18	14,65	11,3
S.N.*	8,28	11,69	12,35	16,57	12,22	8,35	11,22	13,07	15,61	12,06
CENIZAS	2,725	3,91	4,24	5,67	4,13	2,78	3,83	4,42	5,31	4,09
S.L.N.	77,9	113,4	120,6	166	118,7	78,99	112,7	127,8	151,2	117,7
CALCIO	0,371	0,556	0,797	1,143	0,717	0,412	0,56	0,841	1	0,703
FOSFORO	0,877	1,36	1,452	1,98	1,417	0,91	1,324	1,486	1,78	1,375

- D1 3Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (136.8 g. por charola )  
 D2 4Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (182.4 g. por charola )  
 D3 5Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (228.0 g. por charola )  
 D4 6Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup> (273.6 g. por charola )

\* extracto etéreo.

CUADRO 5

RENDIMIENTO EN G/DE NUTRIENTE/ M <sup>2</sup> DE FORRAJE MICROELEMENTOS DE CEBADA, CON Y SIN MICROELEMENTOS, A 4 DENSIDADES DE SIEMBRA (BASE SECA)								
CON MICROELEMENTOS					SIN MICROELEMENTOS			
DENSIDAD DE SIEMBRA					DENSIDAD DE SIEMBRA			
nutriente	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
FROT. CRUDA	278,94	415,44	447,96	596,06	291,21	413,35	463,06	567,39
FIBRA CRUDA	154,41	226,95	252,25	341,89	170,67	231,9	267,07	321,35
S.L.H.***	1708,3	2473,3	2644,6	3573,9	1732,2	2470,8	2802,4	3315,5
CEBIDAS	59,75	85,236	93,015	124,32	60,88	83,98	97,012	116,47
Ca.**	9,07	13,44	19,27	27,6	10,1	14,59	20,44	24,25
P.**	21,49	32,48	35,09	47,8	22,3	32,25	36,1	42,98

D1 3Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

D2 4Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

D3 5Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

D4 6Kg DE SEMILLA DE CEBADA POR m<sup>2</sup>

\* calcio

\*\* fósforo

\*\*\* extracto libre de nitrógeno

CUADRO 6

DE DIGESTIBILIDAD D IN VITRO DE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA  
 CON Y SIN MICROELEMENTOS A 6 DENSIDADES DE SIEMBRAS Y A  
 0,1,2,4,8,12,24,48, Y 96 HORAS DE DIGESTIBILIDAD  
 (BASE SECA)

CON MICROELEMENTOS  
 HORAS DE DIGESTIBILIDAD

DENSIDAD	1	2	4	8	12	24	48	96
D1	39,38	40,66	52,43	56,08	62,2	65	73,92	86,96
D2	32,17	33,38	51,23	53,01	58,8	64,2	71,02	82,23
D3	41,7	42,89	46,34	49,58	55	57,48	68,38	76,93
D4	35,44	38,61	47,28	55,59	56,13	58,67	66,74	78,54

SIN MICROELEMENTOS  
 HORAS DE DIGESTIBILIDAD

D1	33,64	38,32	49,49	52,96	55,77	63,43	69,89	82,25
D2	31,74	36,1	46,63	48,25	58,87	60,9	65,88	77,54
D3	34,94	35,15	44,91	45,07	49,21	55,18	63,46	74,7
D4	37,09	41,2	42,38	45,37	50,36	52,65	59,91	70,53

- D1.- 136.8 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>3</sup> (equivalente a 3Kg./m<sup>3</sup>)  
 D2.- 182.4 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>3</sup> (equivalente a 4Kg./m<sup>3</sup>)  
 D3.- 228.0 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>3</sup> (equivalente a 5Kg./m<sup>3</sup>)  
 D4.- 273.6 g. de semilla de cebada en 456 cm<sup>3</sup> (equivalente a 6Kg./m<sup>3</sup>)

CUADRO 7

COMPARACION NUTRICIONAL ENTRE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA Y FORRAJES DE CEBADA Y HENO DE CEBADA

	FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA	HENO (GRANO LEUCOSO)	FORRAJE DE CEBADA ANTES DE FLORACION	FORRAJE DE CEBADA DURANTE Y DESP. FLOR.*	FORRAJE DE CEBADA VERDE
MAT. SECA %	92,42	85	19-27,8	20,4-31,4	-
PROT. CRUDA%	11,91	3,2-7,1	2,5	2,2-3,6	3,2
FIBRA CRUDA%	6,74	27,8	5,6	7,0-9,9	6,3
EXTR. ESTEREO%	7,33	0,8-1,5	0,3	0,5-0,9	0,8
S.L.N. % **	71,22	43,6	8,8	9,7-16,8	15,5
CENIZAS %	2,47	5	1,6	2,0-2,2	2
DIGEST. %	78,7	63	80	65,25-79	62
CALCIO %	0,41	2,08	0,7	0,64	-
FOSFORO %	0,83	3,21	0,8	1,35	-

\* DESPUES DE FLORACION

\*\* EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO

1.- LOS DATOS OBTENIDOS DEL FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA, SON LOS PROMEDIOS DE LOS GRUPOS CON MICROELEMENTOS Y SIN MICROELEMENTOS.

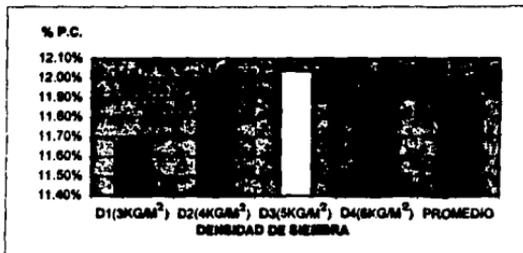
2.- LOS DATOS OBTENIDOS DE LOS FORRAJES DE CEBADA Y HENO DE CEBADA, SE TOMARON DE LOS SIGUIENTES AUTORES: CHURCH (7), DEALVA (8), MORRISON (19), Y REVUEL LTA (23).

**FIGURA No 1**

**PORCENTAJE DE PROTEINA CRUDA EN GERMINADO DE CEBADA A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA CON Y SIN MICROELEMENTOS**

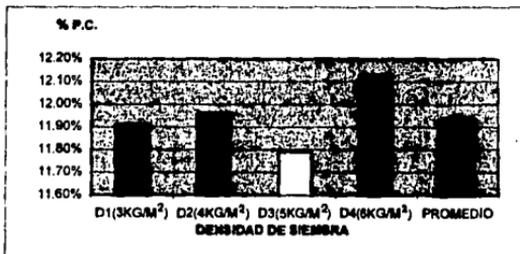
**CON MICROELEMENTOS  
P.C.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE P.C.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	11.67%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	11.89%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	12.04%
D4(8KG/M <sup>2</sup> )	11.86%
PROMEDIO	11.88%



**SIN MICROELEMENTOS  
P.C.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE P.C.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	11.91%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	11.98%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	11.79%
D4(8KG/M <sup>2</sup> )	12.13%
PROMEDIO	11.94%

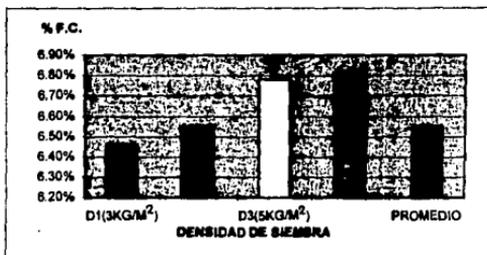


**FIGURA No 2**

**PORCENTAJE DE FIBRA CRUDA EN GERMINADO DE CEBADA A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA CON Y SIN MICROELEMENTOS**

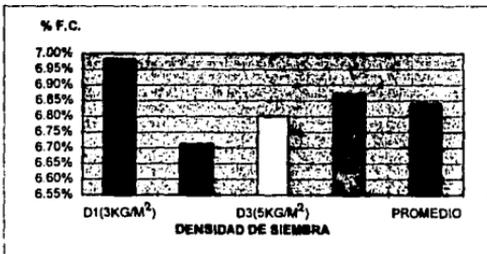
**CON MICROELEMENTOS  
F.C.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE F.C.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	6.46%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	6.55%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	6.78%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	6.82%
PROMEDIO	6.55%



**SIN MICROELEMENTOS  
F.C.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE F.C.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	6.98%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	6.71%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	6.80%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	6.87%
PROMEDIO	6.84%

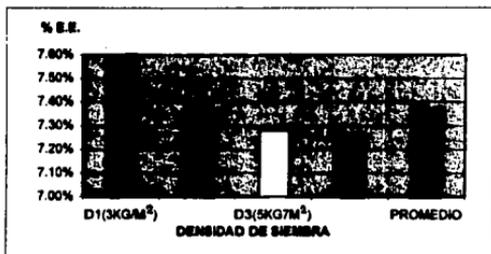


**FIGURA No 3**

**PORCENTAJE DE EXTRACTO ETereo EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA**

**CON MICROELEMENTOS  
E.E.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE E.E.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	7.80%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	7.38%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	7.28%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	7.25%
PROMEDIO	7.37%



**SIN MICROELEMENTOS  
E.E.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE E.E.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	7.48%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	7.12%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	7.30%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	7.32%
PROMEDIO	7.30%

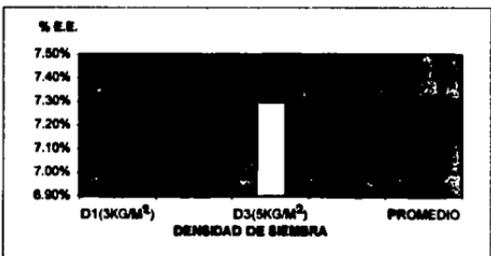
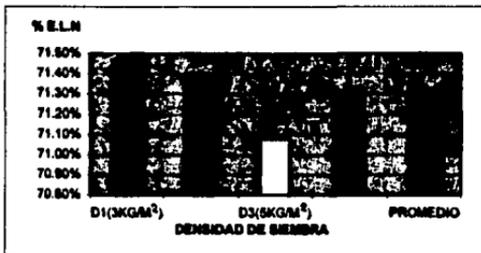


FIGURA No 4

PORCENTAJE DE EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA

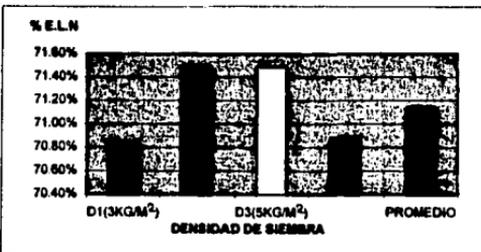
**CÓN MICROELEMENTOS  
E.L.N.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE E.L.N.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	71.47%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	71.38%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	71.08%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	71.29%
PROMEDIO	71.30%



**SIN MICROELEMENTOS  
E.L.N.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE E.L.N.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	70.84%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	71.49%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	71.49%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	70.88%
PROMEDIO	71.14%



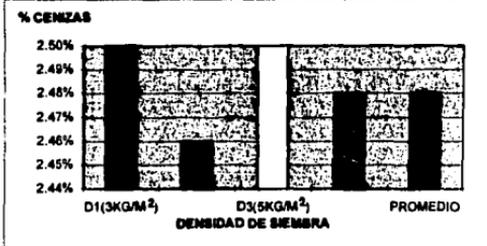
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**FIGURA No 8**

**PORCENTAJE DE CENIZAS EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA.**

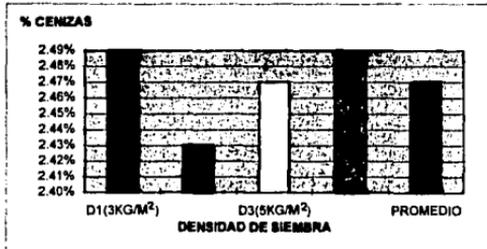
**CON MICROELEMENTOS  
CENIZAS**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE CENIZAS
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	2.50%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	2.46%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	2.50%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	2.48%
PROMEDIO	2.48%



**SIN MICROELEMENTOS  
CENIZAS**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE CENIZAS
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	2.49%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	2.43%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	2.47%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	2.49%
PROMEDIO	2.47%

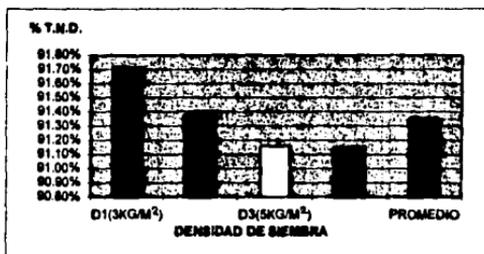


**FIGURA No 6**

**PORCENTAJE TOTAL DE NUTRIENTES DIGESTIBLES EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA**

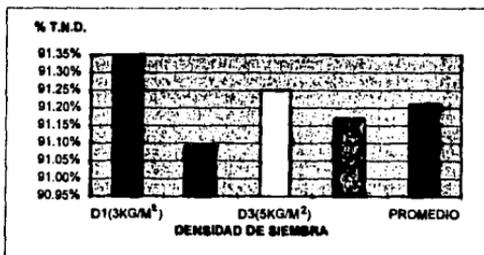
**CON MICROELEMENTOS  
T.N.D.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE T.N.D.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	91.71%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	91.38%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	91.16%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	91.15%
PROMEDIO	91.35%



**SIN MICROELEMENTOS  
T.N.D.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE T.N.D.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	91.34%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	91.09%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	91.25%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	91.17%
PROMEDIO	91.21%

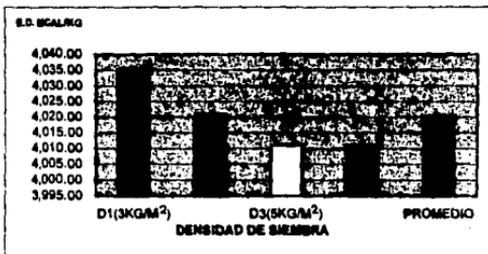


**FIGURA No 7**

**ENERGIA DIGESTIBLE EN MCAL/KG EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A CUATRO DENSIDADES**

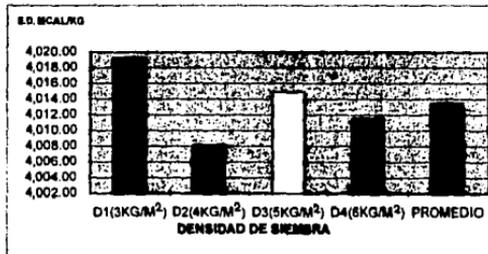
**CON MICROELEMENTOS  
E.D.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	E.D. MCAL/KG
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	4,035.47
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	4,020.90
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	4,010.99
D4(8KG/M <sup>2</sup> )	4,010.87
PROMEDIO	4,019.55



**SIN MICROELEMENTOS  
E.D.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	E.D. MCAL/KG
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	4,019.21
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	4,008.07
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	4,014.93
D4(8KG/M <sup>2</sup> )	4,011.53
PROMEDIO	4,013.43

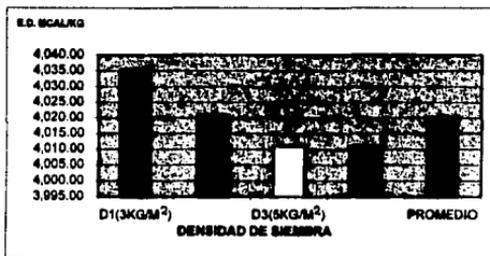


**FIGURA No 7**

**ENERGIA DIGESTIBLE EN MCAL/KG EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A CUATRO DENSIDADES**

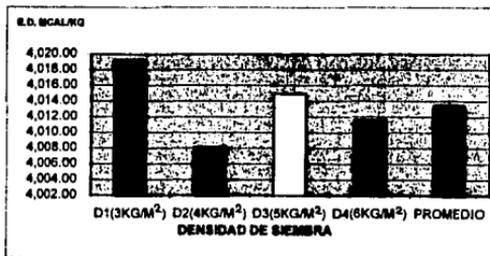
**CON MICROELEMENTOS  
E.D.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	E.D. MCAL/KG
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	4,035.47
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	4,020.90
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	4,010.99
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	4,010.87
PROMEDIO	4,019.55



**SIN MICROELEMENTOS  
E.D.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	E.D. MCAL/KG
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	4,019.21
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	4,008.07
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	4,014.93
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	4,011.53
PROMEDIO	4,013.43

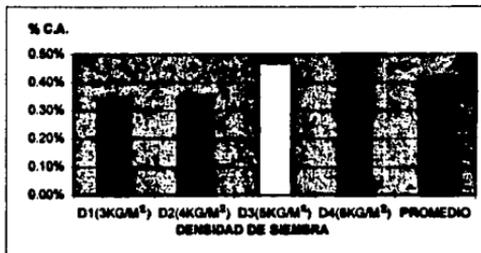


**FIGURA No 8**

**PORCENTAJE DE CALCIO EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA**

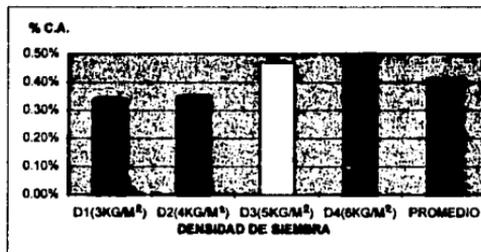
**CON MICROELEMENTOS  
C.A.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE C.A.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	0.34%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	0.35%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	0.47%
D4(8KG/M <sup>2</sup> )	0.50%
PROMEDIO	0.41%



**SIN MICROELEMENTOS  
C.A.**

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE C.A.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	0.34%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	0.35%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	0.47%
D4(8KG/M <sup>2</sup> )	0.50%
PROMEDIO	0.41%

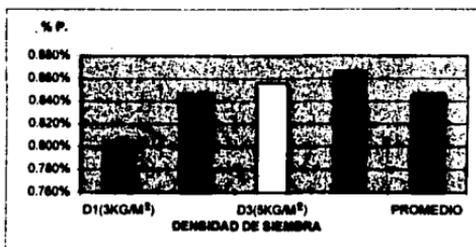


**FIGURA No 9**

**PORCENTAJE DE FOSFORO EN GERMINADO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS Y CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA**

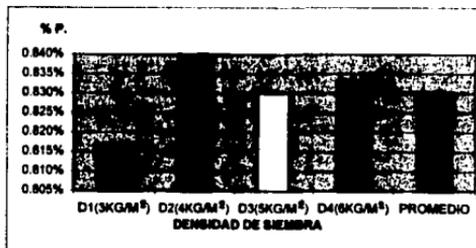
**CON MICROELEMENTOS**  
P.

DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE P.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	0.805%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	0.846%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	0.856%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	0.866%
PROMEDIO	0.846%



**SIN MICROELEMENTOS**  
P.

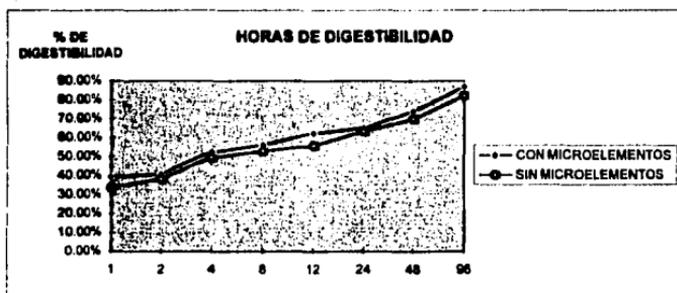
DENSIDAD DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE P.
D1(3KG/M <sup>2</sup> )	0.817%
D2(4KG/M <sup>2</sup> )	0.840%
D3(5KG/M <sup>2</sup> )	0.830%
D4(6KG/M <sup>2</sup> )	0.833%
PROMEDIO	0.830%



**FIGURA No 10**

**PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICRO ELEMENTOS CON DENSIDAD DE SIEMBRA DE 3KG. POR M<sup>2</sup> =D1**

HORAS DE DIGESTIBILIDAD	CON MICROELEMENTOS	SIN MICROELEMENTOS
1	39.38%	33.84%
2	40.66%	38.32%
4	52.43%	49.49%
8	56.08%	52.08%
12	62.20%	55.77%
24	65.00%	63.43%
48	73.92%	69.89%
96	86.96%	82.25%



**FIGURA No 11**

**PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO A LAS (1,2,4,8,12,24,48,96 HRS.) DE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS CON DENSIDAD DE SIEMBRA DE 4KG POR M<sup>2</sup>=D2.**

HORAS DE DIGESTIBILIDAD	CON MICROELEMENTOS	SIN MICROELEMENTOS
1	32.17%	31.74%
2	13.88%	36.10%
4	51.23%	48.63%
8	53.01%	48.65%
12	58.80%	58.67%
24	64.20%	60.90%
48	71.02%	65.88%
96	82.03%	75.54%

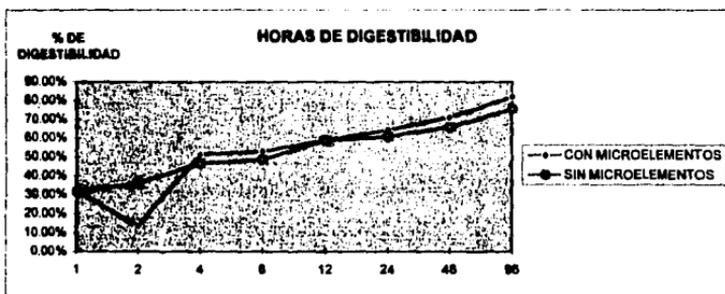
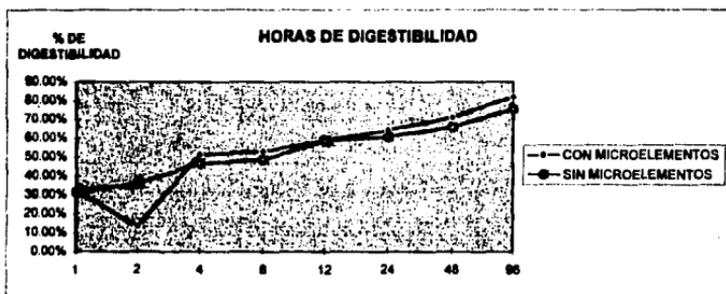


FIGURA No 11

PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO A LAS (1,2,4,8,12,24,48,96 HRS.) DE FARRAJE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS CON DENSIDAD DE SIEMBRA DE 4KG POR M<sup>2</sup>=D2.

HORAS DE DIGESTIBILIDAD	CON MICROELEMENTOS	SIN MICROELEMENTOS
1	32.17%	31.74%
2	13.66%	38.10%
4	51.23%	48.63%
8	53.01%	48.65%
12	58.80%	58.87%
24	64.20%	60.80%
48	71.02%	65.88%
96	82.03%	75.54%



**FIGURA No 12**

**PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO A LAS (1,2,4,8,12,24,48,96 HRS.) DE FODRAGE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS CON DENSIDAD DE SIEMBRA DE 5KG POR M<sup>2</sup>=D3**

HORAS DE DIGESTIBILIDAD	CON MICROELEMENTOS	SIN MICROELEMENTOS
1	41.70%	34.94%
2	42.89%	35.15%
4	46.34%	44.91%
8	49.58%	45.07%
12	55.00%	49.21%
24	57.48%	55.18%
48	68.38%	63.46%
96	76.93%	74.70%

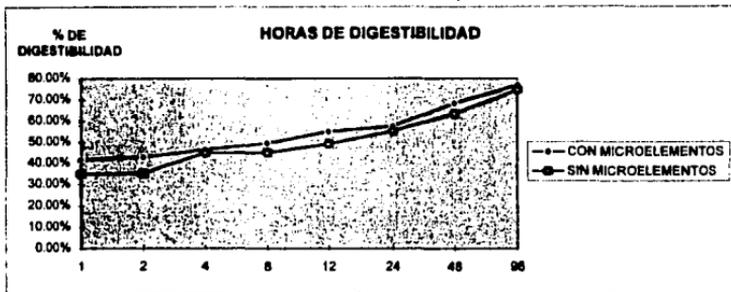


FIGURA No 13

PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO A LAS (1,2,4,8,12,24,48,96 HRS.) DE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS CON DENSIDAD DE SIEMBRA DE 6KG POR M<sup>2</sup>=D4

HORAS DE IGESTIBILIDAD	CON MICROELEMENTOS	SIN MICROELEMENTOS
1	33.44%	37.00%
2	38.61%	41.20%
4	47.28%	42.38%
8	55.59%	45.37%
12	56.13%	50.36%
24	58.67%	52.65%
48	64.74%	52.91%
96	78.54%	70.53%

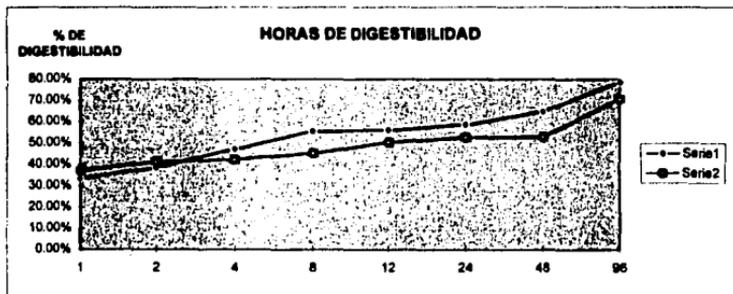


FIGURA No 13

PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* A LAS (1,2,4,8,12,24,48,96 HRS.) DE FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA CON Y SIN MICROELEMENTOS CON DENSIDAD DE SIEMBRA DE 6KG POR M<sup>2</sup>-D4

HORAS DE IGESTIBILIDAD	CON MICROELEMENTOS	SIN MICROELEMENTOS
1	33.44%	37.08%
2	38.61%	41.20%
4	47.28%	42.38%
8	55.59%	45.37%
12	56.13%	50.36%
24	58.67%	52.65%
48	64.74%	52.91%
96	78.54%	70.53%

