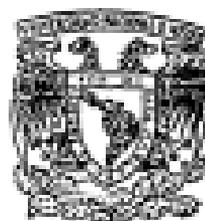


169  
24



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACION NUTRICIONAL EN  
LABORATORIO DE FORRAJE  
HIDROPONICO DE CEBADA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A  
FELIPE DE JESUS ORTEGA OBREGON

Asesor:

MVZ. JUAN MANUEL CERVANTES SANCHEZ  
MVZ. HUMBERTO TRONCOSO ALTAMIBANO





## **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.

## Lista de cuadros

Cuadro	Página
1.-Análisis bromatológico del germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento, con y sin sustrato representado en porcentaje, y en base seca.....	18
2.-Análisis bromatológico del germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento, con y sin sustrato representado en porcentaje, y en base seca.....	19
3.-Porcentaje de digestibilidad en base húmeda, del germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento, con y sin sustrato.....	20
4.-Rendimiento del forraje con relación al grano utilizado en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento, con y sin sustrato.....	21
5.-Promedios obtenidos con sustrato, sin sustrato y generales del germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	22

## Lista de figuras

Gráficas	página
1.-Porcentaje de materia seca en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	23
2.-Porcentaje de humedad en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	23
3.-Porcentaje de proteína cruda en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	24
4.-Porcentaje de extracto etéreo en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	24
5.-Porcentaje de cenizas en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	25
6.-Porcentaje de fibra cruda en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	25
7.-Porcentaje de E.L.N. en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	26
8.-Porcentaje de T.S.D. en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	26
9.-Porcentaje de E.D. H Cal/Kg de M.S. en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	27
10.-Porcentaje de calcio en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	27
11.-Porcentaje de fósforo en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	28

10.-Kilogramos de forraje fresco en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	29
11.-Kilogramos de materia seca en el germinado de cebada a los 10,15,20 y 25 días de crecimiento.....	29
14.-Curvas de fermentación de la digestibilidad in-vitro del germinado de cebada a los 10 días de crecimiento y suspendida la fermentación a seis diferentes horas (1,2,4,8,12 y 24hrs.).....	30
15.-Curvas de fermentación de la digestibilidad in-vitro del germinado de cebada a los 15 días de crecimiento y suspendida la fermentación a seis diferentes horas (1,2,4,8,12 y 24hrs).....	30
16.-Curvas de fermentación de la digestibilidad in-vitro del germinado de cebada a los 20 días de crecimiento y suspendida la fermentación a seis diferentes hora (1,2,4,8,12 y 24hr.).....	31
17.-Curvas de fermentación de la digestibilidad in-vitro del germinado de cebada a los 25 días de crecimiento suspendida la fermentación a seis diferentes horas (1,2,4,8,12 y 24hrs.).....	31

## RESUMEN

Ortega Obregón Felipe de Jesús "Evaluación nutricional en laboratorio de forraje hidropónico de cebada" (bajo la dirección de: M.V.Z. Juan Manuel Cervantes Sánchez y Humberto Troncoso Altamirano). Los objetivos fueron: La evaluación del rendimiento, composición química proximal, digestibilidad in vitro y determinación de calcio y fósforo, de la materia seca del forraje hidropónico de cebada, con y sin sustrato a cuatro tiempos de cosecha. Por medio de la técnica de cultivo en agua se obtuvo forraje hidropónico de cebada, que se cosechó a los 10, 15, 20 y 25 días de crecimiento, para evaluar la producción de forraje cosechado: previamente deshidratado y molido, se realizó el análisis químico proximal, la digestibilidad in vitro, así como la determinación de niveles de calcio y fósforo. Una vez obtenidos los resultados de estos, se efectuó el análisis de variancia en el análisis químico proximal, calcio y fósforo, y un análisis de variancia según el diseño de parcelas divididas para la digestibilidad in vitro. A todos los resultados se les hizo la prueba de Tukey sin encontrarse diferencias significativas, ya que todos fueron iguales con una probabilidad de ( $P < 0.05$ ). La producción promedio de forraje fresco fue de 1.60Kg; en la producción promedio forraje seco se obtuvo .1531Kg; la relación máxima de grano seco/forraje seco 1:0.37; la relación promedio grano seco/forraje fresco 1:3.31, estos resultados se obtuvieron en parcelas de  $414cm^2$  cada una. Todos los germinados con sustrato en el químico proximal, Ca, P, y la digestibilidad in vitro se comportaron en forma uniformemente ascendentes o descendentes con excepción de Proteína Cruda (P.C.) y grasa (E.E.) que se mostraron inconstantes; los germinados sin sustratos en el químico proximal y P, se comportaron inconstantes a excepción de la ceniza y P.C. que se mostraron uniformemente ascendentes; en la digestibilidad in vitro a las 24hrs de fermentación, se obtuvo un porcentaje promedio de 64.49%.

## I N T R O D U C C I O N

La extensión del territorio mexicano es de 200 millones de hectáreas. De este territorio el 62% está clasificado como árido, por lo que el desarrollo de su agricultura guarda estrecha vinculación con el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales: Suelo y agua. La aportación del sector agropecuario, en el crecimiento de la economía tiende a decrecer en términos reales, a pesar de lo cual el esfuerzo ha permitido invertir la tendencia deficitaria de la balanza comercial de productos agropecuarios, ya que el reto por lograr es la autosuficiencia alimentaria y el arraigo de la población campesina en sus lugares de origen para frenar la emigración a los grandes núcleos de población. La política por seguir en el desarrollo de infraestructura hidráulica, es determinante para lograrlo.

Sin embargo, esto no es tan fácil ya que en la zona norte del país, donde se localiza el 53% de la tierra útil, se dispone de menos de 7% de los recursos hídricos; en la región sur, donde sólo hay un 11% de la tierra útil, se tiene casi el 64% del agua, lo que influye negativamente en la producción agrícola. (1)

El agua en tales condiciones, se ha convertido en el factor limitante, porque si a nivel personal se estima que la tierra está mal repartida, a nivel nacional se considera que es el agua la que se halla mal distribuida.

Ya hace muchos siglos que los Babilonios y los Egipcios comprendieron la necesidad de aprovecharla al máximo y procedieron a la construcción de presas con objeto de captar el agua de las lluvias en los lugares destinados a sus cultivos. Comprendieron que el hombre era capaz de dominar a los elementos y no tener que estar siempre sujeto a los caprichos de la naturaleza gracias a las obras realizadas, con fines de riego, por los sedes y perzas en Babilonia, se logró una agricultura muy prodiqa en Mesopotamia.

En épocas más recientes la conducción del agua con fines agrícolas se realizó de un modo más racional ya que el desarrollo de la ingeniería permitió la construcción de presas que permitieran almacenar volúmenes del orden de los millones de metros cúbicos e irrigar así superficies de muchos miles de hectáreas; pero si bien es cierto que las grandes obras de irrigación han permitido la captación masiva del agua y que el desvío de los ríos ha servido para beneficiar a grandes áreas agrícolas, también es verdad que con esto se ha roto el equilibrio ecológico de muchas regiones del globo terráqueo. (9)

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

superficie. Un temporal errático domina en la mayor parte de la tierra cultivable.

El problema actual no es encontrarse en forma global con los recursos nacionales de agua aptados, sino que lo irregular de su distribución en el territorio nacional se ha conjugado con un crecimiento concentrado en zonas principalmente altas, lo cual ha dado como consecuencia que se rebasen las posibilidades de abastecimiento de fuentes inmediatas o cercanas

Dentro del problema estructural destacan, por orden de importancia, los siguientes:

-La irregular distribución del agua en el territorio nacional, como la reducción de reservas de agua en las regiones sobrepobladas, dan origen a que en las épocas de estiaje sea superior la demanda a la oferta y se deba sacrificar superficies cultivables bajo condiciones de riego.

Uno de los más arduos problemas consiste en lograr la distribución de los recursos hidráulicos de las zonas, donde la disponibilidad supera a la demanda hacia aquellas zonas que carecen de este recurso, e intentar incorporar anualmente a la producción bajo riego 200.000 ha. a fin de que para el año 2000 se cuente con 8.500.000 ha. No obstante, en la actualidad incorporar nuevas tierras al riego implica inversiones cuantiosas, dado que sólo quedan las zonas complejas y generalmente los proyectos desde el

punto de vista estrictamente económico no resultan rentables en alto grado.

En materia hidráulica los problemas estructurales por resolver son:

-Conducir los volúmenes a grandes distancias, desde donde hay recursos suficientes hasta donde es mayor la necesidad de ella, retenerla y conservarla en los niveles más altos, en donde se encuentra la mayor parte de la población, y reducir los escurrimientos hacia el mar

-Incrementar los rendimientos del uso del agua para todos los fines.

-Utilizar plenamente la infraestructura construida.(9)

A pesar del aumento en la producción de cereales el incremento de la población, al rededor de 3.54 anual, ha llevado al país a la necesidad de importar al año grandes cantidades. Esta situación obliga no solo a producir más, sino a utilizar el grano producido en forma más racional. (16)

El problema de la erosión de la tierra y de carencia de agua en algunas regiones de México, constituyen obstáculos que frenan e impiden el desarrollo de las actividades agrícolas, aunque sean de subsistencia, y sin embargo, contando con un mínimo de agua, éstas regiones podrían desarrollar cultivos hidropónicos, que son varias veces más productivos que las siembras normales. (2)

Hidroponía, son cultivos de plantas sin tierra y el método consiste en proveer a las plantas de los nutrientes que tiene necesidad, para su crecimiento, no por medio de su habitáculo natural, la tierra, sino por medio de una solución sintética en agua de sales minerales diversas. (7)

En los caso de la producción de forraje, en los siglos XVIII y XIX, especialmente en Francia y Alemania, nutricionistas de animales encontraron algunas formas para cultivar pasto en suficiente cantidad para animales estabulados. (3)

Sin embargo, la tecnología no había avanzado mucho y los estudios presentaban un sin fin de dificultades, las cuales giraban alrededor del control de temperatura y humedad, forma de cultivo y carencia de los principios básicos de nutrición animal.

A fines de los años treinta del presente siglo, en Inglaterra y Escocia, se reportó la utilización de cereales germinados en la alimentación de ganado con buenos resultados. Sin embargo, la técnica utilizada era completamente rústica, obteniéndose una altura del pasto de 5 cm y solamente se duplicaba el peso del forraje en relación al peso de la semilla. (6)

Es importante resaltar lo intensivo que resulta el sistema, ya que, por ejemplo, en México tenemos coeficientes de agostadero que van de 10 o más hectáreas hasta media hectárea para satisfacer las necesidades de una unidad

animal durante un año. Esto quiere decir que bajo la producción de forraje en hidropónia, podemos producir en 11 metros cuadrados el equivalente a 600 hectáreas, con un coeficiente de 16 ha/U.A. y 10 ha, con un coeficiente de 0.5 ha/U.A. Por otra parte, la producción de forraje en praderas artificiales con suficiente riego, tiene una producción media en las zonas templadas de 150 ton./ha de una mezcla de gramíneas y leguminosas para la producción, mientras que en hidropónia se puede producir el equivalente en 12 a 30 metros cuadrados (14)

En general, se puede decir que la técnica ha sido y puede ser aplicada bajo condiciones áridas o frías donde no se puede contar con una fuente permanente de forraje verde; en sistemas que se ubican cerca de las zonas urbanas y no cuentan con terreno suficiente para producir forraje en forma convencional; en donde se tiene fuerte problema de disponibilidad de agua, ya sea por escasez o por salinidad; en lugares donde la extracción de agua subterránea puede resultar un gasto pequeño y no ser costoso equipar el pozo para utilizar el agua en sistemas de agricultura convencionales; en donde se tienen áreas no adecuadas para la agricultura debido a la salinidad o erosión del suelo en donde se desarrolle investigaciones sobre fisiología vegetal y nutrición animal. (14)

Los resultados, verdaderamente espectaculares, han motivado que muchos países vuelvan los ojos a la hidropónia

como posible solución a sus problemas desérticos. Entre esos países se encuentra México.

Si para muchos resultara extraño enterarse de que una gran parte del territorio mexicano es desértico, la realidad es que México se encuentra en los paralelos 14' y 32' de latitud norte, que corresponden, en parte, a la faja de la tierra donde se localizan los desiertos más extensos del mundo, como los de Libia, Arabia y el Sahara. (9)

La hidroponía permite un mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos, en especial en las zonas desérticas, debido a los procesos de recirculación utilizados. En el desierto, las pérdidas por transpiración llegan al 99% del agua usada para el riego.

Lo más significativo de las zonas áridas y semiáridas no es tanto la escasez de algunos alimentos para sus habitantes sino la imposibilidad de aprovechar las tierras para el cultivo. El problema de la aridez es similar en todo el mundo, pero los métodos para resolverlo han sido diferentes (9)

Toda semilla salvo contadas excepciones contiene 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 de humedad le sean favorables. Esto es 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 primera etapa del desarrollo. Si así lo hubiera dispuesto la

naturalidad, la plantita, carente todavía de raíces e incapacidad, por lo tanto, para obtener alimento de la tierra, moriría, puede decirse, antes de nacer. (8)

El germinado es una verdadera opción, especialmente en zonas marginadas, como sustituto parcial de los concentrados puesto que las materias primas están cada día más caras y escasas. Simplemente usando una semilla hidratada y sin necesidad de fertilizantes en una superficie reducida se obtiene el germinado de aprovechamiento integral: la totalidad de la raíz y de la parte verde. (11)

En lo que se refiere al aumento de rendimiento, puede afirmarse, en primer término, que es posible referir a los cultivos hidropónicos los rendimientos obtenidos en los cultivos ordinarios en la seguridad de superarlos con creces en todos los casos. (7)

Después de probar trigo y avena se pudo comprobar que el grano de cebada es el mejor. Tiene aproximadamente 12 por ciento de proteínas. Al hidratarse y germinar, el contenido anterior sube hasta 31 por ciento. De 3 kilos de cebada que se siembra por charola, se obtienen 31 kilogramos de materia vegetal. No sólo se mejora la calidad, también se aumenta la cantidad: volumen y peso de proteínas. (12)

Se estima que en seis días pueden ser transformados 10 kilos de semilla en 40 a 60 kilos de forraje, según el tamaño de los granos. El dispositivo para diez cabezas de ganado, puede producir de 100 a 125 kilos de forraje verde por día.

Otras ventajas son igualmente atractivas. El laboreo y la fatiga debido a una explotación intensiva, quedan suprimidos. La fertilización, el riego son reemplazados por prácticas justificables de un dosaje preciso. Las enfermedades e insectos del suelo son eliminados, puesto que no encuentran un medio que les permita vivir. La germinación de hierbas indeseables es imposible y los escarabajos evitados en consecuencia. Agréguese a esto que una buena parte de las operaciones puede ser realizada automáticamente con extraordinaria economía de mano de obra. (8)

Tenemos mejor cielo, mejor clima que los países en los que se ha generado la tecnología cara y sofisticada por naturaleza. Nosotros la adaptamos a nuestras condiciones tanto ecológicas como económicas, sobretodo lo último. Los germinados se pueden producir en un jacal, en un galerón. Sólo hay que hacer pequeñas modificaciones a las construcciones. Sin embargo, un local para obtención de germinados se puede construir hasta con materiales rústicos de la región que ofrezcan ventilación y luminosidad adecuada: hasta los carrizos pueden servir para este propósito. No hay depreciación de instalaciones, el mantenimiento se reduce a cero, no se requiere electricidad, ni ningún tipo de instrumento de precisión. (13)

Como se señaló, la hidroponía es un cultivo que se basa en el manejo armónico del agua, de tal manera que esta técnica puede ser factor importante para evitar su gasto immoderado. Al respecto cabe destacar el proceso de

recirculación mediante el cual tanto el agua como los nutrientes no utilizados vuelven a aprovecharse y en consecuencia el gasto total en el volumen como en precio es mucho menor que con los sistemas tradicionales. Las únicas pérdidas son las cosechadas por la transpiración, es decir, por el agua que se evapora, mientras que en los cultivos normales hay pérdidas mucho mayores por infiltración en la tierra, dispersión alrededor del cultivo, etc. (9)

Pocos son los trabajos reportados respecto a la determinación del valor nutritivo del pasto producido en hidroponía. Sin embargo, hay coincidencia en que su valor es bueno tanto en opiniones de rancheros que lo han utilizado, como investigadores y casas comerciales que han realizado algunas pruebas. Tomando datos de varios análisis químicos reportados, el forraje producido en hidroponía contiene de 8.8 a 13.4% de materia seca, de 18.31 a 24.34 de proteína cruda, aproximadamente un 80% de nutrientes digestibles totales y un alto contenido de  $\beta$  caroteno. Por otra parte, se ha reportado que al incluir forraje hidropónico a diferentes niveles en raciones para novillos, se han afectado significativamente los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y se ha modificado la cantidad y proporción de los ácidos grasos volátiles del rumen. (14)

El forraje hidropónico de cebada ha sido exitosamente utilizado en granjas porcícolas de Tehuacán Puebla y Progreso Hidalgo, cosechada a los siete días. (12)

Sin embargo, no es una evaluación científica, incluso el forraje hidropónico de cebada es utilizado en algunos ranchos del Valle de México en forma completamente práctica. El motivo por el cual se elabora este trabajo es con el fin de contribuir en su caracterización bromatológica, como un alimento para rumiante.

#### HIPÓTESIS

Hipótesis causal: El tiempo de cosecha de forraje hidropónico de cebada, determina la composición química proximal.

Hipótesis estadística:  $H_0: M_1 = M_2 = M_3 = M_4$

$H_a$ : Al menos una es diferente.

Hipótesis causal: El tiempo de cosecha determina las curvas de fermentación del forraje hidropónico de cebada.

Hipótesis estadística:  $H_0: M_1 = M_2 = M_3 = M_4$

$H_a$ : Al menos una es diferente

#### OBJETIVOS

Los objetivos en la presente investigación son:

- 1.- Evaluar el rendimiento del forraje hidropónico de cebada, con y sin sustrato a cuatro tiempos de cosecha
- 2.- Determinar la composición química proximal del forraje hidropónico de cebada, con y sin sustrato a cuatro tiempos de cosecha.
- 3.- Evaluar la digestibilidad *in-vitro* de la materia seca del forraje hidropónico de cebada, con y sin sustrato a cuatro tiempos de cosecha.

- 4.- Determinación de calcio y fósforo del forraje hidropónico de cebada, con y sin sustrato a cuatro tiempos de cosecha.

## MATERIAL Y METODOS

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

**Etapal.-Evaluación de rendimiento de forraje hidropónico de cebada, que fue cosechada a los (10, 15, 20 y 25 días) de crecimiento, para evaluar la producción de forraje cosechado.**

Para la obtención del forraje fue necesario remojar el grano de cebada en agua con cal al 1% durante 24 hrs. posteriormente se drenó y se tomaron 50grs de semilla, cantidad que se puso en cada una de las 24 charolas de plástico, previamente pesadas individualmente, con orificios en un extremo, para que por medio del declive drenaran durante el riego; las proporciones de la charola son de 10cm de ancho, 25cm de largo y 11cm de altura. Se utilizó la técnica de cultivo en agua, que consistió en efectuar dos riegos al día, con 200ml de agua con cal cada riego durante tres días, y cubriendo las charolas con plástico oscuro, con la finalidad de estimular la germinación, al cuarto día se retiraron los plásticos por la mañana para seguir dando dos riegos por día con 200ml de agua desmineralizada al 50% de las siembras, y al otro 50% restante se los regó con un tratamiento de N, P, K. (conteniendo 300P.P.M., 400P.P.M., y 200P.P.M., respectivamente), cosechándose a cuatro tiempos (a los 10, 15, 20 y 25 días) de desarrollo. En cada cosecha

se pesaron las chancas con el cultivo y se procedió a deshidratarse por medio de exposiciones directas de rayos solares, durante 15 días y así posteriormente metidas en sobres de papel, se introdujeron en la estufa de aire forzado a 60 grados centígrados, a deshidratarse lo más posible durante 48hrs. y una vez pesadas se procedió al molido y guardado de las muestras en bolsas de plástico.

Etapas 2.- Caracterización química proximal y de las curvas de fermentación, así como la determinación de niveles de calcio y fósforo del forraje hidropónico de cebada.

#### VARIABLES A EVALUAR

##### Métodos estadísticos:

-Rendimiento en fresco y base seca.

-Relación graso/forraje en fresco y materia seca. Se utilizó un diseño de parcelas divididas por tiempos con dos tratamientos y cuatro subtratamientos con tres repeticiones por subtratamiento, se compararon entre sí por medio de la prueba de Tukey ( $P<0.05$ ). (15)

-Los resultados obtenidos de la composición química proximal, de calcio y fósforo, se evaluaron por medio de análisis de varianza y los promedios de los tratamientos se compararon entre sí mediante la prueba de Tukey ( $P<0.05$ ). (15)

-Para las curvas de fermentación se utilizó un diseño de parcelas divididas por tiempo y los promedios de los tratamientos fueron comparados entre sí mediante la prueba de Tukey ( $P<0.05$ ). (15)

**Métodos de laboratorio:**

-Determinación de la composición química proximal según la técnica de Harris. (7)

-Determinación de calcio y fósforo según A.O.A.C. (1)

-Se determinaron las curvas de fermentación del forraje hidropónico por medio de la metodología propuesta por Tilley y Terry (17) modificada por Bérques y Riquelme (4) y se obtuvieron deteniendo la fermentación in vitro a las 1, 2, 4, 8, 12 y 24 hrs de iniciada la incubación. El inóculo utilizado se obtuvo de un bovino fistulizado y la saliva se obtuvo según la técnica de McConwell. (8)

## R E S U L T A D O S

Los resultados de la composición química obtenida del forraje hidropónico (base húmeda y base seca), de cebada a diferentes días de crecimiento (10, 15, 20 y 25), con y sin sustrato, se pueden observar en los cuadros 1 y 2, así como las figuras 1 a la 11; por otro lado la relación grano/forraje fresco, grano/forraje seco y gramos de forraje por metro cuadrado, se observan en el cuadro 4; la producción del forraje obtenido se puede observar en el cuadro 4, y en las figuras 12 y 13; los resultados en porcentaje de la digestibilidad in vitro del forraje hidropónico de cebada están comprendidos en el cuadro 3, así como las curvas de fermentación en las figuras, 14, 15, 16 y 17; los promedios de cada uno de los resultados con sustrato, sin sustrato y promedio general se pueden observar en el cuadro 5.

## CUADRO 1

ANÁLISIS FOTOGRAFICO DEL DESARROLLO DE CENICOS  
SIN SUSTRATO Y EN SU PRESENCIA EN CROCILOCYTUS CUBENSIS  
SIN SUSTRATO, REPRESENTADO EN PORCENTAJE.

SERIE 5258								
S U S T R A T O								
<u>C O N</u>				<u>S I N</u>				
D I A S D E G E R M I N A C I O N								
CONDICION	10	15	20	25	30	35	40	45
H.S.	10.0	12.0	18.75	1.15	10.25	10.05	10.38	17.6
HUN.	10.15	10.20	10.00	11.3	11.00	10.35	11.05	12.04
P.C.	17.00	11.10	12.75	22.10	15.15	15.50	11.37	20.10
E.E.	10.00	10.25	11.00	10.17	1.00	11.10	1.17	12.10
CEN.	1.75	1.15	1.4	11.00	1.75	1.5	1.30	1.30
P.C.	10.10	12.75	11.10	14.00	12.00	12.00	15.41	15.30
E.L.H.	17.00	17.07	16.10	12.10	11.17	10.10	11.38	11.30
T.M.D.	12.75	11.11	10.05	17.10	14.10	14.10	10.10	12.10
FyEg 100%	1.00	1.02	1.00	1.00	1.05	1.02	1.01	1.02
Ca.	1.15	1.00	1.20	2.10	1.07	1.10	1.10	1.10
P.	.70	.8	1.10	1.11	.87	.75	.87	.75

## CUADRO 2

ANÁLISIS AGROMOLÓGICO DEL GERMINADO DE CENizas  
DE LAS PLANTAS Y LAS RAÍZAS DE CROTON LEUCO, CON Y  
SIN SUSTRATO, REPRESENTADO EN PORCENTAJE.

MATERIAS	BASE NUMERICA							
	S U S T R A T O				S I N			
	C O N				S I N			
	D I A S D E G E R M I N A C I O N							
	10	15	20	25	10	15	20	25
P. C.	1.15	2.56	1.28	1.56	1.87	1.31	2.09	0.6
Z. K.	1.40	2.40	1.58	1.56	.54	1.87	1.52	1.41
CEH.	1.13	.77	.57	1.41	1.88	1.5	1.17	1.44
F. C.	1.38	1.53	1.48	1.5	1.41	1.44	1.52	1.32
K. L. H.	8.60	8.52	1.55	1.75	11.63	9.55	8.88	1.13
T. H. P.	17.19	18.98	9.32	7.54	13.55	17.18	12.67	4.18
P. S. S.	.75	.6	.68	.33	.41	.52	.58	.62

## CUADRO 3

Porcentaje de disponibilidad del crecimiento de plantas  
 # 508 2012449 # 25 días de crecimiento, con y sin  
 # 518 2012449.

		S U S T R A T O							
		<u>C O N</u>				<u>S I N</u>			
		D I A S D E G E R M I N A C I O N							
Eje. 10		15	20	25	10	15	20	25	
1	58.2	52.8	47.4	54.2	58.2	47.1	52.8	52.8	
2	58.8	54.7	48.1	55.8	58.8	48.1	53.0	53.3	
4	52.4	53.4	48.2	53.1	52.4	52.6	53.3	52.3	
8	54.2	52.2	52.3	48.2	54.2	52.2	53.3	52.3	
12	47.3	53.7	52.3	42.2	47.3	53.4	42.3	48.2	
24	45.8	44.7	42.3	44.2	45.8	43.8	42.3	46.3	

CUADRO 4								
DIFERENCIAS DEL PRODUCTO CON RELACION AL GRUPO DE 1950 DEL SECTOR DE SERVICIOS, CON O SIN ELECTRIFICACION.								
	S U S T R A T O				S I N			
	C O N				S I N			
	D E S D E D E R M I N A C I O N							
PERIODO	19	20	21	22	19	20	21	22
PRODUCTO	1.26	1.29	1.26	1.21	1.26	.71	.85	.77
PRODUCTO	.186	.184	.181	.185	.179	.177	.182	.188
SECTOR SERVICIOS CON O SIN ELECTRIFICACION	11.8.76	12.77	12.65	12.52	12.79	12.73	12.76	12.65
SECTOR SERVICIOS CON O SIN ELECTRIFICACION	11 5.27	11 6.42	11 6.20	11 6.05	11 5.28	11 4.54	11 4.70	11 4.84
SECTOR SERVICIOS CON O SIN ELECTRIFICACION	258.7	266	262.4	259	258.3	258	255	253
SECTOR SERVICIOS CON O SIN ELECTRIFICACION	473.4	372	366.4	364	461	355	377	366.4

Fig. N.º 117. Explicación: 200% de punto base y que una vez finalizada alcanza un peso de 100% por unidad.

© Decididamente en la escala de diez puntos a 20 puntos C. Grupos de 10 An.

C U A D R O 5			
EXPERIENCIA CON SUSTRATO, CON SUSTRATO Y GENERAL ENFERMEDAD 18.12.20 Y 25.12.20			
P R O M E D I O S			
ENFERMEDAD	C O M S U S T R A T O	S I M S U S T R A T O	GENERAL
H. B.	12.38%	18.02%	15.28%
B. H.	87.62%	81.98%	84.88%
P. C.	28.94%	17.65%	19.29%
E. E.	19.56%	18.98%	15.27%
C. H.	88.81%	86.83%	87.82%
P. C.	12.98%	14.21%	13.68%
E. L. M.	37.71%	58.32%	44.81%
T. H. D.	98.89%	88.39%	85.24%
P. C. de H. B.	83.96	83.53	83.75
C. a.	81.88%	81.67%	81.73%
P.	8.93%	8.73%	8.86%
ENFERMEDAD DE H. B.	0.52%	1.20%	1.68%
ENFERMEDAD DE H. B.	0.1461%	0.1582%	0.1521%
ENFERMEDAD DE H. B. DE H. B.	1:0.78	1:0.73	1:0.75
ENFERMEDAD DE H. B. DE H. B.	1:6.81	1:4.61	1:5.31
ENFERMEDAD DE H. B. DE H. B.	64.61%	64.36%	64.49%

FIGURA 1. % MATERIA SECA EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

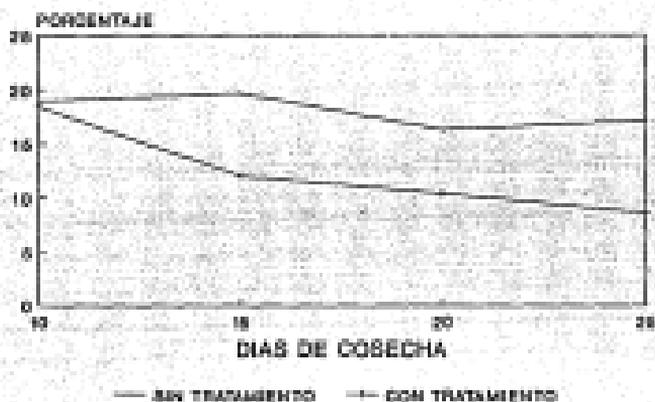


FIGURA 2. % DE HUMEDAD EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

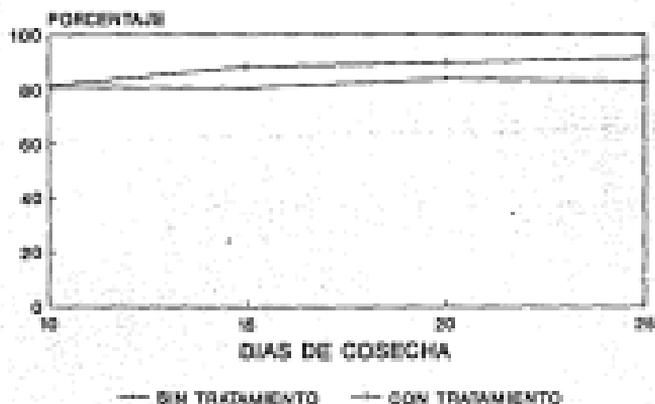


FIGURA 3. % DE PROTEÍNA EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

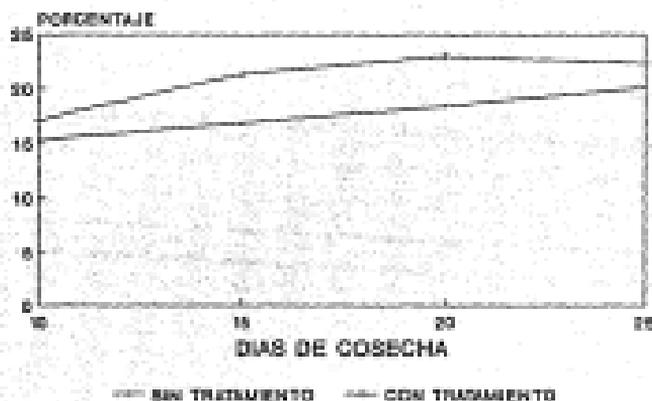


FIGURA 4. % DE GRASA CRUDA EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

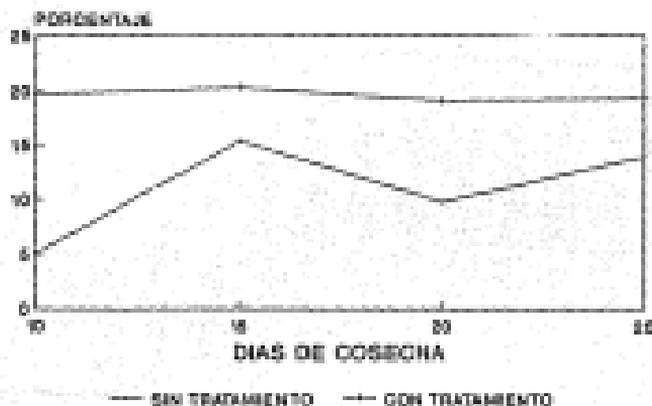


FIGURA 5. % DE CENIZAS EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

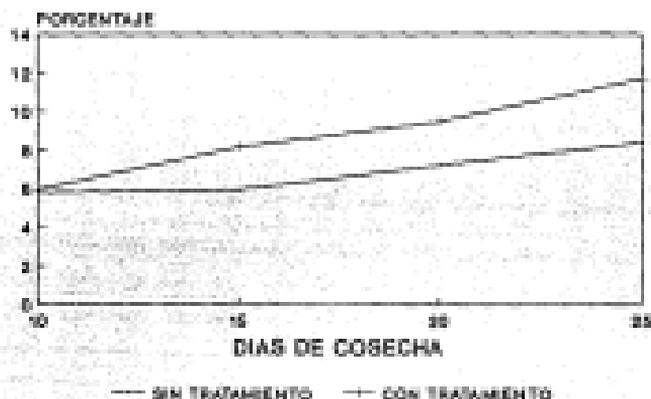


FIGURA 6. % DE FIBRA CRUDA EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

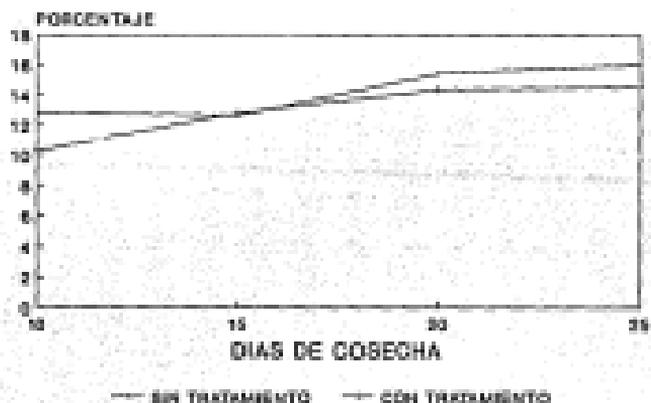


FIGURA 7. % DE E.L.N. EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

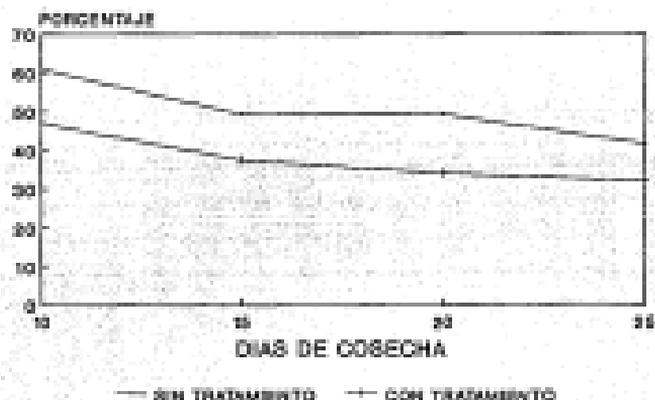


FIGURA 8. % DE T.N.D. EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

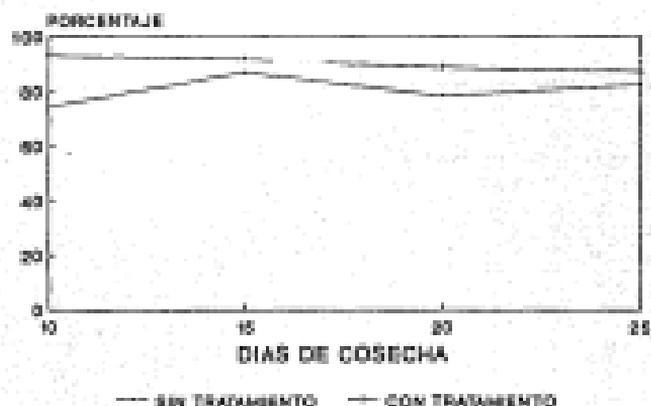


FIGURA 9. E.D. Mcal/Kg EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

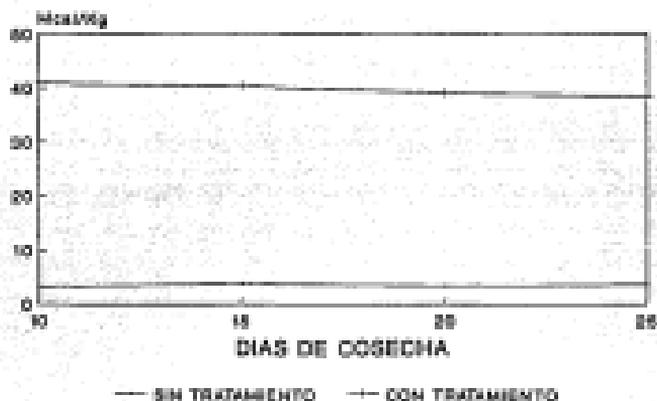


FIGURA 10. % DE CALCIO EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

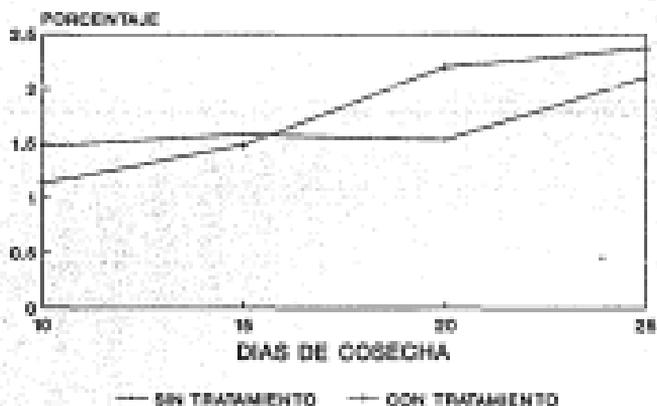


FIGURA 11. % DE FOSFORO EN GERMINADO DE CEBADA A 10, 15, 20 Y 25 DIAS.

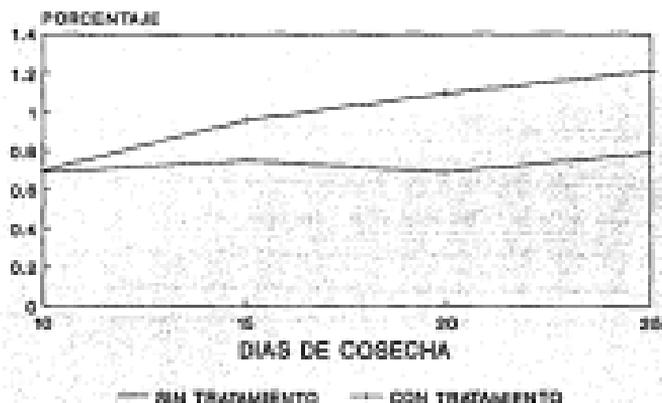


FIGURA 12. KILOGRAMOS DE FORRAJE FRESCO GERMINADO CEBADA A 10,15,20 Y 25 DIAS.

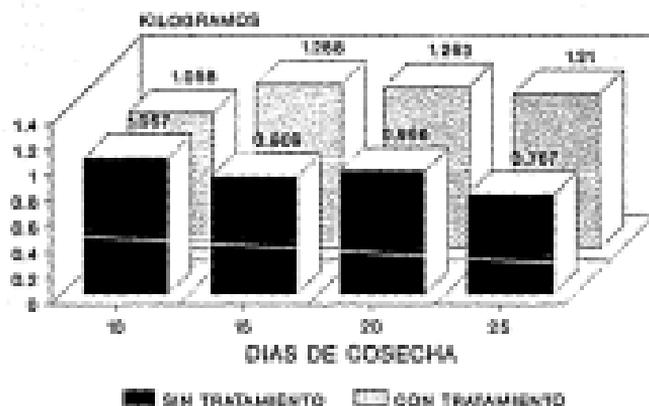


FIGURA 13. KILOGRAMOS DE MATERIA SECA GERMINADO CEBADA A 10,15,20 Y 25 DIAS.

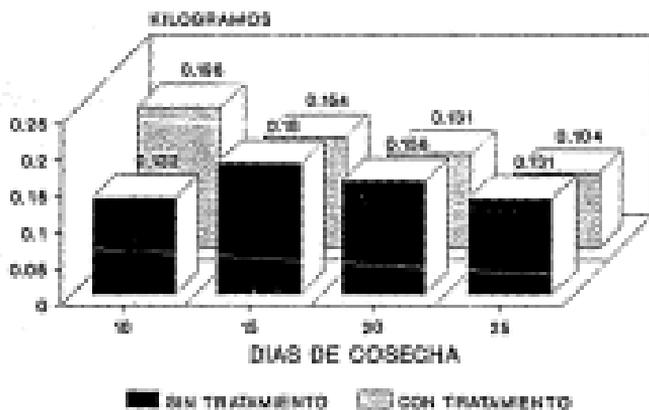
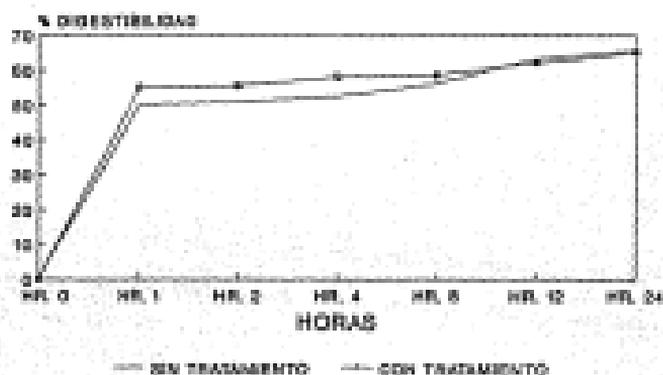
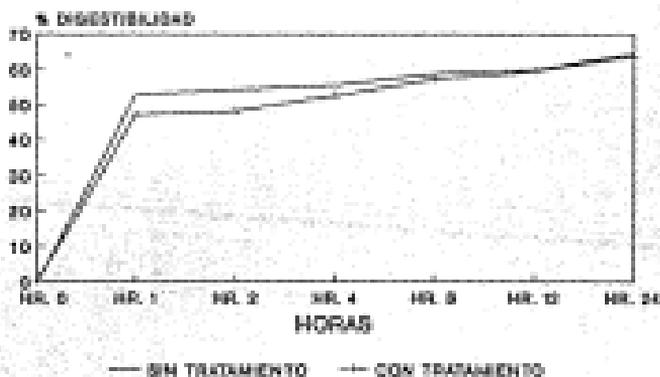


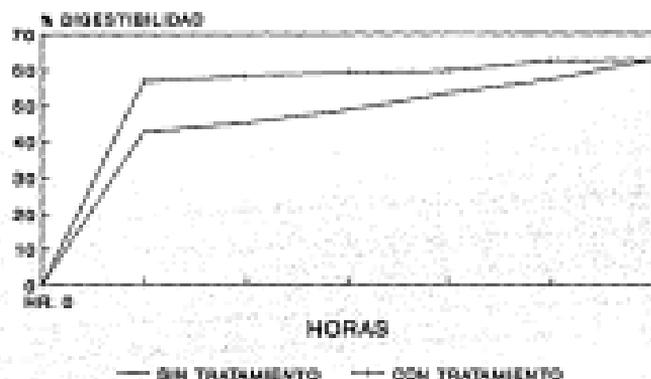
FIGURA 14. CURVA DE  
FERMENTACION A LOS 10 DIAS.



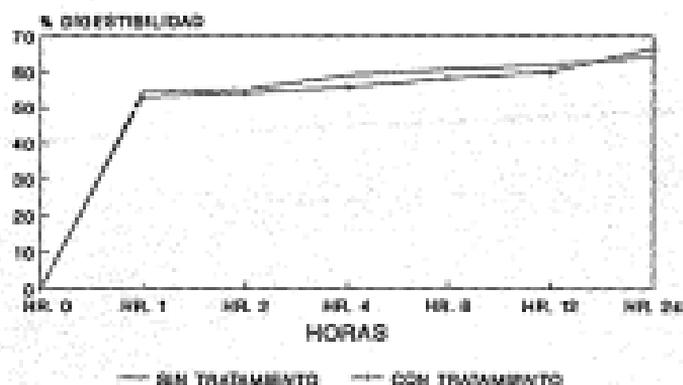
FIGURAA 15. CURVA DE  
FERMENTACION A LOS 15 DIAS.



**FIGURA 16. CURVA DE  
FERMENTACION A LOS 20 DIAS.**



**FIGURA 17. CURVA DE  
FERMENTACION A LOS 25 DIAS.**



## D I S C U S I O N

Es importante mencionar que en el germinado de cebada no se encontraron diferencias significativas en cada uno de los resultados que a continuación se mencionan, describiéndose los promedios de estos en el cuadro 5.

## PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO

En el cuadro 4, y la figura 12, se observa que la máxima cantidad de forraje obtenida es de 1.288g con sustrato a los 15 días de crecimiento, y la mínima a los 25 días de crecimiento con .736g sin sustrato; es notorio que a los 10 días de crecimiento se obtuvo 1.068g en los dos tratamientos (con y sin); en la siembra sin sustrato conforme van aumentando los días de crecimiento tiende a disminuir el forraje fresco; en la siembra con sustrato conforme va en aumento los días de crecimiento tiende a obtenerse mayor forraje fresco.

## PRODUCCION DE FORRAJE SECO

Estos datos se encuentran en el cuadro 4, y la figura 11; el peso seco fue tomado previo deshidratado en la estufa de aire forzado a 60 grados c. durante 48hrs. y se obtuvieron los siguientes resultados: Con sustrato se comportó en forma descendente, obteniéndose el máximo a los 10 días de crecimiento con .1988g; en el germinado sin sustrato se comportó inconstante y se obtuvo el máximo de peso a los 10 días de crecimiento con .1991g.

**RELACION GRANO/TORRAJE**

Dentro del cuadro 4, se encuentra que el día 10 de crecimiento hay una producción en grano seco/torraja seco, de casi de 1:1, mientras que con el resto de los días de crecimiento se mantuvo una tendencia descendente; grano seco/torraja fresco en el germinado sin sustrato mantuvo una tendencia progresiva descendente con ligero aumento ascendente en el día 20 de crecimiento, en el germinado con sustrato hay mayor producción en términos generales, en comparación al de sin sustrato, notándose que en el día 20 de crecimiento se obtiene la máxima producción con 1:0.40, Ceballos menciona 1:3.11 (5)

**MATERIA SECA**

El porcentaje de materia seca se aprecia en el cuadro 1, y la figura 1, en el germinado con sustrato se puede observar una tendencia uniformemente descendente, obteniéndose el máximo a los 10 días de crecimiento con 18.46%; en el germinado sin sustrato su comportamiento fue inconstante y notoriamente más alto el porcentaje obteniéndose el máximo en el día 10 de crecimiento con 19.65%. Ceballos y Sánchez mencionan 19.23% y 22% respectivamente. (3,14)

**HUMEDAD**

El porcentaje de humedad aparece en el cuadro 1, y se representa en la figura 2, en el germinado con sustrato se comportó en forma inconstante, pero en forma general con menor porcentaje que con sustrato, el menor fue a los 10

días de crecimiento con 81.05%; el mayor se encuentra en el día 15 de crecimiento con sustrato y obtuvo 91.35%. Ceballos encontró 80.77%. (5)

#### PROTEINA CRUDA (BASE SECA)

Como se puede apreciar en el cuadro 1, figura 3, el germinado con sustrato obtuvo los mayores porcentajes de proteína cruda, siendo el día 20 de crecimiento donde se observa el mayor porcentaje con 22.59%, notándose una ligera tendencia decreciente en el día 25 de crecimiento; en el germinado sin sustrato mantuvo también uniformemente una tendencia ascendente siendo el mayor a los 25 días de crecimiento con 10.10%. Sáenz menciona 14.81%. (13)

#### EXTRACTO ETIÉRIDO (BASE SECA)

En el cuadro 1, y la figura 4, se puede apreciar que el porcentaje de grasa en el germinado con sustrato fue notoriamente mayor, siendo 20.23% el mayor para el día 15 de crecimiento, se nota un comportamiento inconstante en los cuatro subtratamientos; en el germinado sin sustrato se comportó también inconstante obteniéndose el máximo porcentaje el día 25 de crecimiento con 13.82%. Por otro lado es importante observar que los porcentajes menores fueron de 19.08% y 5.85%, con y sin sustrato respectivamente, en virtud de que Ceballos encontró 4.82% y Martínez 4.17% y 4.14% a los 10 y 15 días respectivamente. (5,10)

**CENIZAS (BASE SECA)**

En el cuadro 1, y la figura 5, se puede apreciar que, en el porcentaje tanto con sustrato como sin sustrato, tuvieron un comportamiento con tendencia ascendente obteniéndose el máximo porcentaje en cada uno de 11.68% y 8.38% respectivamente, esto fue al día 25 de crecimiento para los dos sustratos. Ceballos menciona 4.35%, Martínez 6.56% y 7.44% en el día 10 y 15 respectivamente. (5,10)

**FIBRA CRUDA (BASE SECA)**

En el cuadro 1, y la figura 6, se puede apreciar que el porcentaje con sustrato mantuvo una tendencia ascendente con un máximo de 14.48% en el día 25 de crecimiento, sin embargo sin sustrato fue mayor con 15.98% el mismo día de crecimiento, pero con ligera tendencia descendente en el día 15 de crecimiento. Ceballos menciona 17.30%. (5)

**M.L.N. (BASE SECA)**

En estos datos se puede apreciar en el cuadro 1, y la gráfica 7, que el porcentaje con sustrato muestra una tendencia descendente, por lo que a los 10 días de crecimiento se encuentra el máximo con 47.60%; sin sustrato se observa una tendencia descendente, pero el día 30 de crecimiento asciende levemente, el máximo porcentaje se encontró a los 10 días de crecimiento con 41.07%. Ceballos menciona 59.19%. (5)

**T.M.D. (BASE SECA)**

En el cuadro 1, y la figura 8, muestran en el germinado con sustrato una tendencia descendente, siendo a los 10 días de crecimiento el máximo porcentaje, equivalente a 92.99%; en el de sin sustrato se observó a los 15 días de crecimiento el máximo porcentaje con 86.72%, el comportamiento por lo tanto es inconstante como se puede apreciar. Sánchez menciona 80%. (14)

**E.D. Hcal/Xg de H.S. (BASE SECA)**

En el cuadro 1, y la figura 9, muestran en el germinado con sustrato una tendencia descendente, siendo a los 10 días de crecimiento el máximo nivel equivalente a 4.09; en el de sin sustrato se observa el máximo a los 15 días de crecimiento con 3.38, sin sustrato se comporta inconstante. Seimz menciona 3.18. (13)

**CALCIO**

En el cuadro 1, y la figura 10, muestran en el germinado con sustrato una tendencia ascendente, siendo a los 25 días de crecimiento el máximo porcentaje equivalente a 2.37%; sin sustrato el comportamiento fue inconstante con un máximo de porcentaje a los 25 días de crecimiento equivalente a 2.10. Caballos menciona .87%. (5)

**FOSFORO**

En el cuadro 1, figura 11, muestran en el germinado con sustrato una tendencia ascendente, siendo a los 25 días de crecimiento el máximo porcentaje equivalente a 1.21%; en el de sin sustrato se observa un comportamiento inconstante,

encontrando el máximo porcentaje en el día 15 de crecimiento con .79%. Ceballos menciona .851%. (5)

#### **BASE HÚMEDA**

En el cuadro 3, se encuentran los resultados del análisis bromatológico del germinado de cebada, base húmeda, en donde se puede apreciar que todos los datos obtenidos del germinado con sustrato guardaron una tendencia uniformemente ascendente, por ende, el día 10 de crecimiento reporta el máximo porcentaje; con lo que respecta a sin sustrato en esta misma base húmeda, se observa una tendencia ascendente en cenizas, F.C., y en E.D. K cal/Mg de M.S., por lo tanto el día 10 de crecimiento se localiza el máximo porcentaje, pero en P.C., E.E., E.L.M., y T.H.D. se comportaron inconstantes, a excepción de E.L.M. que presentó el máximo en el día 10 de crecimiento.

#### **DIGESTIBILIDAD in-vitro**

En el cuadro 3, y las figuras 14, 15, 16, y 17, se puede apreciar el comportamiento de la fermentación en la digestibilidad in-vitro: conforme van en aumento los días de crecimiento o las horas de fermentación, se comporta con tendencia ascendente el porcentaje de digestibilidad; por lo anterior se puede observar que al avance de las horas de fermentación y los días de crecimiento, son directamente proporcionales al aumento del porcentaje de digestibilidad, a excepción del germinado con sustrato a los 15 días de crecimiento, que mostró una tendencia descendente en todas las horas de la fermentación, al germinado sin sustrato le

sucedió de igual forma a excepción de (los a 15 días de 1 y 2 hrs., a los 25 días de 8Hrs., a los 15 días de 12 hrs., a los 30 días de 24 hrs.), que se comportaron con tendencia descendente: el porcentaje más elevado se sucedió al día 25 de crecimiento y a las 24 hrs. de fermentación con 66.73% de digestibilidad. Caballos menciona 34.61%, 35.75%, 52.33%, 55.94%, 55.23%, 64.96% a las 1, 2, 4, 8, 12 y 24hrs respectivamente. (5)

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

L I T E R A T U R A C I T A D A

- 1.- A.O.A.C.: Official Methods of Analysis Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C. U.S.A. 1975.
- 2.- Anónimo.: Hidroponía cultivo sin suelo. Agro-Sintesis, 12 (9): 52-53 (1982).
- 3.- Bentley, M.: Comercial hidroponics. Facts and figures. Rondon Books-Johannesburgh, South Africa., 1956.
- 4.- Bórquez, G.J.L.: Formulación de raciones para rumiantes en base a la tasa de fermentación in-vitro de los ingredientes. Tesis de maestría. Colenio de Postgraduados, U.A.CH. Chapinigo, México. 1980.
- 5.- Ceballos, G.A.: Evaluación nutricional de forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale en laboratorio. Tesis licenciatura, Esc. de Med. Vet. y Zoot. U.F.A.M. 1989.

- 6.- Harris, D. A.: Commercial hydroponic fodder growing in South Africa. Third international congress on soilless culture. Sassari, 191: 75-82. Sassari, South Africa 1973.
- 7.- 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.
- 8.- Esterwal, G.O.: Hidropocia, "Cultivo de plantas sin tierra" Editorial Albatros. Buenos Aires, República Argentina 1969.
- 9.- Ibarzábal, C.: " Hidroponia nueva agricultura sin tierra. Geo. Unív., 1 (6): 667-669 (1976).
- 10.-Martinez, R.I.: Estudios de avena (Avena sativa), cebada (Hordeum vulgare var. var) y amaranto (Amaranthus hypocondriacus) como forrajes. I.T.E.S.A. 1967.
- 11.-Ramos, V.C.O. y Aguilár, A.E.: La agricultura de riego en México. Situación actual y perspectivas. Seminario, Iberoamericano de riego y drenaje. Madrid, España. 275-277. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid, España (1982).

- 12.-Sánchez, C.A.: Alisbramiento sin problemas con germinados de cebada. Sanchus y Piarra, 1 (35): 69-73- (1984).
- 13.-Sánchez, C.A.: Germinados en vez de alfalfa. Agro-Export., 2 (35): 49-54 (1984).
- 14.-Sánchez, M.A. y Sánchez, D.C.: Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en hidropónia. Chapingo, Nueva Época., (27,28): 66-73 (1981).
- 15.-Steel, R.G.D. and Torrie, J.H.: Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book. New York. 1980.
- 16- Tejada, E.I.: Alternativa para uso de cereales para la alimentación de pollos y cerdos. Segundo Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. Veracruz Ver. 1981 PN/2.3 Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. México D.F. 1981.
- 17.-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: 103-111 (1963).