

125
24

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



EVALUACION NUTRICIONAL IN-VITRO DE FORRAJE
HIDROPONICO DE AVENA, CON DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE POTASIO COMO SUSTRATO.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A
MARTIN GERARDO LOPEZ SAUCEDO

Asesores:

MVZ. JUAN MANUEL CERVANTES SANCHEZ
MVZ. HUMBERTO TRONCOSO ALTAMIRANO



MEXICO, D. F.

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
HIPOTESIS.....	13
OBJETIVOS.....	13
MATERIAL Y METODOS.....	14
RESULTADOS.....	15
DISCUSION.....	16
CUADROS.....	20
FIGURAS.....	25
LITERATURA CITADA.....	33

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pagina
CUADRO 1. RENDIMIENTO EN BASE HUMEDA Y BASE SECA DEL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA CON DIFERENTES NIVELES DE POTASIO.....	20
CUADRO 2. EFECTO DEL NIVEL DE POTASIO SOBRE LA COMPOSICION QUIMICO PROXIMAL DEL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA.....	21
CUADRO 3. RENDIMIENTO DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA POR CHAROLA (464 cm ²).....	22
CUADRO 4 RENDIMIENTO DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA CON DIFERENTES NIVELES DE POTASIO POR m ²	23
CUADRO 5. DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA.....	24
FIGURA 1. PESO DEL FORRAJE FRESCO.....	25
FIGURA 2. PESO DEL FORRAJE SECO.....	25
FIGURA 3. RENDIMIENTO y FORRAJE FRESCO-y SEMILLA.....	26
FIGURA 4. RENDIMIENTO y FORRAJE SECO-y SEMILLA.....	26
FIGURA 5. HUMEDAD.....	27
FIGURA 6. MATERIA SECA.....	27
FIGURA 7. PROTEINA CRUDA.....	28
FIGURA 8. EXTRACTO ETereo.....	28
FIGURA 9. CENIZAS.....	29
FIGURA 10. FIBRA CRUDA.....	29
FIGURA 11. E.L.N.....	30

FIGURA 12. T.N.D.....	30
FIGURA 13. ENERGIA DIGESTIBLE.....	32
FIGURA 14. DIGESTIBILIDAD.....	33

RESUMEN

LOPEZ SAUCEDO, MARTIN GERARDO. Evaluación nutricional in-vitro de forraje hidropónico de avena, con diferentes concentraciones de potasio como sustrato (bajo la dirección de los M.V.Z. Juan Manuel Cervantes Sanchez y Humberto Troncoso Altamirano).

El presente trabajo se realizó en el Depto. de Nutrición Animal y Bioquímica de la F.M.V.Z. de la U.N.A.M. Los objetivos de la presente investigación fueron; evaluar el rendimiento, determinar la composición química proximal y evaluar la digestibilidad in-vitro, de un forraje hidropónico de avena con diferentes concentraciones de potasio como sustrato. Se utilizaron 5 tratamientos con diferentes concentraciones de potasio (000, 100, 200, 300 y 400 ppm), empleándose la técnica de cultivo en agua llamado hidropunia, se cosecho a los 12 días de crecimiento y se evaluó el peso obtenido en base seca y base húmeda así como el rendimiento gramo grano-gramo forraje en fresco y en seco. Posteriormente se realizó análisis químico proximal y digestibilidad in-vitro. Los resultados se analizaron por medio de un análisis de varianza, utilizando un diseño completamente al azar para el rendimiento y el análisis químico proximal y un diseño de parcelas divididas para la digestibilidad. Los resultados máximos obtenidos fueron, para el forraje fresco 898.00 g en el tratamiento 4, para el forraje seco 274.50 g en el tratamiento 3, el rendimiento g semilla-g forraje fresco fue de 1:4.53 en el tratamiento 4 y el rendimiento g semilla-g forraje seco 1:1.386 y en el tratamiento 3, la humedad mostro 70.04% en el tratamiento 4, la materia seca 31.16% en el tratamiento 3, F.C. 12.92% en el tratamiento 3, E.E. 11.86% en el 5, ceniza 6.04% en el 5, F.C. 21.19 en el 4; no habiéndose encontrado diferencia estadísticamente significativa más que en ceniza y fibra cruda. La digestibilidad presentó en promedio a la hora 1 35.47%, a la hora 2 37.82%, a la hora 4 41.22%, a la hora 8 47.82%, a las 12 horas 57.11% y a las 24 horas 64.63%. Siendo el tratamiento 5 el de mayor digestibilidad a la horas 1, 2, 4, 8 y 12 mientras que a las 24 horas la mayor digestibilidad fue el tratamiento 4. La digestibilidad presentó diferencia estadística significativa.

INTRODUCCION

Se dice que la República Mexicana posee todos los climas que hay en el mundo. En efecto, por su posición geográfica está colocada entre la zona templada y la zona caliente; sin embargo, la misma irregularidad en el suelo, la variada disposición de las tierras, los vientos reinantes, la abundancia o escasez de lluvias, dan lugar a gran variedad de climas. Se afirma que el clima de México es el principal enemigo de la actividad agropecuaria, pues un 60.7% del territorio es de clima seco, 26.2% es de carácter templado y 13.1% tropical lluvioso. Una clasificación más conservadora adjudica 50.8% a los climas secos o extratropicales, 20.3% a los templados y 28.9% a los de carácter tropical (incluyendo 13.1% de trópico húmedo). En el conjunto nacional solo 13% tiene lluvias abundantes en diversas estaciones del año. El uso actual del suelo susceptible de aprovecharse para el pastoreo depende de su capacidad de carga animal por hectárea y los rendimientos obtenidos en el desarrollo de los pastos. Estos factores determinan el coeficiente de agostadero, el cual en la República Mexicana es de una media de 17 ha. por unidad animal; en zonas áridas y semiáridas es de 15 a 30 ha. por cabeza en terreno bueno y hasta 50 ha. en terreno malo, en zonas templadas es de 5 ha. en terreno bueno y 10 ha. en terreno malo, en trópico húmedo se necesita 1 ha. por cabeza y en trópico seco entre 4 y 10 ha. por cabeza (15,18).

En los sistemas de producción de ganado bovino prevaletentes en las zonas áridas y semiáridas de México, la eficiencia productiva de los hatos se ve limitada por la baja

eficiencia productiva de los animales mantenidos en agostadero, esta se ve afectada principalmente por dos factores que son: la mala nutrición durante la gestación y durante la lactancia. Los zacates nativos de las zonas áridas y semiáridas de México pueden considerarse en lo general como de crecimiento de verano. Dentro del periodo vegetativo que marcan la última y la primera heladas de cada año, el crecimiento rápido no empieza sino hasta que inicia la temporada de lluvias, esta abarca un periodo relativamente corto, desde mediados del verano hasta mediados del otoño, por lo que la temporada de forraje verde en un pastizal comprende solamente tres o cuatro meses en el año, y el resto se considera como época de sequía. En la fisiología vegetal, el agua es de suma importancia en muchos aspectos, ya que como principal solvente universal, disuelve todos los minerales contenidos en el suelo. Además constituye el medio por el cual los solutos entran en la planta y fluyen por los tejidos, y al permitir la solución y la ionización, aumenta considerablemente la reactividad química tanto de los compuestos sencillos como de los elaborados. Asimismo constituye el material de sustrato en la fotosíntesis y es esencial para el mantenimiento de la turgencia, sin la cual las células no podrían trabajar activamente. También es realmente necesaria para la simple existencia pasiva del protoplasma, ya que muy pocos tejidos pueden sobrevivir si su contenido de agua se reduce a un 10%. La humedad del suelo representa un aspecto muy importante del ambiente de la planta, ya que las respuestas a las variaciones son muy diversas; la humedad comienza a influir en las plantas incluso antes de su germinación, ya que las semillas de muchas de ellas deben tener

contacto con el suelo húmedo pocos días después de su maduración o de lo contrario, perecen. Por consiguiente, dichas plantas únicamente abundan donde la sequía del suelo es muy ligera. Las semillas de otras especies que se deshidratan durante su vida latente no podrán germinar con facilidad a menos que la humedad del suelo exceda la capacidad de campo durante un tiempo determinado. Esto se debe a que las semillas pueden agotar el agua para el crecimiento únicamente en los lugares donde hacen contacto con las partículas del suelo ya que el agua capilar es inmóvil y se encuentra a la capacidad del suelo o por debajo de ella, así no podrá obtener la humedad suficiente de estos puntos para extender sus raíces. A medida que se va secando el suelo disminuye el movimiento de los iones nutritivos hacia las raíces en el flujo de masa de agua, e incluso la difusión se entorpece a causa de las conexiones cada vez más sinuosas alrededor de los poros llenos de gas. Por consiguiente la deficiencia nutritiva se vuelve más importante que la reducida disponibilidad de agua para el crecimiento rápido de las plantas en suelos relativamente infértiles. Durante la época de sequía los ganaderos tienen que satisfacer las deficiencias nutritivas por falta de zacates proporcionando al ganado complementos alimenticios (7,9,19).

El reciente desarrollo de cultivo de forrajes hidropónicos ofrece a los productores de ganado el potencial para usar semillas de cereales para producir forraje fresco durante todo el año, sin importar las condiciones climáticas persistentes en la zona; en la producción de cereales, la avena (Avena saliva) es uno de los más importantes del mundo ocupando el cuarto lugar en producción después del trigo, el arroz y el maíz. Este cereal

tiene múltiples aplicaciones, ya sea en alimentación humana o principalmente en la animal, para la cual se utiliza tanto en grano como en forraje fresco, achicalado o henificado. La hidroponia no es un método nuevo, pues se remonta a la época de los griegos y los romanos que hacían germinar semillas para alimentar al ganado. La posibilidad de cultivar plantas sin tierra, fue admitida en el pasado por hombres de ciencia dedicados a la botanica pura. En 1699, Woodward logró hacer crecer "hierba buena" en agua solamente, quedando establecida su más antigua fecha (1,4,12,14,21)

Pero ha sido en los últimos treinta años que la "quimicultura" (como se le llamaba antes) adquirió jerarquía de arte y de industria, plena de realidades prácticas y de promisorias perspectivas. Se entiende por cultivo sin tierra el método que consiste en proveer a las plantas los alimentos de que tienen necesidad para su crecimiento, no por medio de su habitáculo natural, la tierra, sino por intermedio de una solución sintética de agua y de sales minerales diversas. Hace cincuenta años, en experiencias que han quedado clásicas, Raulin para los hongos, Sachs y Knop para los vegetales superiores, habían demostrado que los vegetales eran susceptibles de crecer y alcanzar su pleno desarrollo en agua en donde se había disuelto cierto número de sales minerales en cantidades adecuadas. La tierra resulta un medio complejo que incluye materias minerales más o menos solubles según el grado de humedad y de acidez del ambiente, sustancias orgánicas y microorganismos, formándose interacciones que hacen difícil el análisis de un factor determinado. Al contrario, es posible establecer la composición

de una solución hidropónica con un rigorismo muy grande. La hidropónia permite vigilar el grado de acidez o alcalinidad que conviene a la planta, según las necesidades de cada especie. El cultivo hidropónico ha beneficiado la mejor obtención de las plantas forrajeras. El laboreo y la fatiga debidos a una explotación intensiva, quedan suprimidos. La fertilización y el riego, son remplazados por prácticas justificables de una dosificación precisa. 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 escardeos evitados en consecuencia. Además que algunas operaciones pueden ser realizadas automáticamente con extraordinaria economía de mano de obra. Así mismo, la hidroponia tiene un balance ideal de aire agua y nutrientes, humedad uniforme, es independiente de los factores climáticos, hay gran ahorro de agua y si los animales se alimentan de hidroponia todo el año no hay contaminación por parásitos y se reduce la contaminación ambiental. En lo que se refiere al aumento del rendimiento, puede afirmarse, en primer término, que es posible referir a los cultivos hidropónicos los rendimientos obtenidos en los cultivos ordinarios con la seguridad de superarlos con creces en todos los casos, ya que 40cm² producen 1 ton. de forraje al año (6,12,14).

Quando se obtienen cultivos en la tierra, para tener un máximo rendimiento debe enriquecerse. Desde tiempos inmemoriales se ha utilizado estiércol, desechos vegetales y otros agentes para obtener buenas cosechas. Los fertilizantes artificiales sirven para ello, en la hidroponia la ración alimenticia exacta de las plantas esta calculada y llega a las raices sin desper-

dicio posible. Cabe recordar que los vegetales superiores son capaces de construir las complicadas moléculas de sus tejidos esencialmente a partir del oxígeno del aire, del agua y elementos minerales. Además de carbono, hidrógeno y oxígeno, los que durante la fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono y agua, son incorporados en compuestos orgánicos, el organismo vegetal requiere para su metabolismo, especialmente para la formación de sustancia propia, otros elementos: los no metálicos: N, S, P, como también los metálicos: K, Ca, Mg, Fe. Además, que la mayoría de las plantas necesitan para su desarrollo normal los llamados "microelementos" u "oligoelementos": Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co. Todos estos elementos son clasificados como esenciales, puesto que cada uno es indispensable para el desarrollo normal de las plantas. Las necesidades normalmente son cubiertas a través de ciertas sales minerales ("sales nutritivas"), las que son absorbidas en forma disueltas como cationes K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y Fe^{++} y como aniones NO_3^- , SO_4^{--} y PO_4^{---} . En este proceso participa en algas y plantas acuáticas sumergidas toda la superficie; en plantas terrestres (cromófitos) solo la raíz. Para muchas plantas la sola disponibilidad de todos los elementos esenciales en forma de iones apropiados en el suelo todavía no es suficiente. Mas bien sus cantidades deben estar presentes en una relación óptima unos con otros, no debiendo al mismo tiempo la concentración iónica total, por razones osmóticas, traspasar cierto valor. La absorción de las sales por las raíces puede ser de una forma pasiva o activa, la pared celular, el espacio intercelular y los vasos xilemáticos constituyen el apoplasto. Allí se forma un "espacio libre aparente" en donde las sales circulan en forma pasiva y libre. La

entrada o salida de los iones depende de un gradiente de difusión, es decir que las sales se van moviendo según las diferencias de concentración que hay entre un punto y otro. La absorción de iones por las células, de la raíz es un proceso complejo. Fundamentalmente, el plasmalema sirve como la primera barrera fisiológica, que se opone a la difusión simple de iones al interior del citoplasma. Otras barreras a la difusión deben ser vencidas en el transporte de iones sobre distancias largas, desde la raíz hasta los órganos vegetales epigeos, o bien, durante la secreción al vacuolo. Este proceso activo, que requiere de energía, de la absorción de los iones por el citoplasma y el vacuolo, se lleva a cabo en forma selectiva y frecuentemente en contra de un gradiente de concentración. La absorción activa de iones en el citoplasma o también en uno de sus compartimentos, implica el transporte por membranas. Estas forman para todas las partículas hidrófilas ionizadas, barreras fisiológicas que pueden ser vencidas solamente mediante el consumo de energía. Para suministrar al metabolismo celular con los iones indispensables, debe efectuarse "trabajo osmótico" o "trabajo de concentración", siendo la energía necesaria proporcionada en forma de ATP, probablemente mediante fosforilación oxidativa (12,17,20).

En la actualidad se comienza a estudiar la importancia del equilibrio de diversos iones en las plantas (entre ellos el potasio) en los cultivos hidropónicos. El potasio es un mineral que se encuentra en depósitos profundos de la tierra, en lagos salados y en las profundidades del mar. A causa de su pequeña electronegatividad no existe en la naturaleza en su estado libre,

en cambio está muy repartido en forma de combinaciones. El potasio se encuentra en toda la materia viva y es usado como fertilizante, proveniente de abono animal, residuos vegetales y cenizas de maderas. Sin embargo fue reconocido como elemento esencial para el crecimiento de las plantas desde principios del siglo XIX. Más recientemente está reconocido como esencial para la salud de todos los animales y vegetales, como un elemento básico para el funcionamiento fisiológico celular.

Como un elemento esencial para el crecimiento de las plantas el potasio a diferencia del nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, no entra en combinaciones orgánicas permanentes en la planta, pero existe, para la mayor parte, como sales solubles inorgánicas y orgánicas. el potasio mineral pasa primero liberándose en una forma llamada cambiante, es decir, deja de estar fijado a las moléculas minerales complejas y pasa a su forma catiónica K^+ (2,12,13,20).

El potasio es absorbido por las plantas en su forma catiónica, (K^+). La absorción está relacionada con la concentración de otros cationes, como el caso del magnesio (Mg^{++}), por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad. Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células forma sales con ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna. En algunas plantas jóvenes esta función puede ser reemplazada por otros cationes como el litio (Li^+) y el sodio (Na^+), pero siempre de una forma

restringida, es decir antes de los efectos tóxicos que puedan traer colateralmente.

Es generalmente reconocido que, directa o indirectamente el potasio es un factor en la asimilación de dióxido de carbono por las plantas. A partir de la importancia fisiológica del potasio, en el metabolismo y catabolismo vegetal, se deducen los problemas o trastornos ocasionados por su deficiencia:

- Disminución de la fotosíntesis (producción de la materia orgánica) y aumento de la respiración (destrucción de la materia orgánica).

- Disminución del traslado de azúcares a la raíz (por una disminución de la síntesis de azúcares).

- Acumulación de compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, pues no se produce una síntesis de proteínas (y uniones peptídicas).

- Aparición, en las células de las hojas, de sustancias catabólicas, como putreína, que indica los procesos de muerte celular y de los tejidos, es decir necrosis de los tejidos vivos. Las hojas viejas muestran síntomas de deficiencia tempranamente, manifestándose por clorosis, seguida de necrosis, primero alrededor del borde y puntas de las hojas, posteriormente se dirige hacia la parte central.

- Se promueve la susceptibilidad al ataque por hongos (enfermedades que criptogámicas) pues disminuye la presión osmótica de las células, favoreciendo la entrada de patógenos (13,20).

Los síntomas que presentan los vegetales ante las deficiencias de potasio se pueden generalizar en:

- Reducción general del crecimiento.
- Los tallos y la consistencia general de las plantas son de menor resistencia física. La rigidez del tallo está relacionada con una adecuada suplementación de potasio.
- Los frutos y semillas reducen su tamaño y calidad por una deficiencia en la síntesis.

Las deficiencias del potasio, una vez sintomatizadas en la planta indican una carencia elevada del elemento; se produce incluso, antes de los síntomas, una baja en el crecimiento y desarrollo de la planta si hay una carencia real. Una abundancia de este elemento se manifiesta con las siguientes características:

- Mayor crecimiento y vigor.
- Buen desarrollo de flores, frutos y semillas.
- Resistencia al frío y enfermedades criptogámicas.
- Aumento en la calidad de los frutos.

Las sales potásicas de yacimientos tienen un contenido variable de potasio, en su forma de unidad fertilizante (K_2O), entre el 9 y el 30%. Las sales minerales reciben un proceso de depuración y un tratamiento químico para ser transformadas en los distintos fertilizantes corrientes que son:

- Cloruro de potasio (ClK).
- Sulfato de potasio (SO_4K_2).
- Nitrato de potasio (NO_3K).
- Metafosfato potásico (PO_3K) (13,20).

La hidroponía es un método que se ha utilizado principalmente para la producción de hortalizas y flores, pero que se ha utilizado en forma muy limitada para la producción de forrajes.

Es por eso que este trabajo está encaminado a conocer la cantidad necesaria de sustrato potásico, para producir forraje hidropónico de avena de mejor calidad nutricional.

HIPOTESIS

Hipótesis casual: La concentración del sustrato potásico determina el crecimiento, el rendimiento, la composición químico proximal y la curva de fermentación del forraje hidropónico de avena

Hipótesis estadística: $H_0; M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = M_5$.

H_a ; Al menos una es diferente.

OBJETIVOS

Los objetivos de la presente investigación fueron

- 1.- Evaluar el rendimiento del forraje hidropónico de avena, diferentes concentraciones de potasio como sustrato.
- 2.- Determinar la composición químico proximal del forraje hidropónico de avena.
- 3.- Evaluar la digestibilidad in-vitro de la materia seca del forraje hidropónico de avena.

MATERIAL Y METODOS

Se desarrolló el trabajo en el departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la F.M.V.Z de la U.N.A.M.

Mediante la técnica de cultivo hidropónico se produjo forraje hidropónico de avena, al que se le agregó potasio como sustrato (a través de una solución de hidróxido de potasio), a diferentes concentraciones: testigo (000 ppm), 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm y 400 ppm. se sembraron 198g de semilla por repetición y se cosecho a los 12 días de crecimiento, para evaluar la producción de forraje hidropónico; utilizando un diseño completamente aleatorio con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, los promedios se compararon entre sí por medio de la prueba de Tukey, $P(<0.05)$ (22).

En esta etapa se evaluaron; a) El rendimiento de forraje fresco y forraje seco y b) relación gramo-grano/gramo forraje fresco y forraje seco.

Posteriormente se determinó la composición química proximal (P.C., F.C., E.E., cenizas, M.S., humedad, T.N.D., E.D., E.L.N.,) según la técnica de Harris. Para después determinar las curvas de fermentación mediante la técnica de Tilley y Terry, modificada por Borquez y Riquelme, utilizando para esto un diseño estadístico de parcelas divididas en función al tiempo (0, 1, 2, 4, 8, 12, 24 horas) y las diferencias entre los promedios de tratamientos se analizaron mediante la prueba de Tukey $P(<0.05)$ (3,10,22,23).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cuanto a peso de forraje fresco y peso de forraje seco estan expresados en el cuadro 1, así mismo en este cuadro se encuentran expresados los resultados del rendimiento de forraje fresco por gramo de semilla y el rendimiento de forraje seco por gramo de semilla. El cuadro 2 muestra la composición química proximal del forraje hidropónico de avena a diferentes niveles de potasio. La producción de nutrientes por charola estan expresados en el cuadro 3 y la producción de nutrientes por metro cuadrado esta expresada en el cuadro 4. Los resultados de la digestibilidad in-vitro estan expresados en el cuadro 5. La figura 1 representa el peso del forraje fresco, la figura 2 el peso del forraje seco, la figura 3 el rendimiento gramo grano-gramo de forraje fresco, la figura 4 el rendimiento gramo grano-gramo de forraje seco, las figuras 5 a 13 muestran la composición química proximal del forraje hidropónico de avena (utilizando una grafica por parametro) y la figura 14 muestra una comparación de las digestibilidades por cada tratamiento.

DISCUSION

Los resultados de rendimiento en base húmeda y base seca se muestran en el cuadro 1. En base húmeda el tratamiento que más rindió fue el 4 con 898.00g (figura 1); esto significa una relación semilla seca-forraje fresco de 1:4.53g, mientras que se obtuvieron 4.35, 4.33, 4.42 y 4.35 para los tratamientos 1, 2, 3, y 5 respectivamente (figura 3), en cambio en cuanto a rendimiento en base seca el mejor tratamiento fue el 3 ya que por cada gramo de semilla seca utilizada se obtuvo 1.38g de forraje seco, lo que representa un incremento del balance de materia seca de 38.6% (figura 4), mientras que los tratamientos 4, 1, 5, y 2 rindieron en comparación con el tratamiento 3: 98.11%, 97.38%, 95.96% y 95.89% respectivamente. No se detectó diferencia estadística significativa, sin embargo es posible observar en los dos casos una tendencia a incrementarse a partir de las 200 y 300 ppm con una tendencia final al decremento. En lo que respecta al forraje seco el mayor fue el tratamiento 3 con 274.50g (figura 2). Ceballos reporta un rendimiento de 1:3.41, Monroy reporta un máximo de 1:5.21 en base húmeda. En base seca reportan 1:1.56 y 1:1.29 respectivamente (5,16).

Al analizar los resultados del análisis químico proximal solo se detectaron diferencias significativas en cuanto a cenizas y fibra, no así en el resto de los parámetros en estudio. Los efectos del nivel de potasio sobre la composición química del forraje hidropónico de avena se muestran en el cuadro 2.

El tratamiento que mayor porcentaje de humedad presentó fue el 4 con 70.04% seguido por el 5 con 69.15, el 2 con 69.07, el 1

con 68.97 y el 3 con 68.59% (figura 5) comparando con el tratamiento 4 los tratamientos 1, 2, 3 y 5 rindieron 98.47%, 98.61%, 97.92% y 98.73% de humedad respectivamente. Ceballos reporta 81.16% de humedad en forraje hidropónico de avena, en tanto que Monroy reporta 88.57%. El tratamiento 3 presento 31.16% de Materia Seca siendo el de mayor contenido, mientras que los tratamientos 1, 2, 4 y 5 presentaron 31.02%, 30.87%, 29.95% y 30.60% respectivamente (figura 6) comparativamente con el tratamiento 3, el tratamiento 1 rindió 99.56%, el tratamiento 2 99.07%, el tratamiento 4 96.11% y el tratamiento 5 98.20%, presentando una tendencia decreciente. Resultados anteriores muestran 18.35%, 12.28%, 20.75 y 16.25% de materia seca en forrajes hidropónicos de avena (5,8,11,16).

El mayor porcentaje de proteína cruda se dio en el tratamiento 3 siendo de 12.92%, en tanto que el tratamiento 1, el 2, el 4 y el 5 mostraron 10.94%, 12.07%, 11.72% y 12.06% respectivamente; la figura 7 muestra una tendencia al incremento disminuyendo a los niveles mas altos. En cuanto al rendimiento comparativo con el tratamiento 3 el tratamiento 1 rindió 84.67%, el 2 93.42%, el 4 90.71% y el 5 93.34%. Trabajos anteriores dan resultados de 14.56%, 16.46% y 16.42% de proteína cruda. En lo que respecta a la grasa (extracto etereo) el tratamiento 5 presento 11.86% mientras que el tratamiento 1, 2, 3 y 4 presentaron 10.40, 10.83, 10.43 y 10.90% respectivamente resultando un incremento a partir de las 200ppm (tratamiento 3) (figura 8). Ceballos, Fabregal y Monroy reportan 6.60%, 8.37% y 5.90% de grasa en forrajes hidropónicos de avena. La ceniza y la fibra son los parámetros estadísticamente significativos. La fibra cruda

muestra una tendencia al incremento teniendo el mayor nivel de fibra en el tratamiento 4, seguido del tratamiento 5, el tratamiento 3, el tratamiento 1 y el tratamiento 2, con 21.14%, 21.08%, 20.23%, 18.50 y 18.50 respectivamente (figura 10). Ceballos reporta 23.15%, Monroy 29.02%, Fabregat 21.11% y Hiller y Perry 21.20% de fibra cruda en forrajes hidropónicos de avena. El tratamiento 5 mostró 6.04% de cenizas, siendo el mas alto, mientras que el tratamiento 1 muestra un 4.70%, el 2 un 4.93% el 3 y el 4 un 5.61% mostrando una tendencia al incremento (figura 9) (5,8,11,16).

En lo que respecta a extracto libre de nitrógeno, total de nutrientes digestibles y energía digestible el tratamiento 1 con 55.30%, 81.02% y 3.557 kcal respectivamente es el de mayor rendimiento, mostrando estos tres conceptos una tendencia decreciente (figuras 11,12 y 13).

La producción de nutrientes en 464 cm² por cada charola estan representados en el cuadro 3. La cantidad de proteína cruda producida por charola es de 29.23g, 31.77g, 35.46g, 31.55g y 31.86g para el tratamiento 1, 2, 3, 4, y 5 respectivamente teniendo el tratamiento 3 la mayor cantidad de proteína (en gramos) por charola. En cuanto a la fibra cruda el tratamiento 4 obtuvo una mayor cantidad, en los 464 cm² de cada charola, con 57.054g; La grasa y la ceniza tienen su mayor cantidad en el tratamiento 5 con 31.34g y 15.96g respectivamente por charola, mostrando una tendencia a incrementarse.

En lo que respecta a la producción de forraje y nutrientes por m², el tratamiento 1 produjo, de forraje fresco, 18.981 kg, el 2 18.893 kg, el 3 19.311 kg el 4 19.779 kg y el 5 18.986 kg

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

por m^2 (sembrando 4.361 kg de semilla por m^2) mientras que de proteína cruda se obtuvo 643.986 g para el tratamiento 1, 699.867 g para el tratamiento 2, 781.167 g para el 3, 695.066 g para el 4 y 701.937 g para el 5 siendo el tratamiento 3 el de mayor producción de proteína por m^2 . La fibra cruda obtuvo una mayor producción por metro cuadrado en el tratamiento 4 con 1256.949, mientras que el tratamiento 5, el 3, el 1 y el 2 obtuvieron 1226.938 g, 1223.191 g, 1089.008 g y 1072.709 g respectivamente. Para el extracto etereo, la ceniza y el extracto libre de nitrógeno, la mayor producción se encontro en el tratamiento 5 (690.308 g), el tratamiento 3 (339.185 g) y el tratamiento 1 (3255.264 g) respectivamente.

La mayor digestibilidad la presentó el tratamiento 5 a las horas 1, 2, 4, 8 y 12 con 38.23%, 41.40%, 47.27%, 52.83% y 63.65%, a las 24 horas el tratamiento 4 presentó 71.14% siendo la mayor digestibilidad encontrada. A la hora 1 las digestibilidades fueron de 34.61%, 33.57%, 33.21%, 37.71% y 38.25% para el los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente con una media de 35.47%. A la hora 24 las digestibilidades fueron de 68.77%, 55.70%, 58.11%, 71.14% y 69.43% para cada tratamiento respectivamente con una media de 64.63%. El análisis de parcelas divididas realizado a la digestibilidad muestra que los resultados son altamente significativos. Los resultados en su totalidad estan representados en el cuadro 5 y la comparacion gráfica entre los tratamientos esta representada en la figura 14.

CUADRO 1
RENDIMIENTO EN BASE HUMEDA Y BASE SECA DEL FORRAJE
HIDROPONICO DE AVENA CON DIFERENTES NIVELES DE POTASIO

	T1	T2	T3	T4	T5
SEMILLA SECA (g)	198	198	198	198	193
SEMILLA REMOJADA (g)	300	300	300	300	300
FORRAJE FRESCO (g)	861.75	857.75	876.75	898.00	862.00
FORRAJE SECO (g)	267.25	263.25	274.50	269.25	264.25
RENDIMIENTO gFF/gSEM.	4.35	4.33	4.42	4.53	4.35
RENDIMIENTO gFS/gSEM.	1.34	1.33	1.38	1.35	1.33

T1 - 000 ppm DE POTASIO
T2 = 100 ppm DE POTASIO
T3 = 200 ppm DE POTASIO
T4 = 300 ppm DE POTASIO
T5 = 400 ppm DE POTASIO

CUADRO 2
EFECTO DEL NIVEL DE POTASIO SOBRE LA COMPOSICION
QUIMICO PROXIMAL DEL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5
HUMEDAD (%)	68.97	69.72	68.59	70.04	69.15
MATERIA SECA (%)	31.02	30.87	31.46	29.95	30.85
PROTEINA CRUDA (%)	16.94	12.07	12.92	11.72	12.06
EXTRACTO ETHEREO	10.46	10.83	10.43	10.98	11.86
CENICAS (%)	4.78	4.92	5.61	5.61	6.04
FIERA CRUDA (%)	18.50	18.50	20.23	21.19	21.08
E.L.N. (%)	55.30	53.25	53.27	52.29	49.10
T.N.D. (%)	81.02	80.38	79.01	80.89	80.31
ENERGIA DIGES FICAL	3.073	3.486	3.476	3.557	3.533

T1-000ppm DE POTASIO
T2-100ppm DE POTASIO
T3-200ppm DE POTASIO
T4-300ppm DE POTASIO
T5-400ppm DE POTASIO

CUADRO 3
 RENDIMIENTO DE FORRAJE HIDROPONICO
 DE AVENA POR CHAFOLA (464L^m CUADRADOS)

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5
MATERIA SECA (g)	62.91	81.26	65.53	80.79	80.66
PROTEINA CRUDA	29.23	31.77	35.46	31.55	31.86
EXTRACTO ETHEREO (g)	27.95	28.50	26.63	29.56	31.34
CENIZAS (g)	12.72	12.96	15.40	15.10	15.96
FIBRA CRUDA (g)	49.44	48.70	55.53	57.05	55.70
E.L.N. (g)	147.78	140.18	146.22	140.79	129.74

T1=000ppm DE POTASIO
 T2=100ppm DE POTASIO
 T3=200ppm DE POTASIO
 T4=300ppm DE POTASIO
 T5=400ppm DE POTASIO

CUADRO 4
RENDIMIENTO DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA CON
DIFERENTES NIVELES DE POTASIO POR m²

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5
FORRAJE FRESCO (Kg)	18.981	18.893	19.311	17.779	18.986
MATERIA SECA (g)	1826.30	1789.97	1883.92	1779.51	1781.05
PROTEINA CRUDA (g)	643.96	699.66	781.16	695.06	701.93
FIBRA CRUDA (g)	1089.01	1072.70	1223.15	1256.69	1226.93
EXTRACTO ETERE0	615.72	627.95	630.61	651.16	690.30
CENIZAS (g)	281.36	285.86	339.18	332.68	351.54
E.L.N. (g)	3255.26	3087.66	3220.64	3101.12	2857.64

T1-000ppm DE POTASIO
T2-100ppm DE POTASIO
T3-200ppm DE POTASIO
T4-300ppm DE POTASIO
T5-400ppm DE POTASIO

CUADRO 5
DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA

HORA	T1	T2	T3	T4	T5
1	34.61	33.57	33.21	37.71	36.23
2	38.74	35.93	37.14	37.90	41.40
4	37.24	39.61	41.18	40.79	47.27
8	51.67	47.38	42.09	45.36	52.83
12	57.85	54.95	49.15	59.97	63.65
24	68.77	55.70	56.11	71.14	69.43

LOS RESULTADOS ESTAN EXPRESADOS EN PORCENTAJE

T1-00ppm DE POTASIO

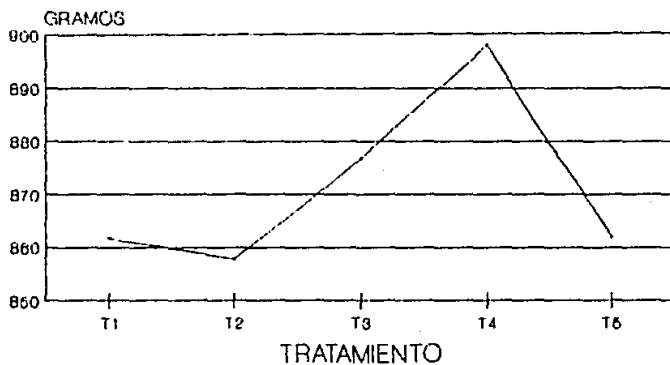
T2-100ppm DE POTASIO

T3-200ppm DE POTASIO

T4-300ppm DE POTASIO

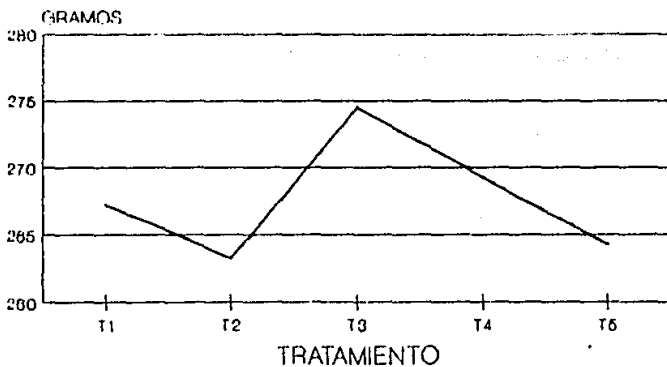
T5-400ppm DE POTASIO

FIGURA 1
PESO DE FORRAJE FRESCO



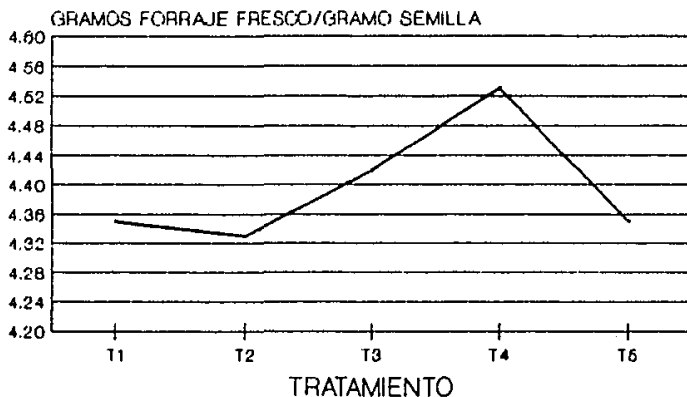
T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T6=400ppm

FIGURA 2
PESO DE FORRAJE SECO



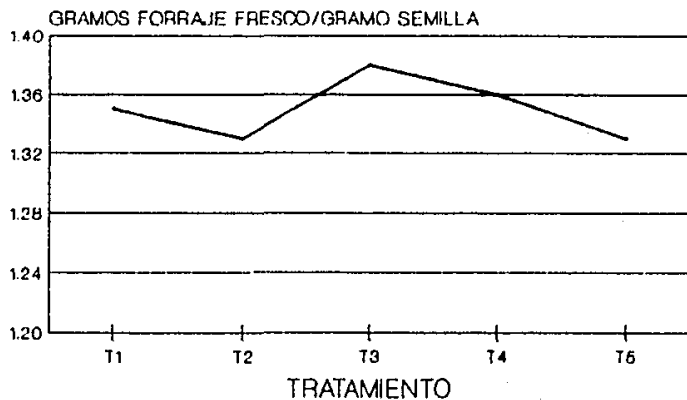
T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T6=400ppm

FIGURA 3
RENDIMIENTO g FORRAJE FRESCO-g SEMILLA



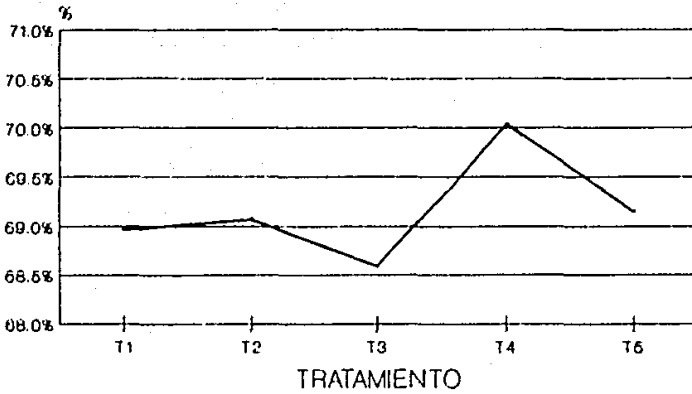
T1-000ppm T2-100ppm
T3-200ppm T4-300ppm
T5-400ppm

FIGURA 4
RENDIMIENTO g FORRAJE SECO-g SEMILLA



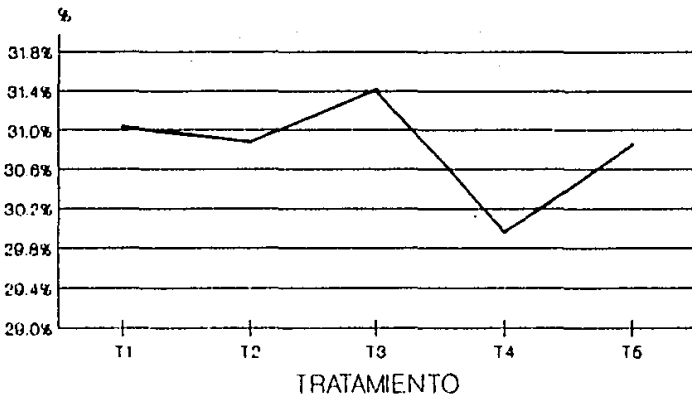
T1-000ppm T2-100ppm
T3-200ppm T4-300ppm
T5-400ppm

**FIGURA 5
HUMEDAD**



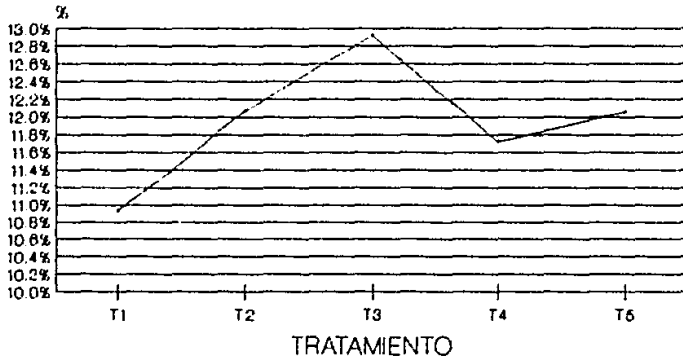
T1-000ppm T2-100ppm
T3-200ppm T4-300ppm
T6-400ppm

**FIGURA 6
MATERIA SECA**



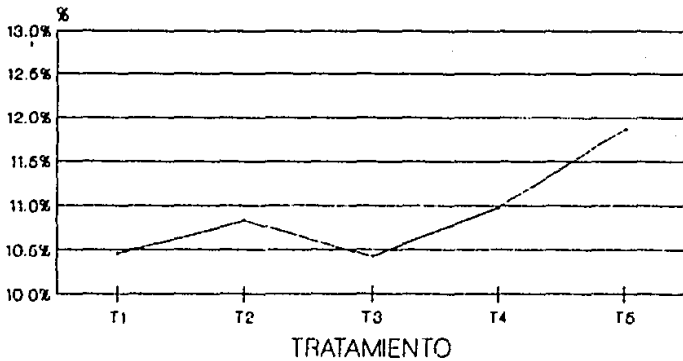
T1-000ppm T2-100ppm
T3-200ppm T4-300ppm
T6-400ppm

FIGURA 7 PROTEINA CRUDA



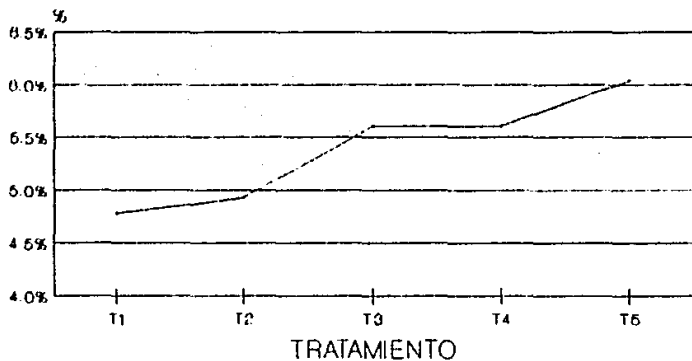
T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T6=400ppm

FIGURA 8 EXTRACTO ETereo



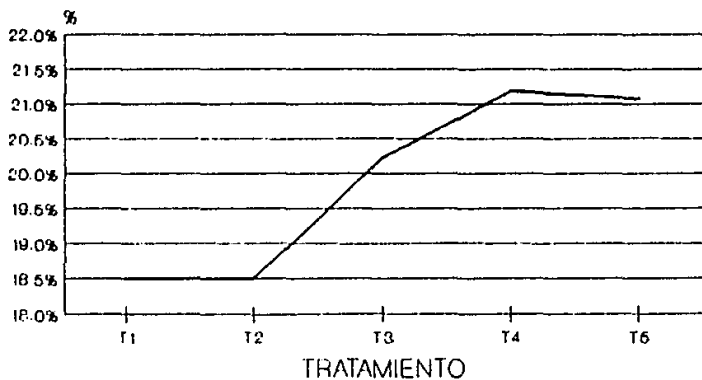
T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T6=400ppm

FIGURA 9 CENIZAS



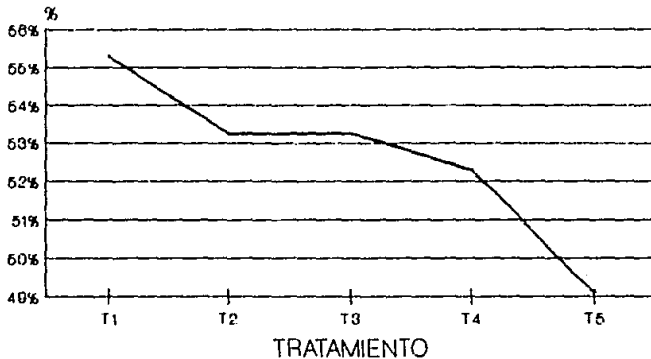
T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T5=400ppm

FIGURA 10 FIBRA CRUDA



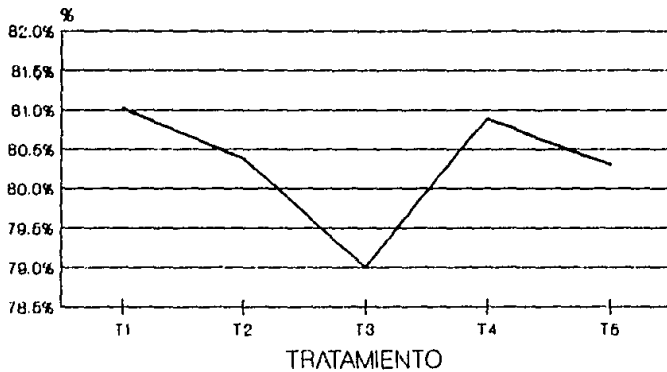
T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T5=400ppm

FIGURA 11
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO



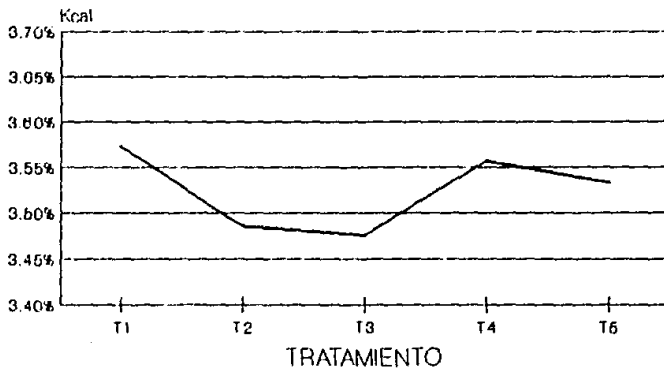
T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T5=400ppm

FIGURA 12
TOTAL DE NUTRIENTES DIGESTIBLES



T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T5=400ppm

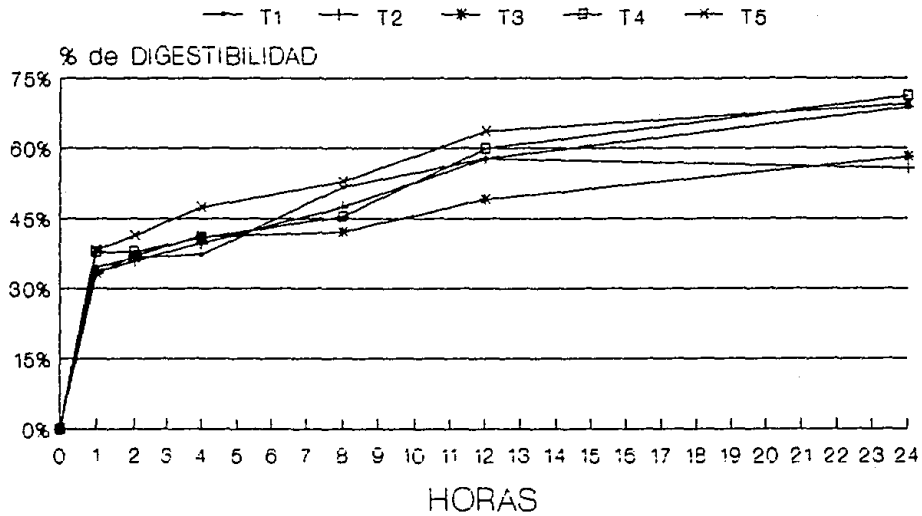
FIGURA 13
ENERGIA DIGESTIBLE



T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T5=400ppm

FIGURA 14

DIGESTIBILIDAD



T1=000ppm T2=100ppm
T3=200ppm T4=300ppm
T5=400ppm

LITERATURA CITADA

- 1.- ANONIMO.: La pradera de probeta revoluciona la ganadería.
Agro-síntesis, 3: 20-29 1980.
- 2.- AUTHESERRE, M., BAYCELIER, C.: La química y sus aplicaciones agrícolas., Ediciones Mundiprensa Madrid España 1970.
- 3.- BORQUEZ, G.J.L. Y RIQUELME, E.: Formulación de raciones para ruminantes en base a la tasa de fermentación in-vitro de los ingredientes. Memorias de la VIII reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, (A.L.P.A.), Santo Domingo, República Dominicana, 1980.
- 4.- CAPPER, A.L.: Fungal contamination of hydroponic forage. Animal Feed Science and Technology, 20 (2) 1980.
- 5.- CEBALLOS D., A.: Evaluación nutricional de forraje hidropónico de avena, cebada, trigo y triticale en laboratorio. Tesis Licenciatura, Fac. Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. 1989.
- 6.- CERVANTES S., J. M.: Alimentación animal a base de pasto fresco producido por medio de un sistema de hidropónia adaptado. Minio 1988 Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica F.M.V.Z U.N.A.M.
- 7.- DAUBENMIRE, R.F.: Ecología vegetal. Editorial Limusa. México 1982.
- 8.- FABREGAT V., S.T.: Efecto de los diferentes niveles de nitrógeno sobre la composición bromatológica y tasas de fermentación de forraje hidropónico de avena (Avena sativa); Tesis de licenciatura Fac. Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. Tesis no publicada.

- 9.- GONZALEZ, M.: Reduccion de nutrientes en los pastizales de Chihuahua durante los meses de sequia. Tecnica Pecuaria. 4 (4), Mexico 1963.
- 10.- HARRIS, L. E.: Métodos para análisis químico y evaluación biológica de alimentos para animales. Center for Tropical Agriculture Feed Composition. University of Florida, Gainesville, Fla. 1970.
- 11.- HILLER, R. J. and FERRY, T. W.: Effect of hydroponically produced oat grass on ration digestibility of cattle. Journal of Animal Science, 29 (5): 1969.
- 12.- HUTERWAL, G. O. Q.: Hidroponia. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina 1989.
- 13.- JONES, U. S.: Fertilizers and soil fertility. Reston Publishin Company. Reston Virginia 1982.
- 14.- LESS, P.: Ganaderia hidropónica. Agricultura de las Americas Octubre 1983.
- 15.- LOPEZ R., D. G.: Problemas económicos de México. UNAM México 1980.
- 16.- MONROY, L., J.F.: Efecto de diferentes niveles de fosforo sobre la composición bromatologica y tasas de fermentación de forraje hidropónico de avena (Avena sativa). Tesis de Licenciatura Fac. Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. 1990.
- 17.- RICHTER, G.: Metabolismo de las plantas. Compañia Editorial Continental S.A. México 1972.
- 18.- RODRIGUEZ C., S.: Algunas consideraciones acerca del uso del suelo como recurso estratégico para la planeacion del desarrollo de la producción ganadera en México. Memorias de la Reunion de Investigación Pecuaria en México. 1983.

- 19.- RODRIGUEZ R., S. Y COL.: Efecto de la suplementación predestete a la vaca o al becerro y destete precoz, en la fertilidad de un hato mantenido en pastoreo. Técnica pecuaria 1 (3) México 1963.
- 20.- RODRIGUEZ S., F.: Fertilizantes. AGT Editorial. México 1982.
- 21.- ROSALES S., R.: Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México 1983 4ª edición.
- 22.- STEEL, R.G.D.: and TORRIE, J.H.: Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book. New York 1960.
- 23.- Tilley, J.M.A. and TERRY, R.A.: A two stage technique for the in-vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassld Soc. 18: 104-111 (1963).