

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS PECUARIAS



CONTENIDO NUTRICIONAL DEL GERMINADO DE GRANO DE MAÍZ (*Zea mays*) A DIFERENTES EDADES DE COSECHA EN EL TROPICO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

JESUS CECILIA TARAZONA RENGIFO

PROMOCIÓN 2005 – II

Tingo María – Perú.

2006.

Q54

T22

Tarazona Rengifo, J.C.

Contenido nutricional del germinado del grano de maíz (*Zea mays*) a diferentes edades de cosecha en el trópico.- Tingo María, 2006 .

55 h.; 8 cuadros, 14 fig.; 21.ref.; 30 cm.

Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria De la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Zootecnia

ZEA MAYZ / FORRAJES / GRAMÍNEAS FORRAJERAS / PIENSOS /
VALOR NUTRITIVO COMPOSICION APROXIMADA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

Av. Universitaria Km. 2 Teléfono: (062) 561280

TINGO MARÍA

"Año de la Consolidación Democrática"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 02 de mayo del 2006, a horas 11:30 a.m., para calificar la tesis titulada:

"CONTENIDO NUTRICIONAL DEL GERMINADO DE GRANO DE MAIZ (*Zea mays*) A DIFERENTES EDADES DE COSECHA EN EL TROPICO".

Presentado por la Bachiller **Jesús Cecilia TARAZONA RENGIFO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"MUY BUENO"**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el **TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título, de conformidad con lo establecido en el Art. 87 inc. M, del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 02 de mayo del 2006

Dr. WILSON L. CASTILLO SOTO
Presidente



M.Sc. WILFREDO DA CRUZ DEL AGUILA
Miembro

Ing. WAGNER VILLACORTA LOPEZ
Miembro

M.Sc. MEDARDO DIAZ CESPEDES
Miembro

DEDICATORIA

A **DIOS** por darme la vida,
Iluminar mi sendero y
Conducirme en sabiduría.

A mis padres

ERNESTO TARAZONA JAUREGUI,

y

AURORA RENGIFO DE TARAZONA.

Quien con mucho **FE** y **GRATITUD**
eterna supieron hacer de mí una
profesional.

Con el amor de siempre a mis
hermanos: **JANETTE CRISTINA,**
MIRIAM TERESA, ERNESTO
ANDRÉS y **ROSA MERCEDES;** por la
gran confianza y animó que supieron
darme para seguir adelante.

Con el cariño y respeto eterno a mis

tíos: **JUAN y MARIA**

ISABEL

A; **ANDRES RAUL ASTETE VARGAS,**

Con todo mi amor y cariño.

MI AGRADECIMIENTO

- A mi Alma Mater, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, Institución que me brindo las facilidades para hacer realidad mis sueños.
- Al Ing Mg. Sc. MERARDO DÍAS CÉSPEDES y Ing. JUAN LAO GONZÁLES, asesores en el presente trabajo de investigación.
- Al Dr. MILTHON MUÑOZ BERROCAL, al Ing. MARCO ROJAS PAREDES, Ing. MIGUEL PÉREZ OLANO, Ing. WAGNER S. VILLACORTA LÓPEZ y a la Ingra. TULITA ALEGRIA GUEVARA por su amistad y apoyo incondicional en el presente trabajo de investigación.
- A mi mejor amiga: Ingra. CATALINA ALVARADO MARÍN, por su amistad sincera, por compartir sus conocimientos y su apoyo incondicional demostrado, en todo momento
- A todo los Docentes de la Facultad de Zootecnia, por impartir sus conocimientos durante mi formación profesional.
- A La Sra. Glelia Ríos, Jakson Estrella Cartagena por su apoyo incondicional demostrado, en todo momento.
- A mis amigos y compañeros, por su apoyo, de que una u otra forma han contribuido para la culminación del presente trabajo: Ingra: Giovanna Patricia Torres Jara, Jelpis Ruiz, Antonio Ruiz.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVICION DE BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2. Germinación de granos.....	5
2.3. Contenido nutricional del forraje verde hidropónico.....	7
2.4. Contenido de minerales.....	11
2.5. Rendimiento de granos germinados.....	12
III. MATERIALES Y METODOS.....	15
3.1. Lugar y ejecución del trabajo.....	15
3.2. Instalaciones de germinador.....	16
3.3. Proceso de germinación de granos de maíz.....	16
3.4. Análisis del contenido nutricional y producción del germinado de granos de maíz (<i>Zea mays</i>).....	17
3.5. Variables independientes.....	18
3.6. Tratamiento.....	18
3.7. Análisis estadístico.....	19
3.8. Variables dependientes.....	20

IV. RESULTADOS.....	21
4.1. Contenido nutricional de los germinados de maíz (<i>Zea mayz</i>) a diferentes edades pos germinación.....	21
4.2. Contenido de minerales de los germinados de granos de maíz (<i>Zea mayz</i>) a diferentes edades pos germinación.....	25
4.3. Producción de forraje verde y proteína total del germinado del maíz (<i>Zea mayz</i>).....	27
V. DISCUSIÓN.....	30
5.1. Contenido nutricional de los germinados de maíz (<i>Zea mayz</i>) a diferentes edades pos germinación.....	30
5.2. Producción de germinado fresco, seco y proteína total de granos de maíz a diferentes días pos germinación.....	38
VI. CONCLUSIÓN.....	41
VII. RECOMENDACIONES.....	42
VIII. ABSTRACT.....	43
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	45
IX. ANEXO.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Análisis proximal del forraje verde hidropónico (FVH), de algunas semillas de maíz.....	10
2. Contenido nutricional del forraje de germinado de maíz a diferentes edades pos germinación, expresado en materia seca total.....	21
3. Contenido de minerales del germinado del grano de maíz a diferentes días pos germinación.....	25
4. Producción de forraje verde y proteína total producida por el germinado de maíz (kg/m ²).....	27
5. Temperatura del área (°C) de germinación durante el periodo de evaluación.....	50
6. Porcentaje de humedad relativa del área (%) de germinación durante el periodo de evaluación.....	51
7. Datos del contenido nutricional del germinado de maíz a diferentes días pos germinación.....	54
8. Datos del contenido de producción del germinado de maíz a diferentes días pos germinación.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Comportamiento del contenido de materia seca (% MS) con respecto a los días pos germinación del germinado de grano de maíz.....	22
2. Comportamiento del contenido de proteína cruda (% MS) con respecto a los días pos germinación del germinado de grano de maíz.....	22
3. Comportamiento del contenido de Extracto etéreo (% MS) con respecto a los días pos germinación del germinado de grano de maíz.....	23
4. Comportamiento del contenido de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (% MS) con respecto a los días pos germinación del germinado de grano de maíz	23
5. Comportamiento del contenido de ceniza (% MS) con respecto a los días pos germinación del germinado de grano de maíz.....	24
6. Comportamiento del contenido de minerales Ca, Mg, K y Na, (%) con respecto a los días pos germinación del germinado de grano de maíz (<i>Zea mays</i>).....	24

7. Comportamiento del contenido de minerales Cu, Mn, K y Zn, (ppm.) con respecto a los días pos germinación del germinado de grano de maíz (<i>Zea mays</i>).....	26
8. Comportamiento de la producción total en fresco (Kg/m ²) de maíz a diferentes días pos germinación del germinado de grano de maíz.....	26
9. Comportamiento de la producción del germinado en fresco (Kg/m ²) de maíz a diferentes días pos germinación del germinado de grano de maíz.....	28
10. Comportamiento de la producción del germinado en base seco (Kg/m ²) de maíz a diferentes días pos germinación del germinado de grano de maíz.....	28
11. Comportamiento de la producción de proteína total (kg/m ²) de maíz a diferentes días pos germinación del germinado de grano de maíz	29
12. Comportamiento de la temperatura del área de germinación (°C) registrada durante el periodo de evaluación.....	52
13. Comportamiento de la humedad relativa (%) a las 9.00 horas del área de germinación registrada durante el periodo de evaluación.	53
14. Comportamiento de la humedad relativa (%) a las 3.00 horas del área de germinación registrada durante el periodo de evaluación.	53

Resumen

El presente trabajo fue realizado en la granja de la Facultad de Zootecnia y en los Laboratorios de Nutrición Animal y de Espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Tingo Maria, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio prado, departamento de Huanuco - Perú; durante el periodo comprendido de agosto – diciembre del 2005; el objetivo fue evaluar el contenido de nutrientes y producción de forraje del germinado de grano de maíz (*Zea mays*) cosechado a diferentes edades pos germinación. Para la germinación se utilizó un ambiente controlado con las siguientes características: Temperatura de 26.5 °C por las mañanas y 30.3 °C por las tardes, con una humedad relativa de 65.4 % por las mañanas y 58.4 % por las tardes, con un andamio de madera de 3 m de largo x 1.5 m de altura y 0.9 m de ancho con tres pisos y utilizando como germinadores marcos de madera de 40 x 40 x 5 cm forrados con bolsas de polietileno en forma de bandejas; en las cuales se distribuyo las semilla de maíz en forma aleatoria empleando el diseño bloque completamente al azar (DBCA), con 4 tratamientos (9, 12, 15 y 18 días pos geminación) x 3 bloques x 3 repeticiones. Se utilizó como factor de bloqueo el piso del andamio; y cada unidad experimental estuvo compuesta por 3 bandejas germinadoras. Para determinar el contenido de materia seca (MS, %), Proteína Cruda (PC, %), Extracto Etéreo (EE, %), Fibra cruda (FC, %), Ceniza

(Cz, %), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN, %), Energía Bruta (kcal/kg) mediante el análisis químico proximal de Weende.

Para evaluar el momento óptimo de cosecha del germinado de maíz (días pos germinación), en función al contenido nutricional, y producción se utilizó la prueba de regresión. Asimismo para determinar la diferencia entre medias y en función a su coeficiente de variación se utilizó la prueba de medias de Duncan de ($P < 0.05$).

Se observa que el germinado de grano de maíz a partir de los 12 hasta los 16 días de edad muestra mayor porcentaje de germinado, producción de materia seca y producción de proteína total. Se concluye que la edad óptima de cosecha del germinado de grano de maíz esta entre los 12 a 16 días pos germinación por tener los índices más altos en la mayoría de los nutrientes y así como una buena producción de forraje.

I. INTRODUCCIÓN

El Alto Huallaga se caracteriza por una marcada estacionalidad de dos épocas, una de alta precipitación o época lluviosa (Noviembre a Marzo), en la cual la producción y oferta forrajera es relativamente alta, las pasturas se aprovechan con un mejor contenido nutricional; sin embargo durante la época de menor precipitación o época seca (Abril a Octubre), la producción de forraje disminuye drásticamente; así mismo, las plantas maduran más rápidamente por lo tanto tienden a disminuir con mayor facilidad el contenido nutricional.

En diferentes regiones de la Amazonia como Tingo Maria se puede observar a un número apreciado de pobladores que se dedican a la crianza de animales herbívoros (cuyes y conejos); y que diariamente adquieren forraje ya sea de gramíneas o leguminosas. Durante la época seca, se ven afectados por la oferta del forraje que disminuye notablemente la disponibilidad y calidad nutritiva, encontrando con frecuencia forrajes muy tiernos o muy maduros.

En la actualidad se viene realizando trabajos de investigación utilizando germinados de granos como una alternativa de producción de forraje, los cuales poseen un alto valor nutritivo y digestibilidad, permitiendo obtener un forraje uniforme en todo momento del año, libre de parásitos y enfermedades

fitosanitarias (gusano barredor, lepidópteros, gusano de raíz). Su incorporación en la alimentación de animales herbívoros (cuy, conejo) tiene efectos positivos pues se han observados incrementos de peso considerables, mejores índices de reproducción y una mayor resistencia a enfermedades (RODRÍGUEZ, 2003), permite producir forraje en espacios reducidos y sin generar demasiada mano de obra.

Los reportes de trabajos de investigación sobre germinados de granos evidencian que estos pueden ser cosechados en un periodo de 7 a 15 días posgerminación, como forraje verde, pero siempre con un pérdida de materia seca, (TARRILLO 2005). En tal sentido, resulta necesario determinar la edad óptima de utilización del germinado de grano de maíz, con la finalidad de obtener un forraje con un adecuado contenido nutricional y buen nivel de producción. En tal sentido, se plateó este trabajo para demostrar que la producción y contenido nutricional del germinado de grano de maíz (*Zea mays*) es influenciado por la edad pos germinación, trazándonos para ello el objetivo de: Evaluar el contenido de nutrientes y producción de forraje del germinado de granos de maíz (*Zea mays*) cosechado a diferentes edades post germinación.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. Generalidades.

En un mundo superpoblado, con suelos erosionados e índices cada vez mayores de contaminación; con climas cambiantes y persistentes requerimientos ecológicos de la población, la hidroponía, por sus especiales características, brinda nuevas posibilidades donde los cultivos tradicionales están agotados como alternativa (CORREA, 2002).

En la actualidad los forrajes producidos en hidroponía están siendo utilizadas para alimentar vacas lecheras, caballos, ovejas, cabras y cuyes; su incorporación en la alimentación animal tiene efectos positivos, pues; se han observado incrementos considerables de peso, mejores índices de reproducción y una mayor resistencia a enfermedades (HOWARD, 1982; PICHILINGUE, 1994 y SILVA, 1994).

La hidroponía es una palabra compuesta que proviene del griego y se deriva de *Hydro* (agua) y *Ponos* (labor o trabajo), lo que significa que el cultivo de estas plantas se basa en el agua, (trabajo en agua), es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra a los cuales se les añade una solución nutritiva esencial para el crecimiento de las plántulas reportado por INIA (2006).

Por estas definiciones; ESTRADA *et. al.* (2003), considera que la hidroponía es el cultivo de plantas en un medio acuoso recibiendo los nutrientes minerales necesarios para crecer de sales disueltas en el agua de riego, presentando las siguientes ventajas: Alto valor nutritivo, superior a otros forrajes; es un alimento ecológico, sin uso herbicidas, por lo cual es un ahorro de estos insumos. Logra mejoras muy significativas en alimentación, reproducción y sanidad animal. Alta producción de forraje en reducidos espacios con bajo costo de infraestructura y requiere de poca agua. Producción en cualquier época del año y en cualquier lugar del país, por lo que no depende de los fenómenos meteorológicos. Rápida recuperación de la inversión.

Particularmente en las grandes urbes, donde según TARRILLO (2005) el ciudadano es afectado por dos factores convergentes: los precios de los alimentos vegetales, que son a medida que el tiempo avanza, comparativamente más caros que los productos industrializados, y la dudosa e irregular calidad de los mismos. Este último aspecto, que hace a la salud del consumidor, pone en un mismo plano de vulnerabilidad y desprotección, a grandes y chicos como a ricos y pobres. Este cambio de circunstancias, es lo que nos ha inducido a profundizar en las posibilidades de aplicación masiva de la hidroponía en la producción de forrajes pudiendo aplicarse también a la producción de verduras, frutas, así como de plantas decorativas y florales.

El proceso de producción del forraje verde hidropónico está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, por que no se

requiere grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción y almacenamiento (TARRILLO, 2005).

2.2. Germinación de Granos.

El Forraje Verde Hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, como la cebada, trigo, avena y maíz. Se desarrolla en un período de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva (CORDOVA, 1993).

CARBALLO (2000), reportó que la germinación es el proceso por el cual se reanuda el crecimiento embrionario de la semilla después de la fase de descanso. Este fenómeno no se desencadena hasta que la semilla ha sido transportada a un medio favorable por algunos de los agentes de dispersión. Las condiciones determinantes del medio son: aporte suficiente de agua, oxígeno y temperatura apropiada. Durante la germinación el agua se difunde a través de las envolturas de la semilla y llega hasta el embrión, que durante la fase de descanso se ha secado casi por completo. Así mismo, el oxígeno absorbido proporciona a la semilla la energía necesaria para iniciar el crecimiento.

HARTMAN y KESTER (1990), reportan que una vez iniciada la germinación hay una fase inicial al comienzo de germinación, luego un aumento rápido en el número de semillas germinadas seguido por una disminución en la tasa germinativa. Iniciado el crecimiento en el eje

embrionario, aumenta el peso fresco y peso seco de la plántula pero disminuye el peso de los tejidos de almacenamiento, logrando un reacomodo de todos los nutrientes desde el grano hasta la formación de la plántula.

Según CARBALLIDO (2005), durante la germinación en una semilla se produce una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas. El germen del embrión de la futura planta, a partir de un almacén de energía en forma de carbohidratos y lípidos, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol y absorber elementos minerales de la solución nutritiva, en este estado la planta tanto en su parte aérea como en la zona radicular se encuentra en un crecimiento acelerado logrando poco contenido de fibra y alto contenido en proteína, parte de la cual se encuentra en estado de nueva formación, por lo que gran parte de los aminoácidos están en forma libre y son aprovechables más fácilmente por los animales que los consumen.

La concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) en la parte basal de las plántulas que fluctúa debido a las relaciones dinámicas entre la reparación y la fotosíntesis; cuando la respiración excede a la fotosíntesis y la plántula ha desarrollado un área foliar considerable, se da la acumulación de carbohidratos no estructurales (carbohidratos de reserva) en las raíces y tejidos basales; entonces comienza a proporcionar y a utilizarlos como fuente de energía inmediata y dar nutrientes a las especies forrajeras (BERNAL, 1991).

La acumulación de fibra es debido a la modificación estructural de la plántula la misma que a nivel celular tanto en la pared primaria y secundaria acumulan mayor cantidad de celulosa y hemicelulosa tomándolo del contenido celular para proveer de mayor rigidez a la célula para poder soportar el peso del follaje de la plántula (PÉREZ, 1995).

En la práctica, el forraje verde hidropónico (FVH) consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. El proceso se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad (LEES, 1983).

2.3. Contenido Nutricional del forraje verde hidropónico.

El contenido nutricional de una planta entera es extremadamente variado, ya que éste depende en gran parte de la etapa de crecimiento así como de la especie de planta. Para el caso de las gramíneas, según la FAO (2001) el porcentaje de proteína bruta, la digestibilidad y el contenido mineral disminuyen a medida que la planta madura, por causa del aumento en la

proporción del tallo cuyo porcentaje de proteínas es inferior al de las hojas, las variaciones observadas en la proteína es del 2 al 27% de la materia seca, según la fase de crecimiento y el nivel de fertilidad del suelo.

La proteína va incrementando a medida que se desarrolla la plántula, debido a que una vez formada las hojas estas inician el proceso de la fotosíntesis a través de la luz, oxígeno, CO₂, el nitrógeno y la clorofila, los que en conjunto van a transformar sustancias inorgánicas en orgánicas útiles para el desarrollo de la plántula la misma que a temprana edad tienen un alto contenido celular es decir proteína, azúcares y -carotenos, poseen relativamente un bajo contenido de fibra, notándose en las plántulas que son bastante suculentas por la gran cantidad de agua acumulada (RODRÍGUEZ, 2003).

Si bien es cierto que la calidad nutritiva de los diferentes forrajes cambia de acuerdo a diferentes factores, incluyendo la época de cosecha, edad, tipo, variedad, clima y manejo del cultivo, en el medio ganadero se conoce a la alfalfa como la reina de las forrajeras, debido a la calidad de sus nutrientes, sobre todo en el contenido de proteínas. Es por esto que se presentan los valores de este forraje en relación a los encontrados en forraje verde hidropónico a partir de diferentes semillas; aquí es conveniente recordar que el más alto costo de una ración siempre está dado por el componente que aporta el mayor contenido de proteínas y en este caso el FVH constituye una proteína de bajo costo por lo que la ración resultará más económica y, además

el animal la come con gusto.

Cabe destacar también que el FVH cuenta con una buena cantidad de vitamina E y valores altos de pro vitamina A (CORREA, 2002).

2.3.1 Especie de semillas germinadas.

2.3.1.1 Maíz (*Zea maíz*).

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas representada por la única de las especie (*Zea mays*). Se cultiva en los trópicos húmedos y secos, en las zonas de clima templado, en áreas de clima templado (CARBALLO, 2000).

El maíz es un cultivo de crecimiento rápido, que rinde más en temperaturas moderadas y suministro abundante de agua (ALDRICH, 1994).

Es uno de los principales productos de la agricultura de muchos países del mundo, produce más nutrientes por unidad de área que cualquier otro grano, tiene un alto valor nutritivo con un 70 % a 80 % de almidón de alta digestibilidad, bajo contenido de fibra y de proteína, deficiente en calcio y fósforo con valores de 0.02 % y 0.27 % respectivamente (CORDOVA, 1993).

El contenido de algunos nutrientes de semilla de maíz se observan en el Cuadro 1 reportados por CORREA (2002) y ALDRICH (1994).

Cuadro 1. Análisis proximal del forraje verde hidropónico (FVH), de semillas de maíz.

Nutrientes		Autores	
		1	2
Materia seca	%	18.80	–
Digestibilidad	%	83.89	–
EM	kcal/kg MS	3.216	–
Calcio	%	0.104	0.39
Magnesio	%	0.145	3.61
Potasio	%	–	0.74
Sodio	%	–	0.17
Cobre	ppm	–	26.25
Manganeso	ppm	3.10	12.7
Zinc	ppm	35.0	175.25
Hierro	ppm	2.13	–

Adaptado de los autores: 1=CORREA (2002) 2=ALDRICH (1994)

PICHILINGUE (1994) y PEREZ (1995), coincidieron en que el valor nutritivo del maíz germinado por hidroponía a los 11 días de edad en base a materia seca es: proteína, 15.08 %; grasa 2.60 %; fibra 12.76 %; cenizas, 2.24 % y NIFEX, 67.32 %. Mientras que la FAO (2001), reportó que la composición nutritiva para uso forrajero del germinado de maíz en base seca fue: proteína, 12.26 %; grasa, 4.25 %; fibra cruda, 8.87%; cenizas, 2.95 % y nifex, 72.78 %; mientras que a los diez días y en base a materia seca contiene 13.47 % de proteína, 5.01 % de grasa, 9.03 % de fibra, y 2.71 % de cenizas; y para los 20 días 14.75 % de proteína, 6.39 % de grasa, 13.23 % de fibra, y 3.84 % de cenizas.

MINSON (1990) reportó que los granos recién germinados, tienen una gran cantidad de clorofila, vitaminas, minerales, oligoelementos y otras sustancias vitales, el forraje hidropónico posee un valor nutritivo más alto que el grano o semilla, es decir una mayor cantidad de proteína, carotenos, vitamina C y vitamina E; el valor nutritivo obtenido en el laboratorio de evaluación de alimentos de la RODRIGUEZ (2001), fue de: Proteína 12.17 %, grasa 1.06 %, fibra 28.41 %, cenizas 6.23 %, nifex 46.88 % y materia seca 52.14 %. Así mismo estimó que de un kilo de FVH tiene 12 % de proteína y 3200 calorías de energía, 20 % de materia seca a los 12 días; todas los aminoácidos, la energía, las vitaminas y los minerales están libres los cuales hacen que haya una alta digestibilidad de la dieta, cosa que no ocurre con otros forrajes.

Tomando datos de varios análisis químicos reportados, el alimento producido en hidroponía contiene de 8.8 % a 13.4 % de materia seca; 18.31 % a 26.30 % de proteína bruta y aproximadamente un 80 % de nutrientes digestibles totales (SILVA, 1994).

2.4. Contenido de minerales

El contenido de fósforo para gramíneas tropicales varía de 0.02 a 0.58 % con una medida de 0.22 % y depende también del nivel de fósforo disponible en el suelo. En cuanto al contenido de calcio, éste varía entre 0.14 y 1.46 % de la materia seca con una media de 0.40 %, en general al contenido de calcio en las hojas duplica al de los tallos (FAO, 2001). Además, PÉREZ (1995), encontró los valores de calcio que varia de 0.04 – 0.05 %. También

poseen calcio, magnesio, cobre, Zinc, yodo y potasio, junto con los aminoácidos esenciales que el animal necesita en la formación de las proteínas necesarias para restaurar los tejidos. Tomando datos de varios análisis químico reportados, el alimento producido en hidroponía contiene de 8,8 % a 13,4 % de materia seca, 18,31 % a 26,30 % de proteína bruta y aproximadamente un 80 % de nutrientes digestibles totales (SILVA, 1994).

RODRÍGUEZ (2003), reportó que los Forrajes tiernos presentan un elevado contenido de calcio, fósforo y hierro; minerales que varían de acuerdo a las diferentes etapas de la planta. Altos niveles de estos minerales se presentan sobre todo en zonas áridas y desérticas; los cultivos tiernos presentan también una mayor digestibilidad, puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa, lo que hace del FVH un alimento muy asimilable, de alta calidad y muy apetecible.

2.5. Rendimiento de los granos germinados.

Trabajos realizados por PEREZ (1995) demostraron una mayor germinación conforme transcurren los días, a los 6 días de germinación (85.3 %), que a los 4 días (82.14 %) y a los (44.14 %); esto conlleva a una mayor producción de forraje, lo cual fue demostrado por TORRES (2005), que encontró producciones forraje hidropónico de maíz en materia fresca que varían de 2.292 a 1.842 kg/m² a diferentes densidades, en cuanto a las producciones de materia seca fueron de 0.651 a 0.555 kg/m² en las diferentes densidades.

CARBALLO (2000), reportó que la producción de granos germinados para uso forrajero bajo control de temperatura, densidad, humedad y buena calidad de la semilla, alcanza un rendimiento de 1.7 kg de maíz se obtienen hasta 12 kg de germinado en ocho días después de sembrado.

La eficiencia en el tiempo de producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH. El maíz crece en 15 días, el trigo en 8 días (CARBALLIDO, 2005).

El FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología FVH es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional (HOWARD, 1982).

Sobre mezclas de germinados, TARRILLO (2005) demostró que de 1.0 kg de semilla de cebada (también se puede trabajar con avena, trigo y maíz) al cabo de 10 a 12 días se habrá convertido en una masa forrajera de 6 a

8 kg, consumible en su totalidad (raíces, tallos, hojas y restos de semillas) lo que constituye una completa fórmula de proteína, energía, vitaminas y minerales. Este cultivo se produce dentro de invernaderos rústicos, que permite una protección del cultivo contra las bajas temperaturas, además de la exposición directa de los rayos del sol y de las lluvias.

La concentración de carbohidratos en la parte basal de las plantas fluctúa debido a las relaciones dinámicas entre la respiración y fotosíntesis, cuando la respiración es mayor que la fotosíntesis se presenta una reducción neta en el contenido de carbohidratos de la planta, luego de un tiempo cuando la planta ha desarrollado un área foliar considerable, y la fotosíntesis excede a la respiración, se inicia nuevamente la acumulación de carbohidratos en las raíces y tejidos basales (BERNAL, 1991).

En las gramíneas el nivel de proteína total, en general disminuye a consecuencia del incremento de vainas foliares y tallos; los cuales tienen un menor contenido de proteína total, además por un descenso de la proteína total en todas las fracciones de la planta a medida que estas crecen (MINSON, 1990).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Fecha y lugar de ejecución del trabajo.

El trabajo de investigación se realizó durante los meses comprendidos entre agosto a diciembre del 2005, en los ambientes del Centro de Investigación Granja Zootécnica de la Facultad de Zootecnia y en los Laboratorios de Nutrición Animal y de Espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), perteneciente al distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

Geográficamente, Tingo Maria se encuentra ubicado a $09^{\circ}17'05''$ de latitud Sur, $76^{\circ}01'17''$ de latitud Oeste, altitud de 660 m.s.n.m; temperatura promedio anual de 24.5° C, precipitación pluvial anual media de 3194 mm^3 distribuida con mayor intensidad en los meses de Enero a Abril y una humedad relativa de 84% .Ecológicamente está considerada como un bosque Subtropical húmedo (UNAS, 2005).

3.2 Instalaciones del germinador.

El ambiente controlado estuvo conformado con piso de cemento, paredes cerradas con plástico transparente, no herméticamente, que abarca desde el suelo hasta el techo de calamina a una altura de 3 m del piso.

Durante el desarrollo del trabajo la temperatura y humedad relativa interna promedio fueron de 26.5 °C y 65.4 %, respectivamente por las mañanas y por las tardes de 30.3 °C y 58.4 %, respectivamente (Cuadro 6).

Los germinadores estaban conformados por un andamio de 3 pisos en los cuales se colocaron 36 bandejas germinadoras confeccionados de marcos de madera de 40 cm de largo x 40 cm de ancho x 5 cm de altura, con piso de bolsas plásticas de polietileno que asemejen a una bandeja germinadora; que fueron ubicadas al azar en los andamios de madera de 1.50 m de altura, 3 m de largo, 0.90 m de ancho, con tres divisiones o pisos, la primera separación del suelo al primer piso fue de 0.30 m y entre pisos restantes fue de 0.50 m.

3.3. Proceso de germinación de granos de maíz (*Zea mays*).

Se utilizaron para este trabajo 29 kg de maíz amarillo duro cv. Marginal 28 (*Zea mays*) procedente del distrito del Alto San Juan, provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco; que fueron utilizados a los 15 días de haber sido cosechado, con un contenido de humedad de 86 % y una temperatura de 27° C.

Se seleccionaron los granos enteros, se aplicó un antifúngico (0.33 g del producto comercial HOMAI/kg de maíz), para evitar la proliferación de hongos, para cada réplica. Se pesaron 800 g de maíz teniendo en cuenta la densidad de 0.5 g/cm²), que fueron remojados en agua natural durante 24 horas; posteriormente fueron colocados en cada bandeja germinadora, por triplicado sobre cada piso del andamio en forma aleatoria.

Para las evaluaciones, se tomaron 200 g de muestras de cada réplica para ser llevadas al laboratorio y evaluar el contenido nutricional y producción, en las diferentes edades de cosecha preestablecidas (9, 12, 15, 18 días), respectivamente.

3.4. Análisis del contenido nutricional y producción del germinado de granos de maíz (Zea maíz).

Se realizaron en el laboratorio de Nutrición animal de la Facultad de Zootecnia de la UNAS. Para determinar el contenido de Materia Seca (MS, %), Proteína Cruda (PC, %), Extracto Etéreo (EE, %), Fibra Cruda (FC, %) Extracto Libre de Nitrógeno (ELN, %), Ceniza (CZ %), se realizó a través del Análisis Químico Proximal de Weende y de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC (1984). El Extracto Libre de Nitrógeno (ELN, %), se determinó por diferencia del 100 % menos los nutrientes anteriores; la Energía Bruta (Mcal/kg) se determinó a través de una bomba calorimétrica modelo PARK Adiabatic Calorimeter, Serie 2967.

El contenido de Calcio (Ca, %), Magnesio (Mg, %), Potasio (K, %), Sodio (Na, %), Cobre (Cu, ppm), Manganeso (Mn, ppm) y Zinc (Zn, ppm); se determinó por espectrofotometría de Absorción Atómica usando un espectrofotómetro modelo vide 12 serie N° 1955, y de acuerdo la metodología descrita por la AOAC (1984).

Para calcular la producción de forraje verde y proteína del germinado de maíz (*Zea mays*), se utilizó el método descrito por la red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, descrito por el CIAT (1984), aplicando la siguiente formula.

$$MS/m^2 = \frac{PF \cdot ps}{pf}$$

Donde:

PF = peso fresco de la muestra,

pf = peso fresco de la submuestra,

ps = peso seco de la submuestra.

3.5. Variables independientes.

Edad de cosecha del germinado de granos.

3.6. Tratamientos.

Los tratamientos en estudio fueron los días de edad:

D9 = 9 días pos germinación.

D₁₂ = 12 días pos germinación.

D₁₅ = 15 días pos germinación.

D₁₈ = 18 días pos germinación.

3.7. Análisis estadístico.

Los tratamientos fueron distribuidos a través de un diseño bloque completamente al azar (DBCA), para cada evaluación post germinación (9, 12, 15 y 18 días), con 3 repeticiones. Se utilizó como factor de bloqueo el piso del andamio; y cada unidad experimental estuvo compuesta por 3 bandejas germinadoras.

El modelo aditivo lineal utilizado fue:

$$Y_{ij} = u + B_i + T_j + E_{ijk}.$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la edad de la planta en la J-ésima bandeja bajo el i-ésimo tratamiento.

u = Media poblacional.

T_i = Efecto de la i-ésima edad post germinación ($i = 1, 2, 3$ y 4).

B_j = Efecto de la J-ésima piso de germinación.

E_{ijk} = Error experimental del J-ésimo piso en el i-ésimo día de germinación.

Para evaluar el momento optimo de cosecha del germinado (días de germinación), en función al contenido nutricional, y producción se utilizó el análisis de variancia de la regresión.

El modelo aditivo de la regresión es el siguiente:

$$Y_i = \alpha_i + B(X_i) + E_i.$$

Donde:

Y_i = Estimación de la i -ésima de la variable (Y) presión.

α_i = Intercepto (intersección de la línea de regresión n con el eje (Y).

X_i = La i -ésima observación de la variable independiente.

B = Coeficiente de regresión (pendiente de la línea de regresión).

E = Error aleatorio de la i -ésima bandeja observación.

Asimismo para determinar la diferencia entre medias y en función a su coeficiente de variación se utilizó la prueba de medias de Duncan ($P < 0.05$).

3.8. Variables Dependientes.

- 1 Contenido nutricional (MS, %; PC, %; EE, %; FC, %; Cz, %; ELN, %).
- 2 Contenido de minerales (Ca, %; Mg, %; K, %; Na, %; Cu, ppm; Mg, ppm; Zn, ppm)
- 3 Contenido de Energía Bruta (kcal/kg).
- 4 Producción de materia seca (kg/m^2) y producción de proteína (kg/m^2).

IV. RESULTADOS.

4.1. Contenido nutricional de los germinados de maíz (*Zea mays*) a diferentes edades pos germinación.

En el Cuadro 2, nos muestra el contenido Materia Seca (MS, %); Proteína Cruda (PC, %); Extracto Etéreo (EE, %); Fibra Cruda (FC, %); Ceniza (Cz, %); Extracto Libre de Nitrógeno (ELN, %) y Energía Bruta (EB kcal/kg) del forraje del maíz a diferentes días pos germinación. Así mismo en las Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se puede observar el comportamiento de cada nutriente de acuerdo a los días de cosecha evaluados.

Cuadro 2. Contenido nutricional del forraje de germinado de maíz a diferentes edades pos germinación, expresado en materia seca total.

Contenido de nutrientes ¹							
Ttos	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	Cz (%)	ELN (%)	EB (kcal/kg)
9	46.66	11.75	4.77	5.90	2.22	75.36	4,647.52
12	26.36	14.82	3.98	8.99	2.44	69.77	4,643.83
15	20.91	16.04	3.67	11.21	2.70	66.37	4,660.55
18	20.30	16.04	3.39	13.90	2.73	63.96	4,596.50
Sig ²	C**	C*	L*	L**	L*	L**	NS.
SEM	2.91	0.91	0.58	0.59	0.23	1.11	0.10

¹. Nutrientes: MS = Materia seca; PC = Proteína cruda; EE = Extracto etéreo; FC = Fibra cruda; Cz = Ceniza; ELN = Extracto libre de nitrógeno; EB = Energía bruta.

². Análisis de variancia de la regresión: L = regresión lineal; C = regresión cuadrática; * = (P< 0.05); ** = (P<0.01); NS = No significativo.

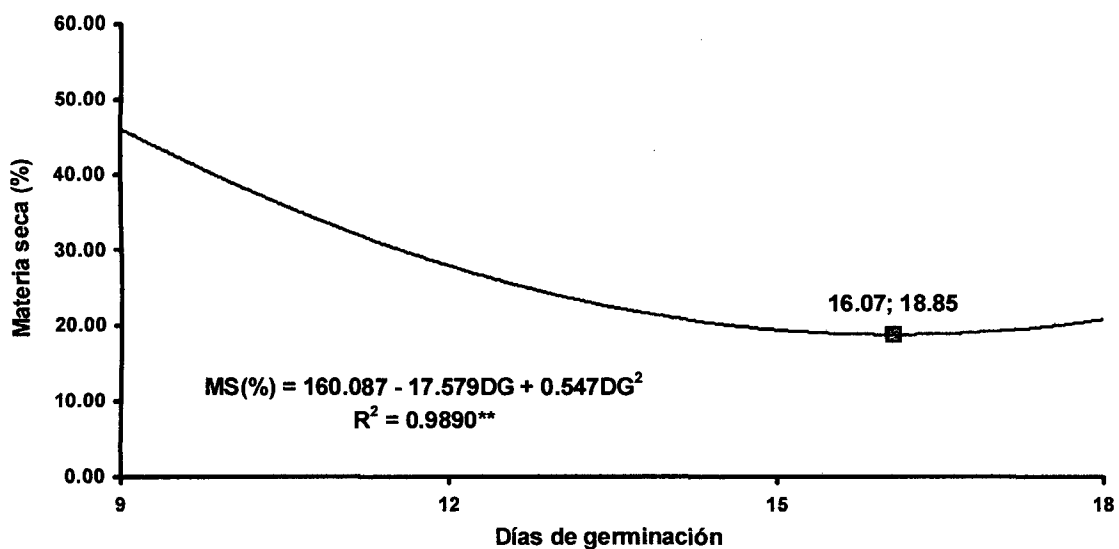


Figura 1. Comportamiento del contenido de Materia Seca (% MS) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz. ** = $P < 0.05$

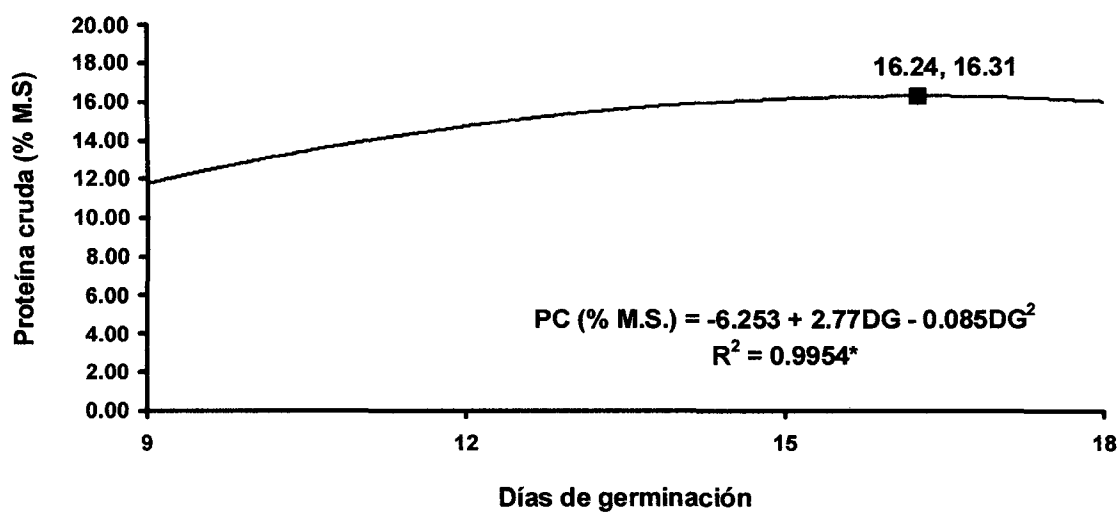


Figura 2. Comportamiento del contenido de Proteína Cruda (% MS) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz. * = $P < 0.05$

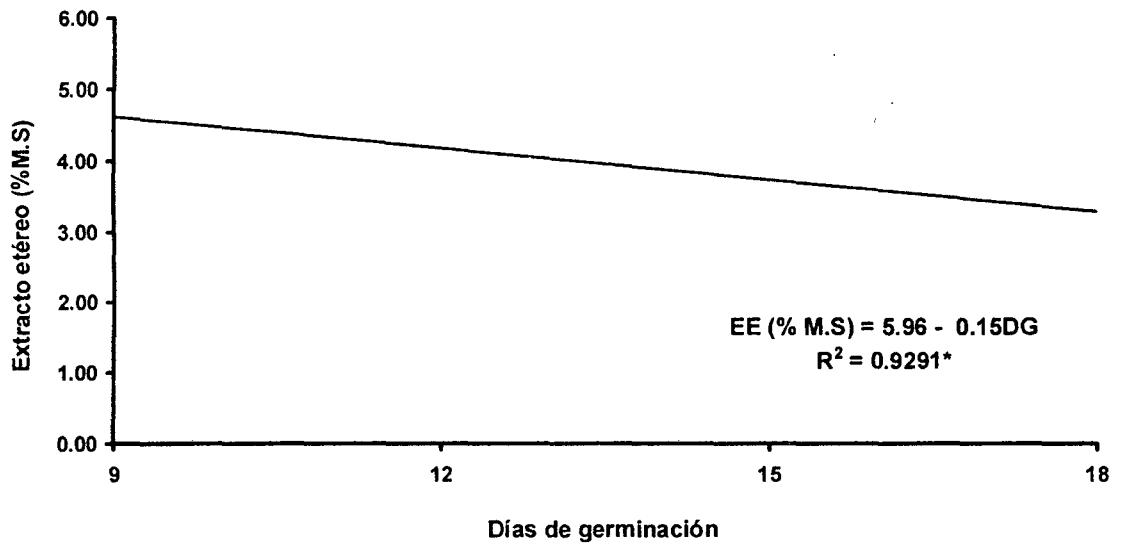


Figura 3. Comportamiento del contenido de Extracto etéreo (% MS) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz. * = $P < 0.05$

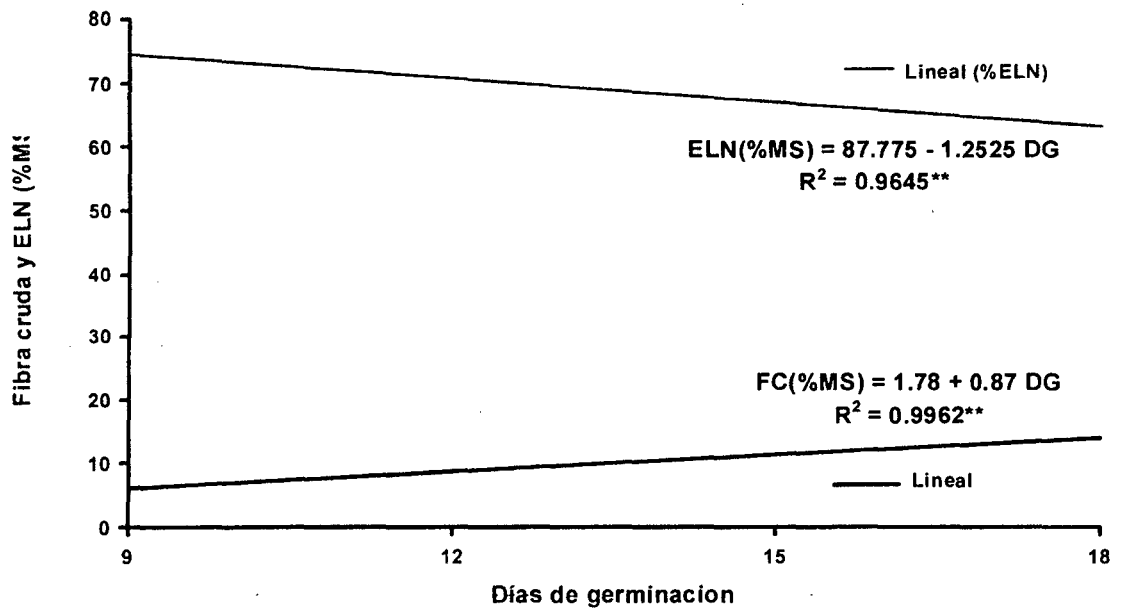


Figura 4. Comportamiento del contenido de Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno (% MS) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz. ** = $P < 0.05$

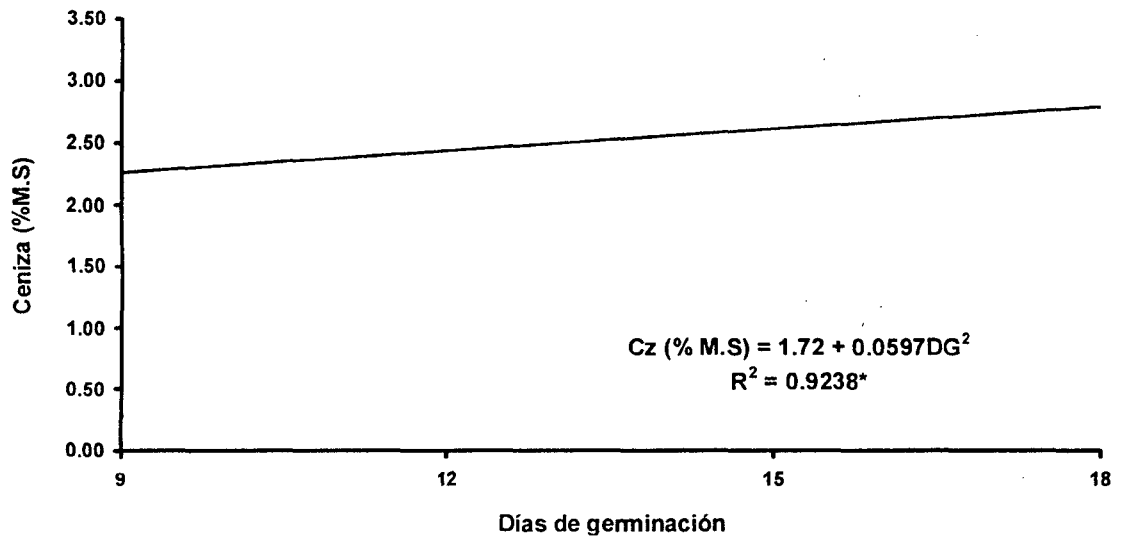


Figura 5. Comportamiento del contenido de Ceniza (% MS) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz. * = P<0.05

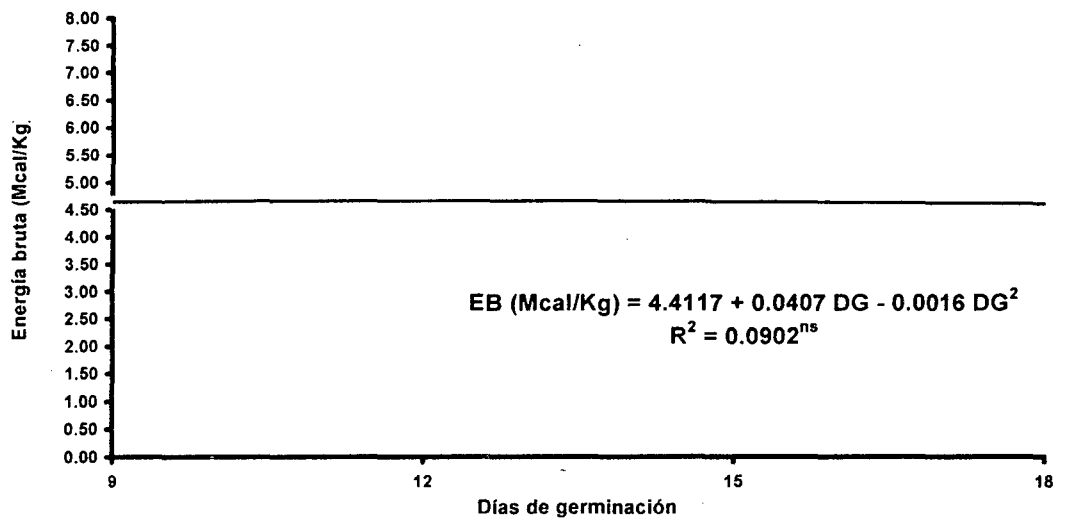


Figura 6. Comportamiento del contenido de la Energía Bruta (kcal/kg) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz. * = P<0.05

4.2. Contenido de minerales del germinado de granos de maíz a diferentes días pos germinación.

En el Cuadro 3, se describen el contenido de los minerales del germinado de grano de maíz a diferentes edades pos germinación.

Cuadro 3. Contenido de minerales del germinado de granos de maíz a diferentes días pos germinación.

DG	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
9	0.032 a	0.16 b	0.250a	0.037a	2.436a	4.06 ab	33.9 b
12	0.037 a	0.19 ba	0.228a	0.027a	3.084a	4.29 ab	35.9 b
15	0.031 a	0.17 ba	0.227a	0.024a	2.417a	3.70 b	31.07 b
18	0.048 a	0.19 a	0.259a	0.031a	3.012a	4.82 a	50.5 a

*Letras minúsculas diferentes en la misma columna, nos indican la existencia de diferencias significativas de las medias analizadas con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

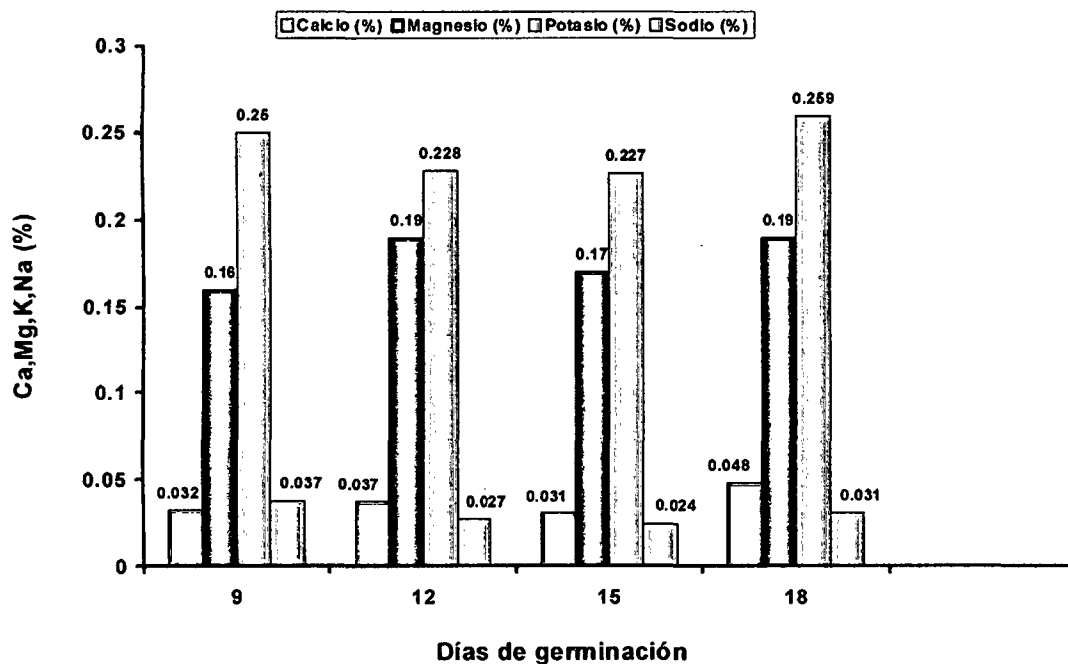


Figura 6. Comportamiento del contenido de minerales (Ca, Mg, K y Na.) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz.

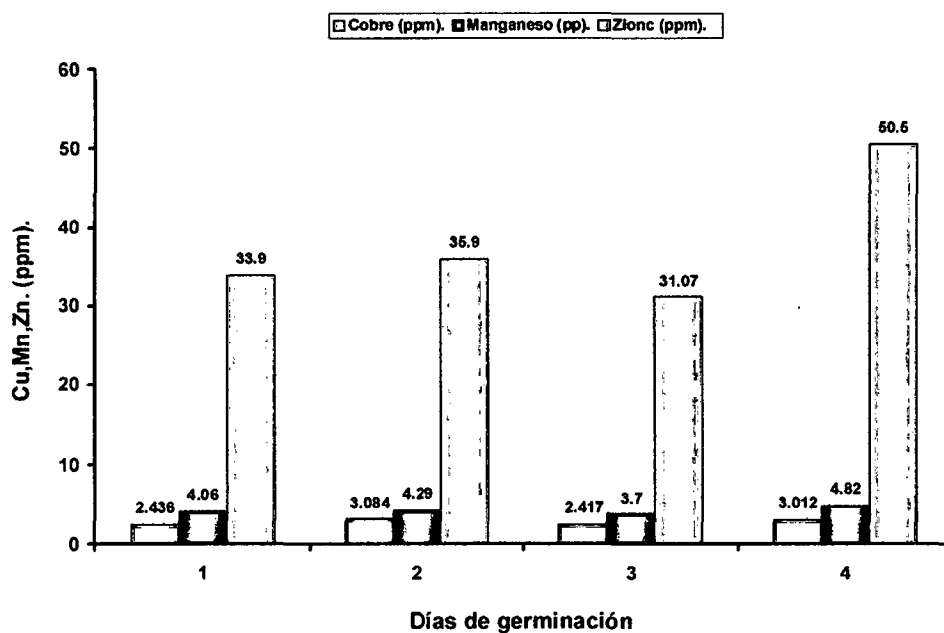


Figura 7. Comportamiento del contenido de minerales (Cu, Mn, K y Zn.) con respecto a los días pos germinación del grano de maíz.

4.3. Producción de forraje verde y proteína total del germinado del maíz.

En el Cuadro 4, se puede apreciar la producción total del germinado en fresco (PTGF) en (kg/m²), producción de forraje verde (PFV) del germinado ((kg/m²) y producción de proteína total del germinado (P. P. T) en (kg/m²) del grano de maíz en función a los días de cosecha. Además en las Figuras 10, 11,12, y 13 observamos el comportamiento de estas variables en estudio.

Cuadro 4. Producción de germinado y proteína total producida por el germinado de maíz, expresado en (kg/ m²).

Producción ¹					
Ttos	PTF (kg/m ²)	PGF (kg/m ²)	PGS (kg/m ²)	PPT (kg)/m ²	% Germinación
9	10,42	8,44	3,91	0.46	80.57
12	12,30	10,94	2,87	0.43	82.38
15	15,21	13,30	2,74	0.44	90.59
18	17,50	15,94	3,23	0.52	93.37
Sig ²	L**	L**	C*	NS.	L**
SEM	1.49	1.55	0.37	0.10	0.16

¹ Producción: Ttos = Tratamientos; PTF = Producción total fresco; PGF = Producción del germinado en fresco; PGS = Producción del germinado en base seca; PPT = Producción de proteína total en base seca; PG = porcentaje de germinación.

² Análisis de variancia de la regresión: L = regresión lineal; C = regresión cuadrática; * = (p < 0.05); ** = (p < 0.01); NS = No significativo

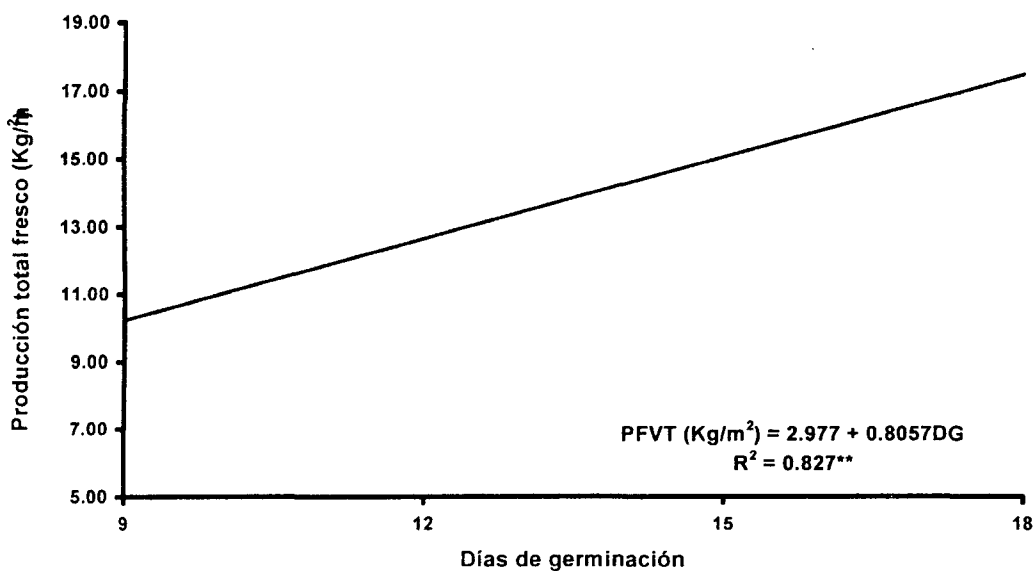


Figura 8. Comportamiento de la producción total en fresco (kg/m^2) de maíz a diferentes días pos germinación del grano de maíz. $** = P < 0.05$

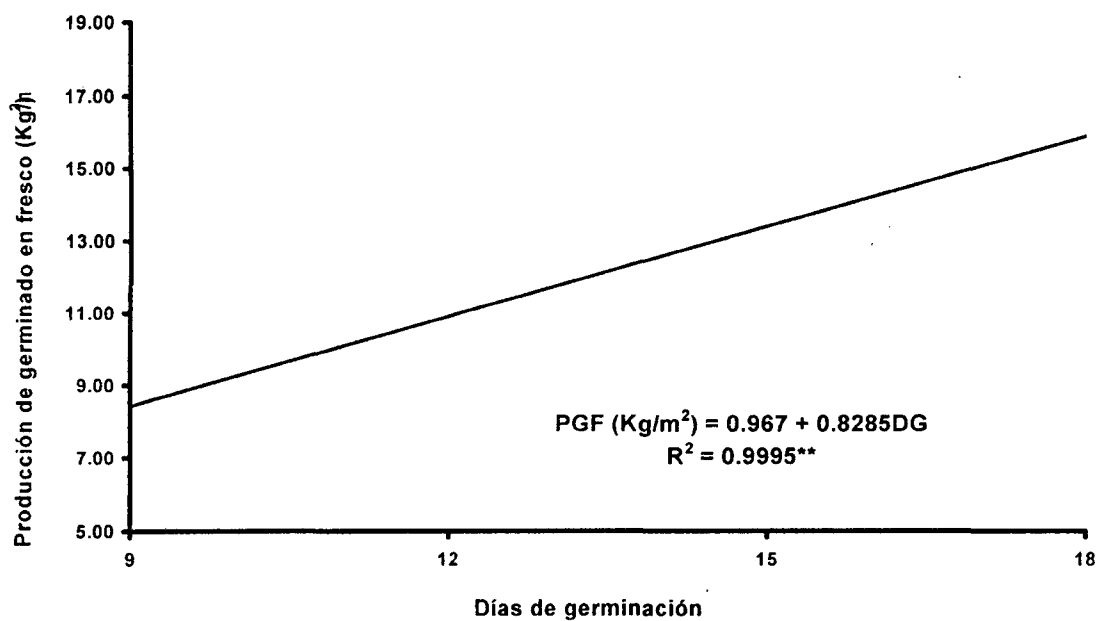


Figura 9. Comportamiento de la producción de germinado en fresco (kg/m^2) de maíz a diferentes días pos germinación del grano de maíz. $** = P < 0.05$

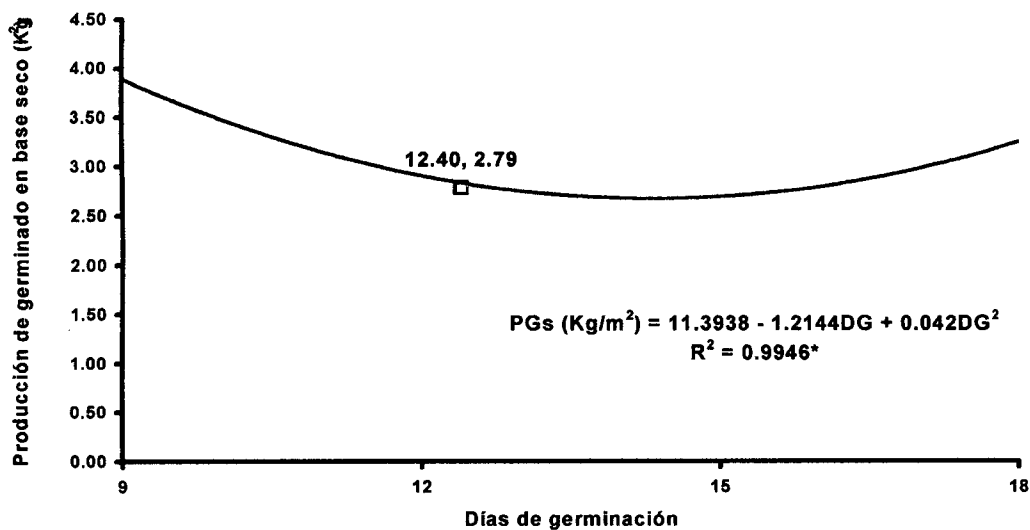


Figura 10. Comportamiento de la producción de germinado en base seco (kg/m^2) de granos de maíz a diferentes días pos germinación del grano de maíz. * = $P < 0.05$

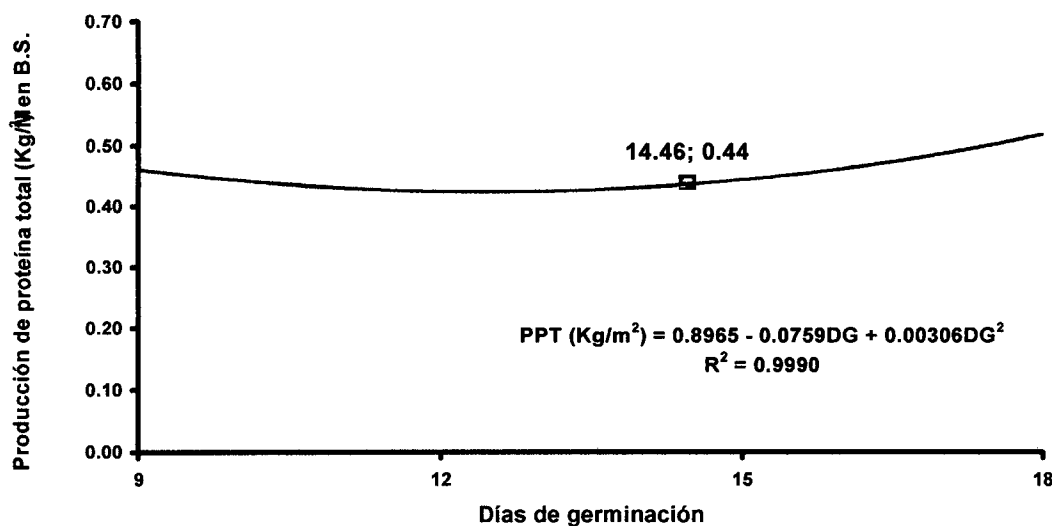


Figura 11. Comportamiento de la producción de proteína total (kg/m^2) de granos de maíz a diferentes días pos germinación del grano de maíz.

V. DISCUSION

5.1. Contenido nutricional de los germinados de maíz (*Zea mays*) a diferentes edades pos germinación.

Los resultados nos indican que el contenido de materia seca presenta diferencias altamente significativas en ($P < 0.01$) entre los 9 días pos germinación con (46.66 % MS); con respecto a los 12, 15 y 18 días pos germinación (26.36 %, 20.91 % y 20.30 % de M.S), respectivamente. De igual modo, al evaluar el contenido de materia seca (Figura 1) observamos que describe un comportamiento cuadrático descendente ($r^2 = 0.9890$) donde el punto máximo de inflexión se encuentra a los 16.7 días pos germinación del maíz; lo que estaría indicando que a partir de este punto el grano a logrado un adecuado reacomodo de todos sus nutrientes desde el grano hacia la formación de la plántula HARTMAN y KESTER (1990).

Así mismo el mayor contenido de materia seca se encuentra a los 9 días pos germinación (46.66 %), esto debido a la existencia de una menor relación plántula/grano, porque existe muchos granos sin germinar (19.43 %), lo que ocasiona que el contenido promedio de materia seca del germinado (plántula más granos) sea muy alto y a su vez este enmascarado por el alto

contenido de materia seca de los granos (granos germinados y sin germinar). Sin embargo, al evaluar a los 18 días pos germinación observamos que el contenido de materia seca (% MS) ha disminuido significativamente ($P < 0.01$) hasta 20.30 % y los granos sin germinar hasta 6.63 %. Así mismo a esta edad se obtiene una mayor relación plántula/grano.

Estos resultados no concuerdan con los datos reportados de algunos análisis químicos, que el alimento producido en hidroponía contiene de 8.8 % a 13.4 % de materia seca (SILVA, 1994). De igual forma no concuerdan con lo reportado por MINSON (1990), quién menciona que el porcentaje para materia seca es de 52.14 %. Es necesario aclarar que los datos obtenidos por estos trabajos corresponden solo a los análisis de la plántula, sin considerar a los granos sin germinar.

En cuanto al contenido de proteína cruda fueron analizadas al 100 % de materia seca, la cual muestra que existe diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los 9 días pos germinación (11.75 % PC); con respecto a los demás días pos germinación (14.82 % PC, 16.04 % PC, y 16.04 % PC respectivamente). Así mismo observamos en la Figura 2, un comportamiento cuadrático ascendente ($r^2 = 0.9954$), donde el punto máximo de inflexión es a los 16.24 días pos germinación y a partir de ese momento el contenido de proteína cruda empieza a descender, este comportamiento de la proteína cruda nos estaría indicando como el momento máximo de cosecha.

Según RODRIGUEZ (2003), menciona que la proteína cruda va incrementando a medida que se desarrolla la plántula, debido a que una vez formado las hojas éstas inician el proceso de la fotosíntesis a través de la luz, oxígeno, el CO₂, el nitrógeno y la clorofila los que en conjunto ven a transformar sustancias inorgánicas en orgánicas útiles para el desarrollo de la plántula la misma que a temprana edad tienen un alto contenido celular es decir proteína, azúcares y β -carotenos, y relativamente un bajo contenido de fibra, notándose en las plántulas que son bastante suculentas por la gran cantidad de agua acumulada

Estos resultados de proteína cruda son diferentes a los reportados por CORREA (2002) quién reporta un contenido de proteína cruda de 18.80 %, a los nueve días de germinación; y similares a los reportados por PICHILINGUE (1994) y PEREZ (1995), quienes coincidieron encontrando un valor de 15.08 % de PC en el forraje verde hidropónico a los 11 días de germinación, que van incrementando de 11.75 % desde los nueve días hasta 14.18 % a los doce días con la diferencia que estos reportes fueron obtenidos en cultivos hidropónicos de maíz en condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) y con suplementación de macro nutrientes (NPK). Así mismo estos resultados son superiores a los reportados por la FAO (2001), quien menciona que el porcentaje de proteína total promedio para uso forrajero del germinado de maíz en base seca es de 12.26 %, y varia a los diez días de edad desde 13.47 % PC a 14.75 % PC a los veinte días de germinación. De igual modo es mayor con lo reportado por RODRIGUEZ, (2001) que obtuvo

12.17 % PC a los doce días de germinación.

En relación al contenido de Extracto etéreo se observa que existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los días pos germinación. Así mismo el contenido de extracto etéreo (Figura 3) tiene un comportamiento lineal descendente ($r^2 = 0.9291$).

Estos resultados son superiores a los obtenidos por PICHILINGUE (1994), PEREZ (1995) y SILVA (1994), quienes menciona que el porcentaje de grasa en el germinado de maíz por hidroponía a los 11 días de edad en base a materia seca es de 2.60 %. Los que también son superiores a lo reportado por RODRIGUEZ, (2001) que encontró 1.06 % de extracto etéreo a los doce días de edad de germinación. Estos resultados puede variar por las condiciones de manejo para obtener el germinado, tales como: tipo de ambiente, uso de soluciones nutritivas y condiciones medio ambientales. Sin embargo son similares a los obtenidos por la FAO (2001), que reportan que el porcentaje de grasa promedio para uso forrajero del germinado de maíz en base seca es de 4.25 %, oscilando entre 5.01 % a los 10 días de cosecha hasta 6.39 % a los 20 días de cosecha respectivamente.

Con relación al contenido de fibra observamos que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$); con respecto a los 9 días pos germinación se obtuvo el valor más bajo 5.90 % FC, y los 18 días pos germinación el valor máximo de 13.90 % FC respectivamente. Por su parte la

fibra cruda tiene un comportamiento lineal ascendente ($r^2 = 0.9962$), observamos que a medida que avanza la edad de la planta el contenido de fibra cruda aumenta.

Según PEREZ (1995), manifiesta que la acumulación de fibra es debido a la modificación estructural de la plántula la misma que a nivel celular tanto en la pared primaria y secundaria acumulan mayor cantidad de celulosa y hemicelulosa tomándolo del contenido celular para proveer de una mayor rigidez a la célula para poder soportar el peso del follaje de la plántula

El contenido de fibra varía con lo reportados por PICHILINGUE (1994), SILVA (1994) y PEREZ (1995), quienes mencionan que el porcentaje fibra del maíz germinado por hidroponía a los 11 días de edad en base a materia seca es 12.76 % en FC. Así mismo la FAO, (2001), hace mención que el porcentaje de fibra para uso forrajero del germinado de maíz en base seca es de 8.87 %. Además, el germinado de maíz contiene a los diez días y en base a materia seca 9.03 % de fibra cruda y a los 20 días de y 13.23 % de fibra cruda respectivamente, sin embargo es inferior a lo reportado por RODRIGUEZ (2001), quién encontró un valor superior a 28.41 % de fibra cruda a los doce días de germinación.

En relación al porcentaje de ceniza se observa diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) conforme a los días pos germinación. En cuanto a la ceniza (Figura 5), tiene un comportamiento lineal ascendente ($r^2 =$

0.9238), en la cual existe un incremento de ésta entidad nutritiva hasta los 15 días pos germinación.; estos datos encontrados se asemejan a los reportados por PICHILINGUE (1994) y PEREZ (1995), quienes mencionan que el porcentaje de ceniza 2,24 %, en el forraje del maíz cosechado a los 11 días. Mientras que la FAO, (2001), afirma que el porcentaje de ceniza para uso forrajero del germinado de maíz en base seca es de 2.95 %, además, menciona que para el germinado de maíz contiene a los diez días y en base a materia seca de 2.71 % de cenizas; y para los 20 días de 3.84 % de cenizas respectivamente.

El comportamiento del contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) es lineal descendente ($r^2 = 0.9645$), así mismo existe diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). El extracto libre de nitrógeno varía de 75.36% a 63.96% en función a los días pos germinación. Estos valores están dentro del rango reportado por PICHILINGUE (1994) y PEREZ (1995), quienes mencionan que el porcentaje ELN del maíz germinado por hidroponía a los 11 días de edad en base a materia seca es de 67.32 %. Así mismo, la FAO, (2001), hace mención que el porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el germinado de maíz en base seca es de 72.78 %, mientras que no concuerda con los valores de RODRIGUEZ (2001), ya que se encuentra por debajo de este rango con 46.88 %. Además, observamos que según avanza los días de germinación disminuye el ELN esto se debe a que la concentración de CNE (carbohidratos no estructurales) en la parte basal de las plántulas que fluctúa debido a las relaciones dinámicas entre la reparación y la fotosíntesis; cuando

la respiración excede a la fotosíntesis y la plántula ha desarrollado un área foliar considerable, se da la acumulación de carbohidratos no estructurales (carbohidratos de reserva) en las raíces y tejidos basales; entonces comienza a proporcionar y a utilizarlos como fuente de energía inmediata y dar nutrientes a las especies forrajeras (BERNAL, 1991).

El contenido de energía bruta, muestra que no existe diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en función a los días post germinación, esto se puede explicar por el proceso fisiológico que sufre el grano que es un concentrado de nutrientes y como semilla al germinar la materia orgánica, especialmente el contenido de Extracto Libre de Nitrógeno (carbohidratos de reserva) empieza a metabolizarse para generar la energía necesaria para que se inicie el proceso de crecimiento y reacomodo de los nutrientes desde el grano hasta la plántula. Este comportamiento se observa a través de la disminución del Extracto Libre de Nitrógeno a medida que pasan los días y una vez logrado este objetivo, la plántula con ayuda del proceso de la fotosíntesis puede continuar con su desarrollo fisiológico normal, donde la energía luminosa se transforma en energía química a través de los compuestos (HARTMAN y KESTER, 1990).

Así mismo, en esta interfase de grano a plántula se observa que a los 14 días la energía bruta empieza a descender por que la concentración de carbohidratos en la parte basal de las plantas fluctúa debido a las relaciones dinámicas entre la respiración y la fotosíntesis, cuando la respiración es mayor

que la fotosíntesis se presenta una reducción neta en el contenido de carbohidratos de la planta, luego de un tiempo cuando la planta ha desarrollado un área foliar considerable, y la fotosíntesis excede a la respiración, se inicia nuevamente la acumulación de carbohidratos en las raíces y tejidos basales (BERNAL, 1991)

El contenido de minerales del forraje germinado durante la fase de crecimiento se mantiene constante, el único que se encuentra con diferencia significativa es por el Zinc, en cual podemos atribuir que no existe variaciones en el contenido de minerales debido a que principalmente en estos forrajes germinados evaluados no se realiza ningún tipo de fertilización, es decir, los forrajes no tuvieron sustrato de donde tomar más nutrientes aparte fundamentalmente de la propia semilla de maíz (CORREA, 2002).

Asimismo, se puede observar que el contenido de Calcio varía de 0,032 a 0,048 %, estos valores se aproximan a los reportados por PÉREZ (1995), quien encontró que el Ca varía de 0.04 – 0.05 %. Sin embargo, son muy bajos comparados a lo reportado por la FAO (2001), CORREA (2002) y ALDRICH (1994) quienes reportan que el contenido de calcio es de 0,14 %, 1,40 %, 0,104 % y 0.34 % Ca respectivamente, esto se debe principalmente a que en el germinado hidropónico son abonados y fertilizados con diferentes tipos de sustrato. De igual modo los resultados obtenidos a los 9 días de germinación en el trabajo de investigación se encuentran por debajo de los mencionados por (ALDRICH; 1994).

En relación a los demás minerales encontramos variaciones de 31.07 a 50.50 ppm en el Zn, de 0.16 a 0.19 % en Mg y 3.70 a 4.82 ppm en Mn no concordando con lo mencionado por CORREA (2002), que en su trabajo realizado encontró valores de 310 ppm en el Zn, de 0.15 % en el Mg y 310 ppm en el Mn, mientras que ALDRICH (1994) menciona: 3.61 % en Mg, 0.74 % en K, 0.17 % en Na, 26.25 ppm en Cu, 12.7 ppm en Mn y 175.25 ppm en Zn.

5.2. Producción de germinado fresco, seco y proteína total de granos de maíz a diferentes edades pos germinación.

Los resultados obtenidos nos muestran que la producción total fresca y la producción de germinado presentan un comportamiento lineal ascendente con el aumento de la edad ($P < 0.01$) debiéndose este comportamiento en un 99.39 y 99.95 a la edad de cosecha.

Al evaluar el comportamiento de la producción total y producción de germinado observamos que el punto de inflexión es a los 14.46 y 12.40 días de cosecha respectivamente (Figuras 9 y 10) Esto se explicaría por el proceso de crecimiento y desarrollo de las plántulas, así mismo por la modificación que sufren las estructuras nutritivas (proteína, carbohidratos, lípidos y minerales) desde la semilla hasta la nueva plántula y ayudados por los procesos de la fotosíntesis hasta la formación completa de la plántula que a través de las raíces y de un sustrato pueda continuar con su posterior desarrollo, que en forma practica nos indica que es el momento en que se debe empezar a cosechar (MINSON, 1990).

En cuanto a la producción de proteína total encontrados; los valores varían de 0.46 kg /m², a los 12 días hasta 0.52 kg./m² a los 18 días indican que no existe diferencias estadísticas ($P < 0.05$); así mismo obteniéndose un comportamiento cuadrático ascendente ($r^2 = 0.9990$), como se muestra (Figura 13); en donde el punto de máximo de inflexión es a los 14.46 días post germinación del maíz, lo que estaría indicando que a partir de este punto el grano ha logrado un adecuado reacomodo de este nutriente hacia la formación de la plántula.

Por otra parte los resultados de porcentaje de germinación que se encontraron muestran que existe diferencia estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los días pos germinación 9, 12, 15 y 18 días, con (80.57 %, 82.38 %, 90.59 %, 93.37 %), respectivamente. Estos resultados no se ajustan a los reportados por PEREZ (1995), quien encontró mayor porcentaje de germinación conforme transcurren los días, a los 2 días (44,14 %), a los 4 días (82,14 %) y a los 6 días de germinación (85,3 %). Además CARBALLIDO (2005), menciona que la eficiencia en el tiempo de producción del FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12, porque a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del forraje verde hidropónico.

Sin embargo de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, en base al el contenido nutricional, producción de materia seca, producción de proteína total, porcentaje de germinado, la cosecha se debe iniciarse a los 12 días de edad del germinado hasta los 16 días de edad. Por que a los 12 días han logrado reacomodar los nutrientes del grano a la plántula, y a los 16 días el contenido nutricional especialmente de la proteína cruda empieza a descender, ya que en las gramíneas el nivel de proteína cruda en general disminuye a consecuencia del incremento de tallos los cuales tienen un menor contenido de proteína cruda. Así mismo que después de ese tiempo de cosecha se puede observar que las plantas empiezan a perder su coloración de verde oscuro a una coloración amarillenta, el quemado las puntas de las hojas, y la presencia de insectos es mayor (MINSON, 1990).

Asimismo, no es conveniente utilizar a menos de 12 días de germinación, porque la relación planta germinada/granos sin germinar es menor, hay menor producción de forraje, menor contenido de proteína cruda.

VI. CONCLUSIÓN

- 1 Se determinó que la edad óptima de cosecha del germinado de granos de maíz (*Zea mays*) está entre los 12 a 16 días pos germinación por tener los índices más altos en la mayoría de los nutrientes y así como una buena producción de forraje.
- 2 La producción total en fresco del germinado de maíz cosechado entre 12 a 16 días pos germinación de 12.30 a 15.21 g/m²; la producción de germinado fresco 10.94 a 13.30 kg/m², la producción de germinado en base seca es de 2.87 a 2.74 kg/m²; y la producción de proteína total en base seca es de 0.43 a 0.44 kg/m².

VII. RECOMENDACIONES

- 1 Realizar trabajos similares utilizando diferentes puesto que la semilla tiene capacidad de seguir contribuyendo con sus reservas al desarrollo de la planta.
- 2 Realizar estudios orientados a determinar las respuestas biológicas del consumo del forraje germinado y/o hidropónico en diferentes especies animales.

VIII. ABSTRACT

The present work was made in Zootecnic Faculty farm and in Animal Nutrition and Spectrofotometry Labs of the National Agrarian University of the Forest, In Tingo María, district of Rupa Rupa, province of Leoncio Prado, department of Huánuco - Peru; from August to December 2005; . the objective was to evaluate the nutrients content and forage production of germinated grain corn harvested in different ages post germination. To the seed germinator a controlled environment was used with the following characteristics: 26.5°C in the mornings and 30.3°C in the afternoons, relative humidity of 65,4% in the mornings and 58,4 % in the afternoons, with a 3-floors wood scaffold, 3 m length x 1,5 ms height and 0,9 m wide and as seed germinator, wood marks of 40 x 40 x 5 cm were used, which had been covered with polyethylene bags in form of trays; where the seeds of corn were randomly distributed using block completely randomized design (BCAD) with 4 treatments (9,12,15 and 18 days post germination) x 3 blocks x 3 repetitions. As blocking factor the scaffold floor was used; and each experimental unit was composed by 3 germinator trays. In order to determine the content of dry matter (DM%), crude protein (CP%), ether extract (EE%), crude fiber (CF%), Ash (A%), nitrogen free extract (NFE%), gross energy (kcal/kg) the proximal analysis of Wendee were used. To evaluate the optimum moment to harvest the germinated corn (days post germination), in function of nutritional content and production, the test of regression was used.

Likewise to determine differences among means and in function to the coefficient of variation Duncan's means test was used. It is observed that the germinated grain from 12 up to 16 days of age showed better percentage of germination, and more dry matter and total protein production. We concludes the optimum age to harvest grain corn germinated is between 12 to 16 days post germination because it has the highest indexes in most of the nutrients and as well as a good forage production.

IX. BIBLIOGRAFÍA

ALDRICH, S. 1994. Producción Moderna Del Maíz. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D). México, Buenos Aires.

BERNAL, E. 1991. Pastos y forrajes. Producción y manejo. 2° edición. Colombia. Editorial Fadega S.A. 512 p.

CARBALLO, C. 2000 Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal [En línea]: CIPAV, (<http://zoetecnocampo.com>, 3 de Enero 2006).

CARBALLIDO, CL. C. 2005. Forraje verde hidropónico [En línea]: Artículo, (www.usuarios.lycos.es/forrajehidroponico, 4 de Enero 2006).

CORDOVA, A. 1993. Alimentación Animal. Edit. Editec. Lima Perú. 120 p.

CORREA, M. 2002. Forraje verde hidropónico para alimentación animal. Departamento de agricultura y comercio, [En línea]: Revista, (<http://www.sisagro.com.ar>, 3 de Enero 2006).

ESTRADA, F. y ROMERO, E. 2003. Hidroponía. Disponible, [en línea] (<http://www.geocities.com>, 25 de Marzo).

FAO. 2001. Manual técnico forraje verde hidropónico, [en línea]: FAO, (<http://www.zoetecnocampo.com>, 25 de Marzo 2005).

HOWARD, M. 1982. Cultivos hidropónicos. Edit. Mundi Prensa. Madrid, España.

HARTMANN, H y KESTER, D. 1990. Propagación de plantas, principios y prácticas. Edit. CECSA. México.

INIA. 2006. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. [en línea]: INIA. (<http://www.Zootrop@inia.gog.ve>, 25 de Marzo 2005).

LEES, P.1983. Ganadería hidropónica. Agricultura de las América. Pintertee Publishing Corp. E.U.A. p 81-94.

MINSON, D. 1990. The chemical composition and nutritive of tropical legumes, tropical forage. Legumes. Second edition. FAO Plant production and protection serie N° 2 FAO, Roma - Italia. Pp 187 _ 194.

PICHILINGUE, C. 1994. Producción de Forraje Hidropónico. Primer Curso Taller de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 72 p.

- PEREZ, O. 1995. Producción de Forraje en Base a Germinados de Cebada (*Hordeum vulgare*) y Maíz (*Zea mays*). Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 80 p.
- RODRIGUEZ, A. 2001 Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- RODRIGUEZ, M. 2003. Producción de forraje verde, Literatura pendiente de publicación Facultad de Zootecnia Universidad Autónoma de Chihuahua. 150 p.
- SILVA, E. 1994. Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) Germinado en la alimentación de Cuyes Machos en Crecimiento y Engorde. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria la Molina – Lima. Perú. p 25-38.
- TARRILLO, H. 2005. Producción de Forraje Verde Hidropónico en Arequipa – Perú, [en línea]: Artículo, (www.lamolina.edu.pe/hidroponia, 3 de Enero 2006).
- TORRES, G. 2005. Evaluación de dos tipos de ambientes para la producción de forraje germinado de maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*) en tres densidades de siembra. Tesis Ing. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 23 p.

UNAS. 2005. Datos Meteorológicos. año 2001. Estación Meteorológica. Jose Avelardo Quiñones (Archivos). 15 p.

VAN SOEST, P 1987. Omposition, fiber cuality and nutritive value of forages. En forages the Science of Grassland Agricultura. M. E. Heath, R. F. Barnes y D. S. Metcalfe. Ames, Iowa, USA.

X. ANEXO.

Cuadro 5. Temperatura del área de germinación (°C) durante el periodo de evaluación.

Día	Hora		
	9:00 h	15:00 h	18:00 h
0	27.5	31	28
1	27	30	26
2	26	30	25
3	23	28	25
4	22.5	30	27
5	25	30	27
6	25.5	30	28
7	24	30	27
8	24	30	27.5
9	25	30	27.5
10	27	31	28
11	27	31	28
12	24	31	29
13	24	31	28
14	26	31.5	29
15	26	31.5	29
16	27	31	29
17	23	30	28
18	23.5		
Promedio	26.5	30.3	27.5

Cuadro 6. Porcentaje de humedad relativa del área de germinación (%) durante el periodo de evaluación.

Día	(%) de humedad	
	9:00 h	15:00 h
3	56	56
6	56	58
9	65	56
12	61	58
15	77	70
18	80	----
3	57	56
6	58	55
9	58	55
12	58	58
15	80	59
18	79	----
3	60	55
6	62	56
9	60	55
12	56	59
15	78	70
18	77	----
Promedio	65.4	58.4

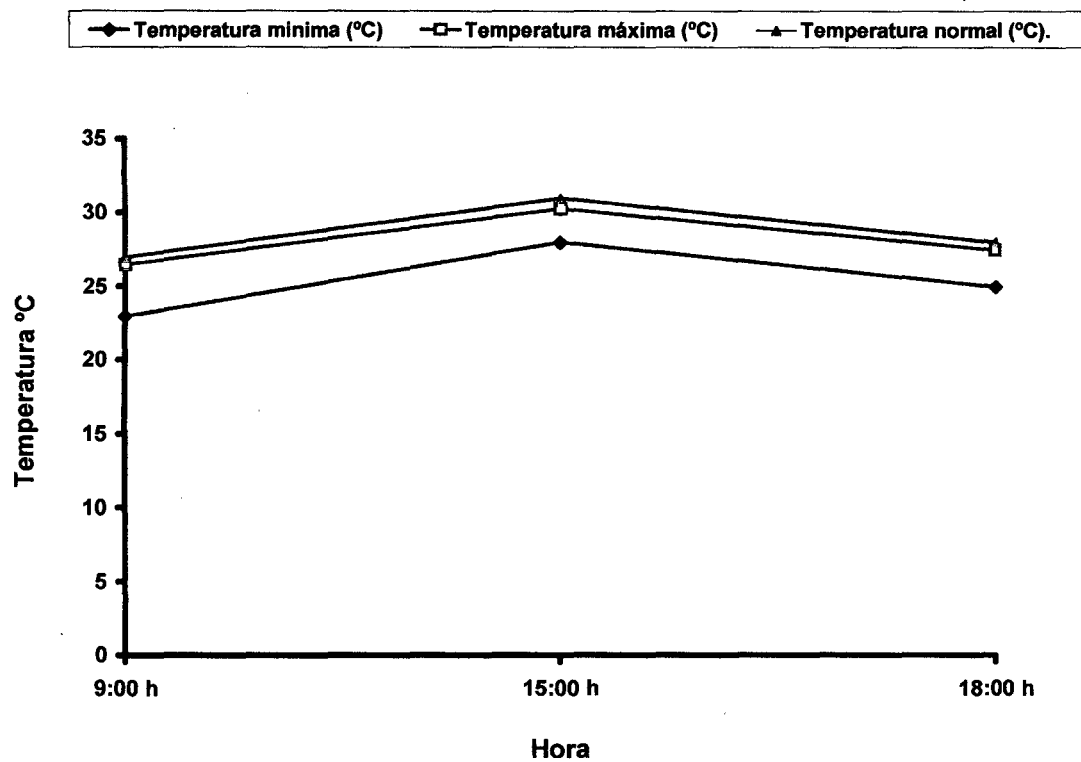


Figura 12. Comportamiento de la temperatura del área de germinación (°C) registrada durante el periodo de evaluación.

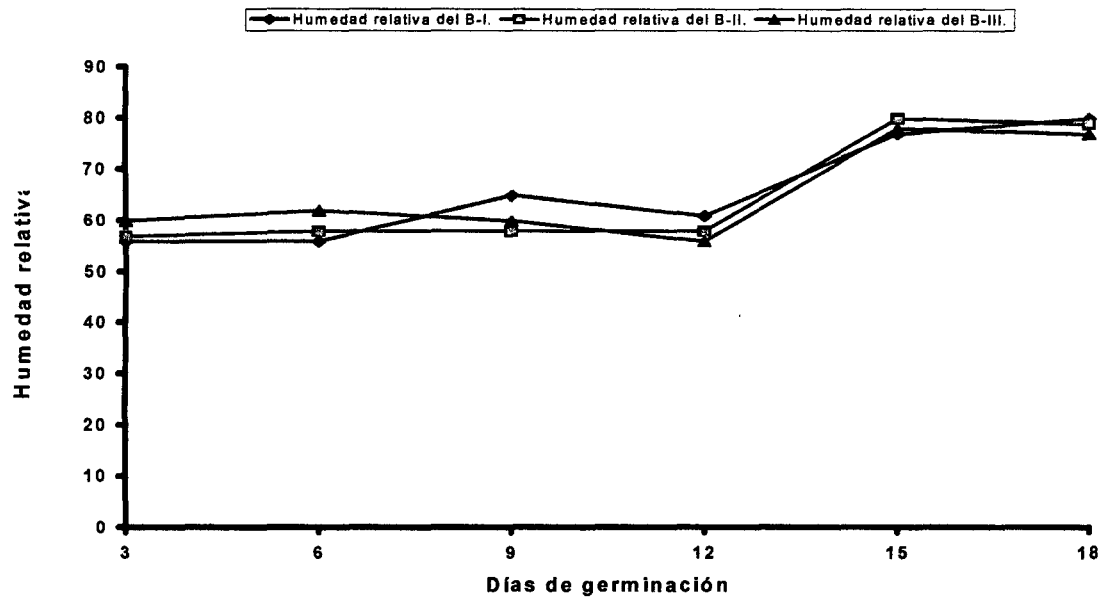


Figura 13. Comportamiento de la humedad relativa a las 9:00 a.m. de los tres bloques durante los días pos germinación.

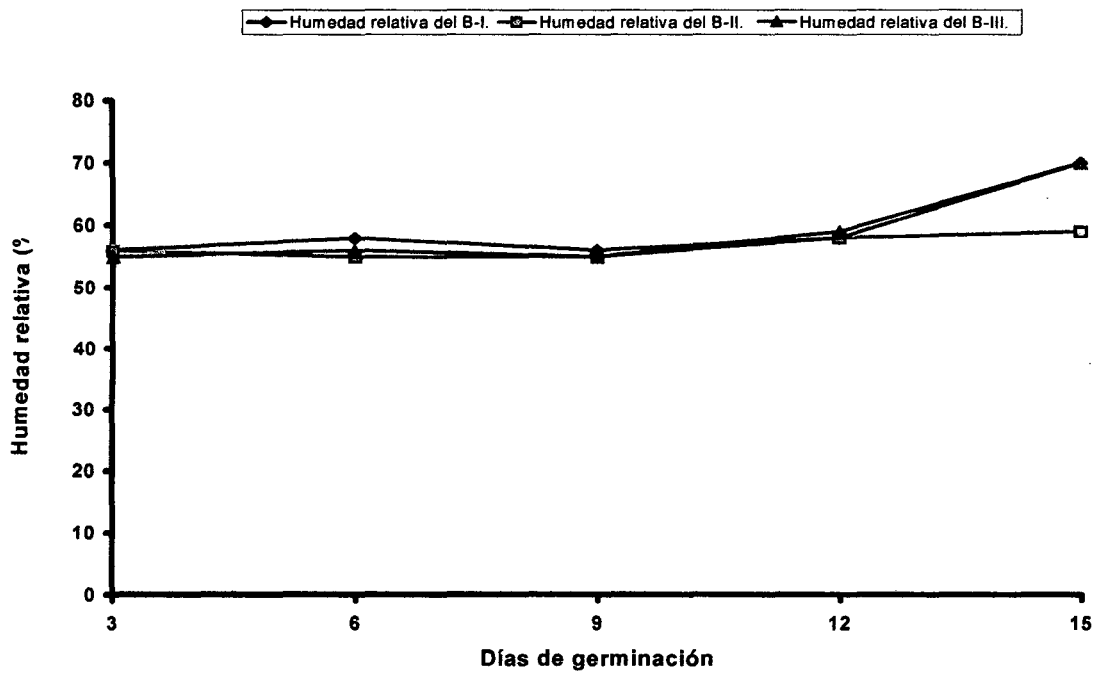


Figura 14. Comportamiento de la humedad relativa a las 3:00 p.m. de los tres bloques durante los días pos germinación.

Cuadro 7. Datos del contenido nutricional del germinado de maíz a diferentes edades pos germinación.

Replica	Días de germinación	Nutrientes %						EB (kcal/kg)
		MS	PC	EE	FC	Cz	ELN	
1	9	49.64	11.84	4.93	6.11	2.12	75.00	4.5821
2	9	43.33	11.81	4.66	5.45	2.32	75.76	4.7084
3	9	47.00	11.61	4.73	6.13	2.22	75.31	4.6520
Promedio		46.66	11.75	4.77	5.90	2.22	75.36	4.64752
1	12	27.63	14.49	4.53	9.33	2.20	69.45	4.5380
2	12	27.64	13.53	4.63	8.13	2.26	71.45	4.6810
3	12	23.80	16.45	2.78	9.50	2.86	68.41	4.7125
Promedio		26.36	14.82	3.98	8.99	2.44	69.77	4.64383
1	15	17.70	14.89	3.54	11.41	2.83	67.33	4.6550
2	15	23.62	16.52	3.53	11.12	2.69	66.14	4.6786
3	15	21.42	16.71	3.95	11.10	2.59	65.65	4.6480
Promedio		20.91	16.04	3.67	11.21	2.70	66.37	4.66055
1	18	19.90	16.13	3.18	13.42	2.84	64.43	4.7340
2	18	22.47	16.10	3.69	14.59	2.71	62.91	4.5308
3	18	18.52	15.89	3.30	13.62	2.64	64.55	4.5247
Promedio		20.30	16.04	3.39	13.90	2.73	63.96	4.59650

Cuadro 8. Datos del contenido de producción del germinado de maíz a diferentes edades pos germinación.

Replica	Días de germinación	% Germinación	Producción PTF kg/M2				
			PTF	PGF	PGRA	PGS	PT
1	9	74.45	9.38	6.88	2.50	3.41	0.40
2	9	82.97	11.56	9.69	1.88	4.20	0.50
3	9	84.30	10.31	8.75	1.56	4.11	0.48
Promedio		80.57	10.42	8.44	5.94	3.91	0.46
1	12	83.72	13.13	11.56	1.56	3.20	0.46
2	12	80.98	10.31	9.06	1.25	2.51	0.34
3	12	82.45	13.44	12.19	1.25	2.90	0.48
Promedio		82.38	12.30	10.94	1.35	2.87	0.43
1	15	90.27	16.56	14.69	1.88	2.60	0.39
2	15	89.27	12.81	10.94	1.88	2.58	0.43
3	15	92.22	16.25	14.25	2.00	3.05	0.51
Promedio		90.59	15.21	13.30	2.88	2.74	0.44
1	18	91.37	16.88	15.00	1.88	2.99	0.48
2	18	94.51	17.50	15.94	1.56	3.58	0.58
3	18	94.22	18.13	16.88	1.25	3.12	0.50
Promedio		93.37	17.50	15.94	1.56	3.23	0.52