



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“EVALUACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ Y CEBADA,
CON DIFERENTES DOSIS DE SIEMBRA PARA LAS ETAPAS DE
CRECIMIENTO Y ENGORDE DE CUYES”**

TESIS DE GRADO

**Previa la obtención del título de
INGENIERA ZOOTECNISTA**

**AUTOR
MARÍA ISABEL GÓMEZ HIDALGO**

Riobamba-Ecuador

2007

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal:

Ing. M. Sc. Vicente Trujillo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.Cs. Wilfrido Cápele Báez.
DIRECTOR

Ing. M.Sc. Benito Mendoza Donoso.
BIOMETRISTA

Ing. M.Cs. Julio Usca Méndez.
ASESOR

Riobamba, 12 de Febrero del 2007.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la ESPOCH, a la Facultad de Ciencias Pecuarias, y a mi querida Escuela de Ingeniería Zootécnica por permitirme formarme profesionalmente.

De igual manera a los Miembros del Tribunal; Ing. M.Cs. Wilfrido Cápele; Director de Tesis, Ing. M.Sc. Benito Mendoza d.; Biometrista, Ing. M.Cs. Julio Usca Méndez; Asesor. Por su colaboración en la conducción y realización del presente trabajo investigativo.

A todos los señores profesores, empleados y trabajadores de la Facultad, a mis compañeros, amigos y amigas, Guillermo V, Yazmín, Doris, Anita que colaboraron en la realización de la presente investigación.

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso que me ha regalado la gracia de mi salud y vida para culminar este trabajo.

Con todo mi amor y orgullo a mis padres Cornelio Gómez Y Manuelita Hidalgo, quienes me apoyaron incondicionalmente, para continuar estudiando y me enseñaron el camino para superarme.

A mis hermanos Normita, Ricardo, por su apoyo y cariño, a mi sobrina Ivonne que tan solo con sus risas y ocurrencias llena de alegría mi vida.

A mi amado esposo por el amor, confianza y comprensión que siempre me dio durante la culminación de este trabajo.

A mis amigos por su apoyo y amistad sincera.

MARIA ISABEL

RESUMEN

En la Estación Experimental TUNSHI de la FCP-ESPOCH, se evaluó la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) de maíz y cebada en 3 densidades de siembra 0.50, 0.75 y 1 Kg Semilla por bandeja (0,250 m²), y su respuesta en cuyes machos en las etapas de crecimiento y engorde con pesos aproximadamente iguales. En la producción de FVH de cebada, con la densidad de siembra 0,5 Kg semilla / bandeja, se obtuvo mayor rendimiento de 8.99 kg FVH/ Kg semilla, mayor cantidad de materia seca 14.43%. La mejor producción de FVH de maíz se obtuvo con la densidad de siembra de 1.0 Kg semilla por bandeja, con un rendimiento de 6.35 Kg FVH/ Kg semilla y la proteína es superior con 12.14%. El mayor peso alcanzaron los cuyes de los tratamientos C0.75, C0.50 y C1.0, con 900.0, 883.33 y 861.67 g respectivamente y ganancias de peso de 636.67, 605.0 y 605.0 g en su orden. Los mejores índices de conversión alimenticia alcanzaron con los tratamientos C0.5, C0.75 y C1.0 con índices de 4.03, 3.93 y 3.93 puntos en su orden. Con los tratamientos, C0.5 y M1.0 se obtuvo un índice alto beneficio costo de 1.27, que resulta muy significativo, en producción de cuyes. Se recomienda utilizar una densidad de siembra de 0.5 Kg de cebada por bandeja y 1.0 Kg de maíz por bandeja, para la producción de Forraje Verde Hidropónico, ya que presentan los mejores rendimientos productivos tanto de forraje, como para la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde.

ABSTRACT

At the experimental station TUNSHI of the FCP-ESPOCH the green hydroponic forage (FVH) production of corn and barley was evaluated in three sowing densities 0.50, 0.75 and 1 Kg the seed per tray was (0.250 m²) and the response in males in the growing and fattening stages yielded approximately equal weights. In the FVH production of barley with a sowing density of 0.5 Kg seed / tray, the highest yield of 8.99 Kg FVH / Kg seed and higher dry water quantity 14.43 % were obtained. A higher FVH production of corn was obtained with the sowing density of 1.0 Kg seed per tray with a yield of 6.35 Kg FVH / Kg seed and a higher protein 12.14 % the highest cavy weight was attained with treatments C0.75, C0.50 and C1.0 with 900.0, 883.33 and 861.67 g respectively and weight gains of 636.67, 605.0 and 605.0 in their order. The best-feed conversion indexes were obtained with the treatments C0.5, C0.75 and C1.0 with indexes of 4.03, 3.93 and 3.93 points in their order. With treatments C0.5 and M1.0, a high benefit-cost index was obtained which is significant in the cavy production. It is recommended to use a sowing density of 0.5 Kg barley per tray and 1.0 Kg corn per tray for the green hydroponic forage production since it shows the best productive yields both of forage and cavy feeding in the growing and fattening stages.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISION DE LITERATURA</u>	3
A. EL CULTIVO DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO	3
B. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	4
1. <u>La Luz</u>	4
2. <u>La Temperatura</u>	5
3. <u>La Oxigenación</u>	6
4. <u>Fertilización Carbónica</u>	7
5. <u>Humedad Ambiental</u>	7
C. COMPONENTES BÁSICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO	8
1. <u>El Invernadero</u>	8
2. <u>Estanterías</u>	8
3. <u>Recipientes de cultivo o bandejas</u>	9
4. <u>Sistema de riego</u>	9
D. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	10
1. <u>Selección de la Semilla</u>	10
2. <u>Lavado y desinfección de la semilla</u>	11
3. <u>Período de mojo y pregerminación de la semilla</u>	11
a. Fisiología de la Producción de Forraje Verde Hidropónico	12
b. La Germinación	12
(1). Absorción del agua	14
(2). Movilización de nutrientes	14

(3). Crecimiento y diferenciación	14
4. <u>Etapa de Producción (inicio de riegos).</u>	15
5. <u>Cosecha y Rendimiento del Forraje</u>	16
E. DENSIDADES DE SIEMBRA	16
F. RENDIMIENTO	17
G. VALORACIÓN NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO	17
1. <u>Análisis de FVH de Maíz</u>	17
2. <u>Análisis de FVH de Cebada</u>	18
H. EL FORRAJE VERDE HIDROPONICO EN LA ALIMENTACION ANIMAL	18
I. LA ALIMENTACIÓN DEL CUY	20
1. <u>Requerimientos nutritivos del cuy para crecimiento y engorde</u>	20
2. <u>Forrajes utilizados en la alimentación del cuy</u>	21
3. <u>El Forraje Verde Hidropónico en la alimentación del cuy</u>	22
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	25
A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	25
B. CONDICIONES METEOROLOGICAS	25
C. UNIADES EXPERIMENTALES	26
D. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES.	26
E. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	28
F. MEDICIONES EXPERIMENTALES	31
G. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	32
H. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	33
1. <u>Fase I (Producción de FVH de Maíz y Cebada)</u>	33
2. <u>Fase II (Valoración Nutritiva del FVH)</u>	34
3. <u>Fase III (Alimentación de cuyes con FVH)</u>	35
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	36
A. PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE CEBADA	36
B. PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE MAÍZ	42

C. VALORACION NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE CEBADA	50
D. VALORACION NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE MAÍZ	53
E. EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO	56
F. EVALUACION PRODUCTIVA DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) EN LA ETAPA DE ENGORDE	59
G. EVALUACION PRODUCTIVA DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) EN LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO-ENGORDE	62
H. EVALUACION ECONOMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CUYES A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) EN LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO-ENGORDE	71
V. <u>CONCLUSIONES</u>	73
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	75
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	76
ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

No.		Pág.
1.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ZONA.	25
2.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ Y CEBADA	29
3.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO EN LA VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ Y CEBADA.	30
4.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO EN LA ALIMENTACIÓN CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A CUYES EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO Y ENGORDE	30
5.	ESQUEMA DEL ADEVA PARA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ Y CEBADA.	32
6.	ESQUEMA DEL ADEVA EN LA VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ Y CEBADA.	33
7.	ESQUEMA DEL ADEVA EN AL ALIMENTACIÓN CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A CUYES EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO Y ENGORDE.	33
8.	EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA CON LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE SIEMBRA.	37
9.	EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ CON LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE SIEMBRA.	45
10.	COMPOSICIÓN NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA.	51
11.	COMPOSICIÓN NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ.	54
12.	EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO	57
13.	EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CUYES EN LA ETAPA DE ENGORDE ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA Y MAÍZ.	60

14. EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CUYES EN LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO Y ENGORDE ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA Y MAÍZ	63
15. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CUYES EN LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO Y ENGORDE A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.	72

LISTA DE GRAFICOS

Nº.	Pág.
1. Porcentaje de germinación de semilla de Cebada, en respuesta a la utilización de diferentes densidades de siembra (0.5, 0.75 y 1 Kg./ bandeja) para la producción de Forraje Verde Hidropónico.	38
2. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de cebada en Kg.de FVH/Kg. de semilla, como respuesta a la utilización de diferentes densidades de siembra (0.50, 0.75, y 1 Kg./bandeja).	43
3. Porcentaje de germinación de semilla de Maíz, en respuesta a la utilización de diferentes densidades de siembra para la producción de Forraje Verde Hidropónico.	46
4. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de Maíz en Kg.de FVH/Kg. de semilla, como respuesta a la utilización de diferentes densidades de siembra (0.50, 0.75, y 1 Kg./bandeja).	49
5. Ganancia de Peso de cuyes en las etapas de crecimiento-engorde, ante la alimentación con Forraje Verde Hidropónico de Maíz y Cebada cultivado con diferentes densidades de siembra (0.5, 0.75 y 1 Kg./ bandeja).	65
6. Consumo total de alimento de cuyes en las etapas de crecimiento-engorde, ante la utilización de Forraje Verde Hidropónico de Maíz y Cebada cultivado con diferentes densidades de siembra (0.5, 0.75 y 1 Kg./ bandeja).	67
7. Conversión alimenticia de cuyes en las etapas de crecimiento-engorde, ante la alimentación con Forraje Verde Hidropónico de Maíz y Cebada cultivado con diferentes densidades de siembra (0.5, 0.75 y 1 Kg./ bandeja).	69
8. Rendimiento a la Canal de cuyes al sacrificio, ante la utilización de Forraje Verde Hidropónico de Maíz y Cebada cultivado con diferentes densidades de siembra (0.5, 0.75 y 1 Kg./ bandeja).	70

LISTA DE ANEXOS

Nº.

1. Resultados Experimentales de la producción de FVH de Cebada.
2. Resultados Experimentales de la utilización de FVH en cuyes.
3. Resultados Experimentales de la producción de FVH de Maíz.
4. Resultados Experimentales de la utilización de FVH en cuyes, en las Etapas de crecimiento y Engorde.
5. Análisis de varianza de las diferentes variables evaluadas en la producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada.
6. Análisis de varianza de las diferentes variables evaluadas en la producción de Forraje Verde Hidropónico de Maíz.
7. Análisis de varianza de las diferentes variables evaluadas en cuyes en la etapa de Crecimiento.
8. Análisis de varianza de las diferentes variables evaluadas en cuyes en la etapa de Engorde.
9. Análisis de varianza de la diferentes variables evaluadas en cuyes en las etapas de Crecimiento- Engorde
10. Correlación entre diferentes variables evaluadas en la producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada.
11. Correlación entre diferentes variables evaluadas en la producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada.

I. INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria en la actualidad, requiere de la utilización eficiente de cada uno de los factores de la producción, y dentro de cada sistema de producción el funcionamiento adecuado de cada uno de sus componentes, entre ellos uno de los más importantes es la alimentación animal, por ser la clave del éxito o fracaso de las explotaciones pecuarias, y representa un verdadero reto el determinar el mejor método de alimentación dependiendo de la especie animal y el tipo de explotación utilizada.

Una alternativa importante de alimento para los actuales sistemas semi-intensivos e intensivos de la producción pecuaria es el forraje verde hidropónico que es el resultado de utilizar el poder germinativo de los granos (cebada, maíz, trigo, etc.) en el cual se liberan todos los nutrientes del grano para permitir que la planta crezca; al estar todos los nutrientes liberados, éstos están inmediatamente disponibles y digeribles para que los animales lo consuman, aprovechando de nutrientes básicos necesarios, para un crecimiento y desarrollo eficientes en las especies zootécnicas.

La producción de cuyes en nuestro país se viene desarrollando desde hace muchos años atrás, gracias a la atención oportuna que ha tenido por parte de algunas organizaciones, considerándola como una especie que ha permitido sustentabilidad, además su carne en la actualidad es muy apetecida por su alto contenido de proteína (20.3%) y bajo nivel de grasa (7.8%).

Por otro lado los altos costos de los concentrados y forrajes en general, hacen que la rentabilidad de la producción de cuyes sea baja, por lo que es necesaria la búsqueda de nuevas alternativas que permitan disminuir los costos de alimentación y mejorar el performance productivo, para de esta manera ser eficientes dentro de un mundo cada día más competitivo, por lo cual en la presente investigación, se ha considerado al Forraje Verde Hidropónico como una alternativa alimenticia en la producción de cuyes, que nos permita alcanzar eficiencia en la producción de esta especie que tiene gran importancia desde el punto de vista económico, social y ecológico dentro del contexto nacional.

De acuerdo a los antedichos, la presente investigación está encaminada a determinar la mejor alternativa productiva en cuanto a densidades de siembra de cereales para la producción de Forraje Verde Hidropónico y su posterior validación en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

1. Determinar la densidad de siembra óptima de cebada y maíz para un mayor rendimiento de Forraje Verde Hidropónico.
2. Evaluar la calidad nutritiva de Forraje Verde Hidropónico, en función de la densidad de siembra empleada.
3. Comparar los parámetros productivos de cuyes con la utilización de Forraje Verde Hidropónico cultivado con diferentes densidades de siembra, en las etapas de crecimiento y engorde.
4. Analizar costos de producción del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde.

II. REVISION DE LITERATURA

A. EL CULTIVO DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

<http://www.forrajehidroponico.com>. (2002), expone que es una técnica de producción agrícola en la que se cultiva sin suelo y donde los elementos nutritivos son entregados en una solución líquida.

- El término "hidroponía" tiene su origen en las palabras griegas "hidro" que significa agua y "ponos" que significa trabajo. O sea "trabajo en agua".
- La Hidroponía es el arte de cultivar plantas sin usar suelo agrícola.
- Son cultivos sin suelo, este es reemplazado por un sustrato inerte donde los nutrientes (el alimento) que necesita la planta para vivir y producir son entregados en el riego. También son cultivos hidropónicos aquellos que se cultivan en agua con nutriente.
- En un sistema hidropónico se puede cultivar todo tipo de plantas como por ejemplo, hortalizas, flores, pasto para forraje, plantas ornamentales, condimentos, plantas medicinales y hasta cactus.

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

Samperio, G (1997), manifiesta que el Forraje Verde Hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada) que se realiza durante un período de 9 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva. Entre algunas de las ventajas de este tipo de forraje están las siguientes:

- El forraje Hidropónico es totalmente diferente a los alimentos tradicionales (pastos-alfalfas-tréboles-henos), ya que el animal consume las primeras hojas verdes (parte aérea), los restos de la semilla y la zona radicular, que constituyen una completa fórmula de carbohidratos, azúcares y proteínas.

- Su aspecto, color, sabor y textura le confieren gran palatabilidad, a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos por parte del animal.
- El uso de F.V.H. puede evitar la necesidad de vitaminas sintéticas y cualquier otro suplemento nutritivo, ya que todas las vitaminas se presentan libres y solubles, lo que no ocurre con el grano seco.
- Eficiencia en el uso de espacio y mayor producción de forraje, puesto que el sistema de producción de FVH puede ser instalado en módulos y cada kilogramo de semilla produce de 7 a 9 kilogramos de FVH.
- Eficiencia en el tiempo de producción, ya que la cosecha se realiza 10 a 15 días.
- Ahorro de agua, puesto que utilizan la quinta parte de agua que la de un cultivo convencional.
- Inocuidad, representa un forraje limpio sin la presencia de hongos e insectos.
- Con el uso de FVH se han obtenido excelentes resultados en la alimentación de vacunos, porcinos, caprinos y conejos.

B. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

1. La Luz

Samperio, G (1997), indica que la luz es un factor indispensable para el buen desarrollo de las plantas, pues es la energía que necesitan para realizar la fotosíntesis, por medio de la cual logran llevar a cabo sus diferentes etapas de desarrollo, desde su crecimiento hasta su producción. Esto se comprueba en la experiencia de todos los días, cuando carece de luz, las plantas se inclinan primeramente hacia la fuente que la produce, luego los tallos se debilitan, las hojas palidecen y se tornan quebradizas, se detiene su crecimiento y pueden morir. Se llama fototropismo a la capacidad que tiene la planta para orientar sus hojas y dirigir su crecimiento hacia la fuente de luz. Luz directa es la energía que en forma de rayos solares cae directamente sobre las plantas.

Luz indirecta, es cuando los rayos de energía no llegan directamente a la planta,

sino que solo llega a ella la luminosidad que produce estos rayos, que pueden ser del sol o de luz artificial. Este tipo de luz se llama luz media, y conforme los rayos se alejan, la luminosidad se va debilitando. Esta luz se llama luz débil, y a medida que esto ocurre sirve menos a cierto tipo de plantas, aunque para otras es excelente.

Luz filtrada es aquella que llega a los cultivos a través de paredes translúcidas. Cuando es a través de un vidrio, esto no permite el paso de los rayos ultravioletas, pero si el paso de los rayos infrarrojos, lo que produce una luz desbalanceada (lo que no quiere decir que tal tipo de luz no sirva para nuestro propósito). Las plantas necesitan, como término medio, de 9 a 12 horas de luz diariamente. Pero también, al igual que los seres humanos, requieren de un período de descanso letargo por la noche. Sin embargo, cuando se pretende acelerar un cultivo, se les debe proveer durante las horas nocturnas de una buena iluminación continua. En los espacios para cultivos se recomienda utilizar colores claros, pues los colores oscuros absorben la luz. El color blanco, en especial, produce luz intensa, pues la refleja toda.

La colocación de las lámparas fluorescentes se aconseja a una distancia de 40cm. aproximadamente de la planta, cuando son de 15 a 25 voltios. En caso de que se usen tubos de 100 voltios, se debe colocarlas a unos 60 cm; y si la lámpara es de 250 voltios, no se deberá poner a menos de 75 cm de distancia. Mientras que cuando se utilicen lámparas de luz mercurial de 250 voltios, la distancia habrá de ser de 1,2 a 1,5 metros. Los cultivos de follaje, aunque este sea abundante, necesitan de 10 a 12 horas de luz de día o artificial.

La duración del día o fotoperíodo influye sobre el desarrollo vegetativo. La luz solar no debe ser excesiva, ya que causan quemazón en las plantas, principalmente en las bandejas superiores.

2. La Temperatura

Samperio, G (1997), manifiesta que otro de los factores que inciden de forma definitiva en la vida de las plantas; aunque estas según su clase y variedad,

presentan diferentes requerimientos de calor. Generalmente las plantas se desarrollan bien entre los 18 y 24 °C, temperatura que coincide con la temperatura ambiente que suelen guardar las casas habitación.

Las plantas resisten los cambios de temperatura solo si son mínimos; si estos son bruscos pueden dañarse seriamente. Consideramos alteraciones bruscas de temperatura cuando hablamos de 8 a 10 °C de diferencia respecto de su temperatura habitual. Aunque las plantas que se encuentran permanentemente en temperaturas bajas, soportan mejor el frío. La mayoría de las plantas, sin embargo resisten más el calor.

Las temperaturas extremas afectan el rango de adaptación y la distribución de las especies, debe ser lo más constante posible; un exceso de temperatura puede causar hongos y una temperatura baja retarda el crecimiento.

3. La Oxigenación

Samperio, G. (1997), dice que es muy importante ya que a través de esta realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular. El oxígeno al oxidar los minerales, se convierte en el catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular.

Para su correcto funcionamiento, las raíces dependen fundamentalmente de una óptima oferta de oxígeno, pues de lo contrario, aunque se les aporta los nutrientes adecuados, se tendrá un cultivo precario o en casos más graves podrán morir las raíces en una palabra necesitan respirar.

En la técnica hidropónica en el caso de forrajes, una forma natural sería colocar cerca del sistema de riego un "paso bruto" o cascada de la solución nutritiva, para que al caer, provoque su oxigenación. Pero esta velocidad de caída no debe llegar al contenedor, pues la velocidad de circulación para alimentación de las plantas debe ser lenta. También puedes usar un tubo a lo largo de tu contenedor, con perforaciones de 2 mm de diámetro y distanciadas unas de otras a 20 cm aproximadamente y con una presión mínima de 4 y 5 kg. También se logra buena

oxigenación a nivel doméstico, si se usa una bomba pequeña de las que se emplean en los acuarios. A nivel mediano y comercial se recomienda utilizar una bomba de recirculación en el tanque mismo, que además de proporcionar una perfecta oxigenación, no permite la sedimentación y contribuye a evitar la creación de algas. Para este nivel de cultivo se puede colocar dentro del tanque, con la solución nutritiva, unas aspas de madera o de acero inoxidable, para que movidas por un tubo reductor, generen una turbulencia que capture el oxígeno ambiental, logrando así los mismos resultados que con la bomba de recirculación.

4. Fertilización Carbónica

Gutiérrez, et al (2000), dicen que es indispensable una buena aireación para obtener el intercambio gaseoso. De acuerdo con el sitio en que se vaya a construir el invernadero, hay que tener en cuenta estos factores para adoptar los correctivos necesarios.

Sagi, L (1976), indica que el contenido natural de CO₂ en el ambiente del invernadero suele ser en muchas ocasiones insuficiente para alcanzar una elevada asimilación y crecimiento, ocurre esto principalmente en las plantas con mucho follaje y de rápido crecimiento.

5. Humedad Ambiental

Gutiérrez, et al (2000), manifiestan que es de gran importancia para procurar condiciones de asimilación adecuadas, ya que ejerce una influencia directa en el trabajo que desempeñan las hojas. Debe haber una humedad cercana al 100% para asegurar un adecuado desarrollo del sistema radicular. Las radículas de las plantas jóvenes son incapaces de crecer en ambiente secos. Como el cultivo de F.V.H. es un cultivo a raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá realizar en un ambiente con una alta humedad relativa, por encima del 85%. Esta humedad se consigue con la frecuencia de los riegos y de la evapotranspiración de las plantas.

Gutiérrez, et al (2000), manifiestan que para procurar las más adecuadas

condiciones de asimilación es de gran importancia el sostenimiento de una humedad ambiente suficiente, puesto que esta ejerce una influencia directa en el trabajo que desempeñan los estomas. Caso de no existir suficiente humedad ambiente no sería posible la absorción de CO₂, y por lo tanto no tendría lugar la asimilación.

C. COMPONENTES BÁSICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

1. El Invernadero

Gutiérrez, et al (2000), señala que el invernadero deberá construirse de acuerdo con la cantidad de forraje que se quiera producir diariamente, dejando un margen de seguridad. Se sabe que 4 m² son suficientes para producir 15 kg por día de forraje.

De acuerdo a la ubicación, debe estar cerca al establo, para facilitar el suministro de forraje a los animales, su manejo, control y supervisión constante, también dependerá de la funcionalidad de las instalaciones de agua y luz. En climas fríos con el fin de regular la temperatura, especialmente en horas de la noche, se ha de construir un invernadero hermético y con doble pared de plástico.

El piso, es preferible que sea de concreto, ya que por la frecuencia de riegos y alta humedad relativa es más funcional para evitar encharcamientos, proliferación de hongos y enfermedades, es ideal para un correcto manejo sanitario de la explotación.

2. Estanterías

Gutiérrez, et al (2000), indica que comprende toda la estantería para soportar las bandejas en que se va a cultivar el forraje y puede ser de madera, metal, PVC. Su altura debe ser tal que ofrezca comodidad en las diferentes labores del cultivo. Cada módulo tendrá pendientes longitudinales y transversales para permitir el drenaje de la solución nutritiva en todos los sentidos.

Generalmente se construyen módulos de 4 a 6 niveles, separados entre si por calles de 1 m. para facilitar las labores de siembra, cosecha y aseo. Los niveles van separados entre si cada 50 cm y el primer nivel dista 30 cm del suelo, cada nivel debe tener una pendiente del 10% para drenar la solución sobrante de las bandejas.

Chiriboga, H (2001), señala que la estructura donde crecen es simple, bandeja de plástico negro, que deben estar colocadas con una pequeña inclinación, para evitar que el agua se encharque y se formen hongos.

3. Recipientes de cultivo o bandejas

Gutiérrez, et al (2000), manifiesta que son los recipientes que se usan para colocar la semilla para el desarrollo del cultivo, puede ser de diferentes materiales, como asbesto-cemento, lámina galvanizada, fibra de vidrio, material plástico o formaletas de madera cubiertas de polietileno. Sus medidas varían de 40 a 60 cm. de ancho y 80 a 120 cm de largo, profundidad es de 2 a 5 cm.

4. Sistema de riego

Samperio, G (1997), señala que existen varios sistemas para proporcionar a la planta la humedad y alimento que requiere para una producción óptima. En la técnica de cultivo hidropónico, describiremos las formas más fáciles, usuales y económicas de hacerlo. Los sistemas más usuales son:

- Riego por aspersión superficial.
- Riego por goteo.
- Riego por subirrigación.
- Riego por capilaridad.

El riego por aspersión superficial es recomendable para instalaciones domésticas, o cuando no se dispone de bombas eléctricas o de gasolina, y se prefiere el riego manual. Para irrigar, se puede utilizar una regadera manual o algún otro recipiente que la sustituya. En este sistema se puede o no reciclar la solución

nutritiva, si ha si lo deseará bastará con colocar un recipiente debajo del tubo o agujero de desagüe del contenedor. Y para regar, se puede emplear una regadera manual o algún utensilio que suplante a esta.

Es muy importante que al recoger la solución nutritiva, se tape de inmediato protegiéndola de los rayos del sol para ser usada el día siguiente, cuando se vaya agregando la cantidad de agua natural que va mermando, puesto que las plantas consumen mas agua que nutrientes.

El riego debe hacerse por la mañana, entre las 6 y las 10 a.m. o bien por la tarde, entre las 5 y las 7 p.m. Esto es por que si se riega el cultivo cuando la temperatura ambiente es muy elevada, se corre el riesgo de que las plantas se quemen, pues ya se sabe que cuando hace mucho calor, el proceso de evaporación es mas intenso.

Sánchez, J (1982), indica que el riego de las bandejas de crecimiento FVH debe realizarse solo a través de micro aspersores, nebulizadores, y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. El riego por inundación no es recomendado dado que causa generalmente excesos de agua que estimulan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo.

D. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

1. Selección de la Semilla

Samperio, G (1997), Ante todo, se debe seleccionar cuidadosamente la semilla, atendiendo a que los granos estén en buen estado (ni rotos, ni maltratados) y, particularmente, a que no hayan sido tratados con pesticidas o productos tóxicos.

Gutiérrez, et al (2000), Indica que la humedad de la semilla debe estar en un 12% y debe haber tenido un reposo para que cumpla con los requisitos de madurez fisiológica. Las especies mas empleados son el maíz, cebada, sorgo y últimamente se esta experimentando con arroz.

2. Lavado y desinfección de la semilla

Gutiérrez, et al (2000), manifiesta que se inunda el grano en un tanque o recipiente, con el fin de retirar todo el material que flote, como lanas, basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impurezas.

Rodríguez, A (2001), manifiesta que las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1 % (diluyendo 10 mililitros de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias. El tiempo que dejamos las semillas en la solución de hipoclorito no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas. Finalizado el lavado procederemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

3. Período de mojo y pregerminación de la semilla

Samperio, G (1997), manifiesta que como en cualquier cultivo cuya producción se pretende acelerar, después de lavar la semilla con agua limpia natural, se mantendrá en remojo durante 5 a 10 horas en un recipiente con agua tibia (entre 21 y 25 °C). A continuación se sacan y se colocan en una caja o contenedor, en el cual se iniciará la actividad enzimática dentro de la semilla. Una vez que hayan despuntado los brotes (al cuarto día aproximadamente), se colocaran en charolas de 50 a 80 cm.

Hidalgo, L (1985), señala que esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un periodo no mayor a las 24 horas, para lograr una completa inhibición. Este tiempo lo dividiremos a su vez en dos periodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas procedemos a sacarlas y orearlas durante una hora. Acto seguido la sumergimos nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado. Mediante este fácil proceso estamos induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que estamos efectuando a su embrión. Es importante utilizar suficiente cantidad de agua para cubrir

completamente las semillas y a razón de un mínimo de 0,8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla.

Hidalgo, L (1985), indica que realizados los pasos previos se procederá a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuirá un delgada capa de semillas pregerminadas, la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm. de altura o espesor. Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una capa de papel periódico el cual también se moja. Posteriormente tapamos todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi-oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel.

a. Fisiología de la Producción de Forraje Verde Hidropónico

El embrión de la futura planta, despierta de su vida latente provocando la ruptura de los tegumentos seminales y a partir de un almacén de energía, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol (fotosíntesis) y absorber elementos minerales de la solución nutritiva. La germinación se inicia desde el momento en que se somete a imbibición o hidratación. Las enzimas se movilizan invadiendo el interior de la semilla y ocurre una disolución de las paredes celulares por la acción de ellas. Posteriormente, se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares y así empieza el proceso de germinación.

b. La Germinación

Gutiérrez, et al (2000), indican que es el conjunto de cambios que experimenta la semilla. Durante este período el embrión rompe la cutícula de la semilla y emerge la radícula.

Las semillas poseen sustancias que inhiben la germinación y que durante el remojo quedan disueltas en el agua pudiendo ser extraídas; entonces conviene cambiar el agua repetidas veces. El tiempo de germinación varía entre 24 y 48

horas, que es cuando el grano alcanzado estructuras radiculares notorias, formando de tres a cuatro raicillas. Se puede considerar que el proceso de germinación ha terminado cuando los cotiledones han salido del tegumento de la semilla.

[http:// www. drcalderonlabs.com](http://www.drcalderonlabs.com). (2000), se llama germinación al proceso por el que se reanuda el crecimiento embrionario después de la fase de descanso. Este fenómeno no se desencadena hasta que la semilla ha sido transportada a un medio favorable por alguno de los agentes de dispersión. Las condiciones determinantes del medio son: aporte suficiente de agua y 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. El agua hace que la semilla se hinche, a veces hasta el extremo de rasgar la envoltura externa. El oxígeno absorbido proporciona a la semilla la energía necesaria para iniciar el crecimiento.

En el proceso de germinación las enzimas se movilizan invadiendo el interior de la semilla y ocurre una disolución de las paredes celulares por la acción de ellas. Posteriormente se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares y así empieza el proceso de germinación en el que podemos diferenciar tres fases importantes que son: absorción del agua, movilización de nutrientes y crecimiento y diferenciación.

Calles, D (2005), en su estudio de producción de FVH de cebada, con la utilización de diferentes niveles de azufre, registró una media general de 2.97 días, como tiempo de inicio de germinación y obtuvo porcentajes de germinación de 90.82%, en la semilla de Cebada. En este experimento se obtuvo un promedio de 4.50 días, en el tiempo de apareamiento de las primeras hojas, en los diferentes tratamientos. La longitud promedio del tallo, fue de 7.47 cm utilizando 20ppm de azufre en el cultivo de FVH de cebada.

No se determinó diferencias estadísticas entre los diferentes niveles de azufre para el cultivo de FVH de cebada, con promedios de hasta 4.68 cm de longitud promedio de la raíz, además obtuvo promedios de longitud de la raíz de entre 12.09 y 15.05 cm a los 15 días para los diferentes tratamientos a base de azufre.

Se determinó además que la producción de biomasa total, presentó producciones de entre 30.31 y 32.58 Kg de FVH/m², y la biomasa caulinar y radicular fue de 30 y 70% respectivamente.

(1) Absorción del agua

Durante la fase de absorción de agua se inicia la actividad vital de la semilla, es decir, se reanuda el metabolismo, para lo cual se necesitan condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxígeno. Una vez reunidos estos factores la semilla va aumentando de volumen por la absorción del agua, el embrión se hincha, se reblandecen las cubiertas protectoras y las reservas alimenticias principian una serie de reacciones químicas y biológicas que hacen que el embrión se desarrolle.

(2) Movilización de nutrientes

En la fase de movilización de nutrientes los cotiledones se van reduciendo mientras la nueva planta consume sus reservas, el alimento almacenado en ellos es digerido por la acción del agua, se descompone mediante la respiración, o se usa en el desarrollo de nuevas estructuras. Los alimentos almacenados en los cotiledones generalmente se encuentran en cantidades suficientes para sostener el crecimiento de las plántulas hasta cuando éstas puedan empezar a fabricar su propio alimento.

(3) Crecimiento y diferenciación

Se puede definir el crecimiento como la síntesis del material vegetal (biomasa), que normalmente viene acompañada de un cambio de forma y un aumento irreversible de la masa del organismo, aumento de la longitud o de los diámetros del cuerpo del vegetal y su aumento en peso, el crecimiento de las diferentes partes de la planta suele determinarse por la altura, el área foliar o el peso seco, en relación con el tiempo transcurrido durante el ciclo de vida.

La diferenciación es el proceso mediante el cual se forman y reproducen las diferentes clases de células. En una planta el crecimiento y diferenciación transcurren paralelamente y por eso parecería tratarse de un solo proceso que llamamos desarrollo. Una vez que han aparecido las raicillas y las primeras hojas, la planta está capacitada para realizar la fotosíntesis, motivo por el cual se debe exponer a condiciones óptimas de luminosidad, oxigenación y nutrientes.

4. Etapa de Producción (inicio de riegos).

Samperio, G (1997), indica que una vez dispuesta las semillas en el contenedor o charolas con un espesor de 1 cm permanecerán en el germinador hasta que el brote alcance de 0,5 cm Si el brote alcanza ya 0.5 cm lo pasaremos a la sala o nave de producción, donde las charolas serán humedecidas constantemente con agua, a la que se añadirá una pequeña parte de nutriente que aceleren el crecimiento. Es conveniente que la aplicación de esta solución se haga con un aparato humidificador; pero puede hacerse manualmente con un rociador, dependiendo del tamaño de tu instalación.

En la nave de producción los cultivos permanecerán de 5 a 7 días, hasta que las plantas hayan alcanzado el tamaño requerido, cosa que dependerá también de la clase de semilla utilizada, de la variedad de forraje, de la altura y de la precocidad del cultivo. Se considera que por cada kilogramo de semilla, se utilizará 2 lt de agua con nutriente o un poco mas. Tres días antes de la cosecha hay que regar solamente con agua natural, pues esto hará que el forraje resulte más dulce.

El forraje puede consumirse en el mismo día o almacenarse por 2 o 3 días. Pero si se rebasa este tiempo límite, ira perdiendo su contenido nutricional al igual que el rendimiento en la producción, es mayor y más completo que el forraje de cultivos tradicionales.

En este cultivo intensivo se sugiere utilizar semillas de gramíneas (como maíz, cebada, centeno, avena, etc.), y para los germinados se recomienda semillas de alfalfa, soya, fréjol, etc.

5. Cosecha y Rendimiento del Forraje

Gutiérrez, et al (2000), indica que la cosecha se hace cuando la plántula a alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 9 a 15 días, dependiendo de la temperatura, condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia de riego. Como resultado obtendremos un gran tapete radicular ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la alta densidad de siembra. Este tapete esta formado por las semillas que no alcanzaron a germinar, las raíces y la parte aérea de 25 cm. de altura.

Sánchez, J (1982), manifiesta que para facilitar la cosecha se enrolla el forraje y se desmenuza en los comederos. Chiriboga, H (2001), dice que por cada kilo de semilla se producen de 18 a 24 kilos de forraje hidropónico con 18% de materia seca y más de 16% de proteína.

Charles, L (1995), señala que la producción en peso alcanzado con este método puede pasar de 1 a 5. Utilizando buena semilla, esto se puede aumentar y llegar a una producción de 12 veces. La relación de producción del FVH, es de 1 a 9, es decir que por cada Kg de semilla de cebada utilizada se obtienen 9 Kg de FVH y no es difícil llegar a relaciones de 1 a 12 ó 1 a 15.

E. DENSIDADES DE SIEMBRA

En charolas de medidas de 43.18 cm x 43.18 cm con profundidad de 5 cm. Se siembra por charola 2 Kg de maíz. De acuerdo al grano a utilizar existen diferentes densidades de siembra de forraje verde hidropónico, granos de cebada aproximadamente 20 g / dm² con una profundidad de cm semilla de maíz 40 g/dm² con una profundidad de 3-4 cm, la semilla de sorgo 25 g/ dm² y profundidad de 1.5 cm.

Las dosis optimas de semilla a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2.2 kg a 3.4 Kg considerando la disposición de las semillas o “ siembra “ no debe superar los 1.5 cm de altura en la bandeja (Izquierdo, 2002).

F. RENDIMIENTO

Sánchez, J (1982), manifiesta que los rendimientos encontrados en diferente literatura a nivel mundial hablan de 9 a 12 por 1 (es decir por cada Kg de grano se cosechan de 9 a 12 Kg de FVH a los 8 días). Los rendimientos bajo nuestras condiciones (2.800 m, de altura sobre el nivel del mar) determinan que el grano de cebada de no tan buena calidad en invernaderos que no mantienen una temperatura constante, son 7 a 8 por 1 por cada kilo de cebada. Cabe resaltar que en la época de cosecha se puede conseguir grano a un precio menor y aún más, los ganaderos pueden cultivar su propio grano, reduciendo así de mayor forma los costos de la materia prima.

G. VALORACIÓN NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO

<http://www.usuarios.lycos.es.com>. (2001), manifiesta que 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. Lo anterior por la calidad de sus nutrientes, sobre todo en cuanto al 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 vit. E y valores altos de pro vitamina A.

1. Análisis de FVH de Maíz

Proteína 18.80%

Energía Metabolizable 3.216 K/cal/Kg M.S

Digestibilidad 83% al 90%

Proteína Digestible 90%

2. Análisis de FVH de Cebada

Proteína Cruda 19.4 %

Digestibilidad 85 %

Fibra Cruda 16 %

Grasa 3.2 %

Carbohidratos 58.4 %

H. EL FORRAJE VERDE HIDROPONICO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

El forraje verde hidropónico es el resultado de utilizar el poder germinativo de los granos (cebada, maíz, trigo, etc.) en el cual se liberan todos los nutrientes del grano para permitir que la planta crezca; al estar todos los nutrientes liberados, éstos están inmediatamente disponibles y digeribles para que los animales lo consuman, vacas, caballos y animales menores. (Sánchez, J 1982).

Las principales ventajas en la alimentación de animales con forraje hidropónico son:

- Suministro constante de alimento de buena calidad, manteniendo uniforme el pH del rumen, evitando así alteraciones digestivas, que inciden en la productividad
- Incremento de la fertilidad.
- Menor incidencia de enfermedades.
- Aumento de la producción de leche.
- Potencia y resistencia como resultado de la alimentación completa y natural en animales de competencia.

Hay estudios que establecen que un kilo de forraje verde hidropónico (FVH) equivale a tres kilos de alfalfa verde, por sí solo puede ser y es, en algunos lugares el único alimento de ciertas clases de herbívoros; especies menores como cuyes, conejos y especies mayores como ganado vacuno, bovino y equino, además de manatíes, jirafas, cebras, antílopes y venados, fueron mantenidos con

FVH, a menor costo y con mayor eficiencia que con otros forrajes y complementos (Alpi, A 1986).

Nuestra experiencia nos permite recomendar la utilización del FVH como complemento alimenticio a nuestros pastos en el Ecuador, con ventajas comparativas muy favorables sobre los balanceados y otros componentes tradicionales en el sobre alimento de nuestros hatos ganaderos, o nuestros caballos tanto en rendimiento cuanto en costo (Alpi, A 1986).

Los pastos ecuatorianos e interandinos en general no presentan por sí solos adecuadas cantidades de nutrientes, minerales y vitaminas para producciones lecheras elevadas, por lo que se requiere de suplementación.

El FVH posee todos los nutrientes y vitaminas, macro y micro minerales para mantener elevadas producciones de leche y los ofrece en condiciones de asimilación y digestibilidad ideales para el ganado.

Los análisis bromatológicos del grano de cebada y el FVH (forraje verde hidropónico) del mismo grano a los nueve días de crecimiento, demuestran que el porcentaje de nutrientes aumenta en gran cantidad cuando el grano se cultiva para obtener forraje verde hidropónico, así como ejemplo podemos citar la proteína, en grano posee 11.39 % y en FVH 16.8 %, minerales en el grano 2,87 % y en FVH 3,31 %, Vitamina E 1.6 ppm en el grano y 414 ppm en FVH, como se puede apreciar la diferencia nutritiva entre el grano y el mismo grano hecho FVH es sumamente inmensa(Alpi, A 1986).

Entre vacas comiendo FVH y otras bajo dieta normal, hubo un incremento de 15,26 % en contenido graso de la leche producida (Arano, C 1976).

Al evaluar el efecto del uso del forraje hidropónico en la alimentación de cuyes durante las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo con el 100% de forraje hidropónico las mejores respuestas en el peso final (0,973 Kg), ganancia de peso (0,717 Kg), conversiones alimenticias más eficientes (5,996) (Usca, J 2000).

I. LA ALIMENTACIÓN DEL CUY

El cuy como todo ser vivo tiene necesidades de alimentarse para su mantenimiento y producción, es necesario conocer la forma como hacerlo para obtener los mejores resultados. Los cuyes pueden desarrollarse con raciones exclusivamente forrajeras, pero su requerimiento en función de la reproducción y producción de carne necesitan el empleo de una ración balanceada que nos de un alto contenido de proteína y elementos nutricionales. (Caicedo, A 1993).

1. Requerimientos nutritivos del cuy para crecimiento y engorde

El cuy para alcanzar el peso de comercialización en el tiempo deseado (de 10 a 12 semanas), tiene que ser alimentado de acuerdo a sus requerimientos nutricionales, como son: las proteínas de 14 a 17 %, fibra de 8 a 18 %, las grasas 1 a 4 %, los minerales, calcio 1.2 %, Fósforo 0 a 6 % las vitaminas y los micro nutrientes; la alimentación racional consiste en suministrar a los animales conforme a las necesidades fisiológicas y de producción a fin de conseguir el mayor provecho. Los productos pecuarios deben obtenerse en la mayor situación de rendimientos y procurando que la alimentación resulte lo más barata posible. Todo alimento ya sea de origen animal o vegetal contiene en su composición casi todos los nutrientes que requiere el animal, pero en diferentes proporciones (Aliaga, L 1995).

De entre las vitaminas que requiere el cuy para su alimentación lo más importante es la vitamina C y es necesario proporcionarle constantemente por que el cuy es incapaz de sintetizar dicha vitamina. La vitamina C se halla en cantidades considerables en los forrajes verdes de ahí la importancia de suministrarle constantemente (Caicedo, A 1993)

Al ser el cuy un herbívoro, puede digerir constituyentes fibrosos tales como la celulosa y la hemicelulosa de los forrajes, pero no tan eficientemente como los rumiantes, debido a que la digestión ocurre tarde en el proceso digestivo (ciego). El movimiento de la ingesta a través del intestino es algo más rápido cuando se compara con los rumiantes (Chauca, L 1995).

La digestión microbiana ocurre principalmente en el ciego y en menor grado en el colon proximal, siendo éstas las porciones del aparato digestivo del cuy donde se produce principalmente la absorción de los ácidos grasos de cadena corta. En una pequeña extensión del estómago y en el intestino delgado ocurre la digestión de los otros nutrientes como son los: aminoácidos, azúcares, grasas y ácidos grasos de cadena larga, vitaminas y probablemente los minerales.

2. Forrajes utilizados en la alimentación del cuy

La alfalfa, es una materia prima muy apreciada por los animales, por tal razón se podría suministrar como alimento único; si bien su contenido energético parece ser bajo de acuerdo a las necesidades del animal en crecimiento rápido (De Blas, C. 1984).

En cuyes alimentados a base de forraje no se debe cambiar bruscamente su dieta, ya que puede provocarse una desadaptación y desnutrición de la flora intestinal, por lo que la sustitución debe realizarse en forma paulatina (Chauca, L. 1995).

La alfalfa es considerada para la alimentación como la más ideal en los cuyes, debido a su composición bromatológica en la cual se encuentra elementos nutritivos indispensables para el normal desenvolvimiento biológico del cuy. La alfalfa en forraje como en heno puede suministrarse sin temor de causar trastornos intestinales, siempre que el animal haya sido acostumbrado paulatinamente a este alimento. La gran cantidad de materia aprovechable que contiene la alfalfa, permite asociarla con otros alimentos pobres en nitrógeno, como por ejemplo la paja, cuya mezcla en partes basta para el sostenimiento de los animales como cuyes, que no producen ningún trabajo (Chauca, L y Zaldívar, A 1985).

Los cuyes pueden alimentarse sin ningún inconveniente si en su dieta diaria se lo suministra con fuente principal a la alfalfa, ya que sus tallos y especialmente las hojas, constituyen un succulento forraje, rico en proteínas, vitamina C y aminoácidos. La composición de la alfalfa es variable según la edad de la planta, el

estado de floración, pero sin embargo siempre será muy importante dentro de la alimentación de los cuyes, ya que la mayor cantidad de proteína se encuentra en las hojas de esta leguminosa (IICA ,1986).

La cantidad de forraje verde que consumen los cuyes en la etapa de crecimiento y engorde es de 0.150 a 0.250 Kilogramos por día.

3. El Forraje Verde Hidropónico en la alimentación del cuy

Usca, J (2000), al evaluar el efecto del uso del FVH en la alimentación de cuyes durante las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo con el 100% de forraje hidropónico las mejores respuestas en el peso final 0,973 Kg ganancia de peso 0,717 Kg conversiones alimenticias más eficientes 5,996.

Guerrero, J (2002), al evaluar el FVH de centeno en la etapa de crecimiento de cuyes, utilizó 24 cuyes destetados (12 por tratamiento) con un peso inicial de 249 g. fueron sometidos a los efectos de dos dietas integrales, una con harina de heno de alfalfa y la otra con harina de centeno hidropónico como componentes forrajeros, ambas dietas fueron similares en proteína y energía. Para las dietas con alfalfa y centeno hidropónico, el consumo de alimento fue de 43.8 y 44.9 g/animal/día; 2762.4 y 2826.6 g/animal/periodo; los incrementos de peso de 6.1 y 6.53 g/animal/día; 384.4 y 411.6 g/animal/periodo; Conversión Alimenticia de 7.186 y 6.867. El forraje de centeno hidropónico puede sustituir a la alfalfa en las raciones de cuyes en crecimiento.

Carrillo, H (1999), manifiesta que el forraje verde hidropónico, a diferencia de otros forrajes, no es fumigado contra ninguna plaga, por lo tanto es libre de cualquier contaminación de productos tóxicos, constituyéndose como requisito para la producción de cuyes ecológicos para exportación, además el uso de este forraje permite las siguientes ventajas:

1. Mayor numero de crías logradas al año.
2. Menor mortalidad de crías.

3. Reducción en los costos de alimentación.
4. Cubre los requerimientos de agua.
5. Cubre los requerimientos de vitamina C.

Vásconez, J (2004), en su estudio al determinar el valor nutritivo del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó que el peso final de cuyes al finalizar la etapa de crecimiento y engorde fue de 1100 g. Por su parte Usca, J (2000), en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo un peso final de 973 g. al suministrar el 100% de FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, el peso final de cuyes en estas etapas fue de 745 g.

Vásconez, J (2004), en su estudio de evaluación del valor nutritivo del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó que la ganancia de peso en cuyes al finalizar la etapa de crecimiento y engorde fue de 769 g. al utilizar el 100% de inclusión y sin la utilización de forraje de 710 g. Por su parte Usca (2000), en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo una ganancia de peso 717 g. al suministrar el 100% de FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, la ganancia de peso en cuyes en estas etapas fue de 498 g.

Vásconez, J (2004), en su estudio de evaluación del valor nutritivo del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó consumos totales de alimento al finalizar la etapa de crecimiento y engorde de 4043 g. sin la utilización de FVH y de 3874 g. con el 100% de inclusión en la dieta. Por su parte Usca, J (2000), en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo un consumo total de alimento de 4370 g. al suministrar el 25% de FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, el consumo total de alimento de cuyes en estas etapas fue de 40377 g.

Vásconez, J (2004), en su estudio sobre la utilización del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó conversiones alimenticias al

finalizar la etapa de crecimiento y engorde de 5.46 puntos sin la utilización de FVH y de 5.10 puntos, con el 100% de inclusión en la dieta.

Usca, J (2000), en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo un índice de conversión de 5.99 puntos al suministrar el 25% de FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, el índice de conversión alimenticia en cuyes en estas etapas fue de 8.12 puntos.

Vásconez, J (2004), en su estudio sobre la utilización del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó que el rendimiento a la canal no fue afectado por los tratamientos, obteniendo un promedio de 80.45 % de rendimiento a la canal, por su parte Usca, J (2000), al utilizar el la alimentación de cuyes el FVH de cebada obtiene rendimientos a la canal de 66.69%.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente experimento se desarrolló en dos etapas: la producción de Forraje Verde Hidropónico en la Estación Experimental TUNSHI, ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Licto, a 30 Km de la ciudad de Riobamba y la evaluación del FVH en cuyes, en la Unidad Productiva de Especies Menores de la Facultad de Ciencias Pecuarias, localizada en la Panamericana sur Km 1,5.

El trabajo experimental tuvo una duración total de de 120 días, repartidos de la siguiente manera, 30 días para el establecimiento y cultivo de Forraje Verde Hidropónico, 75 días para la evaluación del Forraje en cuyes, y 15 días para la valoración Nutritiva del FVH.

B. CONDICIONES METEOROLOGICAS

Las condiciones meteorológicas imperantes en la zona son las siguientes:

CUADRO 1. CONDICIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
TEMPERATURA	° Celsius	8 - 16
HUMEDAD	Porcentaje	70
PRECIPITACIÓN	mm	513.5
FOTOPÈRIODO	horas/luz	12

Fuente: Estación Meteorológica F.R.N. (ESPOCH) 2005

C. UNIDADES EXPERIMENTALES

El presente trabajo de investigación tuvo tres fases experimentales en las cuales se consideró las siguientes unidades experimentales:

- FASE 1: Para la evaluación en la producción de FVH, se trabajó con dos especies de cereales (maíz y cebada), para lo cual se consideró a cada bandeja de 0.25 m² como Unidad Experimental, en las cuales se distribuyeron 3 tratamientos con 4 repeticiones, disponiéndose así de un total de 12 Unidades Experimentales, tanto para la cebada y como para el maíz.
- FASE 2: Una vez obtenido el FVH se realizó el análisis proximal de los Forrajes Hidropónicos obtenidos de las dos especies (maíz y cebada), para lo cual se consideró una muestra de FVH de 1 Kg como Unidad Experimental, con tres repeticiones por tratamiento, dando un total de 9 Unidades Experimentales, tanto para la cebada y como para el maíz respectivamente.
- FASE 3: En esta fase se trabajó con cuyes peruano mejorados machos de 15 días de edad, cada uno considerado como Unidad Experimental, los cuales fueron alimentados con 3 tipos de FVH de cebada y 3 tipos de FVH de maíz y Alfalfa como tratamiento Testigo, en las etapas de crecimiento y engorde con tres repeticiones por tratamiento dando un total de 21 Unidades Experimentales.

D. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES.

Para la presente investigación se utilizó lo siguiente:

1. Instalaciones

- Invernadero de 144 m²
- Infraestructura de toma de agua
- 3 estanterías de 3 x 2.10 x 0.90 m con 6 niveles cada una
- Cisterna

- 21 Pozas individuales para cuyes 0.50 x 0.40 x 0.40 m

2. **Equipos**

- Una bomba de 0.5 HP
- Un temporizador
- Equipo de riego con nebulizadores
- Termómetro
- Balanza de 1 Kg. de capacidad
- Un Vénturi inyector de $\frac{1}{2}$ "

3. **Equipos de oficina**

- Computadora
- Calculadora
- Impresora
- Cámara fotográfica automática

4. **Materiales**

- Bandejas plásticas de cultivo
- Lonas plásticas
- Tanque plástico
- Baldes plásticos
- Jarros plásticos de 1 lt
- Flexómetro
- Plástico negro
- Plástico blanco
- Alambre de amarre
- Tamizador
- Fundas plásticas
- Regla milimetrada
- Esferos y hojas de papel
- Calendario
- Reloj

5. Semovientes

- 21 Cuyes machos destetados (15 días de edad)

6. Insumos

- Solución de Hipoclorito de sodio
- Solución nutritiva de Forraje Verde Hidropónico
- Agua
- Semilla de cebada y maíz.

E. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Fase 1 (Producción de FVH de cebada y maíz)

En la fase de producción de Forraje Verde Hidropónico se evaluó el efecto de tres densidades de siembra en maíz y cebada (0.5, 0.75, y 1 Kg de semilla por bandeja), con cuatro repeticiones por tratamiento, distribuidos bajo un diseño de bloques completamente al azar. El modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = variables a medir

μ = media poblacional

T_i = efecto de los tratamientos

B_j = efecto de las repeticiones y bloques

ϵ_{ij} = efecto del error experimental

2. Fase 2 (Comportamiento en la valoración Nutricional del F.V.H.)

Para determinar el valor nutritivo del forraje Verde Hidropónico se sometido a un análisis proximal de nutrientes, para lo cual se tomo una muestra representativa (1 Kg.) de forraje por cada tratamiento y se aplicó un diseño completamente al azar (D.C.A), y que se ajusta al siguiente modelo matemático.

$$X = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

X = Valor de parámetro en determinación

μ = Media poblacional

Ti = Efecto de los tratamientos

Eij = Efecto del error experimental

3. Fase 3 (Alimentación de cuyes)

Para medir el efecto del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, se utilizó 3 tipos de FVH de cebada y 3 tipos de FVH de maíz y Alfalfa como tratamiento Testigo, por lo cual en esta fase se aplicó un diseño de Bloques Completamente al Azar (D.B.C.A.) con el siguiente modelo matemático:

$$X_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Xij = variables a medir

μ = media poblacional

Ti = efecto de los tratamientos

Bj = efecto de las repeticiones y bloques

ϵ_{ij} = efecto del error experimental

CUADRO 2. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA FVH DE MAÍZ Y CEBADA

TRATAMIENTO	CÓDIGO	T.U.E* (bandeja)	REP.	TOTAL BANDEJAS
0.50 Kg/ Bandeja	D0.50	1	4	4
0,75 Kg/Bandeja	D0.75	1	4	4
1.00 Kg/ Bandeja	D1.00	1	4	4

Total 12

T.U.E* : Tamaño de la Unidad Experimental

CUADRO 3. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO EN LA VALORACIÓN NUTRICIONAL PARA EL MAÍZ Y CEBADA

TRATAMIENTO	CÓDIGO	T.U.E* (Kg)	REPETICIÓN	TOTAL
0.50 Kg/ Bandeja	D0.50	1	3	3
0,75 Kg/Bandeja	D0.75	1	3	3
1.00 Kg/ Bandeja	D1.00	1	3	3
Total				9

T.U.E* : Tamaño de la Unidad Experimental

CUADRO 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO Y ENGORDE DE LOS CUYES

TRATAMIENTO	CÓDIGO	T.U.E*	REPETICIÓN	ANIM/TRT
ALFALFA	FVAA	1	3	3
FVH CEBADA	FVHD0.5C	1	3	3
FVH CEBADA	FVHD0.75C	1	3	3
FVH CEBADA	FVHD1C	1	3	3
FVHMAÍZ	FVHD0.5M	1	3	3
FVHMAÍZ	FVHD0.75M	1	3	3
FVHMAÍZ	FVHD1M	1	3	3
Total				21

T.U.E* : Tamaño de la Unidad Experimental, un cuy destetado macho

F. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las mediciones experimentales que se evaluaron durante el desarrollo de la investigación se dan a conocer a continuación:

1. Fase de Producción del FVH.

- Tiempo de inicio de la germinación (días)
- Porcentaje de germinación
- Tiempo en aparecer las primeras hojas (días)
- Longitud promedio del tallo (cm)
- Longitud promedio de la raíz (cm)
- Longitud total del tallo (cm)
- Longitud total de la raíz (cm)
- Producción de biomasa total (Kg / m²)
- Porcentaje de biomasa caulinar
- Porcentaje de biomasa radicular
- Índice de crecimiento total
- Rendimiento de FVH según densidad de siembra
- Producción FVH según la especie.
- Análisis económico

2. Fase de Valoración Nutritiva

- Contenido de Humedad (%)
- Contenido de Materia Seca (%)
- Contenido de Cenizas (%)
- Contenido de Fibra (%)
- Contenido de Proteína Bruta (%)
- Contenido de Extracto Etéreo (%)

3. Fase de alimentación de cuyes con FVH

- Peso Inicial, Kg.
- Peso Final, Kg.
- Ganancia de Peso, Kg.
- Consumo de FVH Kg M.S
- Consumo Total de Alimento, Kg M.S
- Conversión Alimenticia.
- Peso a la Canal, Kg.
- Rendimiento a la Canal, %
- Beneficio / Costo, (\$)

G. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos.

- Análisis de varianza para las diferencias (ADEVA).
- Análisis de covarianza para los pesos de cuyes.
- Separación de medias de acuerdo a la prueba del Rango Múltiple de Duncan a los niveles de significancia de $P < 0.05$ y $P < 0.01$.
- Correlaciones simples y múltiples.

CUADRO 5. ESQUEMA DEL ADEVA DE LA PRODUCCION DE FVH DE MAÍZ Y CEBADA.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DELIBERTAD
Total	11
Tratamiento	2
Bloques	3
Error	6

CUADRO 6. ESQUEMA DEL ADEVA FASE DE VALORACIÓN NUTRICIONAL PARA EL MAÍZ Y CEBADA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DELIBERTAD
Total	8
Tratamientos	2
Error experimental	6

CUADRO 7. ESQUEMA DEL ADEVA FASE ALIMENTACION A CUYES EN CRECIMIENTO Y ENGORDE

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DELIBERTAD
Total	20
Tratamientos	6
Bloques	2
Error experimental	12

H. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Fase I (Producción de FVH de Maíz y Cebada)

Como primer paso se realizó la limpieza y desinfección del invernadero, materiales y equipo. Aclarando que los materiales y equipos se limpiaron y desinfectaron cada vez que se iniciaba un nuevo ciclo de producción de forraje poniendo énfasis en las bandejas. El desinfectante que se utilizó para los materiales y equipos fue el Hipoclorito de sodio al 1%, diluyendo 500 cc/10lt de agua, dejando actuar unos 10 minutos aproximadamente.

Se pesó la semilla que se va a utilizar, luego se escogió la semilla minuciosamente eliminando granos rotos o en mal estado, después se las sumergió en un balde con agua, con el fin de lavarlas y de retirar impurezas que

hayan quedado, posteriormente, realizamos la desinfección de las semillas para lo cual se volvió a sumergirlas en una solución de Hipoclorito de Sodio al 1 %, diluyendo 10 ml por cada 5 litros de agua, el tiempo que dejamos las semillas en la solución es de 2 minutos, finalmente procedemos a enjuagar las semillas con agua limpia.

Una vez desinfectada las semillas se colocó dentro de una bolsa de tela, la misma que se la sumergió completamente en agua limpia (un litro por cada kilo de semilla) por un periodo de 48 horas, luego se procedió a sacarlas y orearlas durante una hora, acto seguido volvemos a sumergirlas por otras 12 horas, y así hasta cumplir con las 48 horas que son necesarias para la pregerminación.

Posteriormente se procedió a sembrar la semilla en las bandejas de acuerdo a las diferentes densidades de siembra establecidas en bandejas de 0.25 m² de área. Una vez sembradas las semillas se las tapó a cada una con papel periódico mojado y finalmente con plástico negro, en este estado las dejamos durante 4 días.

Finalmente se inició la etapa de Cosecha del FVH de Cebada en el día 13 y del FVH de maíz al día 16, los mismos que se midieron y se pesaron para su posterior evaluación de las variables que se analizaron en ésta investigación. Para la alimentación animal el forraje fue lavado con agua limpia y se dejó que se airee.

2. Fase II (Valoración Nutritiva del FVH)

En esta fase se procedió a tomar una muestra representativa de 1 Kg de FVH, de las bandejas, como resultado del cultivo hidropónico de cebada y maíz con diferentes densidades de siembra, para posteriormente ser llevado al laboratorio y realizar el análisis proximal respectivo, determinando el contenido de Humedad Total, Materia seca, Proteína cruda, Fibra Bruta, Grasa, Ceniza, Materia Orgánica y Extracto Libre de Nitrógeno, se utilizó únicamente 3 repeticiones, por

tratamiento, tanto para la cebada como para el maíz y posteriormente los resultados se sometieron a un análisis de varianza.

3. Fase III (Alimentación de cuyes con FVH)

En la última fase del experimento se evaluó el efecto del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, sobre el comportamiento productivo de cuyes, en las etapas de crecimiento y engorde, para lo cual se utilizó cuyes machos de 15 días de edad, adicional se utilizó un tratamiento testigo, que consistió en alimentar a los cuyes únicamente a base de alfalfa, distribuyéndose en bloques completamente al azar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE CEBADA

1. Germinación

El tiempo de inicio de la germinación de la semilla de Cebada, se registró a partir del segundo día para los diferentes tratamientos, lo que quiere decir que el tiempo de germinación fue igual a pesar de utilizar diferentes dosis de siembra, como tratamientos. El tiempo de germinación de la cebada en el presente experimento es inferior al registrado por Calles, D (2005), quién en su estudio de producción de FVH de cebada, con la utilización de diferentes niveles de azufre, registró una media general de 2.97 días, como tiempo de inicio de germinación.

El porcentaje de germinación fue superior estadísticamente con una probabilidad ($p < 0.05$), al utilizar 1.0 Kg de semilla por bandeja, alcanzando el 91.75% de germinación, seguido por 90.50 y 89.50% para los tratamientos 0.75 y 0.50 Kg de semilla por bandeja, respectivamente. De esta manera se puede atribuir que el mayor porcentaje de germinación se dio debido a que existe una mayor densidad de semilla, por tanto menores pérdidas de humedad. Cuadro 8. Gráfico 1.

Estos resultados son muy similares a los registrados por Calles, D (2005), quién obtuvo porcentajes de germinación de 90.82%, al cultivar FVH de cebada, con la utilización de diferentes niveles de azufre.

Al respecto Gutiérrez, I (2000), expone que debe haber una humedad cercana al 100% para asegurar un adecuado desarrollo del sistema radicular. Las radículas de las plantas jóvenes son incapaces de crecer en ambiente secos.

Como el cultivo de FVH es un cultivo a raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá realizar en un ambiente con una alta humedad relativa, por encima del 85%. Esta humedad se consigue con una adecuada frecuencia de riegos y baja evapotranspiración de las plantas, lo que justifica que a mayor densidad de siembra exista mayor porcentaje de germinación.

2. Tiempo de aparecimiento de las hojas

El tiempo de aparecimiento de las primeras hojas de la cebada, se presentó a partir del séptimo día para los diferentes tratamientos, lo que quiere decir que al igual que el tiempo de aparecimiento de la raíz, también el aparecimiento de las hojas no depende de la dosis de siembra utilizada. Cuadro 8.

Al respecto Calles, D (2005), obtuvo un promedio de 4.50 días, en el tiempo de aparecimiento de las primeras hojas, en los diferentes tratamientos basados en la utilización de azufre en el cultivo de FVH, por lo que hay una diferencia de 2.5 días, siendo misma especie forrajera, esta diferencia seguramente se debe al manejo empleado para el cultivo, así como a los insumos utilizados.

3. Longitud del tallo

La longitud promedio del tallo de cebada fue estadísticamente igual cuando se utilizó 0.75 y 1.0 Kg de semilla con 6.55 cm y 6.76 y en su orden, difiriendo del tratamiento en el cual se utilizó 0,50 Kg que obtuvo apenas el 5,97 cm Cuadro 8.

Estos resultados son inferiores, a la longitud promedio del tallo, registrado por Calles, D (2005), donde la longitud más baja promedio del tallo fue de 7.47 cm utilizando 20 ppm de azufre en el cultivo de FVH de cebada.

La longitud del tallo de cebada a los 13 días, fue superior con una probabilidad ($p < 0.01$) cuando se utilizó una dosis de siembra de 1 Kg de semilla por bandeja con una longitud de 13.60 cm seguida por 0,75 y 0.5 Kg de semilla por bandeja con 12.75 y 11.10 cm respectivamente.

Al comparar los presentes resultados, con lo manifestado por Alpi, A (1995), se puede considerar que se encuentran dentro de lo óptimo ya que este autor dice que el ciclo de producción es de 10 a 15 días y en ese periodo la planta alcanza los 12.5 cm promedio.

Lo anteriormente expuesto, se atribuiría a que con una densidad baja las plantas del tratamiento 0.5 alcanzaron menor longitud, ya que la retención de humedad es menor. Lo cual no permitió un mejor desarrollo de los tallos, y al ir aumentando la densidad de siembra mejoro la retención de humedad por lo que se beneficiaron más y alcanzaron mejores alturas de tallo las densidades de 0.75 y un 1 kg de semilla por bandeja. Cuadro 8.

4. Longitud de la raíz

La longitud promedio de la raíz de cebada fue estadísticamente igual cuando se utilizó 0.5, 0.75, y 1 Kg de semilla con 5.54, 5.49 y 5.44 cm en su orden. Observándose numéricamente que el tratamiento con mayor longitud alcanzo el de menor densidad. Cuadro 8.

Para esta variable Calles, D (2005), no determinó diferencias estadísticas entre los diferentes niveles de azufre para el cultivo de FVH de cebada, donde determinó promedios de hasta 4.68 cm de longitud promedio de la raíz, sin embargo en este experimento, la longitud es superior ya que existe una diferencia de 1.20 cm aproximadamente lo que sí repercute sobre la Biomasa total.

La longitud de la raíz de cebada a los 13 días, fue superior con una probabilidad ($p < 0.05$) cuando se utilizó una dosis de siembra de 0.5 Kg de semilla por bandeja con una longitud de 10.62 cm., seguida por los tratamientos con dosis de siembra de 0.75 y 1.0 Kg de semilla por bandeja con 10.05 y 9.80 cm respectivamente. Cuadro 8.

Estos resultados son inferiores de manera significativa de acuerdo a lo manifestado por Calles, D (2005), quién obtuvo promedios de longitud de la raíz de entre 12.09 y 15.05 cm a los 15 días para los diferentes tratamientos fertilizados con azufre.

Posiblemente una menor densidad de siembra en la cebada, mejore el crecimiento radicular ya que la planta se vea en la necesidad de buscar agua y al existir menor densidad va a existir una leve disminución de humedad permitiendo

un desarrollo radicular mayor para las densidades menores y disminuyendo paulatinamente conforme aumenta la densidad de siembra.

5. Producción de biomasa

La producción de biomasa total, expresada en Kg./m², fue superior estadísticamente ($p < 0.01$), cuando se utilizó como dosis de siembra 1.0 Kg por bandeja, alcanzándose una producción de 32.00 Kg de FVH/m², resultando muy superior a los tratamientos 0.75 y 0.50 Kg que obtuvieron una producción de 25,05 y 17.98 Kg de FVH/m², respectivamente. Cuadro 8.

Los resultados obtenidos en cuanto a producción de biomasa son muy similares a los registrados por Calles, D (2005) ya que determinó producciones entre 30.31 y 32.58 Kg de FVH/m², lo que también se vio estimulado por una buena retención de humedad.

El porcentaje de biomasa radicular, se comportó de una manera similar, registrándose la mayor producción de biomasa radicular al utilizarse 1.0 Kg de semilla con 63.98 %, este tratamiento difirió estadísticamente de los otros tratamientos, de esta manera se obtuvo 56.28 y 53.68 %, de biomasa radicular con dosis de siembra de 0.75 y 0.5 Kg respectivamente. Estos resultados son diferentes a los registrados por Calles, D (2005), ya que determinó un porcentaje de biomasa radicular de 70% en forma general, lo que puede deberse principalmente a la genética de la semilla utilizada.

La producción de biomasa caulinar, por su parte registró todo lo contrario a la producción de biomasa radical, así el mayor porcentaje de biomasa caulinar se obtuvo con el tratamiento 0.5 Kg de semilla como dosis de siembra con 46.33%, seguido por 0.75 y 1.0 Kg de dosis de siembra con 43.75 y 36.03%, en su orden. Al respecto Calles, D (2005), determinó promedios de 30%, de biomasa caulinar, lo que difiere de los resultados obtenidos en nuestro experimento, sin embargo se debe considerar que se pudo haber utilizado semilla de genética diferente que responden en forma también heterogénea, a cada una de las variables productivas.

6. Rendimiento

El rendimiento de Forraje Verde Hidropónico por Kg de semilla utilizada es el indicador productivo más importante, y el que determina el efecto de la utilización de diferentes densidades de siembra, por lo cual en el experimento se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$), obteniéndose el mayor rendimiento con la utilización de 0.50 Kg por bandeja el cual produjo 8.99 Kg de forraje por cada Kg de semilla utilizada, seguido por la densidad de siembra de 0,75 Kg de semilla por bandeja con 8,35 Kg y finalmente el tratamiento 1 Kg de semilla por bandeja con 8,0 Kg de FVH. Cuadro 8, Grafico 2.

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Chiriboga, H (2001), quien manifiesta que por cada Kg de semilla se producen de 18 a 24 kilos de forraje hidropónico con 18% de materia seca y más de 16% de proteína. Sin embargo con la utilización de 0.5 Kg de semilla como densidad de siembra, se alcanzan parámetros similares a los que manifiesta Charles, L (1995), quien señala que la producción en peso alcanzado con este método puede pasar de 1 a 5. Utilizando buena semilla, esto se puede aumentar y llegar a una producción de 12 veces, por lo que se puede asegurar que esta dentro de lo recomendado.

B. PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE MAÍZ

1. Germinación

El tiempo de inicio de la germinación de la semilla de Maíz, se presentó a partir del tercer día para los diferentes tratamientos, lo que quiere decir que el tiempo de apareamiento de la radícula es indiferente de la dosis de siembra utilizada.

El porcentaje de germinación fue superior estadísticamente con una probabilidad ($p < 0.05$), al utilizar 1 Kg de semilla por bandeja, alcanzando el 92.50% de germinación, seguido por 91.25% y 90.50 para los tratamientos 0.75 y 0.50 Kg de semilla por bandeja, respectivamente. De esta manera se puede atribuir que el mayor porcentaje de germinación se dio debido a que existe una mayor densidad de semilla, por tanto menores pérdidas de humedad que favoreció a la obtención

de los mejores resultados cuando se utilizó 1 Kg de semilla por bandeja, al igual que cuando se sembró cebada a esta dosis de siembra. Cuadro 9. Gráfico 3.

Los resultados de la presente investigación son similares a los reportados por León, S (2005), quien al cultivar FVH de maíz, con diferentes periodos de luz y soluciones nutritivas, determinó porcentajes de germinación que van de 60.68 a 94.55%.

Samperio, G (1997), manifiesta que la semilla como mínimo debe presentar un porcentaje de germinación no inferior al 75%, para evitar pérdidas en los rendimientos de cosecha y que por lo general es normal que no germinen del 1 al 2% de la semilla, por lo que nuestros resultados se hallan dentro de lo normal, en este tipo de cultivos.

Al igual que en el caso de la cebada, cuando se utiliza dosis de siembra altas, la retención de humedad es mayor, lo que asegura un buen porcentaje de germinación.

2. Tiempo de aparecimiento de las hojas

El tiempo de aparecimiento de las primeras hojas del Maíz, se presentó a partir del onceavo día para los diferentes tratamientos, lo que quiere decir que al igual que el tiempo de aparecimiento de la raíz, también el aparecimiento de las hojas no depende de la dosis de siembra utilizada. Cuadro 9. Al no existir otras investigaciones donde se evalúe esta variable, se puede decir que el aparecimiento de las primeras hojas responde netamente a la parte fisiológica del maíz.

3. Longitud del tallo

La longitud promedio del tallo del Maíz fue estadísticamente igual cuando se utilizó 0.5, 0.75 y 1 Kg de semilla con 5.02, 5.27 y 5.28 cm en su orden, de esta manera los tratamientos utilizados en esta especie dan los mismos resultados estadísticamente hablando.

La longitud del tallo de maíz a los 16 días, fue estadísticamente similar cuando se utilizó una dosis de siembra de 0.5, 0.75 y 1.0 Kg de semilla por bandeja, obteniéndose longitudes del tallo a los 16 días de 11.50, 11.63 y 11.70 cm respectivamente. Cuadro 9.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo son superiores a los obtenidos por León, S (2005), a los 18 días de cultivo, ya que registra un promedio de 9.51 cm posiblemente se deba a la variedad de maíz utilizado.

4. Longitud de la raíz

La longitud promedio de la raíz del maíz fue estadísticamente igual cuando se utilizó 0.75 y 1 Kg de semilla con 7.42 y 7.48 cm en su orden, los cuales superaron estadísticamente al tratamiento en el cuál se utilizó 0.50 Kg con 6.71 cm de longitud promedio de la raíz.

La longitud de la raíz del maíz a los 16 días, no presentó diferencias estadísticas, al utilizar 0.5, 0.75 y 1.0 Kg de semilla por bandeja con 12.95, 13.38 y 13.45 cm respectivamente. Cuadro 9.

La longitud de la raíz, del presente experimento es inferior a la registrada por León, S (2005), ya que al día 18 la longitud de la raíz del FVH de maíz fue de 20.01 cm en promedio, posiblemente se deba a la variedad de maíz utilizada en el cultivo.

5. Producción de biomasa

La producción de biomasa total, expresada en Kg./m², fue superior estadísticamente ($p < 0.01$), cuando se utilizó como dosis de siembra 1.0 Kg por bandeja, alcanzándose una producción de 25,40 Kg FVH/m², resultando muy superior a los otros tratamientos, el tratamiento 0.75 Kg por bandeja, obtuvo una producción de 14,13 Kg de FVH/m². y el tratamiento de 0,50 Kg./ bandeja que obtuvo 6,20 fue el mas bajo. Cuadro 9.

El porcentaje de biomasa radicular, se registró la mayor proporción al utilizarse 1.0 Kg de semilla con 69.78 %, este tratamiento difirió estadísticamente de los otros tratamientos, de esta manera se obtuvo 61.15 y 50.03 %, de biomasa radicular con dosis de siembra de 0.75 y 0.5 Kg respectivamente. En promedio los resultados de la presente investigación son muy similares a los registrados por León, S (2005), quién determinó promedios de biomasa radicular de 67.01%, al evaluar soluciones nutritivas y diferentes foto períodos para la producción de FVH de maíz.

La producción de biomasa caulinar, se comportó de forma inversa a la producción de biomasa radical, así el mayor porcentaje de biomasa caulinar se obtuvo con el tratamiento 0,5 Kg de semilla como dosis de siembra con 49.98%, seguido por 0.75 y 1 Kg de dosis de siembra con 38.85 y 30.23%, en su orden.

De igual forma que en el caso de la biomasa radicular, en promedio los resultados de la presente investigación son muy similares a los registrados por León, S (2005), quién determinó promedios de biomasa radicular de 67.01%, al evaluar soluciones nutritivas y diferentes foto períodos para la producción de FVH de maíz.

6. Rendimiento

El rendimiento de Forraje Verde Hidropónico por Kg. de semilla de maíz utilizada es nuevamente el más importante de los indicadores productivos, y el que determina el efecto de la utilización de diferentes densidades de siembra, por lo cual en el experimento se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$), obteniéndose el mayor rendimiento con la utilización de 1.0 Kg por bandeja el cual produjo 6.35 Kg de forraje por cada Kg. de semilla utilizada, seguido por la densidad de siembra de 0.75 Kg de semilla por bandeja con 4.70 Kg y finalmente el tratamiento 0.50 Kg de semilla por bandeja con 3.10 Kg de FVH.

Al utilizar como densidad de siembra 1 Kg de semilla por bandeja, se obtuvo mejores resultados en comparación a los registrados por León, S (2005), ya que la producción de FVH de maíz fue de 1,32 Kg por 0.25 m² utilizando 1 Kg de

semilla por m², lo que en definitiva representa un rendimiento de 5.2 Kg de FVH/ Kg de semilla utilizada.

C. VALORACION NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE CEBADA

1. Humedad total

La humedad total, no tuvo diferencias significativas en los forrajes provenientes de los diferentes tratamientos, registrándose así promedios de 85.57, 85.64 y 85.53%, para los tratamientos 0.5, 0.75 y 1.0 Kg de semilla por bandeja respectivamente. Cuadro 10.

Calles, D (2005), registra en su investigación rangos que van desde 91.83 a 92,21 % de humedad en cebada, y corroborando con estos datos (Tarrillo, 2002, citado por Calles 2005), muestra que el contenido de humedad a los 10 días es de 91.1 % y a los 15 días es de 84.9 % de Humedad.

En esta investigación se cosecho a los 13 días por lo que podemos deducir que ha medida que aumente la edad del forraje disminuye el contenido de humedad, por lo que se asemejan a nuestros resultados obtenidos en nuestra investigación.

2. Materia seca

En el contenido de materia seca de los diferentes forrajes, se determinó que cuando se utiliza una densidad de siembra de 1.0 Kg de semilla por bandeja se obtuvo los mejores resultados con 14.47%, de igual manera al utilizar 0.5 Kg de semilla se obtuvo 14.43% de MS, difiriendo del tratamiento en el cual se utilizó 0.75 Kg de semilla que solo presentó 14.0% de MS.

Estos resultados son mayores a los reportados por Calles (2005) que registro rangos que van desde 7,79 % a 8,17 % de Materia seca. Y son menores a los resultados citados por Calles, D (2005) de Chang (2001), en un análisis bromatológico de una planta completa de cebada tuvo un 17.77 % de MS.

3. Proteína cruda

Al determinar la proteína cruda, el mejor tratamiento fue 0.75 Kg de semilla por bandeja con 13.68%, que superó a los tratamientos 0.50 y 1.0 Kg de semilla con 13.44 y 13.29% de proteína cruda. Cuadro 10.

Calles, D (2005), al evaluar el FVH de cebada con diferentes niveles de azufre registro datos que van desde 15,58 a 17,83 % de proteína.

Chang (2001) citado por Calles (2005) al realizar un análisis bromatológico de una planta completa de cebada tuvo un 17,4 de proteína al día 12 de cosecha, disminuyendo el contenido de Proteína a 13,4 % para el día 15.

Los datos obtenidos en esta investigación son inferiores a los obtenidos por los autores citados, pero esta diferencia se deba al tiempo de cosecha y los fertilizantes aplicados.

4. Fibra bruta

La fibra bruta se presentó superior en el tratamiento 0.75 Kg de semilla por bandeja con 14.88%, el mismo que difirió estadísticamente de los tratamientos 1.0 y 0.50, con 14.60 y 14.42% de Fibra bruta, respectivamente. Cuadro 10.

Ortega, M (2004), registra datos que van 18,38 % a 19,87 % de Fibra bruta, comparando con nuestros datos son inferiores en su contenido debidos a la edad de cosecha ya que mientras mayor sea la edad de cosecha mayor será el contenido de fibra.

5. Grasa

Para el porcentaje de grasa el mejor tratamiento fue, el que utilizó 1.0 Kg de semilla por bandeja, con 3.34%, el mismo que superó estadísticamente a los tratamientos 0.50 y 0.75 Kg de semilla, con 3.01 y 2.98% en su orden.

Calles, D (2005), registró un rango de datos que va desde 3,35 a 4,04 % de grasa similares a nuestra investigación.

6. Ceniza

En cuanto al porcentaje de ceniza el mejor tratamiento fue, el que utilizó 1.0 Kg de semilla por bandeja, con 3.53%, el mismo que superó estadísticamente a los tratamientos 0.75 y 0.50Kg de semilla, con 3.41 y 3.38% en su orden

Calles, D (2005) registro datos del contenido de cenizas, valores que van desde 2,61 a 5,26 % de cenizas. Corroborando con esta investigación Ortega (2004), registro valores que van desde 3,71 a 4, 14 %.

7. Materia orgánica

La materia orgánica no difirió estadísticamente, en el FVH, proveniente de diferentes densidades de siembra, registrándose promedios de 96.62, 96.59 y 96.47%, para los tratamientos 0.50, 0.75 y 1.0 Kg de semilla por bandeja respectivamente. Cuadro 10.

Ortega, M (2004), encontró valores similares que van desde 95,86 a 96,29 % de Materia orgánica.

8. Estrato libre de Nitrógeno

En cuanto a la cantidad de estrato libre de nitrógeno, el mejor tratamiento fue, el que utilizó 0.5 Kg de semilla por bandeja, con 65.75%, el mismo que superó estadísticamente a los tratamientos 1.0 y 0.75 Kg de semilla, con 65.24 y 65.05% respectivamente. Cuadro 10.

D. VALORACION NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) DE MAÍZ

1. Humedad total

La humedad total, tuvo diferencias significativas en los forrajes provenientes de los diferentes densidades de siembra utilizados para el cultivo de FVH de maíz, registrándose así un promedio de 80.84% de humedad, para la dosis de 0.75 Kg de semilla por bandeja, seguido por los tratamientos 1.0 y 0.5 Kg con 79.37 y 78.26% respectivamente. Cuadro 11.

León, S (2005), indica en un análisis realizado el mayor porcentaje de humedad se presentó en tratamiento de 18 horas luz con 89,41 % y en los otros tratamientos valores inferiores de 83,83 % y 84,10 %. Y cita a Mora (1999) que encontró en un análisis realizado de germinado de maíz, en Laboratorios I.B.C de Bogotá el porcentaje de humedad está en 77,65 % corroborando nuestros resultados.

2. Materia seca

En el contenido de materia seca de los diferentes forrajes, tuvo diferencias significativas, así se determinó que cuando se utiliza una densidad de siembra de 0.50 Kg de semilla por bandeja se obtuvo los mejores resultados con 21.74%, de igual manera al utilizar 1.0 y 0.75 Kg de semilla se obtuvieron 20.63 y 19.16% de materia seca en su orden. Cuadro 11.

León, S (2005), al realizar el análisis bromatológico de los diferentes tratamientos que aplico encuentra medias de 16,17 % de MS.

Lo que quiere decir que varía de acuerdo al tipo de fertilizante y la edad de cosecha.

3. Proteína cruda

Al determinar la proteína cruda, el mejor tratamiento fue 1.0 Kg de semilla por bandeja con 12.14%, que superó a los tratamientos 0.75 y 0.50 Kg de semilla con 12.02 y 11.79% de proteína cruda en su orden.

León, S (2005), registro en su investigación 13.31 % de proteína cruda al realizar el análisis bromatológico del maíz. Los resultados obtenidos demuestran que los tratamientos aplicados no inciden en el contenido de proteína.

4. Fibra bruta

La fibra bruta se presentó superior en los tratamientos 0.75 y 0.50 Kg de semilla por bandeja con 13.0 y 12.9%, en su orden, los mismos que difirieron

estadísticamente del tratamiento 1.0 Kg de semilla por bandeja con 11.7% de fibra bruta. Cuadro 11.

5. Grasa

Para el porcentaje de grasa el mejor tratamiento fue, el que utilizó 0.75 Kg de semilla por bandeja, con 3.35%, el mismo que superó estadísticamente a los tratamientos 1.0 y 0.50 Kg de semilla, con 3.13 y 2.95% en su orden.

6. Ceniza

En cuanto al porcentaje de ceniza los mejores tratamientos fueron, los que utilizaron 1.0 y 0.75 Kg de semilla por bandeja, con 2.47 y 2.39% respectivamente, los mismos que superaron estadísticamente al tratamiento 0.50 Kg de semilla, con 1.94%. Cuadro 11.

7. Materia orgánica

En cuanto al porcentaje de materia orgánica el mejor tratamiento fue, el que utilizó 0.75 Kg de semilla por bandeja, con 97.61%, el mismo que superó estadísticamente a los tratamientos 0.50 y 1.0 Kg de semilla, con 98.06 y 97.53% en su orden.

8. Estrato libre de Nitrógeno

En cuanto al porcentaje de ceniza los mejores tratamientos fueron, los que utilizaron 1.0 y 0.50 Kg de semilla por bandeja, con 75.57 y 72.47% respectivamente, los mismos que superaron estadísticamente al tratamiento 0.75 Kg de semilla, con 71.28% de ELN. Cuadro 11.

E. EVALUACION PRODUCTIVA DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO

Debido a que no existen otras investigaciones donde se analice cada una de las etapas de crecimiento y engorde, nos remitiremos a describir y analizar los resultados obtenidos en nuestro experimento. Cuadro 12.

1. Peso final

El peso final, en esta etapa no tuvo diferencias significativas en los diferentes tratamientos, de esta manera los promedios de peso final fueron: 470.00, 498.33, 498.33, 495.00, 463.33, 506.67 y 503.33 gr para los cuyes alimentados con Alfalfa, C0.50, C0.75, C1.00, M0.50, M0.75 y M1.00 en su orden.

Posiblemente debido a que los animales consumen alimentos únicamente para cubrir sus requerimientos, y al tratarse de una alimentación a base de Forraje Verde Hidropónico, los animales responden de igual forma sin importar que sea de cebada o de maíz.

2. Ganancia de peso

La ganancia total de peso durante los 30 días de la etapa de crecimiento, no difirió estadísticamente, presentado ganancias de peso promedios que variaron entre 198.33 y 221.67 g para los cuyes alimentados con Alfalfa y M1.00 respectivamente. De forma similar, la ganancia de peso diaria en la etapa de crecimiento, presentó ganancias de peso promedio que variaron numéricamente entre 6.63 y 7.40 g en los cuyes alimentados con Alfalfa y M1.00 respectivamente, siendo estadísticamente iguales.

3. Consumo de alimento

El consumo total de alimento en materia seca, durante los 30 días de la etapa de crecimiento, difirió estadísticamente, presentado el mayor consumo los animales alimentados con alfalfa, con un consumo de 900.17 g seguido por los tratamientos C0.75 y M0.50 con consumos de 788.90 y 783.0 g respectivamente, posteriormente los tratamientos C1.0 y C0.5 con consumos promedio de 775.0 y 750.33 g en su orden, finalmente se ubicaron los tratamientos M1.0 y M0.75 que presentaron consumos de 699.0 y 658.1 g , respectivamente.

El consumo diario de forrajes en la etapa de crecimiento, difirió estadísticamente ($p < 0.01$), presentado el mayor consumo los animales alimentados con alfalfa, con

un consumo de 30.0 g seguido por el tratamiento M0.50 con un consumo de 26.1 g posteriormente los tratamientos C0.75, C1.0 y C0.5 con consumos promedio de 26.26, 25.83 y 25.03 g en su orden, finalmente se ubicaron los tratamientos M1.0 y M0.75 que presentaron consumos de 23.26 y 21.93 g, respectivamente.

4. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia durante los 30 días de la etapa de crecimiento, difirió estadísticamente, presentado el mayor índice en los animales alimentados con alfalfa, con un promedio de conversión alimenticia de 4.23 puntos, lo quiere decir que para obtener un Kg de ganancia de peso se necesitan 4.23 Kg materia seca de alfalfa en esta etapa, seguido por el tratamiento M0.50 con un índice de 3.73 puntos, posteriormente los tratamientos C0.5, C0.75 y C1.0 con índices de 3.40, 3.36 y 3.26 puntos, en su orden, finalmente se ubicaron los tratamientos M1.0 y M0.75 que presentaron los mejores índices de conversión con 3.13 y 2.86 g respectivamente.

F. EVALUACION PRODUCTIVA DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) EN LA ETAPA DE ENGORDE

Debido a que no existen otras investigaciones donde se analice cada una de las etapas de crecimiento y engorde, nos remitiremos a describir y analizar los resultados obtenidos en nuestro experimento. Cuadro 13.

1. Peso inicial y final

El peso inicial de cuyes en esta etapa, no presentó diferencias significativas en los diferentes tratamientos, de esta manera los promedios de peso inicial fueron: 470.00, 498.33, 498.33, 495.00, 463.33, 506.67 y 503.33 g para los cuyes alimentados con Alfalfa, C0.50, C0.75, C1.00, M0.50, M0.75 y M1.00 en su orden.

El peso final, en esta etapa tuvo diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los diferentes tratamientos, de esta manera el mayor peso lo alcanzaron los animales de los tratamientos C0.75, C0.50 y C1.0, con pesos finales de 900.0,

883.33 y 861.67 g respectivamente, seguidos por los animales en los cuales se aplicó los tratamientos M1.0, M0.75, M0.5 y alfalfa, con pesos finales promedio de 810.0, 806.67, 801.67 y 756.67 g de peso final en su orden.

De esta manera se puede atribuir los mejores resultados a la utilización de FVH de Cebada, sin importar la dosis de siembra utilizada, posiblemente estos resultados se deban a una mejor palatabilidad y aprovechamiento de los nutrientes de este forraje.

2. Ganancia de peso

La ganancia total de peso durante los 45 días de la etapa de engorde, difirió estadísticamente, presentando la mayor ganancia de peso el tratamiento C0.75, con una ganancia de peso promedio de 401.67gr, seguido por el tratamiento C0.5 y C1.0 con ganancias de peso de 385.0 y 366.67 g en su orden, posteriormente se ubican los tratamientos M0.5, M1.0, M0.75 y alfalfa con ganancias de peso de 338.33, 306.67, 300.0 y 286.67 g respectivamente.

La ganancia de peso diaria en la etapa de engorde, difirió estadísticamente, presentado la mayor ganancia de peso el tratamiento C0.75, con una ganancia de peso promedio de 8.93 g seguido por el tratamiento C0.5 y C1.0 con ganancias de peso de 8.57 y 8.17 g en su orden, posteriormente se ubican los tratamientos M0.5, M1.0, M0.75 y alfalfa con ganancias de peso de 7.50, 6.83, 6.66 y 6.33 g respectivamente.

3. Consumo de alimento

El consumo total de alimento en materia seca, durante los 45 días de la etapa de engorde, difirió estadísticamente, presentado el mayores consumos los animales alimentados con alfalfa y M0.5, con un consumo de 2091.90 y 2039.93 g respectivamente seguido por los tratamientos M1.0 y M0.75 con consumos de 1862.50 y 1726.60 g respectivamente, finalmente los tratamientos C0.75, C0.5 y C1.0, con consumos promedio de 1695.60, 1685.80 y 1603.70 g en su orden.

El consumo diario de forrajes en la etapa de engorde, difirió estadísticamente ($p < 0.01$), presentado el mayores consumos los animales alimentados con alfalfa y M0.5, con un consumo diario de 46.46 y 45.33 g respectivamente seguido por los tratamientos M1.0 y M0.75 con consumos de 41.40 y 38.37 g respectivamente, finalmente los tratamientos C0.75, C0.5 y C1.0, con consumos promedio de 37.70, 37.46 y 35.63 g diarios en su orden.

4. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia durante los 45 días de la etapa de engorde, difirió estadísticamente, presentado el mayor índice en los animales alimentados con alfalfa, con un promedio de conversión alimenticia de 7.30 puntos, lo quiere decir que para obtener un Kg de ganancia de peso en esta etapa se necesitan 7.30 Kg materia seca de alfalfa en esta etapa, seguido por los tratamientos M0.50, M1.0 y M0.75 con índices de 6.10, 6.10 y 5.80 puntos respectivamente, posteriormente los tratamientos C0.5, C1.0 y C0.75 con índices de 4.40, 4.40 y 4.23 puntos, en su orden, que resultaron eficientes en esta etapa.

G. EVALUACION PRODUCTIVA DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH) EN LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO-ENGORDE

1. Peso inicial y final

El peso inicial de cuyes a los 15 días de edad fue, 271.67, 278.33, 263.33, 256.67, 275.00, 276.67 y 281.67 g para los cuyes alimentados con Alfalfa, C0.50, C0.75, C1.00, M0.50, M0.75 y M1.00, respectivamente, y debido a la gradiente de variación en cuanto al peso al destete, se aplicó un diseño de bloques completamente al azar. Cuadro 14.

El peso de cuyes al final, de las dos etapas (crecimiento-engorde), tuvo diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los diferentes tratamientos, de esta manera el mayor peso lo alcanzaron los animales de los tratamientos C0.75, C0.50 y C1.0, con pesos finales de 900.0, 883.33 y 861.67 g respectivamente,

seguidos por los animales en los cuales se aplicó los tratamientos M1.0, M0.75, M0.5 y alfalfa, con pesos finales promedio de 810.0, 806.67, 801.67 y 756.67 g de peso final en su orden.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son, inferiores a los determinados por Vásconez, J (2004), ya que en su estudio al determinar el valor nutritivo del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó que el peso final de cuyes al finalizar la etapa de crecimiento y engorde fue de 1100 gr. sin embargo los promedios de peso al finalizar la etapa de engorde en la presente investigación son similares a los registrados por Usca, J (2000), en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, donde obtuvo un peso final de 973 g al suministrar el 100% de FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, el peso final de cuyes en estas etapas fue de 745 g.

2. Ganancia de peso

La ganancia total de peso durante los 75 días de las etapas de crecimiento-engorde, difirió estadísticamente, presentado las mayores ganancias de peso los tratamientos C0.75, C0.50 y C1.0 con ganancias de peso promedio de 636.67, 605.0 y 605.0 g respectivamente, seguido por los tratamiento M0.75, M1.0, M0.5 y alfalfa, con ganancias de peso de 530.0, 528.33, 526.67 y 485.0 g en su orden. Cuadro 14. Grafico 5.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores en por lo menos 100 g en relación a los determinados por Vásconez, J (2004), en su estudio de evaluación del valor nutritivo del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó que la ganancia de peso en cuyes al finalizar la etapa de crecimiento y engorde fue de 769 g con el 100% de inclusión en la dieta y sin la utilización de forraje de 710 g.

Así como también nuestros promedios de ganancia de peso son inferiores a los resultados obtenidos por Usca, J (2000), en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, donde obtuvo una ganancias de peso 717 g al suministrar el 100% de

FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, la ganancia de peso en cuyes en estas etapas fue de 498 g sin embargo se debe recalcar que los promedios de los tratamientos testigo son muy similares a los obtenidos en nuestra investigación.

3. Consumo de alimento

El consumo total de forrajes en la etapa de crecimiento y engorde, difirió estadísticamente ($p < 0.01$), presentado el mayores consumos los animales alimentados con alfalfa y M0.5, con un consumo total de 2292.03 y 2823 g respectivamente seguidos por los tratamientos M0.75, M1.0, C0.5, C0.75 y C1.0 con consumos de 2384.8, 2561.7, 2436.1, 2484.5 y 2378.7 g totales en su orden. Cuadro 14, Grafico 6.

Los resultados obtenidos en cuanto a consumo total de MS, son inferiores a los registrados por Vásconez, J (2004), quien en su estudio de evaluación del valor nutritivo del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó consumos totales de alimento al finalizar la etapa de crecimiento y engorde de 4043 g sin la utilización de FVH y de 3874 g con el 100% de inclusión en la dieta, como también nuestros resultados son inferiores a los reportados por Usca, J (2000), en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo un consumo total de alimento de 4370 g al suministrar el 25% de FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, el consumo total de alimento de cuyes en estas etapas fue de 40377 g.

4. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia durante los 75 días de experimentación de las etapas de crecimiento y engorde en cuyes, difirió estadísticamente, presentado el mayor índice en los animales alimentados con alfalfa, con un promedio de conversión alimenticia de 6.16 puntos, lo quiere decir que para obtener un Kg. de ganancia de peso en estas dos etapa se necesitan 6.16 Kg materia seca de alfalfa, seguido por los tratamientos M0.50, M1.0 y M0.75 con índices de 5.36, 4.83 y 4.53 puntos respectivamente, posteriormente los tratamientos C0.5, C0.75 y C1.0

con índices de 4.03, 3.93 y 3.93 puntos, en su orden, que resultaron ser eficientes en estas etapas. Cuadro 14, Grafico 7.

Los resultados obtenidos con los tratamientos de cebada son inferiores a los registrados por Vásconez, J (2004), ya que en su estudio sobre la utilización del forraje verde hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó conversiones alimenticias al finalizar la etapa de crecimiento y engorde de 5.46 puntos sin la utilización de FVH y de 5.10 puntos, con el 100% de inclusión en la dieta. Así también los resultados para esta variable con la utilización de cebada son más eficientes a los registrados por Usca, J (2000), quién en su estudio sobre el forraje verde hidropónico de cebada en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, obtuvo un índice de conversión de 5.99 puntos al suministrar el 25% de FVH, y con el 0% de inclusión de FVH, el índice de conversión alimenticia en cuyes en estas etapas fue de 8.12 puntos.

4. Rendimiento a la Canal

El peso de la canal de cuyes al finalizar los 75 días de experimentación, y con una edad de 3 meses, difirió estadísticamente, presentando los mejores pesos de la canal los animales alimentados con los tratamientos C0.50, C0.75 y alfalfa que fueron estadísticamente iguales entre sí, con pesos de la canal de 591.67, 588.33 y 570.0 g respectivamente, posteriormente los tratamientos C1.0, M1.0, M0.5 y M0.75, con pesos de la canal promedios de 558.33, 551.67, 547.67 y 547.67 g en su orden. Cuadro 14, Grafico 8.

El rendimiento a la canal en cuyes de 3 meses de edad, presentó también diferencias altamente significativas, determinándose el mayor rendimiento a la canal en los cuyes alimentados con alfalfa con 75.33%, seguido por los tratamientos M0.5, M1.0 y M0.75 con 68.33, 68.10 y 67.87% de rendimiento a la canal respectivamente, posteriormente se ubicaron los tratamientos C0.5, C0.75 y C1.0 con rendimientos a la canal de 67.03, 65.37 y 64.87% en su orden.

El rendimiento a la canal obtenido con alfalfa es superior al obtenido por Vásconez, J (2004), quién en su estudio sobre la utilización del forraje verde

hidropónico de trigo, en la alimentación de cuyes determinó que el rendimiento a la canal no fue afectado por los tratamientos, obteniendo un promedio de 80.45 % de rendimiento a la canal, por su parte los tratamientos de FVH de cebada y maíz son similares a los registrados por Usca, J (2000), al utilizar el la alimentación de cuyes el FVH de cebada donde obtiene rendimientos a la canal de 66.69%.

H. EVALUACION ECONOMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CUYES A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) EN LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO-ENGORDE

Al evaluar la producción de cuyes durante 75 días, durante las etapas de crecimiento-engorde, se determinó un índice de beneficio costo de 1.27, para los animales alimentados con el Forraje Verde Hidropónico de los tratamientos, C0.50 y M1.0, que resultaron ser los más eficientes, este indicador quiere decir que por cada dólar invertido se tiene una rentabilidad de 0.27 dólares, que es muy considerable si tomamos en cuenta las tasa bancarias actuales, de esta manera nuevamente se demuestra que siempre será mejor la inversión, y que la utilización de Forraje verde Hidropónico es una buena alternativa en la alimentación de esta especie. Por su parte el tratamiento C1.0, presentó un índice de beneficio costo de 1.24, que no dista de manera significativa de los anteriores tratamientos, sin embargo los tratamientos que menores índices de beneficio costo presentaron son, alfalfa, C0.75, M0.75 y M0.50 con índices de 1.18, 1.16, 1.10 y 0.91 respectivamente. Cuadro 15.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se ha podido emitir las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que el mayor rendimiento de Forraje Verde Hidropónico, de cebada se alcanzó, con la utilización de 0.5 Kg de semilla por bandeja, ya que por cada Kg de semilla utilizada a esta densidad de siembra se obtuvo 8.99 Kg de Forraje, que en términos productivos es el indicador más práctico para evaluar eficiencia.
2. El mayor rendimiento de Forraje Verde Hidropónico, de maíz se obtuvo, con la utilización de 1.0 Kg de semilla por bandeja, ya que por cada Kg de semilla utilizada a esta densidad de siembra se obtuvo 6.35 Kg de Forraje, al final de la etapa de producción.
3. El Forraje Verde Hidropónico de cebada, presenta mayor cantidad de materia seca, cuando se utiliza densidades de siembra de 0.5 y 1.0 Kg de semilla por bandeja con 14.43 y 14.47% respectivamente.
4. Una densidad de siembra de 0.75 Kg de semilla de cebada por bandeja presenta mayor cantidad de proteína y fibra bruta con 13.68 y 14.88% en su orden.
5. El Forraje Verde Hidropónico de maíz, presenta mayor cantidad de materia seca, cuando se utiliza densidades de siembra de 0.5 Kg de semilla por bandeja con 21.74% sin embargo no es superior estadísticamente, en relación a los demás tratamientos.
6. La proteína es superior al utilizar como densidad de siembra 1.0 Kg de semilla de maíz por bandeja, con un promedio de 12.14%, y se obtiene mayor cantidad de grasa al utilizar 0.75 Kg de semilla de maíz por bandeja con un promedio de 3.35%.

7. El mayor peso final lo alcanzaron los cuyes de los tratamientos C0.75, C0.50 y C1.0, con 900.0, 883.33 y 861.67 g respectivamente y ganancias de peso de 636.67, 605.0 y 605.0 g en su orden.
8. Los mejores índices de conversión alimenticia se alcanzó con los tratamientos C0.5, C0.75 y C1.0 con índices de 4.03, 3.93 y 3.93 puntos en su orden, que resultaron ser eficientes durante las dos etapas.
9. Al analizar costos de producción del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, se obtuvo los mejores resultados con los tratamientos, C0.5 y M1.0 con un índice de beneficio costo de 1.27, que resulta muy significativo.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. Utilizar una densidad de siembra de 0.5 Kg por bandeja para cebada y 1.0 Kg de maíz por bandeja, para la producción de Forraje Verde Hidropónico, ya que presentan los mejores rendimientos productivos tanto de forraje, como para la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde.
2. Se recomienda utilizar, el FVH como suplemento y no como dieta única para la alimentación de cuyes, puesto que al no estar acostumbrados a este tipo de alimento, inicialmente los animales tienen consumos bajos.
3. Realizar nuevas investigaciones, para la validación del Forraje verde hidropónico de maíz y cebada en la alimentación de otras especies animales, rumiantes y no rumiantes.

VII. LITERATURA CITADA

1. ALIAGA, L. 1995. Selección y Mejoramiento de los cuyes. Universidad Nacional del Centro de Perú. Lima. pp. 20,21,22,40.
2. ALPI, A. 1986. Cultivos en invernadero, 2a ed. Madrid, España. Edit. Mundi Prensa pp. 5, 6,8.
3. ARANO, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y otras técnicas de Cultivos sin Tierra. Buenos Aires, Argentina. pp. 30,40,45,68,
4. CAICEDO, A. 1993. Primer seminario Internacional de Cuyecultura. Editado en la Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. pp.3, 5, 7,24.
5. CALLES, D. 2005. Evaluación de la Producción y Calidad del Forraje Verde Hidropónico de Cebada con la utilización de diferentes Niveles de Azufre y su respuesta en Ganado Lechero. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador. pp. 43, 45, 50,60.
6. CARRILLO H. 1999. Tesis: "Utilización del Forraje Verde Hidropónico de Cebada, Alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación". Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 43,46,52,67.
7. CHAUCA, L. 1995. Nutrición y Alimentación de los cuyes. Instituto Nacional de Investigaciones Universidad Agraria la Molina. Lima- Perú. pp 14,21.
8. CHAUCA, L. Y ZALDÍVAR, A. 1985. Investigaciones realizadas en nutrición selección y mejoramiento de cuyes en el Perú. INIPA. pp. 3,12,20.
9. CHARLES, L. 1995. Rendimientos de los cultivos hidropónicos bajo el sistema de invernadero. Barcelona, España. pp. 23,24.
10. CHIRIBOGA, H. 2001. El Comercio. Sesión Agromar. Sábado 31 de Marzo. Quito-Ecuador.
11. DE BLAS, C. 1984. Alimentación del Conejo. Madrid, España. Edit. Mundi Prensa p. 68
12. GUERRERO J. 2002. Cultivo Hidropónico de Centeno Forrajero: densidad, edad de Utilización Y Respuesta en Cuyes Criollos en Crecimiento.

Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo"
Lambayeque, Perú.

13. GUTIERREZ, I. et. al. 2000. Cultivos Hidropónicos. Fascículo 9. Bogotá, Colombia. Edit. Géminis. pp. 1,2,3,4,6,7,9.
14. HIDALGO, L. 1985. Producción de Forrajes en Condiciones de Hidroponía. Evaluaciones preliminares en Avena y Triticale. Chillán, Chile. pp. 35,43.
15. <http://www.usuarios.lycos.es.com>. 2001. Caballido, C. Forraje hidropónico.
16. <http://www.drcalderonlabs.com>. 2000. Carballo, M. Forraje hidropónico.
17. <http://www.forrajehidroponico.com> 2002. Olivas, H. Forraje hidropónico.
18. IICA., 1986. Alimentación de los cuyes a base de alfalfa. Boletín divulgativo Cali, Colombia.
19. IZQUIERDO, J. 2001. Forraje verde hidropónico. Manual Técnico. Santiago, Chile. p. 19
20. LEÓN, S. 2005. Efecto del fotoperíodo en la producción de FVH de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde. Tesis de Grado. Escuela Superior de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
21. ORTEGA, M. 2004. Evaluación de los intervalos de escurrimiento de la semilla durante el periodo de remojo para producir Forraje Verde Hidropónico y su evaluación en la alimentación de vacas lecheras. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.
22. RODRÍGUEZ, A. 2001 Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. pp. 56,57,58.
23. SAGI L. 1976. Revista La Serenísima, Nº 35, Conferencia sobre cultivos hidropónicos, exposición en la bolsa de Cereales. Buenos Aires, Argentina.
24. SAMPERIO, G. 1997. Hidroponía Básica. 1a ed. México, México. Edit. Diana p. 13

25. SANCHEZ, J. 1982. Cultivos Hidropónicos. SENA. Medellín, Colombia. pp 2,3
26. USCA, J. 2000. Evaluación del uso del forraje hidropónico de cebada en la Alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde. Tesis de Grado de Maestría. Escuela de Post Grado. Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador.
27. VÁSCONEZ, J. 2004. Determinación del Valor Nutritivo del Forraje Verde Hidropónico de Trigo y su efecto en la alimentación de cuyes durante las etapas de gestación, lactancia y Crecimiento, Engorde. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador.