ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Evaluación de dos niveles de reemplazo de ingredientes en dietas tradicionales por Forraje Hidropónico de Maíz (*Zea mays* L) para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado."

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Presentada por:

Nadia Antonia Romero Padilla

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2009

A G R A D E C I M I E N T O

A Dios sin el nada seria posible, a mis padres por su ayuda constante, y al Dr. Johns Rodríguez Director de Tesis por su invaluable ayuda en la finalización de esta investigación.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Paúl Herrera S.
DELEGADO DEL DECANO
DE LA FIMCP
VOCAL - PRESIDENTE

Dr. Johns Rodríguez A.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Manuel Donoso B.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Nadia Antonia Romero Padilla

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Programa de Porcinos de la Estación Experimental “Boliche” del Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias (INIAP), localizado a 2º15´15´´ de latitud sur y 73º38´4´´ de latitud occidental en el Km. 26 al este de Guayaquil vía Duran-Tambo, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas, a 17msnm, con una pluviosidad promedio anual de 1025 mm, 24 ºC de temperatura media anual y 83 % de humedad relativa.

Los objetivos de esta investigación fueron: General: evaluar dos niveles de reemplazo de ingredientes en dietas tradicionales por Forraje Hidropónico de Maíz para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado. Específicos: Evaluar los parámetros productivos y calidad nutricional del Forraje Hidropónico de Maíz en dietas tradicionales para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado, analizar en términos económicos la utilización de Forraje Hidropónico de Maíz en la fase de crecimiento y acabado para cerdos confinados.

Se utilizó dietas balanceadas al 16 % de proteína cruda para el testigo, y al 18% de proteína cruda para los dos tratamientos con Forraje Hidropónico de maíz.

El suministro de forraje hidropónico de maíz y agua fue a voluntad en las respectivas dietas. Se aplicó un diseño de Bloques Completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones formando 15 unidades experimentales Para la separación de medias se utilizó la prueba de Rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$) y los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa INFOSTAT.

Los tratamientos para la fase de crecimiento y acabado fueron los siguientes: T1 con Dieta al 16% Proteína cruda, 100% balanceado. (Testigo), T2 con 70 % del requerimiento diario de dieta balanceada al 18% Proteína cruda + 30% Forraje Hidropónico de maíz, y T3 con 60% del requerimiento diario de dieta al 18% Proteína cruda + 40% Forraje Hidropónico de maíz.

Se utilizaron 15 cerdos híbridos Yorkshire- Duroc de 35 Kg de peso promedio por tratamiento. Al finalizar la fase de crecimiento a los 22 días los resultados obtenidos permiten obtener las siguientes observaciones:

Durante la fase de crecimiento, el peso promedio semanal, registro diferencias estadísticas no significativas, siendo el tratamiento 2 (30% de Forraje Hidropónico de Maíz) con mayor peso corporal con 51.2 Kg.

El aumento promedio diario durante la fase de crecimiento, registro diferencias estadísticas no significativas, siendo el tratamiento 2 (30% de Forraje Hidropónico de Maíz) con mayor aumento de peso con 0.780 Kg.

El consumo promedio diario de alimento durante la fase de crecimiento registró diferencias estadística significativas, reportando el mayor consumo el tratamientos 2 con 1.65 Kg.

La conversión alimenticia durante la fase de crecimiento registró diferencias estadísticas no significativas, siendo la menor conversión el tratamiento 2 (30% de Forraje Hidropónico de Maíz) con 2.11 Kg.

Al finalizar la fase de acabado a los 39 días los resultados obtenidos permiten realizar las siguientes observaciones:

Durante la fase de acabado, el peso promedio semanal, registró diferencias estadísticas altamente significativas, registrando el mayor peso corporal el tratamiento 3 con 85.6 Kg.

El aumento promedio diario durante la fase de acabado, registró diferencias estadísticas altamente significativas, registrando el mayor incremento el tratamiento 2 (30% de Forraje Hidropónico de Maíz) con 0.988 Kg.

El consumo promedio diario de alimento durante la fase de acabado, registró diferencias estadística altamente significativas, reportando el mayor consumo el tratamiento 1 con 2.20 Kg.

El consumo de FDA y FDN del forraje Hidropónico de Maíz para el tratamiento 2 fue de 13.50 y 26.74 y el tratamiento 3 fue de 16.24 y 32.17.

La conversión alimenticia durante la fase de acabado registró diferencias estadísticas altamente significativas, reportando la menor conversión el tratamiento 3 (40% de Forraje Hidropónico de Maíz) con 2.16 Kg.

De acuerdo al análisis económico realizado y a las condiciones experimentales, la dieta que mayor utilidad neta produjo fue la que contenía 40% de Forraje Hidropónico de Maíz.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN……I

ÍNDICE GENERAL……III

ABREVIATURAS……..……...…VII

SIMBOLOGÍA……..VIII

ÍNDICE DE TABLAS……IX

ÍNDICE DE FIGURAS……..…..X

INTRODUCCIÓN……1

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES……4

1.1 Planteamiento del problema…… 4

1.2 Objetivos…… 5

1.2.1 Objetivo general…… 5

1.2.2 Objetivos específicos……5

1.3 Estructura de la tesis ……6

CAPITULO 2

2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO…… 8

2.1 Evolución del Forraje Verde Hidropónico…… 9

2.2 Características del Forraje Verde Hidropónico…….9

2.3 Semillas requeridas en la obtención de Forraje Verde Hidropónico……10

2.4 Metodología de producción de Forraje Verde Hidropónico……11

CAPITULO 3

3. SEMILLA DE MAIZ…… 13

3.1 Descripción de la semilla…….. 13

3.2 Características de semilla de alta calidad……...15

3.2.1 Germinación……. 16

3.2.2 Vigor…… 17

3.2.3 Pureza varietal……. 17

3.2.4 Pureza física……. 18

3.3 Uso de semillas certificadas…….. 18

3.4 Importancia de los híbridos…….20

3.5 Limpieza y tratamiento de la semilla para la producción de Forraje Hidropónico de maíz……..……..23

3.5.1 Lavado……...23

3.5.2 Desinfección……..23

3.5.3 Remojo……..24

3.6 Germinación……...24

3.7 Instalación……..24

3.7.1 Desinfección de la instalación……....25

3.8 Densidad de siembra……25

3.9 Factores que influyen en la producción de Forraje Hidropónico de maíz……26

3.9.1 Luz……...26

3.9.2. Temperatura……... 27

3.9.3 Humedad……27

3.10 Riego……....27

3.10.1 Solución nutritiva……....27

3.10.1.1 Solución Hidropónica La Molina…….. 29

CAPITULO 4

4. Sistema digestivo del cerdo……..31

4.1 Constitución de los alimentos…….…..31

4.2 Composición y características de los carbohidratos…….....33

4.2.1 Almidón……34

4.2.2. Polisacáridos no amiláceos (PNA)…… 35

4.2.2.1 Celulosa…….36

4.2.2.2 Hemicelulosa……..37

4.2.2.3 Pectina……..37

4.3 Digestión en el estomago simple…….38

4.4 Digestión en el intestino delgado…….39

4.5 Digestión en el intestino grueso……41

4.5.1 Población microbiana…….42

4.5.2 Sustratos fermentados……...……..43

4.5.3 Proteína microbiana……46

4.6 Uso de Forraje Hidropónico de maíz en la alimentación de cerdos……47

4.6.1 Digestibilidad de Forraje Hidropónico de maíz… 48

4.6.1.1 Método de Van Soest…… 49

CAPITULO 5

MATERIALES Y METODOS……51

5.1 Ubicación del experimento……..51

5.2 Materiales y equipos……52

5.3 Metodología……53

5.3.1 Composición de las dietas utilizadas en las fases de crecimiento y acabado……..53

5.3.2 Tabla de reemplazo de ingredientes por Forraje Hidropónico de maíz……..56

5.3.3 Modo de preparación de la Solución Hidropónica "La Molina"……58

5.3.3.1 Solución Concentrada A……..……59

5.3.3.2 Solución Concentrada B……..……61

5.3.3.3 Aplicación de la solución nutritiva……..…62

5.3.4 Diseño experimental……..…63

5.3.5 Análisis estadístico y prueba de comparación de medias….64

5.4 Parámetros a evaluar ……65

5.4.1. Peso individual y por grupo al iniciar el ensayo……..65

5.4.2. Peso individual y por grupo semanal…… 65

5.4.3. Consumo semanal de forraje hidropónico de maíz y balanceado por tratamiento en base a materia fresca y seca……..65

5.4.4 Aumento de peso promedio diario……..…66

5.4.5. Conversión alimenticia……66

5.4.6 Costos de las dietas……..……66

5.4.7 Costo diario de alimento y Forraje hidropónico de maíz por tratamiento……...67

5.4.8 Costo total de alimento y Forraje hidropónico de maíz por tratamiento…….67

5.4.9 Costo por kilogramo de peso vivo producido por tratamiento……...67

5.4.10 Costo por Kilogramo de Forraje Hidropónico de maíz en base a materia fresca y seca…….…...67

5.5 Análisis económico.

5.5.1 Presupuesto Parcial…….……68

5.5.2 Análisis de dominancia……68

5.5.3 Tasa de retorno marginal…….68

CAPITULO 6

RESULTADOS Y DISCUSION……..….69

6.1 Peso individual y por grupo semanal…….69

6.2 Consumo semanal de forraje hidropónico de maíz y balanceado por tratamiento en base a materia fresca y seca……..……78

6.3 Aumento de peso promedio diario……..92

6.4 Conversión alimenticia……..……..….99

6.5 Costos de las dietas……105

6.6 Análisis económico…….....108

6.6.1 Presupuesto Parcial……..……108

6.6.2 Análisis de dominancia……..……...109

6.6.3 Tasa de retorno marginal…….110

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓNES……111

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

F.H.M	Forraje Hidropónico de Maíz.
mm/año	milímetro por año.
m.s.n.m	metro sobre el nivel del mar.
˚C	grado centígrado.
has	hectareas
D.B.C.A	Diseño de bloques completos al azar.
C.V	Coeficiente de variación.
Em (Kcal/Kg)	Energía metabolizable Kilocalorías por kilogramos.
kg	kilogramo.
gr	gramo.
PC	Proteína cruda.
F.D.A	Fibra detergente acida.
F.D.N	Fibra detergente neutra.
M.S	Materia seca.
Ad livintum	a voluntad.
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
T.M.R	Tasa marginal de retorno.

SIMBOLOGÍA

>	mayor que
%	porcentaje

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Relación porcentual de producción de semilla de maíz: hibrido y varietal (años 1998 al 2003).....19
Tabla 2 Precios promedios de la semilla de maíz hibrida por material.....22
Tabla 3 Dieta al 16% Proteína Cruda.....54
Tabla 4 Dieta al 18% Proteína Cruda 55
Tabla 5 Composición de la Premezcla en las dietas utilizadas en las fases de crecimiento y acabado.....56
Tabla 6 Suministro de balanceado mas 30% de Forraje Hidropónico de maíz durante 9 semanas de duración de la investigación.....57
Tabla 7 Suministro de balanceado mas 40% de Forraje Hidropónico de maíz durante 9 semanas de duración de la investigación.....58
Tabla 8 Solución concentrada A.....59
Tabla 9 Solución concentrada B.....59
Tabla 10 Solución micronutrientes.....59
Tabla 11 Esquema de análisis de varianza.....65
Tabla 12 Peso individual semanal fase de crecimiento.....71
Tabla 13 Peso individual semanal fase de acabado.....72
Tabla 14 Peso promedio semanal fase de crecimiento.....73
Tabla 15 Peso promedio semanal fase de acabado.....75
Tabla 16 Resultados del experimento. Fase Crecimiento (35 – 50 Kg).....77
Tabla 17 Resultados del experimento. Fase Acabado (50 – 85Kg).....78
Tabla 18 Consumo semanal en base a materia fresca de F.H.M mas balanceado fase de crecimiento.....81
Tabla 19 Consumo semanal en base a materia fresca de F.H.M mas balanceado fase de acabado.....82
Tabla 20 Consumo semanal en base a materia seca de F.H.M mas balanceado fase de crecimiento.....84
Tabla 21 Consumo semanal en base a materia seca de F.H.M mas balanceado fase de acabado.....85
Tabla 22 Consumo promedio diaria fase de crecimiento.....87
Tabla 23 Consumo promedio diaria fase de acabado.....90
Tabla 24 Consumo de FDA y FDN del forraje hidropónico de Maíz y caña de azúcar en la fase de crecimiento y acabado..... 94
Tabla 25 Aumento promedio diario fase de crecimiento.....96
Tabla 26 Aumento promedio diario fase de acabado.....100
Tabla 27 Conversión alimenticia Fase de crecimiento.....103
Tabla 28 Conversión alimenticia Fase de acabado.....106
Tabla 29 Análisis del presupuesto parcial Fase de acabado.....113
Tabla 30 Análisis de dominancia de costo de alimentación.....114

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 6.1 Peso promedio semanal……..76
Figura 6.2 Consumo en base a materia fresca…….....83
Figura 6.3 Consumo en base a materia seca ……..……86
Figura 6.4 Consumo promedio diario fase de crecimiento……..……89
Figura 6.5 Consumo promedio diario fase de acabado……..…..91
Figura 6.6 Consumo promedio diario durante el ensayo……..…92
Figura 6.7 Aumento promedio diario fase de crecimiento……...98
Figura 6.8 Aumento promedio diario fase de acabado……..101
Figura 6.9 Aumento promedio diario durante el ensayo……..…..102
Figura 6.10 Conversión alimenticia fase de crecimiento……..……104
Figura 6.11 Conversión alimenticia fase de acabado……..……107
Figura 6.12 Conversión alimenticia durante el ensayo……..……107
Figura 6.13 Costo diario de alimento Fase de crecimiento……..…109
Figura 6.14 Costo diario de alimento Fase de acabado……..……109

INTRODUCCIÓN

El cerdo se encuentra entre los animales más eficientes para producir carne, su gran precocidad y prolificidad, corto ciclo productivo, gran capacidad transformadora de nutrientes, y fácil adaptación a diferentes esquemas de manejo y alimentación lo hacen una buena alternativa para su explotación.

La tendencia mundial es dirigida al incremento del consumo de carne de cerdo debido a su valor nutritivo rico en proteína lo cual contribuye a mejorar la calidad de vida humana desde el punto de vista de los rendimientos físicos e intelectuales, esta carne es tan sana como las demás, y casi el 50% de su grasa son ácidos grasos monoinsaturados del tipo acido graso oleico característico del aceite de oliva.

La actividad pecuaria mundial se ha visto influenciada particularmente por fenómenos de índole sanitario como es el caso de la carne de ave (gripe aviar) y vacuna (vacas locas), estas enfermedades han afectado el comercio exterior y el consumo de las carnes rojas y blancas, y han promovido un crecimiento en la producción mundial de carne de cerdo, que en el año 2004 correspondió a 2.4%, un poco más de 100 millones de toneladas. (ASPE 2004).

El sector porcino ecuatoriano produjo 95 000 toneladas de carne en el 2007; un 5,5% más que el año 2006, y el consumo de carne de cerdo per cápita subió de 7,2 kilogramos en el 2006 a 8 kilogramos por persona en el 2007.

En el costo de producción de la explotación de cerdos la alimentación representa cerca del 70% de su costo total, en este rubro es donde debemos centrar nuestra atención para ser más competitivos, e investigar el uso de ingredientes no tradicionales (subproducto de destilería del grano de maíz, Forraje Hidropónico de Maíz) para incorporar a los programas de alimentación de la industria porcina.

Los cultivos y forraje hidropónicos son considerados como un nuevo concepto de producción, permite producir plantas sin emplear el uso del suelo solo a base de agua y solución nutritiva y no se requiere de grandes extensiones, ni periodos largos de producción.

Resulta una buena opción la implementación de un sistema de producción de Forraje Hidropónico de Maíz en la alimentación de cerdos como ingrediente

no tradicional por su calidad nutricional, buena digestibilidad y muy apto para su consumo.

En los últimos quince años, el área mundial destinada a la producción hidropónica se ha incrementado considerablemente. En Europa poseen niveles mas sofisticados en producción, Holanda tiene diez mil hectáreas de cultivo hidropónico, seguido de España y Francia; que de sus 35 mil hectáreas de invernaderos, 40 por ciento son de cultivo hidropónico.

En Latinoamérica se destacan en producción de hidropónicos Brasil, Argentina, Perú y México, siembran cultivos hidropónicos a gran escala y realizan cursos sobre hidroponía anualmente para capacitar a los productores y conocer las bondades de este producto.

En Ecuador se encuentra en ejecución un proyecto del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Estación Boliche sobre hidroponía en hortalizas en la península de Santa Elena con el fin de dar nuevas alternativas a los productores y contribuir con una buena alimentación en las zonas marginales.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

Debido a los costos de alimentación que representan cerca del 70% en la industria porcina se requiere investigar sobre el uso de ingredientes no tradicionales, donde resulte una buena alternativa durante periodos de altos costos de ingredientes alimenticios.

Frente a estas circunstancias, surge como una alternativa válida la implementación de un sistema de producción de Forraje Hidropónico de Maíz para la alimentación de cerdos como ingrediente no tradicional por su calidad nutricional, buena digestibilidad y muy apto para su consumo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar dos niveles de reemplazo de ingredientes en dietas tradicionales por Forraje Hidropónico de Maíz para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Evaluar los parámetros productivos y calidad nutricional del Forraje Hidropónico de Maíz en dietas tradicionales para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado.
- Analizar en términos económicos la utilización de Forraje Hidropónico de maíz en la fase de crecimiento y acabado para cerdos confinados.

1.3 Estructura de la tesis

El capítulo uno contiene el planteamiento del problema, el objetivo general, los objetivos específicos, y la estructura de la tesis.

El capítulo dos trata sobre la descripción del Forraje Hidropónico de maíz, características, semillas utilizadas, metodología de producción de Forraje Hidropónico de maíz.

En el capítulo tres describe las características de la semilla de alta calidad, uso de semillas certificadas, importancia de los híbridos, producción de Forraje Hidropónico de maíz.

El capítulo cuatro trata sobre el sistema digestivo del cerdo, composición y características de los carbohidratos, digestión en el estomago simple, en el intestino delgado, y en el intestino grueso, uso de Forraje Hidropónico de maíz en la alimentación de cerdos.

El capítulo cinco contiene la ubicación del experimento, los materiales y métodos de la tesis, el diseño experimental aplicado, los parámetros a evaluar y el análisis económico.

El capítulo seis muestra los resultados del análisis estadístico del peso promedio semanal, ganancia de peso semanal, consumo promedio de alimento diario, conversión alimenticia, análisis económico y la discusión de resultados.

El capitulo siete contiene las conclusiones y las recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO 2

2. FORRAJE VERDE HIDROPONICO

2.1. Evolución del Forraje Verde Hidropónico.

Se remonta al siglo XVII cuando el famoso científico Irlandés Robert Boyle (1627 – 1691) realizo los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, el ingles John Wordward hizo crecer menta en agua, su desarrollo se alcanzo durante la segunda Guerra Mundial, especialmente por la resistencia de los ejércitos occidentales a consumir vegetales cultivados en suelos abonados con excrementos humanos.

Asimismo el empleo de la hidroponía es prácticamente insustituible en regiones muy frías o desérticas, existen establecimientos para la producción comercial de hortalizas y frutas en Alaska, Groenlandia, Liberia, Israel, etc. (1)

2.2 Características del Forraje Verde Hidropónico.

El Forraje Verde Hidropónico es el resultado del proceso de germinación de semillas como cebada, trigo, avena, maíz, sorgo que han crecido por un periodo de 7 días logrando alcanzar una altura de 20 a 25 cm. Esto en función de condiciones ambientales controladas tales como: luz, temperatura y humedad.

Este método se practica sin suelo, lo que permite producir, a partir de la germinación de las semillas, una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible al 100% y con una buena digestibilidad.

De este modo se consume la totalidad de la planta, incluida las raíces que forman una capa gruesa en el fondo de la bandeja. (2).

2.3 Semillas requeridas en la obtención de Forraje Verde Hidropónico.

La semilla a utilizar es el punto primordial de este sistema. No sólo es importante como elemento productivo sino también, por su incidencia como se podrá ver luego, es el costo de la semilla el que controla el costo final del producto.

Esencialmente las semillas que se usan para producir forraje son: trigo, avena, cebada, centeno, maíz y sorgo. (3)

Fundamentalmente el tipo de semilla seleccionada, cualquier variedad, debe ser de buena calidad, entendiéndose así aquellas semillas que tengan principalmente las siguientes cinco características:

1) La semilla a utilizar se encuentre recién cosechada, fresca, sana con un poder germinativo no menor al 90% y posea únicamente granos enteros. (3).
2) No hayan sido dañados en su manipuleo, con las rupturas permiten la libertad del almidón y la propagación de enfermedades (3).
3) No hayan sido sobrecalentados durante el secado, provocando la reducción del poder germinativo.(3)
4) Se encuentren limpios de polvos, que son portadores de levaduras, bacterias, hongos y otros microorganismos.(3)
5) No hayan sido previamente tratadas con algún compuesto químico contra plagas (plaguicidas o fungicidas), ya que puede ser toxico para el consumo de los cerdos en investigación.(3)

2.4 Metodología de producción de Forraje Verde Hidropónico.

La producción de Forraje Verde Hidropónico solo podrá tener éxito en un ambiente controlado, cuanto mejor sea la higiene y los controles mejores serán los resultados que se obtengan.

La temperatura, ambiente, luz, humedad, riego, tienen importancia fundamental para obtener el rendimiento adecuado y la calidad óptima del forraje producido.

A este panorama también hay que añadir la calidad de semilla, la cual se requiere sea limpia, sana, se encuentre entera, y tenga un poder germinativo mínimo del 90%.

El Forraje Verde Hidropónico puede ser producido en algún cuarto o galpón en desuso, e incluso en un sótano, siempre manteniendo las condiciones de higiene y control al máximo nivel para evitar la contaminación del forraje.

Las posibilidades económico-productivas y el ingenio del interesado son un factor fundamental en la producción de forraje hidropónico ya que los métodos pueden variar desde las técnicas rudimentarias y precarias mas diversas hasta sofisticados de producción como los invernaderos en Europa es muy utilizado

entre los países que se destacan son: Holanda, España, Francia, Australia.(3)

CAPÍTULO 3

3. SEMILLA DE MAIZ.

3.1 Descripción de la semilla.

La semilla de maíz esta compuesto por tres partes principales: la cubierta de la semilla o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión en el cuál se guarda una vida pero que está latente esperando las condiciones adecuadas para su desarrollo.

Cada una de las tres partes de la semilla cumple una función definida. El pericarpio protege la semilla, impidiendo la entrada de hongos o bacterias que podrían invadir la semilla.

Si el pericarpio resulta dañado, tal vez la germinación de la semilla se torne más lenta, pues los organismos patógenos pueden invadir la semilla en germinación y utilizar las reservas almacenadas. Por esto una semilla sana resulta importante para el vigor de las plántulas.

El endospermo es la principal reserva energética del grano, la función principal del endosperma consiste en proporcionar alimento energético a la planta joven y sus hojas puedan elaborar sustancias energéticos (carbohidratos) en cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos de la vida y el crecimiento, en el endospermo del maíz, las proteínas conforman una matriz cornea, cuyo interior se hallan los gránulos de almidón.

El embrión esta formado por dos partes principales: el eje embrionario o planta nueva, y el cotiledón, que constituye una gran reserva de alimentos para la plántula en crecimiento.

El eje embrionario es una plúmula (parte foliar), esbozo embrionario de cinco a seis hojas, y una radicula. Por lo tanto, en la semilla en reposo se encuentran ya formadas las partes que habrán de convertirse en una nueva plántula, y la naturaleza de esta aparece ya determinada en gran medida en la semilla totalmente desarrollada del cultivo anterior.

El cotiledón contiene un alto porcentaje de aceite 35 a 40% y gran cantidad de sustancias activas e importantes en las etapas iniciales de la germinación y el crecimiento (18).

3.2 Características de semilla de alta calidad.

En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para el éxito del mismo, desde un punto de vista sustentable, es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad.

La semilla es el material de partida para la producción y es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa a los fines de alcanzar el máximo rendimiento (4).

Entre las características que se deben resaltar de una buena semilla son:

3.2.1 Germinación.

Es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y se desarrollan a partir del embrión aquellas estructuras esenciales, para la formación de una planta normal bajo condiciones favorables.

Cuando las condiciones son favorables, temperatura, humedad, luz, oxígeno, son factores que favorecen el proceso de germinación.

Durante las primeras etapas, la semilla se hincha y aumenta de tamaño a medida que absorbe agua. Luego segregan enzimas, cambian los almidones a azúcares. Estos se disuelven fácilmente y son usados por las plantas como fuente de alimento.

Un exceso de humedad puede impedir o reducir la germinación debido a la falta de aire, el cual es expulsado a medida que se acumula la humedad, el aire contiene oxígeno necesario para la germinación. (19)

3.2.2 Vigor.

Es el potencial biológico de la semilla que favorece un establecimiento rápido y uniforme, por lo que debe germinar y desarrollar una plántula normal en situaciones de siembra desfavorables. (4).

3.2.3 Pureza varietal.

Se entiende como valor genético el cúmulo de información determinada por el genotipo de una variedad que define entre múltiples características: la resistencia o tolerancia a plagas, adaptación a ambientes específicos, potencial de rendimiento, hábito de crecimiento, ciclo vegetativo, calidad industrial, entre otras. Mientras tanto, el concepto de calidad varietal se aplica al “porcentaje de pureza varietal” o sea el porcentaje de semilla que corresponde a la variedad en particular. (20).

3.2.4 **Pureza física**.

Las semillas deben estar libres de materias extrañas como palillos o tierra (impurezas). (20)

3.3 Uso de semillas certificadas.

La semilla es la base del desarrollo agrícola de un país por lo cual es imprescindible que el sector agrícola este consciente de lo importante que es para su actividad sembrar semillas certificadas con lo que asegura los siguientes beneficios:

- Tener uniformidad en la germinación y desarrollo inicial de las plantas.
- Obtener altos rendimientos.

En el Ecuador, el cambio de variedades a híbridos ha sido progresivo, según datos estadísticos, se sabe que desde el año 1998 hasta el 2003, la demanda de variedades ha ido decreciendo posiblemente por el mayor aprendizaje del agricultor sobre los beneficios del uso de semilla certificada.

De esta manera, en el año 2003 se registra como el que menos volumen de variedad se produjo en un 7,1% frente al año 1999 que fue el más alto con un 20,1%. A continuación se detalla en la Tabla 1**.**

Tabla 1

Relación porcentual de producción de semilla de maíz: híbrido y variedad (años 1998 al 2003).

Año	**Hibrido**	**Variedad**
1998	88,8	11,20
1999	79,9	20,10
2000	89,6	10,40
2001	87,5	12,50
2002	91	9,00
2003	92,9	7,10

Fuente: El cultivo del maíz en el Ecuador. 2003.

En el país mas del 95% de la semilla que se produce corresponde a maíz amarillo; mientras que, el cinco restante corresponde a maíz blanco, la mayor demanda del maíz amarillo es para la industria de alimentos balanceados que se calcula el 90 – 95 % va para este mercado. El restante cinco es utilizado como semilla, consumo fresco y humano.

3.4 Importancia de los híbridos.

Provienen del cruzamiento de parentales por lo tanto poseen potencial de rendimiento, mejor calidad de grano, resistencia a plagas y enfermedades se lo expresa en una sola generación.

Por lo que se recomienda evitar la resiembra y se usan especialmente en ambientes con abundancia de agua o bien irrigados.

El desarrollo del maíz híbrido es indudablemente una de las más refinadas y productivas innovaciones en el ámbito del fitomejoramiento, esto ha dado lugar a que el maíz haya sido el principal cultivo alimenticio a ser sometido a transformaciones tecnológicas en su cultivo y en su productividad, rápida y ampliamente difundidas; ha sido también un catalizador para la revolución agrícola en otros cultivos. (17)

Al principio, la introducción de híbridos fue lenta, pero con el apoyo de los programas de gobierno por ejemplo PROTECA, PROMSA, las actividades de transferencia de tecnología de la empresa privada y el establecimiento de parcelas demostrativas, se fomento el uso de semilla de híbridos y certificada.

A continuación hicieron su ingreso al mercado nacional las compañías transnacionales Pioner, Zeneca, Dow Agrosciences, Monsanto, Syngenta, etc., las mismas que en función del tiempo han contribuido con el mayor numero de híbridos que se expende en el mercado y también INIAP sacó sus híbridos. (19)

Según reportes históricos, desde el año 1998 los materiales de maíz que mas se ha multiplicado y por ende comercializado son los de INIAP entre los cuales destaca H – 551; Híbrido caracterizado por su rusticidad, adaptación y pocas exigencias en cuanto manejo y además, atractivo costo de $1,40 por kilogramo de semilla.(19)

Los precios promedios que se manejan para los diferentes materiales se indican en la tabla 2.

Tabla 2

Precios promedios de la semilla de maíz hibrida por material.

Hibrido	**Kg/ dólares**	**Total Kg/ dólares**
INIAP H 551	1,40	45 Kg = $63
Trueno	1,60	15 Kg = $24
Pacific 9205	1,60	15 Kg = $24
Brasilia 8501	2,80	15 Kg = $42

Fuente: Romero N. 2009

3.5 Limpieza y tratamiento de la semilla para la producción de Forraje Hidropónico de maíz.

3.5.1 Lavado.

Las semillas suelen presentar impurezas lo cual pueden alterar el normal crecimiento de los germinados, por lo tanto un buen lavado previo elimina al máximo los polvos superficiales que existen en la semilla que se va a utilizar para el efecto. (3)

3.5.2 Desinfección.

Consiste en remojar las semillas en una solución de lejía al 1% (10 ml de lejía por cada litro de agua) durante 15 o 30 minutos dependiendo de la semilla, con esto se eliminan esporas de hongos y se debilita la cubierta de la semilla acelerando la germinación. (3)

3.5.3 Remojo.

Las semillas se colocan bien cubiertas con agua por 24 horas cumplido ese lapso se escurre el agua, terminada esta jornada el proceso de pregerminación ha finalizado. (3).

3.6 Germinación.

Cumplida la primera etapa de retirar el agua, para que la germinación comience se colocan las semillas en baldes cubiertas con un plástico por 48 horas cabe recalcar que aquí principia la germinación y por consiguiente existe una liberación de calor considerable en el grano para estimular el crecimiento del embrión (5).

3.7 Instalación.

La producción de Forraje Hidropónico de maíz puede realizarse en cualquier lugar ya sea en algún cuarto o galpón en desuso, e incluso en un sótano, siempre manteniendo las condiciones de higiene y control al máximo nivel.

El tamaño y las dimensiones varían de acuerdo al alimento requerido y al número de animales que se desea alimentar. (5)

3.7.1 Desinfección de la instalación.

Todo el sistema exige medidas de limpieza, se puede recomendar el hipoclorito de sodio (lavandina), a una concentración tal que produzca un 0,1% de cloro activo para evitar los crecimientos fúngicos y bacterianos. (3)

3.8 Densidad de siembra.

La densidad de la siembra por bandeja plástico de 0,30 x 0,40 m es de 0,5 Kg., la relación de siembra es de aproximadamente 3 Kg. de grano seco/ m^2.

Dado que el grano proveniente del proceso previo de remojado ha adquirido durante el mismo un 30% de agua, esta relación de siembra es de 3.9 / m^2 si se habla de grano remojado en lugar de grano seco. (3).

3.9 Factores que influyen en la producción de Forraje Hidropónico de maíz.

3.9.1 Luz.

Para producir Forraje Hidropónico de maíz en forma óptima, es necesario que durante los primeros tres días, las bandejas permanezcan en un ambiente de poca luminosidad para favorecer el crecimiento del brote y de las raíces, a partir del cuarto día hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas.

Si el ambiente es muy cerrado se puede recurrir al uso de luz artificial (fluorescente), iluminado las bandejas por un máximo de 12 a 15 horas, no se debe exponer las bandejas directamente al sol. (5)

3.9.2 Temperatura.

Para tener una óptima producción de Forraje Hidropónico de maíz, la temperatura debe estar entre los 22 ºC A 25 ºC .(5)

3.9.3 Humedad.

Es otro factor muy importante, debiendo obtener una humedad relativa de 65 a 80%.(5)

3.10. Riego

3.10.1 Solución nutritiva.

La solución nutritiva es el agua con los nutrientes minerales esenciales disuelto en ella, los que se añaden a través de sales o fertilizantes comerciales, en cantidades y proporciones adecuadas, de manera que cubran las necesidades de las plantas y desarrollo.

Existe un gran número de soluciones nutritivas para distintos cultivos, y mucha con los requerimientos de un buen numero de plantas.

No existe una solución nutritiva óptima para todos los cultivos debido a que no todos los cultivos tienen las mismas exigencias nutricionales.

Son 13 nutrientes minerales esenciales que toda solución nutritiva debe proporcionar a las plantas: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cloro, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, y molibdeno.

Cada uno de los nutrientes minerales debe estar dentro de un rango óptimo en la solución nutritiva para lograr una nutrición balanceada de las plantas y así obtener mayores rendimientos. (6)

3.10.1.1 Solución Hidropónica La Molina.

Un aspecto muy importante para lograr una producción óptima en cualquier sistema hidropónico es ser capaz de proporcionar a las plantas la combinación precisa de nutrientes que necesitan. La principal causa para que ocurra una situación no óptima en un sistema hidropónico es una solución nutritiva totalmente desbalanceada. La nutrición solo es un factor entre varios factores que afecta el crecimiento de las plantas.

La solución hidropónica La Molina fue obtenida luego de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima – Perú).

Con el propósito de difundir la hidroponía, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se pueden conseguir en las diferentes regiones del Perú.

La solución hidropónica La Molina consta de dos soluciones concentradas denominadas A y B, respectivamente. La solución concentrada A contiene N, P, K y Ca, y la solución concentrada B aporta Mg , S , Cl , Fe , Mn, B, Zn, Cu, y Mo. (6)

CAPÍTULO 4

4 SISTEMA DIGESTIVO DEL CERDO.

4.1 Constitución de los alimentos.

Los alimentos son toda sustancia que se utilice para reparar o reponer las pérdidas que tiene el organismo y que genera la necesaria energía para la conservación de la vida. Están compuestos de agua, proteínas, vitaminas, materias grasas, hidratos de carbono o carbohidratos; celulosa fibra y sales minerales, lo cual sería imposible la vida del animal sin el aporte de los nutrientes necesarios para fomentar el desarrollo y crecimiento.

Los alimentos que consumen los cerdos contienen agua en cantidades variables, la proporción de agua en los alimentos es como sigue: en los forrajes verdes de 60 a 80%; en la alfalfa seca, henos y pajas de 15 a 17%; en las harinas de 10 a 12%,

en la yuca 13%, banano de rechazo un 15%, en los granos y semillas secas del 13 al 15%.

“Materia Seca” es la parte sólida de los alimentos y las raciones alimenticias se calculan por la cantidad de materia seca que contengan los alimentos y no por el peso natural de ellos, así es que 100 Kilogramos de forraje verde contienen mas o menos 20 Kilogramos de materia seca, esta materia seca esta formada por materia nitrogenada, materia grasa, materia hidrocarbonada, celulosa, etc., llamándose estas sustancias principios o elementos nutritivos y por la sustancias aminoácidos, vitaminas y minerales.

Proteína, o materia nitrogenada es un complejo orgánico que contiene nitrógeno combinado con carbono, hidrogeno y oxigeno en varias proporciones; encontrándose también a veces en ella hierro, azufre, yodo y fósforo. Las proteínas de origen animal como la harina de pescado, hueso, sangre son las más valiosas para la alimentación de los cerdos por el aporte importante de aminoácidos esenciales.

Los alimentos vegetales contienen sustancias minerales como por ejemplo: forrajes verdes 1.5%; pajas 5%; heno 6%; granos de leguminosas y cereales 2%; tortas oleaginosas 7%; harina de huesos es rica en carbonato y fosfato tricalcico contiene 55%; las materias minerales en la leche son el 8%.(7)

4.2 Composición y características de los carbohidratos.

Los hidratos de carbono consisten en estructuras heterogéneas de composición variable, están constituidos por una amplia variedad de moléculas, desde los azúcares libres de bajo peso molecular hasta los polisacáridos de estructura mas compleja.

Son los componentes mayoritarios de las principales materias primas utilizadas en la alimentación del ganado porcino. Su contenido en la mayor parte de los casos superior al 60% de la materia seca y por lo tanto constituye su principal fuente energética, sin embargo la cantidad varia entre ingredientes, siendo los cereales y sus subproductos los que contienen una mayor proporción, sobre un 80% de materia seca, mientras que los ingredientes considerados como concentrados proteicos, leguminosas y sus tortas de extracción, contienen alrededor de un 40%.

Los hidratos de carbono están constituidos por azucares de bajo peso molecular, pectinas, celulosas, hemicelulosas (polisacáridos no amiláceos), y almidón. Los diferentes ingredientes utilizados más comúnmente en la alimentación porcina incluyen diferentes proporciones de estas estructuras. En general se considera que los cereales contienen principalmente almidón mientras que las leguminosas presentan proporción de azúcares de bajo peso molecular y polisacáridos no amiláceos. (16)

4.2.1 Almidón.

El almidón es un polímero de composición molecular simple, constituido por un solo monómero, la D - glucosa. Es el polisacárido de reserva más importante de los vegetales, y es especialmente importante en el caso de los cereales, en los cuales llega a representar el 70 – 80 % materia seca de su composición.

Su digestión en el intestino delgado de los monosacáridos se produce mediante la actividad de la amilasa de la secreción pancreática. Sin embargo, no todo el almidón es digerido y absorbido en forma de glucosa en el intestino delgado.

Parte del mismo llega al intestino grueso donde puede ser fermentado y utilizado por la microflora. A esta porción no digestible se le ha atribuido el nombre de “almidón resistente”, definido como el total del almidón y productos de su degradación no absorbidos en el intestino delgado de individuos sanos, y catalogado por varios autores como una nueva categoría de fibra dietética. (16)

4.2.2 Polisacáridos no amiláceos (PNA)

Incluyen una amplia variedad de moléculas y a su vez su composición y contenido es altamente variable entre especies vegetales. Los PNA junto a la lignina fueron definidos como fibra dietética, representando mayoritariamente los polisacáridos estructurales de la pared celular. La pared celular en las células vegetales es una estructura bifásica, en la que microfibrillas de celulosa forman un esqueleto rígido, que esta incluido en una matriz gelatinosa y amorfa compuesta por PNA no celulósico y por glucoproteinas. (16)

4.2.2.1 Celulosa

Es un polisacárido lineal formado por unidades de glucosa. La formación de enlaces de hidrógeno entre diferentes cadenas generan agregados de cadenas que le confiere rigidez, resistencia a la degradación biológica, baja solubilidad en agua y resistencia a la hidrólisis acida.

A medida que la planta envejece, la lignina se va extendiendo fijando las moléculas de celulosa. Por todos estos motivos la celulosa no es digerida en absoluto por las enzimas del tracto intestinal de los animales monogastricos, y su fermentación es limitada. (16)

4.2.2.2 Hemicelulosa

Formada por cadenas lineales o ramificadas de xilosa, glucosa, arabinosa, galactosa y manosa. Tiene un peso molecular muy inferior a la celulosa, y puede ser soluble o insoluble en agua. Tampoco se digiere enzimaticamente en intestino delgado, aunque es fermentada en mayor medida que la celulosa en el intestino grueso. (16)

4.2.2.3 Pectina

Polisacárido soluble formado por una cadena lineal de moléculas de acido galacturonico, en la cual distintas proporciones de los grupos acido se encuentran como metil esteres. Otros azucares se encuentran ligados como cadenas laterales. (16)

4.3 Digestión en el estomago simple.

Después que el alimento es deglutido, éste es recibido por el estómago, donde se somete a diversos factores que colectivamente constituyen la digestión gástrica. El estómago de los monogastricos es relativamente simple, constando sólo de un compartimiento.

La digestión se efectúa por una serie de operaciones cuyo fin consiste en separar de los alimentos las partes que no convienen al organismo y trabajar las demás de manera que puedan ser absorbidas para pasar al sistema linfático y a la sangre.

Todos los alimentos que el cerdo ingiere son transformados total o parcialmente en el tubo digestivo; el alimento que ha pasado a la sangre desde el tubo digestivo tiene distintas finalidades, como la de integrar la materia viva, generar calor y eliminar por medio de la orina y aire los elementos residuales de las reacciones que se han verificado en el organismo; otra parte de la ración alimenticia es desechada al exterior en forma de excremento o de heces fecales.

Estas funciones digestivas del cerdo se ejecutan en el tubo digestivo, conducto que empieza en la boca y termina en el ano. Este conjunto de los órganos que contribuyen a dichas funciones

se llama aparato digestivo. Durante el proceso de digestión el estomago hace movimientos circulares y oscilatorios para que se mezclen perfectamente los alimentos con el jugo gástrico; una vez terminada la digestión, pasa al intestino la papilla resultante. (16)

4.4 Digestión en el intestino delgado

En el intestino delgado tiene efecto la absorción, y un fenómeno físico-químico, que consiste en efectuar el paso de ciertas materias contenidas en el tubo digestivo, a través de los capilares sanguíneos y de los vasos quilíferos. Es capaz de absorción toda la mucosa digestiva. (7).

En el tracto digestivo del cerdo no existen enzimas propias capaces de digerir la fracción de pectina, celulosa, hemicelulosa (polisacáridos). Sin embargo, se estima que una proporción considerable de los polisacáridos ingeridos, en algunos casos superior a los dos terceras partes, desaparecen en el intestino delgado. Se trata por lo tanto de una digestión microbiana, producida por la fibra bacteriana presente en el estomago y en el intestino delgado, fundamentalmente en el ileon, sin embargo, esta digestión no afecta a todas las estructuras de polisacáridos por

igual. Fadel (1989) observo que el 40% de los polisacáridos no celulósicos desaparecían antes de alcanzar el ciego, mientras que la celulosa no era digerida en absoluto hasta alcanzar este punto.

Similares resultados obtuvieron Glits (1998), si bien el porcentaje de polisacáridos no celulósicos degradados hasta ileon fue variable y dependiente de la fuente de carbohidratos en la dieta. Knudsen y Canibe (2000) atribuyeron esta variabilidad a la solubilidad de cada fracción de polisacáridos. En el mismo sentido Vervaeke (1991) observo que la glucosa asociada a la fracción soluble de polisacáridos era el componente mas degradado. Debido al flujo tubular del intestino anterior, la digestión de la fibra en este tramo digestivo dependerá del tiempo de la digesta, y de las características y la cantidad de los polisacáridos en la dieta. Aun así experimentalmente se ha establecido que no más del 6% de la energía neta del alimento puede perderse por fermentación microbiana en el intestino delgado (16).

4.5 Digestión en el intestino grueso.

Una microflora activa esta presente a lo largo de todo el tracto digestivo del cerdo desde los primeros días de vida, siendo cuantitativamente importante en la porción distal del intestino delgado y en todo el intestino grueso. A lo largo del estomago y del intestino delgado se producen simultáneamente ambos tipos de digestión enzimática, la endógena, que es predominante, y la microbiana. Sin embargo, en el tramo distal del intestino delgado la cantidad de amilasa endógena presente disminuye drásticamente, mientras que la actividad enzimática microbiana se incrementa, incluidas proteasas bacterianas que hidrolizaran la amilasa pancreática en ciego y colon.

El recorrido lento del intestino grueso (20 – 40 h), respecto al del estomago e intestino delgado (2- 16 h), favorecerán el crecimiento bacteriano. La fermentación de polisacáridos de estructura compleja es un proceso relativamente lento (Van Soest), por lo que solo podrá tener lugar en esta porción del tracto digestivo. (16).

4.5.1 Población microbiana.

El tracto digestivo del cerdo, a diferencia de otros monogastricos, presenta una microflora bacteriana en porciones proximales, como en el estomago o en el ileon. Sin embargo, en el resto del intestino delgado la población microbiana presente en condiciones normales es prácticamente nula, debido a que la velocidad de recorrido de la digesta es demasiado alta. En el intestino grueso, la microflora presente esta formada por más de 500 especies distintas de bacterias, mayoritariamente anaeróbicas estrictas gram negativas.

Los principales mecanismos de control cuantitativo de la microflora son el tipo y la cantidad de substrato, y las condiciones ambientales de la digesta. Entre ellas, las más importantes son el pH y la concentración de amoniaco, pero también el proceso de mezcla y la velocidad de recorrido de la digesta. Sin embargo, se considera que la composición de substrato es el principal factor determinante de la composición de la población microbiana del tracto digestivo. (16)

4.5.2 Substratos fermentados.

El substrato mayoritariamente utilizado por la microflora intestinal proviene del alimento, en concreto los carbohidratos, a pesar de que secreciones endógenas y células de descamación del epitelio intestinal, así como proteínas endógenas, y las sales biliares, también pueden ser utilizados por diferentes especies bacterianas.

Todos los carbohidratos que escapen a la digestión en el intestino delgado, son susceptibles de ser fermentados por la flora del tracto digestivo posterior. La mayor parte de los carbohidratos que alcanzan el intestino grueso del cerdo son fermentados, y se estima que en heces tan solo aparecen alrededor del 15% de los polisacáridos ingeridos, la principal zona de fermentación de los carbohidratos se concentra en los tramos mas proximales del intestino grueso, donde se degradan mas del 90% de todos los polisacáridos fermentados.

Los carbohidratos son más susceptibles de ser fermentados cuanto mas accesibles resulten a la flora microbiana. De esta manera, la solubilidad en agua de los carbohidratos y el tamaño de partícula de la digesta condicionaran su fermentabilidad, siendo superior en los carbohidratos solubles que en los insolubles y en partículas finas que en gruesas.

Los carbohidratos de estructura más simple y de mayor solubilidad (almidón, pectinas) son los primeros en ser degradados por fermentación y desaparecen prácticamente en su totalidad, mientras que los más insolubles de estructura más compleja (hemicelulosa y celulosa) no se digieren totalmente y aparecen en cantidades variables en las heces.

La celulosa es la fracción menos digestible, ya que es una estructura compleja, insoluble, que se organiza formando el esqueleto principal de la pared celular. Su digestión en el intestino delgado es prácticamente inapreciable, mientras que en intestino grueso es la fracción más resistente a su degradación. Por otra parte, el porcentaje de degradación de la celulosa estará

condicionado pro su grado de lignificacion. A medida que el vegetal envejece, la lignina se va depositando entre las cadenas de celulosa, haciendo a estas prácticamente inaccesibles por las enzimas.

Otro factor que puede influir sobre la degradabilidad de los polisacáridos es la cantidad de fibra del alimento. Altas cantidades de fibra conllevara una peor digestión de todos los nutrientes dieteticos, debido por un lado a la mayor velocidad de recorrido de la digesta, y además la elevada proporción de pared celular dificultara el acceso de las enzimas a los nutrientes. Sin embargo a medio plazo la proporción de fibra degradada se incrementa al aumentar la cantidad de polisacáridos en la dieta, posiblemente debido a la respuesta anatómica que promueve el tracto digestivo, aumentando tanto su tamaño como su peso para incrementar el tiempo de permanencia de la digesta.(.16)

4.5.3 Proteína microbiana

La fermentación microbiana de los carbohidratos proporciona como productos resultantes mayoritarios los ácidos grasos de cadena corta o ácidos grasos volátiles (AGV), mayoritariamente acético, propionico y butírico.

En el intestino delgado el acido láctico es el principal producto de la fermentación, mientras que en el grueso lo son los ácidos grasos volátiles (AGV). En concreto a medida que la digesta avanza a través del colon, van desapareciendo progresivamente los carbohidratos, que se convierten en un factor limitante del crecimiento bacteriano, desviando la fermentación a la proteína. La mayor fermentación de proteína dará lugar a un aumento progresivo de la concentración de AGV ramificados, alcanzando un máximo en el compartimiento rectal, que no suele ser superior al 5% de total de AGV.

Otros de los productos de fermentación de las proteínas (amoniaco, aminas, fenoles), pueden tener efectos negativos sobre la salud de las células epiteliales o sobre la calidad bromatológica de la canal y de la carne. (16).

4.6 Uso de Forraje Hidropónico de maíz en la alimentación en cerdos.

Son elementos acuosos que contienen del 70 al 90%, se recomienda en la alimentación de las hembras de cría y los cerdos jóvenes; estos forrajes verdes son muy apetecidos por el cerdo y forman raciones nutritivas y digestibles que contienen sustancias minerales y proteínas; aun cuando el cerdo no es herbívoro y no disponga de un aparato digestivo adaptado a la alimentación exclusiva de forraje verde; es muy conveniente proporcionárselos cuando son tiernos porque es la época en que son mas ricos en proteínas y sustancias digestivas, también los forrajes tiernos contienen mas cantidad de calcio, fósforo y especialmente vitamina A.(7).

4.6.1 Digestibilidad de Forraje Hidropónico de maíz.

La digestibilidad de un alimento depende, por un lado, de la composición química del mismo y, por otro, del desarrollo fisiológico del animal. En lo que respecta al forraje verde, a medida que madura, va perdiendo su calidad debido a que aumenta su contenido porcentual de fibra (lignina, hemicelulosa y celulosa), elemento de baja digestibilidad para los cerdos.(13).

La fibra es una entidad heterogénea formada por varios componentes químicos de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida. Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. A efectos prácticos, se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Entre los alimentos que más varía la digestibilidad están los forrajes y su estado de madurez; a medida que aumenta la madurez de la planta, disminuye su contenido de proteína y de azúcares, y se eleva el de fibra, principalmente celulosa y lignina. (14).

El cerdo posee una baja capacidad de digerir la fracción fibra, al no sintetizar las enzimas correspondientes. De este modo, la digestión de la fibra se realiza en el ciego y colon, a través de un proceso de fermentación e hidrólisis por parte de la microflora allí alojada como se explica detalladamente en digestión en el intestino grueso. (13).

4.6.1.1 Método de Van Soest.

Es de importancia evaluar el forraje hidropónico para conocer las fracciones de fibra por el método de Van Soest *et al*, los cuales idearon una técnica para dividir los carbohidratos de los alimentos en fracciones relacionadas con su disponibilidad nutricional.

Primeramente se rompen las paredes celulares por medio de un tratamiento con una solución neutra de detergente, para quedar como remanente la llamada fibra detergente neutra (FDN); Químicamente, FDN esta conformada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina pero además presenta cantidades

variables de proteínas, pectinas y cenizas ligadas a esta fibra (Mertens, 1996).

La hemicelulosa se digiere en una solución ácido detergente, al residuo se le llama fibra detergente ácida (FDA) A diferencia de FDN, el FDA está compuesta por celulosa y la mayor parte de la lignina y presentan contenidos variables de pectina, hemicelulosa, cenizas y proteínas asociadas a esta fracción de la fibra (Mertens, 1996).; a continuación esta se somete a un tratamiento con una solución fuertemente oxidante de permanganato de potasio (KMno4), que disuelve a la lignina y se obtiene entonces la celulosa como remanente, la cual se estima por incineración.(15).

CAPÍTULO 5

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del experimento.

La presente investigación se llevó a cabo en el Programa de Porcinos de la Estación Experimental Boliche del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que se encuentra ubicado a 2º15´15´´ de latitud sur y 73º38´4´´ de latitud occidental en el Km. 26 al este de Guayaquil vía Duran-Tambo, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas, a 17msnm, con una pluviosidad promedio anual de 1025 mm, 24 ºC de temperatura media anual y 83 % de humedad relativa.

Los datos fueron analizados en la etapa de crecimiento y acabado. Se consideró 22 días para el periodo de crecimiento, 39 días para el periodo de acabado, comprendiendo un periodo total de 61 días de ensayo. (8)

5.2 Materiales y equipos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Dieta 1: 16% Proteína cruda, 100% balanceado. (0% Forraje Hidropónico de Maíz).
- Dieta 2: 70% del requerimiento diario de dieta balanceada al 18% Proteína cruda + 30% Forraje Hidropónico de maíz diario.
- Dieta 3: 60% del requerimiento diario de dieta balanceada al 18% Proteína cruda + 40% Forraje Hidropónico de maíz diario.
- 15 Cerdos híbridos Yorkshire – Duroc.
- 3 corrales de 10 m² equipados con comederos y bebedores.
- Semilla de maíz comercial.
- Área de la siembra de Forraje hidropónico de Maíz (galpón)
- Báscula con capacidad de 1000 kg.
- Báscula con capacidad de 90 kg.

- Báscula con capacidad de 500 gr.
- Bandejas de plástico (30 x 40 cm).
- 1 Bomba de mochila CP3 (Capacidad 20 litros).
- 1 Bomba pequeña (Capacidad 1.5 litros).
- Registro de campo.
- Solución hidropónica La Molina.
- Baldes de plástico.
- Plástico negro.
- Insumos veterinarios de uso regular.
- Mezcladora de alimentos.
- Molino de granos.
- Cámara fotográfica.

5.3 Metodología

5.3.1 Composición de las dietas utilizadas en las fases de crecimiento y acabado.

Durante el experimento se emplearon dietas balanceadas al 16 % de proteína cruda para el testigo, y al 18% de proteína cruda para los dos tratamientos con Forraje Hidropónico de maíz. La cantidad de forraje hidropónico de maíz fue a voluntad de dos a tres veces al día.

Se recogieron muestras de Forraje Hidropónico de maíz y fueron enviadas al laboratorio, para su respectivo análisis bromatológico. Ver Anexos.

La composición de las dietas se indica en las tablas 3,4.5.

La primera dieta al 16% P.C para el tratamiento 1 (testigo), y la segunda dieta al 18% PC para los tratamientos 2 y 3.

TABLA 3

Dieta al 16% Proteína Cruda	
Ingredientes	**Kilogramos**
Maíz	40,00
Polvillo de arroz	45,25
Harina de sangre	4,00
Torta de soya	6,25
Phosbit	2,00
Sal Yodada	0,50
Premezcla	2,00
Total (Kilos)	100,00
Costo/ 100 Kilos $	0,38

Elaborado por Romero N. 2009

TABLA 4

Dieta al 18% Proteína Cruda	
Ingredientes	**Kilogramos**
Maíz	39,50
Polvillo de arroz	40,00
Harina de pescado	5,00
Torta de soya	12,00
Phosbit	2,00
Sal Yodada	0,50
Premezcla	1,00
Total (Kilos)	100,00
Costo/ 100 Kilos $	0,36

Elaborado por Romero N. 2009

La premezcla de vitaminas, minerales y antibióticos fue preparada para satisfacer las necesidades y requerimientos de los animales durante la fase de crecimiento y acabado. Su composición se indica en la tabla 5.

TABLA 5

Composición de la Premezcla en las dietas utilizadas en las fases de crecimiento y acabado.

Premezcla	
Ingredientes	**gramos**
Loasfat	200
Flavomycin	50
Maíz molido	750
Total gr.	1000

Elaborado por Romero N. 2009

5.3.2 Tablas de reemplazo de ingredientes por Forraje Hidropónico de maíz.

Se indica en las tablas 6 y 7. (8)

Tabla 6

Suministro de balanceado mas 30% de Forraje Hidropónico de maíz (F.H.M) durante 9 semanas de duración de la investigación.

Dietas Experimentales del Ensayo (9 semanas).	
Tratamiento 2:	**18 % Proteína cruda + 30% F.H.M**.
1 semana	1.456 Kg + F.H.M ad – livintum.
2 semana	1.491 Kg + F.H.M ad – livintum.
3 semana	2.037 Kg + F.H.M ad – livintum.
4 semana	2.373 Kg + F.H.H ad – livintum.
5 semana	2.583 Kg + F.H.M ad – livintum.
6 semana	2.583 Kg + F.H.M ad – livintum.
7 semana	2.583.Kg + F.H.M ad – livintum.
8 semana	2.688 Kg + F.V.H ad – livintum.
9 semana	2.688 Kg + F.H.M ad – livintum.

Fuente: García W. 2005

Tabla 7

Suministro de balanceado mas 40% de Forraje Hidropónico de maíz (F.H.M) durante 9 semanas de duración de la investigación.

Dietas Experimentales del Ensayo (9 semanas).	
Tratamiento 3:	**18 % Proteína cruda + 40% F.H.M**.
1 semana	1.248 Kg + F.H.M ad – livintum.
2 semana	1.278 Kg + F.H.M ad – livintum.
3 semana	1.746 Kg + F.H.M ad – livintum.
4 semana	2.034 Kg + F.H.H ad – livintum.
5 semana	2.214 Kg + F.H.M ad – livintum.
6 semana	2.214 Kg + F.H.M ad – livintum.
7 semana	2.214.Kg + F.H.M ad – livintum.
8 semana	2.304 Kg + F.V.H ad – livintum.

9 semana	2.304 Kg + F.H.M ad – livintum.

Fuente: García W, 2005

5.3.3 Modo de preparación de la Solución Hidropónica "La Molina".

A continuación se dan los pesos de los fertilizantes necesarios en las tablas 8, 9, 10 para preparar ambas soluciones concentradas:

TABLA 8

SOLUCIÓN CONCENTRADA A

(Cantidad de fertilizantes para 5 litros de agua, volumen final)

Insumo	unidad	cantidad
Nitrato de Potasio	gramos	550
Nitrato de amonio	gramos	350
Superfosfato triple de calcio	gramos	180

Fuente: Manual de Solución Hidropónica La Molina 2006.

TABLA 9

SOLUCIÓN CONCENTRADA B

(Cantidad de fertilizantes para 2 litros de agua, volumen final)

Insumo	Unidad	cantidad
Sulfato de magnesio	Gramos	220
Quelato de hierro	Gramos	17
Sulfato de manganeso	Gramos	50

(Fuente: Manual de Solución Hidropónica La Molina 2006.)

TABLA 10

SOLUCIÓN MICRO NUTRIENTES

(Pesar por separado cada uno de los siguientes fertilizantes)

Insumo	Unidad	cantidad
Ácido Bórico	Gramos	3
Sulfato de Zinc	Gramos	1,7
Sulfato de cobre	Gramos	1
Molibdato de amonio	Gramos	0,2

(Fuente: Manual de Solución Hidropónica La Molina 2006)

5.3.3.1 Solución Concentrada A.

- Colocar el nitrato de potasio en 3 litros de agua, agitar hasta disolver totalmente.
- Añadir el nitrato de amonio sobre el nitrato de potasio disuelto, agitar bien la solución hasta su completa disolución.
- En otro recipiente remojar el superfosfato triple en 0,2 litros de agua durante 1 hora.
- Colocar el superfosfato triple remojado en un mortero y con la ayuda de un mazo ablandar y deshacer el superfosfato triple agitando continuamente.

- Agitar bien el superfosfato triple y verter el sobrenadante sobre la solución de nitrato de potasio y nitrato de amonio, lavar varias veces con agua el superfosfato triple que queda en el recipiente. El lavado se vierte nuevamente sobre la solución de nitrato de potasio y nitrato de amonio. Luego de varios lavados (4 a 5 veces con muy poca agua), eliminar la arenilla que queda en el fondo del recipiente.

- Agregar agua hasta completar un volumen de CINCO (5,0) litros de solución concentrada A (Volumen Final).

- Almacenar la solución concentrada A, en un envase limpio y en un lugar fresco.

5.3.3.2 Solución Concentrada B:

- En un litro de agua agregar el sulfato de magnesio y agitar hasta que los cristales se hayan disuelto totalmente y agregar el sulfato de manganeso.
- Agregar 0,4 L o 400 ml de la solución de micronutrientes y agitar.
- Agregar el quelato de hierro y remover hasta disolverlo totalmente.
- Agregar agua hasta completar un volumen de DOS (2,0) litros de solución concentrada B (Volumen Final).
- Almacenar la solución concentrada B. Para mayor duración, guardar en un envase oscuro y en lugar fresco.

5.3.3.3 Aplicación de la solución nutritiva.

Desde el primero hasta aproximadamente el tercer día las semillas se riegan con agua; periodo durante el cual la semilla se alimenta de las sustancias nutritivas que se encuentran dentro del endospermo.

A partir del cuarto día la plántula fotosintetiza y requiere condiciones adecuadas para su desarrollo, en el caso del Forraje Hidropónico se agrega la solución nutritiva hasta el séptimo día que se cosecha.

El Forraje Hidropónico obtiene una altura promedio de 20 a 25 cm., con una conversión mínima esperada en rendimiento de 1 a 5 es decir por 1 kilo de semilla se obtiene 5 Kg. de Forraje Hidropónico de Maíz. (6)

5.3.4 Diseño Experimental

En la investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar DBCA 3*5, es decir, 3 tratamientos (T) con 5 repeticiones (R) formando de esta manera 15 unidades experimentales (UE).

Los tratamientos para la fase de crecimiento y acabado fueron los siguientes:

T1 = Dieta al 16% Proteína cruda, 100% balanceado. (0% Forraje Hidropónico de maíz).

T2 = 70 % del requerimiento diario de dieta balanceada al 18% Proteína cruda + 30% Forraje Hidropónico de maíz.

T3 = 60% del requerimiento diario de dieta al 18% Proteína cruda + 40% Forraje Hidropónico de maíz.

El análisis de varianza va de acuerdo al esquema presentado en la tabla 11.

TABLA 11

Esquema de análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de Variación	G de L
Total	(3 * 5) - 1 = 14
Tratamiento	(3 – 1) = 2
Repeticiones	(5 – 1) = 4
Error Experimental	T (r – 1) = 12

Elaborado por Romero N. 2009

Análisis estadístico y prueba de comparación de medias.

Los datos obtenidos sometidos a un análisis de variancia de acuerdo al diseño propuesto. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$) para ver cual tratamiento fue el mejor (9). Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa INFOSTAT.

Parámetros a evaluar

5.4.1 Peso individual y por grupo al iniciar el ensayo.

Se traslada cada cerdo hasta la báscula y se toma el peso inicial (35Kg), además se toma el peso por grupo, que es la sumatoria de peso de los cerdos de cada tratamiento al inicio del experimento.

5.4.2 Peso individual y por grupo semanal.

Se toma el peso individual y total por grupo cada 7 días hasta el final del experimento (85Kg).

5.4.3 Consumo semanal de forraje hidropónico de maíz y balanceado por tratamiento en base a materia fresca y seca.

Es la sumatoria de la cantidad de balanceado y de forraje hidropónico de maíz tal como ofrecido y asimilado que consumen los cerdos de cada tratamiento en la semana.

.

Para calcular el consumo promedio diario se obtiene al dividir el consumo total para el número de días del animal.

Para determinar el consumo de FDA y FDN se multiplica el consumo promedio diario del forraje hidropónico de maíz con el resultado del análisis bromatológico del FDA y FDN.

5.4.4 Aumento de peso promedio diario.

Se obtiene al dividir el aumento promedio, para el número de días del animal.

5.4.5 Conversión alimenticia.

Se obtiene al dividir el consumo promedio diario, para el aumento promedio diario.

5.4.6 Costos de las dietas.

Es el resultado de sumar todos los costos de los ingredientes que componen una dieta.

5.4.7 Costo diario de alimento y Forraje hidropónico de maíz por tratamiento.

Se obtiene al multiplicar la media del consumo promedio diario de alimento mas F.H.M, por el valor de kilo de dieta y por el número de animales de cada tratamiento.

5.4.8 Costo total de alimento y Forraje hidropónico de maíz por tratamiento.

Es el resultado de multiplicar el costo de las dietas, por el consumo promedio diario de alimento y F.H.M.

5.4.9 Costo por kilogramo de peso vivo producido por tratamiento.

Se lo obtiene multiplicando el valor del kilo de dieta, por el promedio de la conversión alimenticia.

5.4.10 Costo por Kilogramo de Forraje Hidropónico de maíz en base a materia fresca y seca

Es el resultado de calcular el costo por Kilogramo de Forraje Hidropónico de Maíz tal como ofrecido y asimilado.

5.5 Análisis económico

5.5.1 Presupuesto parcial

Se estimó el beneficio neto de los tratamientos, el mismo que se obtuvo restando del beneficio bruto los costos que varían.

5.5.2 Análisis de dominancia

Se ordenaron los tratamientos de menor a mayor costo variables con su respectivo beneficio neto para determinar que tratamientos son dominados.

Un tratamiento es dominado por otro cuando su beneficio neto es igual o menor que el anterior y su costo que varia correspondiente es mayor.

5.5.3 Tasa de retorno marginal

Se midió la magnitud del incremento marginal del beneficio neto de los tratamientos dominantes en relación a los demás y la rentabilidad asociada al incremento del costo marginal.

CAPÍTULO 6

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Peso individual y por grupo semanal.

6.1.1 Peso individual semanal Fase de crecimiento.

En el peso individual no hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos evaluados en la fase de crecimiento según el ADEVA, por lo tanto se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales entre si, y se rechaza la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. (Ver tabla 12).

TABLA 12

PESO INDIVIDUAL SEMANAL FASE DE CRECIMIENTO (Kg).

	T1	T2	T3	Promedio semanal
Semana 1	40.9 A	38.8 A	37.5 A	39.10 A
Semana 2	44.1 A	43.4 A	40.6 A	42.70 A
Semana 3	48.2 B	51.2 B	47.3 B	48.90 B
Promedio peso individual.	44.40 A	44.47 A	41.83 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

6.1.2 Peso individual semanal Fase de acabado.

En el Peso individual si hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos en la fase de acabado según el ADEVA; por lo que se acepta la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente y se rechaza la hipótesis nula.

Con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad existieron dos rangos de significancias; en el primer rango se ubico el tratamiento 1, pero el tratamiento 2 resulto ser mejor en peso individual el cual obtuvo un segundo rango, seguido del tratamiento 3 que fueron semejantes en significancia. El coeficiente de variación encontrado fue de 9,94. (Ver tabla 13).

TABLA 13

PESO INDIVIDUAL SEMANAL FASE DE ACABADO (Kg).

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal**
Semana 4	56.2 A	59.7 A	54.8 A	56.9 A
Semana 5	62.8 AB	66.8 AB	61.4 AB	63.7 AB
Semana 6	67.8 B	74.5 B	70.0 B	70.7 B
Semana 7	75.9 C	82.8 C	76.2 C	78.3 C
Semana 8	80.8 C	85.2 C	83.4 C	83.2 C
Promedio peso individual	68.68 A	73.82 B	69.16 AB	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

6.1.3 Peso promedio semanal Fase de crecimiento.

En el peso promedio no hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos analizados en la fase de crecimiento según el ADEVA, por lo que se acepta la hipótesis nula que todos los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. (Ver tabla 14).

TABLA 14

PESO PROMEDIO SEMANAL FASE DE CRECIMIENTO (Kg).

	T1	T2	T3	Promedio semanal
Semana 1	40.9 A	38.8 A	37.5 A	39.10 A
Semana 2	44.1 A	43.4 A	40.6 A	42.70 A
Semana 3	48.2 B	51.2 B	47.3 B	48.90 B
Promedio peso	44.40 A	44.47 A	41.80 A	

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

6.1.4 Peso promedio semanal Fase de acabado.

Según el ADEVA hubo diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos analizados en la fase de acabado, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. Con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad existieron dos rangos de significancia; en el primer rango se ubicaron los tratamientos 1 y 3 que fueron semejantes estadísticamente, y el tratamiento 2 obtuvo un segundo rango. Con un CV de 9,94. (Ver tabla 15).

TABLA 15

PESO PROMEDIO SEMANAL FASE DE ACABADO (Kg).

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal**
Semana 4	56.2 A	59.7 A	54.8 A	56.9 A
Semana 5	62.8 B	66.8 B	61.4 B	63.7 B
Semana 6	67.8 C	74.5 C	70.0 C	

				70.7 C
Semana 7	75.9 D	82.8 D	76.2 D	78.3 D
Semana 8	80.8 E	85.2 E	83.4 E	83.2 E
Promedio peso	68.70 A	73.80 B	69.16 A	-

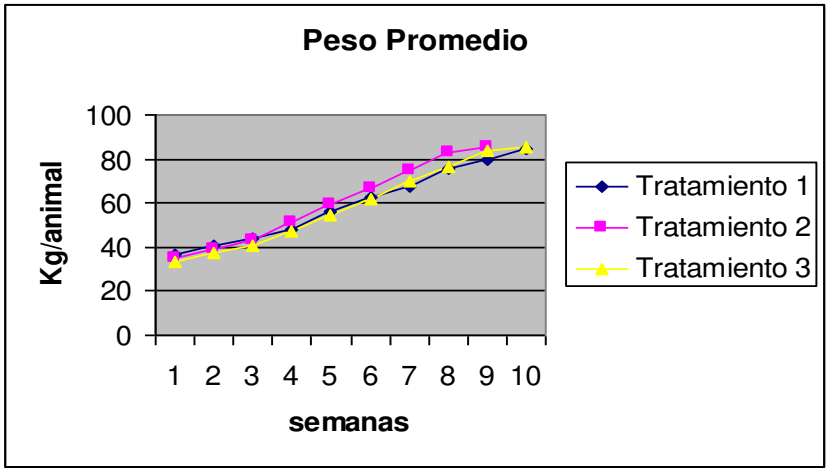

FIGURA 6.1. Peso promedio semanal por tratamiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

En la figura 6.1 se observa la tendencia del cambio corporal de los 3 tratamientos a partir de la tercera semana; la cual incrementa su valor durante el periodo de investigación, tendencia que se ajusta al comportamiento de la curva de crecimiento de tejido muscular según Church D.C y Pond W.G (22).

En las 9 semanas de estudio, el tratamiento 2 llego al peso promedio de 85Kg, mientras que los tratamientos 1 y 3 presentaron curvas similares y finalizaron a las 10 semanas de estudio.

En las tablas 16 y 17 los resultados del experimento para la fase de crecimiento y acabado.

TABLA 16

Resultados del experimento. Fase Crecimiento (35 – 50 Kg.)

Criterios	**Tratamientos**		
	0% Testigo	**30% F.H.M**	**40 % F.H.M**
1) Número de Cerdos	5	5	5
2) Duración experimento en días	22	22	22
3) Peso promedio inicial Kg.	36.6	34.8	33.6
4) Peso promedio final Kg.	48.2	51.2	47.3
5) Aumento promedio diario Kg.	0.552	0.780	0.652
6) Consumo promedio diario Kg.	1.54	1.65	1.44
7) Conversión alimenticia	2.78	2.11	2.20

8) Costo por Kg. de dieta $	0.38	0.26	0.23
9) Costo diario del alimento $ = (1X6X8).	2.92	2.14	1.65

TABLA 17

Resultados del experimento, fase acabado (50 – 85 Kg.)

Criterios	**Tratamientos**		
	0% Testigo	**30% F.H.M**	**40 % F.H.M**
1) Número de Cerdos	5	5	5
2)Duración experimento en días	39	30	37
3) Peso promedio inicial Kg.	56.2	59.7	54.8
4) Peso promedio final Kg.	85	85.2	85.6
5) Aumento promedio diario Kg.	0.806	0.988	0.896
6) Consumo promedio diario Kg.	2.20	2.15	1.94
7) Conversión alimenticia	2.72	2.17	2.16
8) Costo por Kg. de dieta $	0.38	0.26	0.23
9) Costo diario del alimento $ = (1X6X8).	4.18	2.79	2.23

Duración del experimento: Se inicio la investigación con un peso de 35 Kg, los animales pertenecientes al tratamiento 2 (30% de Forraje hidropónico de maíz) alcanzaron el peso promedio previsto de 85 kg, en menos tiempo 52 días, seguidos por el tratamiento 3 (40% de Forraje hidropónico de maíz) en 59 días, y finalmente el tratamiento 1 (testigo) en 61 días.

García (2005), bajo las mismas condiciones y etapas fisiológicas reemplazo gandul como fuente de proteína reporto un peso promedio de 85 Kg. en 56 días y se encuentra entre los niveles de duración de los tratamiento evaluados con Forraje Hidropónico de maíz.

6.2 Consumo semanal de forraje hidropónico de maíz y balanceado por tratamiento en base a materia fresca y seca.

6.2.1 Consumo semanal en base a materia fresca de forraje hidropónico de maíz y balanceado en la fase de crecimiento.

En el consumo semanal de alimento en base a materia fresca en la fase de crecimiento hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos analizados según el ADEVA, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente.

Con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad existieron dos rangos de significancia; en el primer rango se ubico el tratamiento 1, seguido del tratamiento 3 que fueron semejantes estadísticamente; pero el tratamiento 2 obtuvo

un mayor consumo en base a materia fresca el cual obtuvo un segundo rango. Con un CV de 8,26. (Ver tabla 18).

TABLA 18

CONSUMO SEMANAL EN BASE A MATERIA FRESCA DE F.H.M Y BALANCEADO EN LA FASE DE CRECIMIENTO (Kg).

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal**
Semana 1	62 A	72.26 A	62.48 A	65.58 A
Semana 2	58 A	76.05 A	68.03 A	67.36 A
Semana 3	64 A	94.6 A	84.65 A	81.08 A
Promedio materia fresca	61.33 A	80.97 B	71.72 AB	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

6.2.2 Consumo semanal en base a materia fresca de forraje hidropónico de maíz y balanceado en la fase de acabado.

No hubo diferencia significativas entre las medias de los tratamientos evaluados según el ADEVA, por lo tanto se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales entre si, y se rechaza la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. (Ver Tabla 19)

TABLA 19

CONSUMO SEMANAL EN BASE A MATERIA FRESCA DE F.H.M Y BALANCEADO EN LA FASE DE ACABADO (Kg).

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal.**
Semana 4	77 A	110.5 A	99.65 A	92.8 A
Semana 5	85 A	118.7 A	108.8 A	95.72 A
Semana 6	93 A	115.5 A	103.7 A	104.07 A
Semana 7	108 A	111.9 A	101.2 A	104.17 A
Semana 8	126 A	39.7 A	112.7 A	107.03 A
Promedio materia fresca.	97.80 A	99.26 A	105.21 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

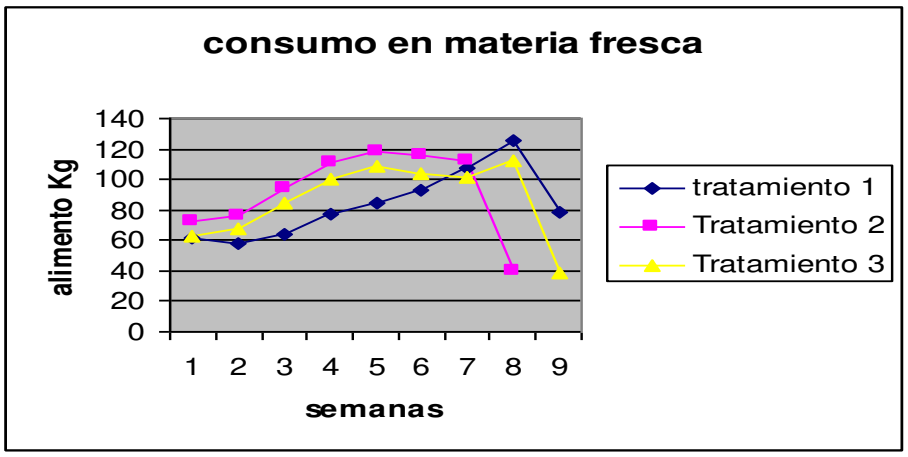

FIGURA 6.2. Consumo en base a materia fresca por tratamiento durante el ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

En la figura 6.2 se observa que el tratamiento 2 tuvo un mayor consumo en materia fresca manteniendo dicha tendencia creciente a partir de la segunda semana y finalizando una semana antes que los tratamientos 1 y 3 que obtuvieron menos consumo hasta el final del ensayo.

Según Sánchez (1998) manifiesta mayores consumos con forraje hidropónico de maíz en sus investigaciones debido a la gran palatabilidad, su aspecto, color, sabor, y textura lo hacen sumamente apetecido, y se consume la planta

en forma integra a la vez que aumenta la asimilación de otros alimentos.

6.2.3 Consumo semanal en base a materia seca del forraje hidropónico de maíz y balanceado en la fase de crecimiento.

Según el ADEVA no hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos evaluados, por lo tanto se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales entre si, y se rechaza la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. (Ver tabla 20).

TABLA 20

CONSUMO SEMANAL EN BASE A MATERIA SECA DE F.H.M Y BALANCEADO EN LA FASE DE CRECIMIENTO (Kg).

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal**
Semana 1	54.56 A	51.23 A	44.07 A	49.95 A
Semana 2	51.04 A	53.06 A	46.35 A	50.15 A
Semana 3	56.32 A	69.79 A	60.92 A	62.34 A

Promedio materia seca	53.97 A	58.03 A	50.45 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

6.2.4 Consumo semanal en base a materia seca del forraje hidropónico de maíz y balanceado en la fase de acabado.

Según el ADEVA no hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos evaluados, y se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales entre si. (Ver tabla 21).

TABLA 21

CONSUMO SEMANAL EN BASE A MATERIA SECA DE F.H.M Y BALANCEADO SUMINISTRADO EN LA FASE DE ACABADO (Kg).

T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal**

Semana 4	67.76 A	81.87 A	71.51 A	73.71 A
Semana 5	74.80 A	88.39 A	77.3 A	80.16 A
Semana 6	81.84 A	87.43 A	75.77 A	81.68 A
Semana 7	95.04 A	87.51 A	76.18 A	86.24 A
Semana 8	110.88 A	31.05A	82.53 A	74.82 A
Promedio materia seca	86.06 A	75.25 A	76.66 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

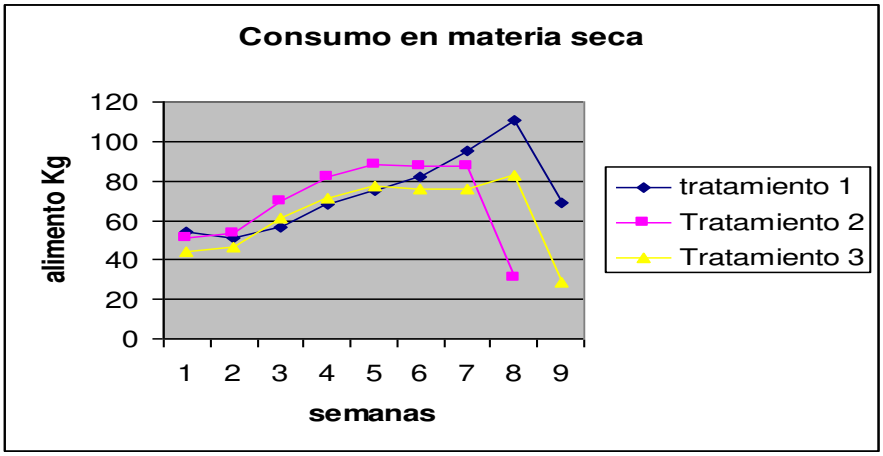

FIGURA 6.3. Consumo en base a materia seca por tratamiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

En la figura 6.3 se observa que el tratamiento 3 obtuvo un menor consumo en materia seca en las 9 semanas de estudio, seguido del tratamiento 1 que a partir de la

semana 5 tiene un repunte en consumo hasta el final de la investigación, y finalmente el tratamiento 2 obtuvo un mayor consumo pero finalizando una semana antes que los tratamientos 1 y 3.

6.2.5 Consumo promedio diario Fase de crecimiento.

Según el ADEVA hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos evaluados, se acepta la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. Con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, existieron dos rangos de significancias; en el primer rango se ubico el tratamiento 3; y los tratamientos 1 y 2 que fueron semejantes estadísticamente obtuvieron un segundo rango. El coeficiente de variación fue de 3.99%.(Ver tabla 22).

TABLA 22

CONSUMO PROMEDIO DIARIO FASE DE CRECIMIENTO (Kg).

	T1	T2	T3	Promedio semanal.
Semana 1	1.55 A	1.46 A	1.25 A	1.42 A
Semana 2	1.50 A	1.48 A	1.29 A	1.42 A
Semana 3	1.54 A	1.65 A	1.44 A	1.54 A
Promedio consumo	1.53 B	1.53 B	1.33 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

Alvarado y López (23) en la que reemplazaron caña de azúcar como fuente energética en la Fase de Crecimiento presentaron un consumo promedio de 1.19 Kg inferior a los tratamientos evaluados con Forraje Hidropónico de Maíz.

Como lo describe Morales (1998) se debe a que el hidropónico es un forraje de alta calidad superior a otros forrajes, posee una digestibilidad de 80% y enzimas que lo hacen doblemente aprovechable para asimilarlo en el tracto digestivo del animal.

Los resultados del experimento en la fase de crecimiento, el tratamiento 3 registro menor consumo promedio diario con 1.44 Kg. seguido por el tratamiento 1 con 1.54 Kg. y finalmente el tratamiento 2 con 1.65.Kg. (ver figura 6.4).

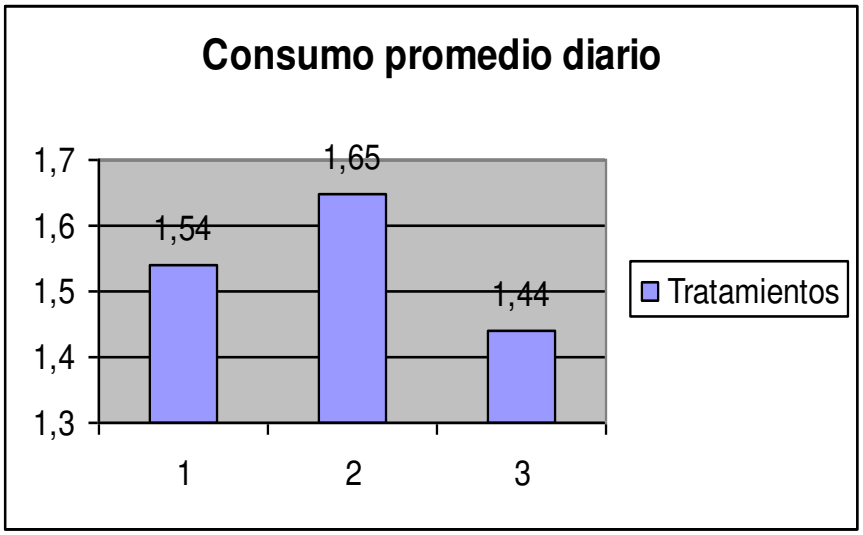

Figura 6.4: Consumo promedio diario en Kg fase de crecimiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

Alvarado y López (2005) en la etapa de crecimiento donde reemplazaron caña de azúcar como fuente energética reportaron un consumo promedio diario de 1,35 Kg inferior a los tratamientos que fueron suministrados con Forraje hidropónico de maíz.

6.2.6 Consumo promedio diario Fase de acabado.

Según el ADEVA hubo diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos evaluados, se acepta la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente.Con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, existieron tres rangos de significancias; primer rango el tratamiento 3; segundo rango el tratamiento 1; y tratamiento 2 en un tercer rango. Con un C.V de 2.39%. (Ver tabla 23).

TABLA 23

CONSUMO PROMEDIO DIARIO FASE DE ACABADO (Kg).

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal.**
Semana 4	1.64 A	1.82 A	1.59 A	1.68 A
Semana 5	1.73 AB	1.96 AB	1.71 AB	1.80 AB
Semana 6	1.83 BC	2.05 BC	1.79 BC	1.89 BC
Semana 7	1.96 CD	2.11 CD	1.84 CD	1.97 CD
Semana 8	2.11 D	2.15 D	1.90 D	2.05 D

Promedio consumo.	1.85 B	2.02 C	1.77 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

Alvarado y López (2005), reemplazaron caña de azúcar como fuente energética en la Fase de Acabado presentaron un consumo promedio de 1.65 Kg, resulto inferior a los consumos de las dietas evaluadas con Forraje Hidropónico de Maíz.

Los resultados del experimento en la fase de Acabado, el tratamiento 3 consumió menor cantidad de alimento 1.94 Kg, seguido del tratamiento 2 con 2.15 Kg. y el tratamiento1 con 2.20 Kg. (Ver figura 6.5).

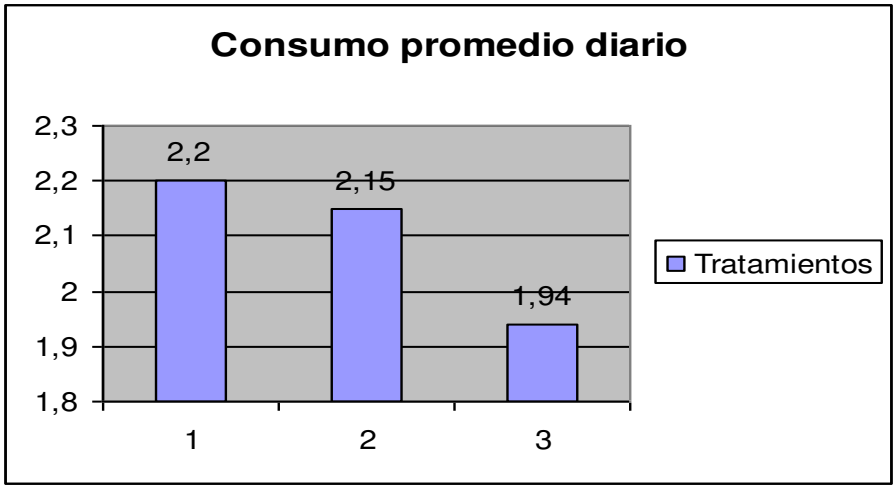

FIGURA 6.5: Consumo promedio diario en Kg fase de acabado durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

Alvarado y López (2005) en la fase de acabado reemplazaron caña de azúcar como fuente energética reportaron un consumo promedio diario de 1,72 Kg, inferior a los tratamientos que fueron suministrados con Forraje hidropónico de maíz.

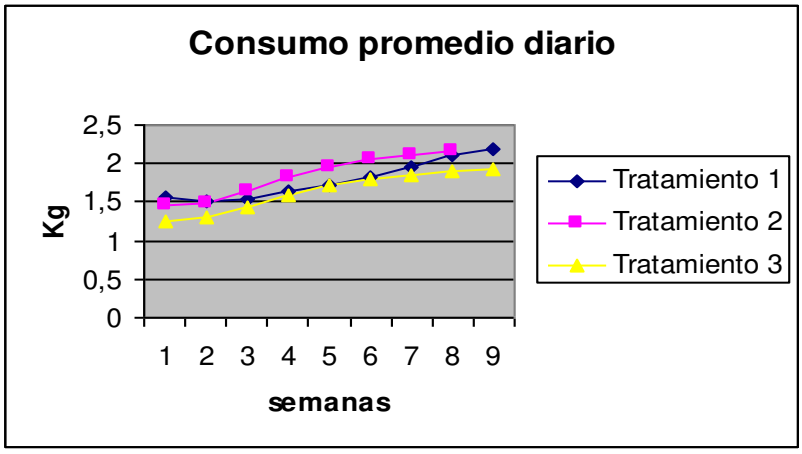

FIGURA 6.6 Consumo promedio diario por tratamiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

En la figura 6.6 se observa que el tratamiento 3 obtuvo menos consumo promedio diario de alimento en las 9 semanas de investigación, seguido del tratamiento 1 que a partir de la semana 6 obtuvo un ligero repunte en consumo, y finalmente el tratamiento 2 obtuvo un mayor consumo pero finalizando una semana antes que los tratamientos 1 y 3.

6.2.7 Consumo de Fibra Detergente Acida (FDA) y Fibra Detergente Neutra (FDN) del forraje hidropónico de maíz durante la experimentación.

Los consumos de FDA y FDN, se determinaron en la presente investigación a partir del análisis bromatológico realizado en el Centro Nacional de Investigaciones agropecuarias (Ceniap) en Venezuela utilizando el F.H.M en alimentación de toretes. (Ver anexos).

El tratamiento 2 con suministro del 30 % de Forraje Hidropónico de maíz registro un consumo de 13.50 Kg de FDA y 26.74 Kg de FDN, El tratamiento 3 con suministro del 40 % de Forraje Hidropónico de maíz registro un consumo de 16.24 Kg de FDA y 32.17 Kg de FDN.

Alvarado y López (2005); reemplazaron caña de azúcar como fuente energética en dietas al 25, 30 y 35% registraron consumos de 14.10, 17.26, 18.02 Kg de FDA y 19.70, 24.14, y 25.22Kg de FDN respectivamente. (Ver tabla 24).

Tabla 24

Consumo de FDA y FDN del forraje hidropónico de Maíz y caña de azúcar en la fase de crecimiento y acabado.

Consumo de FDA y FDN del Forraje Hidropónico de Maíz Fase de crecimiento y acabado (Kg).

	Consumo promedio	FDA consumido	FDN consumido
T2	0.645	13.50	26.74
T3	0.776	16.24	32.17

Consumo de FDA y FDN de caña de azúcar Fase de crecimiento y acabado (Kg).

	Consumo promedio	FDA consumido	FDN consumido
T2	0.421	14.10	19.70
T3	0.776	17.26	24.14
T4	0.539	18.02	25.22

Elaborado por Romero N 2009

El consumo de 18.02 Kg de FDA y 25.22 Kg de FDN al 35% de caña de azúcar es similar con los niveles del 30 y 40% del Forraje Hidropónico de Maíz, con una tendencia que el FDA de los tratamientos con Forraje Hidropónico de Maíz son hacia la baja comparada con la caña de azúcar, lo que indica mejor calidad del forraje, mayor digestibilidad de FDA por parte del animal.

El FDN de los tratamientos suministrados con Forraje Hidropónico de Maíz son relativamente mayores en comparación con la caña de azúcar. A pesar de registrarse esa tendencia se atribuye a la temprana edad de la celulosa presente en los forrajes no afecto los parámetros productivos.

6.3 Aumento de peso promedio diario.

6.3.1 Aumento de peso promedio diario Fase de crecimiento.

Según el ADEVA no hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos evaluados en la fase de crecimiento, por lo tanto se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales entre si, y se

rechaza la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. (Ver tabla 25).

TABLA 25

AUMENTO PROMEDIO DIARIO FASE DE CRECIMIENTO.

	T1	T2	T3	Promedio semanal.
Semana 1	0.614 A	0.571 A	0.571 A	0.585 A
Semana 2	0.535 A	0.614 A	0.500 A	0.549 A
Semana 3	0.552 A	0.780 A	0.652 A	0.661 A
Promedio aumento diario	0.567 A	0.655 A	0.574 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

A pesar de no haber diferencias estadísticas entre los tratamientos, numéricamente el que obtuvo mejor aumento

promedio diario fue el tratamiento 2 con 0.655 Kg. seguido por el tratamiento 3 con 0.574 Kg. y finalmente el tratamiento 1 con 0.567 Kg.

Alvarado y López (2005) bajo las mismas condiciones reemplazaron caña de azúcar como fuente energética presentaron su mejor aumento promedio diario de peso de 0,520Kg resulto inferior a los aumentos diarios suministrados con forraje hidropónico de maíz.

Los resultados del experimento en la fase de crecimiento el tratamiento 2 registró numéricamente un mayor aumento diario de peso de 0.780 kg., seguido por el tratamiento 3 con 0.652 Kg. y finalmente el tratamiento 1 con 0.552 Kg. diarios respectivamente. (ver figura 6.7).

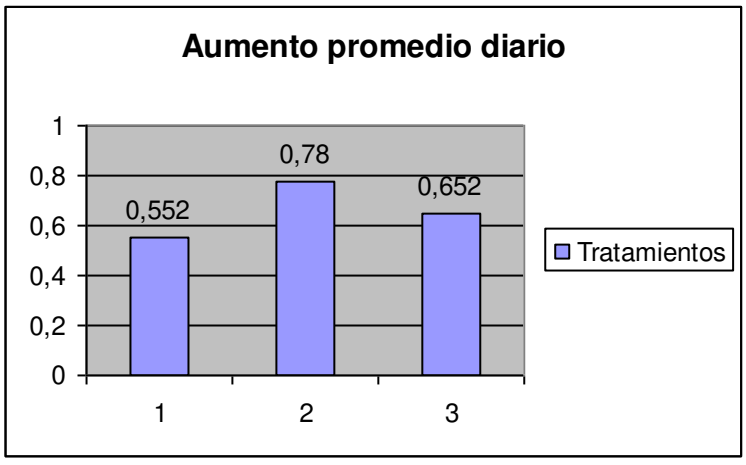

FIGURA 6.7: Aumento promedio diario en Kg fase de crecimiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

Según Church D.C y Pond W.G (2003) las ganancias de pesos esperadas entre los 20 a 50 Kg. son de 0.700 Kg./día, el tratamiento 2 supera la ganancia sugerida por los autores.

Alvarado y López (2005) en caña de azúcar como fuente de energía en aumento promedio diario obtuvieron 0.620 Kg resulto inferior a los tratamientos 2 y 3 suministrados con Forraje Hidropónico de Maíz.

6.3.2 Aumento de peso promedio diario Fase de acabado.

Según el ADEVA hubo diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos evaluados, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente.

Con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, existieron tres rangos de significancias; en el primer rango se ubico el tratamiento 1; en el segundo rango el tratamiento 3; y el tratamiento 2 se ubico en un tercer rango. El CV resulto ser de 1,97. (Ver tabla 26).

TABLA 26

AUMENTO PROMEDIO DIARIO FASE DE ACABADO.

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal.**
Semana 4	0.700 A	0.889 A	0.757 A	0.782 A
Semana 5	0.748 AB	0.914 AB	0.794 AB	0.818 AB
Semana 6	0.742 BC	0.947 BC	0.866 BC	0.851 BC
Semana 7	0.800 C	0.979 C	0.869 C	0.882 C
Semana 8	0.789 C	0.988 C	0.889 C	0.888 C
Promedio aumento	0.755 A	0.943 C	0.835 B	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

Alvarado y López (2005), bajo las mismas condiciones y etapas fisiológicas, reemplazaron caña de azúcar como alternativa de energía obtuvieron una ganancia de peso de 0.650 Kg, resulto inferior a los tratamientos 2 y 3 suministrados con forraje hidropónico de maíz.

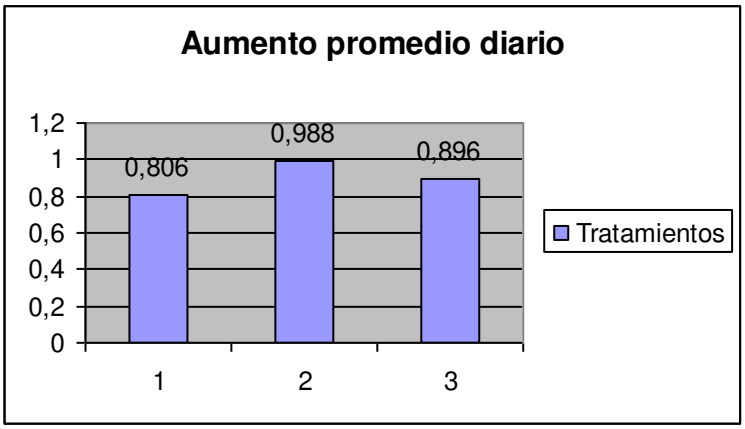

FIGURA 6.8. Aumento promedio diario en Kg fase de acabado INIAP E.E BOLICHE (2008).

Los resultados experimentales en la Fase de Acabado, el tratamiento 2 registró numéricamente un mayor aumento diario de peso de 0.988 Kg, seguido por el tratamiento 3

con 0.896 Kg. y finalmente el tratamiento 1 con 0.806 Kg. diarios respectivamente. (Ver figura 6.8)

Según Church D.C y Pond W.G (2003) las ganancias de pesos esperadas entre los 50 a 100 Kg. son de 0.820 Kg./día, los tratamientos 2 y 3 superan las ganancias sugeridas por los autores.

Alvarado y López (2005) en caña de azúcar como fuente de energía en aumento promedio diario obtuvieron 0,702 Kg resulto inferior a los tratamientos 2 y 3 suministrados con Forraje Hidropónico de Maíz.

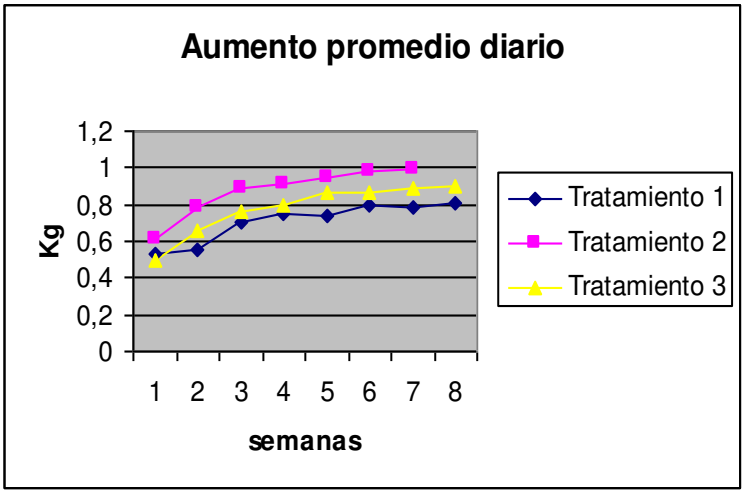

FIGURA 6.9 Aumento promedio diario por tratamiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

En la figura 6.9 se observa que el tratamiento 2 obtuvo un mayor aumento promedio diario de peso manteniendo dicha tendencia hasta el final de la investigación, además se observa que el tratamientos tres obtuvo un mejor aumento promedio diario que el tratamiento 1 hasta el final del ensayo.

6.4 Conversión alimenticia.

6.4.1 Conversión alimenticia Fase de crecimiento.

Según el ADEVA no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en la fase de crecimiento por lo tanto se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales entre si, y se rechaza la hipótesis alternativa de que al menos un tratamiento es diferente. (Ver tabla 27).

TABLA 27

CONVERSION ALIMENTICIA FASE DE CRECIMIENTO.

	T1	T2	T3	Promedio semanal.
Semana 1	2.52 A	2.56 A	2.18 A	2.42 A
Semana 2	2.80 A	2.41 A	2.58 A	2.59 A
Semana 3	2.78 A	2.11 A	2.20 A	2.36 A
Promedio conversión	2.70 A	2.32 A	2.36 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

A pesar de no haber diferencias estadísticas, los tratamientos 2 y 3 obtuvieron mejores conversiones, seguidos del tratamiento 1.

Alvarado y López (2005) en la que reemplazaron caña de azúcar como alternativa de energía en la fase de crecimiento obtuvieron conversiones alimenticias de 2.28 Kg resulto relativamente inferior a los tratamientos 2 y 3 suministrados con forraje hidropónico de maíz.

Los resultados de la Fase de Acabado el tratamiento 3 posee la menor conversión con 2,11 Kg, seguido del tratamiento 2 con 2,2 Kg y finalmente el tratamiento 1 con 2,78 Kg. (ver figura 6.10).

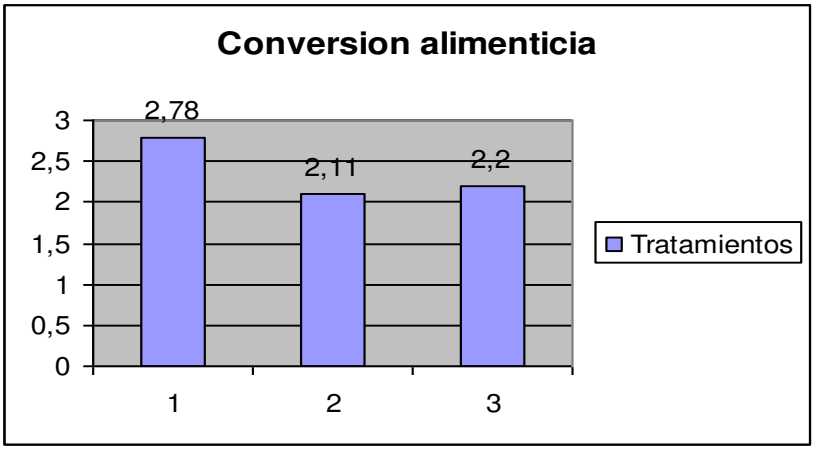

FIGURA 6.10: Conversión alimenticia en Kg fase de crecimiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

Según Alvarado y López (2005) en la fase de crecimiento reemplazaron caña de azúcar como fuente energética reportaron una conversión de 2,16 Kg superior al tratamiento 2 suministrado con Forraje hidropónico de Maíz.

6.4.2 Conversión alimenticia Fase de acabado.

En la fase de acabado hubo diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos evaluados según el ADEVA, por lo que aceptamos la hipótesis alternativa al menos un tratamiento es diferente.

Con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, existieron dos rangos de significancias; en el primer rango se ubicaron los tratamientos 2 y 3 los cuales fueron semejantes estadísticamente; y el tratamiento 1 obtuvo un segundo rango. El CV resulto ser de 3,62. (Ver tabla 28).

TABLA 28

CONVERSION ALIMENTICIA FASE DE ACABADO.

	T1	**T2**	**T3**	**Promedio semanal.**
Semana 4	2.34 A	2.04 A	2.10 A	2.16 A
Semana 5	2.31 A	2.14 A	2.15 A	2.20 A
Semana 6	2.46 A	2.16 A	2.06 A	2.23 A
Semana 7	2.45 A	2.15 A	2.11 A	2.24 A
Semana 8	2.67 A	2.17 A	2.13 A	2.32 A

Promedio conversión	2.45 B	2.13 A	2.11 A	-

Medias que comparten letras iguales no existen diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey (p = 0.05).

Los resultados de la fase de acabado, el tratamiento 2 y 3 reportaron las mejores conversiones alimenticias con un valor de 2.17 Kg y 2.16 Kg. obtuvieron un mejor rendimiento que lo sugerido por Church D.C y Pond W.G (2003) de 3,79 Kg. Y de los resultados obtenidos por Alvarado y López (2005) de 2,19; esto se debió a que los dos tratamientos obtuvieron mejores rendimientos en aumento de peso y un consumo de alimento prudente, lo que hace una conversión eficiente. (Ver figura 6.11).

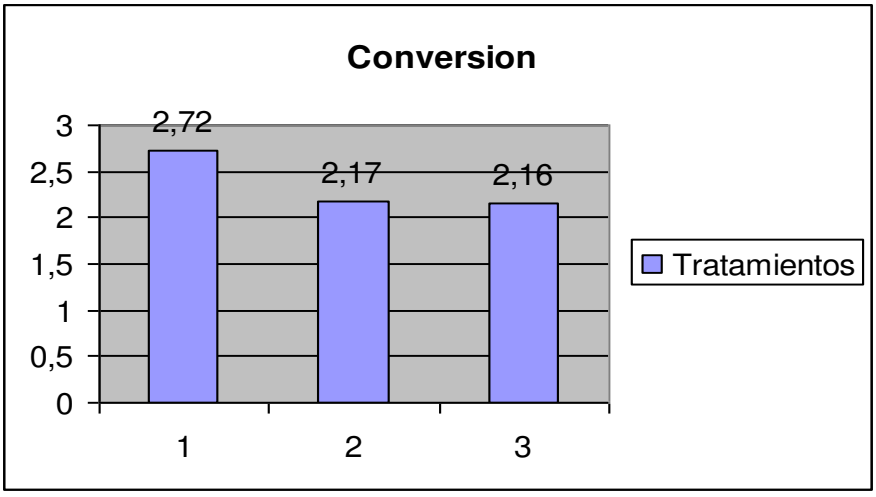

FIGURA 6.11 Conversión alimenticia en Kg fase de acabado durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

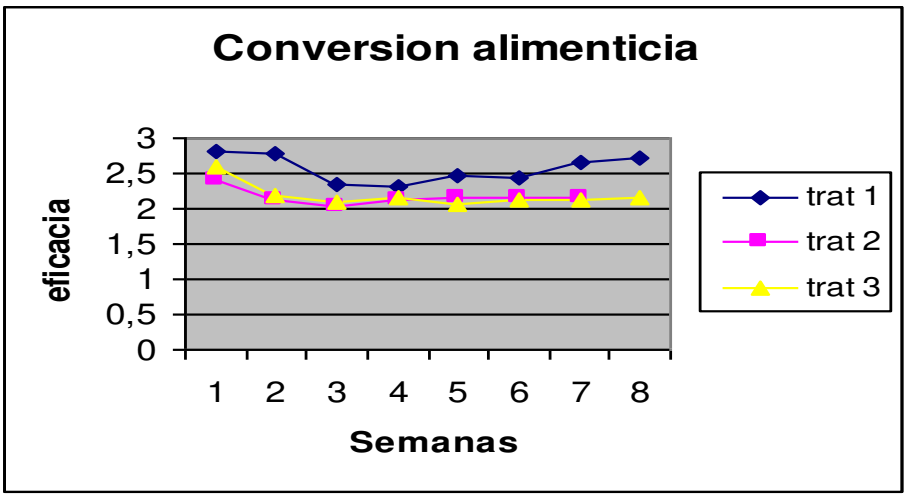

FIGURA 6.12: Conversión alimenticia por tratamiento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

En la figura 6.12 se observa que los tratamientos 2 y 3 obtuvieron menor conversión alimenticia, lo cual indica consumo prudente de alimento mayor ganancia de peso (mejor eficiencia); mientras que el tratamiento 1 presento la mayor conversión alimenticia durante todo el periodo de ensayo.

El consumo de cantidad de proteína diaria fue de 0.245, 0.287, 0.249 Kg/día de los tratamientos 1,2,3 respectivamente

en la fase de crecimiento; muestran que el tratamiento 2 satisface las necesidades proteicas del animal, según lo citado por Church D.C y Pond W.G (2003) que reportan consumos de 0.285 Kg./día de proteína.

En la fase de acabado el consumo de proteína diaria fue de 0.419, 0.455, 0.411 Kg/día de los tratamientos 1, 2, 3 respectivamente satisfacen las necesidades proteicas del animal, además fueron superiores a los consumos reportados por Church D.C y Pond W.G (2003) y García (2005) en la que muestran consumos de 404 Kg/día. Y 0,409 Kg./día respectivamente.

En las condiciones que se realizo la investigación se reporto los consumos de cantidad de energía metabolizable diaria de 7154.62, 6952.47, y 6281.05 Kcal/Kg de los tratamientos 1,2, 3.

Alvarado y López (2005) en caña de azúcar reportaron consumos de energía metobolizable diaria de 6055.82, 5343.9, 5422.36, 4825.28 Kcal/Kg, de los T1 (testigo), T2 (25% de caña de azúcar), T3 (30% de caña de azúcar), T4

(35% de caña de azúcar).Comparando estos resultados con los niveles de energía que se obtuvieron de los tratamientos con Forraje Hidropónico de Maíz son menores, debido al mayor consumo diario del forraje y por su buena digestibilidad, calidad nutricional; como lo describe Sánchez (1998); quien señala mayor ganancia de peso en cerdos alimentados con forraje hidropónico “ad libitum”.

6.5 Costos de las dietas.

El costo por kilogramo de alimento en el tratamiento 1 (testigo) fue de $0.38 ctvs, y de los tratamientos 2 y 3 con forraje hidropónico de maíz fueron de $0.26 y $0,23 ctvs respectivamente.

Cabe indicar, que el forraje hidropónico de maíz como componente de la dieta, presento un costo de insumo de $0,06 ctvs, el mismo que es relativamente bajo en comparación con otras materias primas que se incorporan en los programas de alimentación porcina.

Con respecto al costo diario de alimento el tratamiento testigo tuvo un mayor costo de alimentación durante la fase de crecimiento con $2.92 en comparación a los tratamientos 2, y 3

que resultaron ser más económico con $2.14 y $1.65. (Ver figura 6.13).

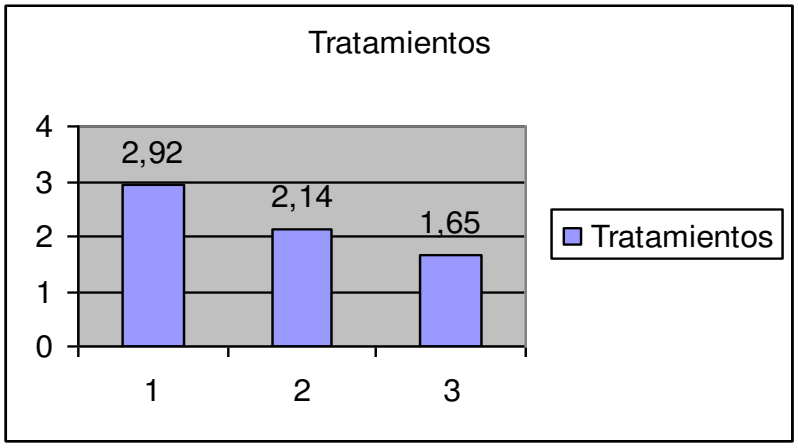

FIGURA 6.13. Costo diario de alimento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008)

Durante la fase de acabado el tratamiento que resulto menos económico fue tratamiento testigo con $4,18, mientras el más rentable resulto el tratamiento 3 con $2.23. (Ver figura 6.14).

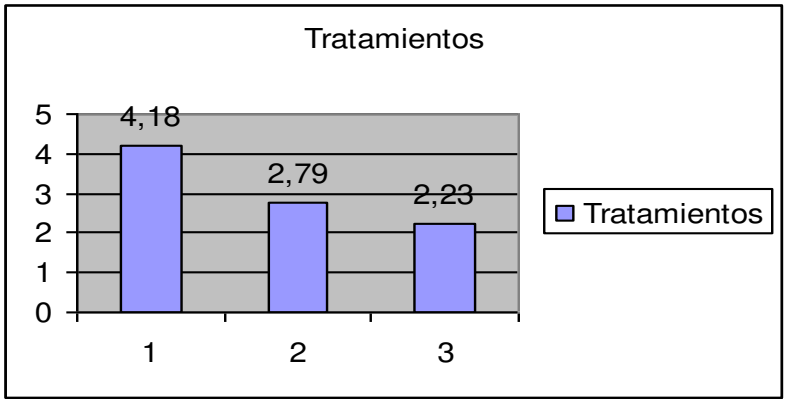

FIGURA 6.14: Costo diario de alimento durante el periodo de ensayo. INIAP E.E BOLICHE (2008).

En costo total del alimento el tratamiento 1 resulto ser de $251.18, en comparación con los tratamientos 2 y 3 suministrados con forraje hidropónico de maíz con $143,06 y $129.49 respectivamente.

6.6 Análisis económico.

6.6.1 Presupuesto Parcial.

Según el presupuesto parcial, el tratamiento 1 reporto el mayor costo que varia y menor beneficio neto, sin embargo el tratamiento 3 demostró un mayor beneficio neto superando a los tratamientos 1 y 2. (Ver tabla 29).

Tabla 29

Análisis del presupuesto parcial.

Parámetros	Dietas Experimentales 0%	30%	40%
Rendimiento			
1. Peso camada, kg	242	252	260
2. Precio/kg/$	2.35	2.35	2.35
3. Beneficio bruto, $ (1x2)	568.7	592.2	611
Costos que varían			
4. Costo total del alimento, $	251.18	143.06	129.49
5. Costos varios	10	10	10
6. Total costos que varían, $ (4+5)	261.18	153.06	139.49
7. Beneficio neto, $ (3-6)	307.52	439.14	471.51

6.6.2 Análisis de Dominancia.

En el análisis de dominancia demostró que los tratamientos 1 y 2 fueron dominados por el tratamiento 3 ya que obtuvo la mejor relación en cuanto a beneficio neto versus costos que varían. (Ver Tabla 30).

Tabla 30

Análisis de dominancia de costo de alimentación ($).

Tratamiento	Costos que varían ($)	Beneficio neto ($)	Dominancia
T3	139,49	471,51	No dominado
T2	153,06	439,14	dominado
T1	261,18	307,52	Dominado

6.6.3 Tasa de retorno marginal.

En el análisis de dominancia descarta T1 y T2 por sus bajos beneficios netos debido a que solo existió un tratamiento NO DOMINADO T3 no pudo ser superado en términos de beneficio neto parcial y costos que varían, no se pudo realizar el respectivo análisis marginal, razón

que justifica los hechos, debido a que este se basa en una comparación de tasas marginales y al no existir otro tratamiento NO DOMINADO para realizar dicha comparación, su aplicación fue limitada.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. No hubo rechazo por parte de los cerdos al utilizar 30 y 40% de Forraje Hidropónico de Maíz en dietas durante la fase de crecimiento y acabado.

2. Los niveles del 30 y 40% de Forraje Hidropónico de Maíz utilizados en dietas para cerdos en las fases de crecimiento y acabado no afectaron los parámetros productivos en las condiciones que se realizó el experimento.

3. El rendimiento del peso corporal durante la fase de crecimiento fue mayor en los cerdos del tratamiento con 30% de Forraje Hidropónico de Maíz, seguido del tratamiento con 0% de Forraje

Hidropónico de maíz, y en la fase de acabado fue mayor el tratamiento con 40% de Forraje Hidropónico de Maíz, seguido del tratamiento con 30% de Forraje Hidropónico de Maíz.

4. La mayor ganancia de peso durante la fase de crecimiento y acabado la registro el tratamiento con 30 % de Forraje Hidropónico de Maíz seguido del tratamiento con 40% de Forraje Hidropónico de Maíz.

5. El consumo de alimento en base a materia seca (balanceado + F.H.M) durante la fase de crecimiento fue mayor en los cerdos del tratamiento con 30% de Forraje Hidropónico de Maíz, y en la fase de acabado el tratamiento con 0% de Forraje Hidropónico de Maíz.

6. La mejor conversión alimenticia durante la fase de crecimiento la registraron los cerdos del tratamiento con 30% de Forraje Hidropónico de Maíz, y en la fase de acabado fue más eficiente el tratamiento con 40% de Forraje Hidropónico de Maíz.

7. Los tratamientos con 30 y 40% de Forraje Hidropónico de Maíz presentaron balances económicos favorables, el que presento mejor beneficio neto fue el tratamiento con 40% de forraje hidropónico de Maíz.

Con los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

1. En las condiciones que se realizo la investigación se recomienda el uso del Forraje hidropónico de Maíz en la alimentación de cerdos a un nivel del 40% por su rendimiento económico.

2. Investigar el empleo de Forraje Hidropónico de Maíz en diferentes condiciones ecológicas y en gestación, lactancia de cerdos con el objetivo de determinar los niveles más adecuados y económicos en la alimentación porcina.

BIBLIOGRAFÍA

1. Izquierdo, J. El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios, Publicado por la FAO 2002

2. Botero, R Producción y utilización de forrajes hidropónicos para la alimentación de rumiantes. Publicación de la Universidad EARTH 2007.

3. Arano, C. El abc del Forraje Verde Hidropónico. Editado por el propio autor. Buenos Aires – Argentina, 1998. Pág. 23 -64.

4. Lovey, R. Características de una buena semilla**,** 2008 disponible en: http:// www.semilla.cyta.com.ar/buena semilla/buenasemilla.htm.

5. Chang La Rosa, M .Producción de forraje hidropónico y germinado Publicación de la Universidad Nacional Agraria La Molina Perú. 2006. Pág. 59-63

6. Rodríguez, D.Chang La Rosa, M .Nutrición Mineral y Soluciones Nutritivas. Manual Práctico de Hidroponía .2006 Pág. 76-99

7. Escamilla, L El cerdo, su cría y explotación.

8 García. W. Evaluación de tres niveles de Harina de Gandul (Cajanus Cajan) como alternativa de proteína en dietas en la fase de crecimiento y acabado de cerdos confinados. (Tesis, Facultad de ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2005).

9 Silva, E. Diseños Experimentales. Ecuador. 2006.

10 CIMMYT. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición revisada. México D.F. México. 1988

11 Álava. E.. "Evaluación de tres niveles de palmiste en reemplazo de las fuentes tradicionales de energía en dietas de crecimiento y acabado en cerdos" (Tesis, Facultad de ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción , Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2006).

12 El sector porcino en el Ecuador**,** 2008 disponible en: http:// www.aspe.org.ec/porcinos/porcinos/index/html.

13 Caminotti C**.** Uso del forraje verde como complemento de la ración concentrada, 2008 disponible en: http:// www.sian.info.ve/porcinos/eventos/fericerdo/caminotti.htm

14 Faner C. La pastura de alfalfa como fuente de alimentación para cerdos en crecimiento y finalización, 2008 disponible en: http:// www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/gidesporc/seminario/faner.htm

15 Estupiñan K. Digestibilidad de los Componentes de la Pared Celular del Forraje de *Canavalia ensiformis* (L) DC en Diferentes Edades de Corte. 2007, Pág. 223-228.

16 Morales J.. "Efecto de la fermentación microbiana en el intestino grueso sobre la digestión, absorción, y utilización de nutrientes: comparación entre el cerdo Landrace y el Ibérico". Tesis doctoral 2002. Disponible en http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UAB/AVAILABLE/TDX-0621104-185815//jmp1de1.pdf

17 Paliwal R. El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción Colección FAO: Producción y protección vegetal N 28 Roma 2001. Pág. 323- 340.

18 Aldrich S .Producción moderna del maíz. Primera edición 1998 Pág. 1 – 14.

19 Calero E. El cultivo del maíz en el Ecuador. Año 2006.

20 La importancia del insumo de semilla de buena calidad disponible en: http://www.ofinase.go.cr/publicaciones/CALIDAD.doc

21 Beneficio nutricionales de la carne de cerdo disponible en: http://www.pronaca.com/site/principal.jsp?arb=367&arb_hijo=377

22 CHURCH D.C Y POND W.G (2003), Fundamentos de Nutrición y Alimentación de animales, tercera edición, Ed limusa S.A México.

23 Alvarado H, López N**. "**Evaluación de tres niveles de Caña de azúcar (Saccharum officionarum L" fraccionada en dietas para cerdos confinados en las fases de crecimiento y acabado" (Tesis facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad técnica de Babahoyo.2005).

24 Vernet E. Manual de Consulta para Feedlot. 2006

25 Caraballido C Dietas para vacas lecheras. Disponible en: http://www.engormix.com/s_forums_view.asp?valor=2651

26 Espinoza F, Argenti P, Urdaneta G. Uso de forraje de maíz (Zea mays) en la alimentación de toretes. disponible en: http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt2204/arti/espinoza_f.htm.

ANEXOS FOTOS

Grafico 1: Peso Corporal de cerdos confinados con las dietas experimentales en la fase de crecimiento y acabado. E.E Boliche 2008.

Inicio experimento (35 Kg)

Final experimento (85 Kg)

Grafico 2: Producción de Forraje Hidropónico de Maíz para la alimentación de cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado E.E Boliche 2008.

1) Remojo de semillas en baldes. 2) baldes cubiertos con plástico.

3) Siembra en bandejas 4)Riego con solución nutritiva.

5) Cosecha de Forraje Hidropónico de maíz.

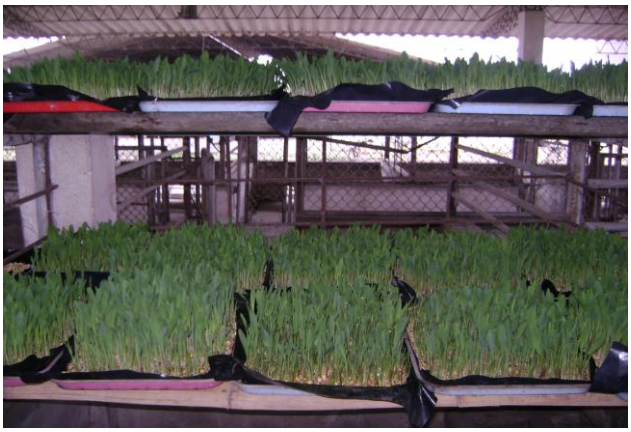

Grafico 3: Consumo de las dietas experimentales en la fase de crecimiento y acabado de cerdos confinados. E.E Boliche 2008.

Tratamiento 1 (0% de F.H.M)

Tratamiento 2 (70% Balanceado+ 30% de F.H.M)

Tratamiento 3 (60% Balanceado+ 40% de F.H.M)

Grafico 4: Pesaje de los cerdos alimentados con las dietas experimentales en la fase de crecimiento y acabado de cerdos confinados. E.E Boliche 2008.

Bascula de 1000 Kg.

Toma de peso