



T
636.41
MELe

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Evaluación de tres niveles de zeolita como promotor natural de
crecimiento en dietas en las fases de inicio y acabado de cerdos
confinados”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Presentada por:

Marcela Elina Meléndez Vera

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2005

AGRADECIMIENTO

Al Doctor Johns Rodríguez,
Director de Tesis, por su invaluable
ayuda, a mis padres por guiarme
hacia el camino de la superación, a
mi hermana por sus consejos, a mi
esposo por ser mi amigo
incondicional y a todas las
personas que de uno u otro modo
colaboraron en la realización de
este trabajo



DEDICATORIA

A DIOS,

A MI RAZÓN DE VIVIR: MI HIJA

MARCELA CAMILA; A MI

ESPOSO A MIS PADRES, Y

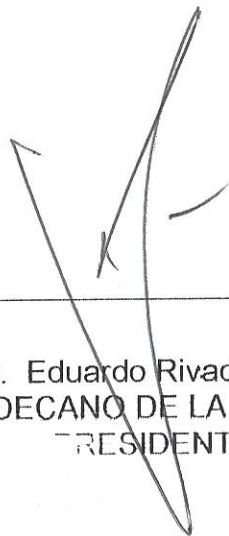
ESPECIALMENTE AL SER

QUE LLEVO EN EL VIENTRE,

LOS AMO.



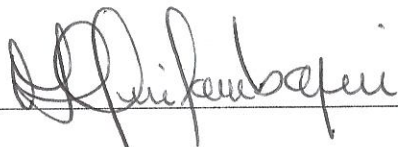
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN




Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



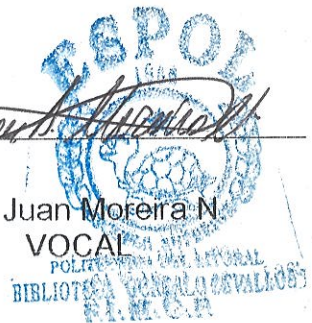
Dr. John Rodríguez A.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Miguel Quilambaqui J.
VOCAL



Dr. Juan Moreira N.
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 POLITECNICA DEL LITORAL"

Marcela E. Meléndez V.

Marcela E. Meléndez V.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la incorporación de zeolita como promotor de crecimiento sobre el peso corporal, el aumento promedio diario de peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia y espesor de grasa dorsal en dietas para cerdos, se realizó un experimento en el Programa de Porcinos de la Estación Experimental "Bolíche" del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Se utilizaron 16 cerdos híbridos Landrace x Yorkshire machos castrados y hembras, con un peso promedio de 18.75 kg., los que fueron asignados a un diseño de bloques completos al azar (DBCA), distribuidas en 4 tratamientos de 4 animales cada uno: T1, 0% de zeolita; T2, 2% de zeolita; T3, 4% de zeolita y T4, 6% de zeolita. La ración base estuvo compuesta con los requerimientos necesarios para la alimentación de cerdos en fase de inicio y acabado. El agua y alimento fueron entregadas a libre disposición. Se determinó el peso corporal, el aumento diario de peso, consumo diario de alimento, eficiencia de conversión alimenticia y espesor de grasa dorsal. En el peso corporal (kg) mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) en las semanas 8, 9, 10 y 11; a los 70 días del experimento los pesos fueron de 71.4 kg, 65.3 kg, 73.1kg y 75 kg para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, siendo T3 y T4 iguales estadísticamente con el testigo, pero diferentes de T2. El aumento diario de peso (kg/día) entre tratamientos presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), el T4 con 0.750 kg obtuvo la mayor ganancia de peso y fue diferente estadísticamente de los demás, seguido por T1 y T3 iguales estadísticamente, pero diferentes a T2. Los consumos promedios diarios de alimento (kg/día) también presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) y fueron de

1.61 kg, 1.64 kg, 1.68 kg y 1.71 kg para los tratamientos 1, 2,3 y 4 respectivamente, T4 fue diferente estadísticamente de los demás, seguido de T3, luego T2 y finalmente T1. La conversión alimenticia mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), T4 mostró la menor y por ende la mejor conversión con un promedio de 2.25, seguido del T1 con un valor de 2.34. El espesor de grasa dorsal no mostró diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre tratamientos. La inclusión de zeolitas en un 6% de la materia seca de la dieta de cerdos en fase de inicio y acabado, mejoró el peso corporal, la ganancia de peso, el consumo promedio diario de alimento y la conversión alimenticia, pero no mejoró el espesor de grasa dorsal, sin embargo, los resultados conseguidos por el tratamiento testigo y T3 también mostraron resultados satisfactorios.

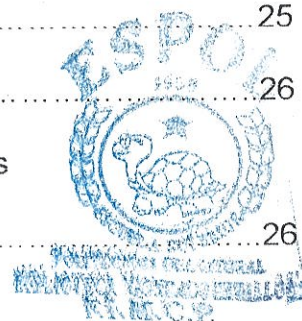
ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. PRODUCCIÓN PORCINA.....	5
1.1. Origen y evolución de los cerdos.....	5
1.2. Tipos y modalidades de explotación porcina.....	6
1.2.1. Tipos de explotaciones.....	6
1.2.1.1 Extensivo.....	6
1.2.1.2 Intensivo.....	6
1.2.1.3 Semiextensivo.....	7
1.2.1.4 Familiar.....	7



1.2.2	Modalidades de explotación.....	7
1.2.2.1	Cría.....	7
1.2.2.2	Desarrollo.....	8
1.2.2.3	Acabado.....	8
1.2.2.4	Mixta.....	8
1.2.2.5	Reproductores.....	8
1.3.	Clasificación y caracterización de las diferentes razas de cerdos.....	9
1.3.1	Yorkshire.....	9
1.3.2	Pietrain.....	9
1.3.3	Landrace.....	10
1.3.4	Hampshire.....	10
1.3.5	Duroc.....	10
1.3.6	Poland China.....	11
1.4.	Alimentación porcina.....	11
1.4.1	Los alimentos y su procesamiento básico.....	11
1.4.1.1	Agua.....	11
1.4.1.2	Hidratos de carbono.....	12
1.4.1.3	Proteína.....	13
1.4.1.4	Lípidos.....	14

1.4.1.5	Vitaminas.....	14
1.4.1.6	Minerales.....	15
1.4.2	Materias primas utilizadas en la alimentación.....	15
1.4.2.1	Concentrados energéticos.....	15
1.4.2.2	Concentrados proteicos.....	16
1.4.3	Requerimientos nutricionales.....	16
1.4.3.1	Requerimientos energéticos.....	16
1.4.3.2	Requerimientos proteicos.....	16
1.4.3.3	Requerimientos de vitaminas y minerales.....	17
1.4.4	Importancia de la alimentación en las diferentes etapas....	21
1.4.4.1	Digestión y metabolismo.....	21
1.4.4.2	Fases de inicio y acabado.....	22
1.5.	Sanidad porcina.....	25
1.5.1	Organismos patógenos.....	25
1.5.2	Método de control preventivo de enfermedades.....	25
1.5.2.1	Desinfección.....	25
1.5.2.2	Vacunación.....	25
1.5.2.3	Limpieza.....	26
1.5.3	Principales enfermedades de los cerdos destetados y adultos.....	26



CAPITULO 2

2.	ZEOLITAS NATURALES.....	27
2.1.	Estructura.....	27
2.2.	Características.....	28
2.3.	Propiedades.....	29
2.3.1	Propiedades físicas.....	29
2.3.2	Propiedades químicas.....	31
2.3.2.1	Capacidad de intercambio catiónico.....	31
2.3.2.2	Capacidad de adsorción.....	33
2.3.2.3	Deshidratación y rehidratación.....	34
2.4.	Clasificación.....	35
2.4.1	Clinoptilolita.....	35
2.5.	Aplicaciones.....	37
2.5.1.	Aplicación pecuaria.....	37
2.5.1.1	Nutrición animal.....	37
2.5.1.2	Explotación pecuaria.....	39
2.5.1.2	Eliminación de olores.....	39
2.5.2.	Aplicación agrícola.....	40
2.5.2.1	Tratamiento de suelos.....	40
2.5.2.2	Sustrato para semilleros.....	40

2.5.2.3 Retención de nitrógeno.....	40
2.5.2.4 Elaboración de abonos orgánicos.....	41
2.5.2.5 Adsorción y desorción de agua.....	42
2.5.3. Aplicaciones generales.....	42

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y METODOS.....	43
3.1 Localización y duración del experimento.....	43
3.2 Equipos y materiales.....	44
3.3 Factores en estudio y niveles.....	45
3.4 Tratamientos.....	45
3.5 Unidad experimental.....	46
3.6 Diseño experimental.....	46
3.7 Análisis estadístico y nivel de significación.....	46
3.8 Datos obtenidos.....	47
3.8.1 Peso corporal.....	47
3.8.2 Aumento promedio de peso diario.....	47
3.8.3 Consumo promedio diario de alimento.....	47
3.8.4 Conversión alimenticia.....	48



3.8.5	Control de grasa dorsal.....	48
3.8.6	Costo de las dietas.....	48
3.8.7	Costo diario de alimento.....	48
3.8.8	Costo total de alimento.....	48
3.8.9	Costo por Kg. de peso vivo producido.....	49
3.9	Análisis económico.....	49
3.9.1	Análisis de presupuesto parcial.....	49
3.9.2	Análisis de dominancia.....	49
3.9.3	Análisis marginal.....	50
3.10	Procedimiento experimental.....	50
3.10.1	Manejo de los animales.....	50
3.10.1.1	Manejo de cerdos confinados para la fase de inicio y acabado. (INIAP, Boliche 2004).....	50

CAPÍTULO 4

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
4.1	Respuesta de los cerdos durante la fase de crecimiento y acabado.....	53
4.2	Aprovechamiento de la zeolita.....	53
4.2.1	Duración del experimento.....	53

4.2.2	Cambio de peso corporal entre las semanas 1 y 12.....	54
4.2.3	Aumento promedio de peso diario entre las semanas 3 y 12.....	60
4.2.4	Consumo promedio diario entre las semanas 3 y 12.....	67
4.2.5	Conversión alimenticia entre las semanas 3 y 12.....	73
4.2.6	Espesor de grasa dorsal.....	78
4.3	Costos de la investigación.....	81
4.3.1	Costos de las dietas experimentales.....	81
4.3.2	Costo diario de alimento.....	81
4.3.3	Costo total de alimento.....	81
4.3.4	Costo por Kg. de peso vivo producido.....	82
4.4	Análisis económico del proyecto.....	84
4.4.1	Análisis de presupuesto parcial.....	84
4.4.2	Análisis de dominancia.....	84
4.4.3	Análisis marginal.....	84

CAPITULO 5

5.	DISCUSIÓN.....	89
----	----------------	----



CAPÍTULO 6

6.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	95
----	-----------------------------------	----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

A	Ángstrom
ADEVA	Análisis de Varianza
Al	Aluminio
°C	Grado centígrado
Ca	Calcio
Ca/P	Relación Calcio / Fósforo
Cl	Cloro
C.V	Coefficiente de variación
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CICYT	Centro de investigación científica y tecnológica
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
cm	Centímetros
Cu	Cobre
DBCA	Diseño de bloques completamente al azar
E.E.	Estación Experimental
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
Error. Exp.	Error experimental
FC	Fibra cruda
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
G	Gramos
g/ cm ³	Gramo sobre centímetro cúbico (densidad)
g/día	Gramo por día
Ha	Hectárea
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
K	Potasio
kg	Kilogramo



kcal	Kilocaloría
kg/día	Kilogramo por día
kcal/kg E.D.	Kilocalorías sobre kilogramos de energía digestible.
kcal/kg E.M	Kilocalorías sobre kilogramos de energía metabolizable.
meq/100 g	Mili equivalentes sobre cien gramos de suelo
Mg	Magnesio
mg	Miligramo
mm/año	Milímetros por año
MMA	Mastitis metritis, y agalactia
msnm	Metro sobre el nivel del mar
m ²	Metro cuadrado
Na	Sodio
NH ₄	Nitrato de amonio
NRC	Nacional Research Council
n.s.	No significativo
l	Litro
O	Oxígeno
opt.	Optimo
P	Fósforo
PC	Proteína cruda
pH	Potencial de hidrogeno. Medición de la actividad del suelo (esto es; acidez, neutralidad y alcalinidad)
ppm	Partes por millón
R ²	Coefficiente de determinación de regresión lineal
SAS	Statistical Analysis System
Si	Silicio
TMR	Tasa marginal de retorno
Ton/ha	Toneladas por hectárea
UI	Unidad Internacional
Var	Variedad
VLIR	Vlaamse Interuniversitaire Raad
Zn	Zinc

SIMBOLOGÍA

h	Horas
m	Minutos
s	Segundos
*	Estadísticamente significativo
**	Estadísticamente altamente significativo
>	Mayor que
%	Porcentaje
≤	Menor o igual
≥	Mayor o igual
$P \leq 0.05$	Significancia estadística
$P \geq 0.05$	No existe significancia estadística



ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Necesidades nutricionales de cerdos en la fase de inicio y acabado a los que se alimenta a voluntad (90% de materia seca).....	19
Tabla 2	Necesidades de vitaminas y minerales de cerdos en la fase de inicio y acabado a los que se alimenta a voluntad (90% de materia seca).....	30
Tabla 3	Propiedades físicas de las zeolitas.....	26
Tabla 4	Esquema del análisis de varianza.....	46
Tabla 5	Resumen de los cuadrados medios del cambio de peso corporal desde la semana dos hasta la semana once de cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6% de zeolita.....	56
Tabla 6	Cambio de peso corporal entre las semanas 1 y 12.....	57
Tabla 7	Análisis de varianza del aumento promedio diario de peso en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita.....	62
Tabla 8	Aumento promedio de peso diario entre las semanas 3 y 11.....	63
Tabla 9	Análisis de varianza del consumo promedio diario de alimento en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6% de zeolita.....	68
Tabla 10	Consumo diario de alimento entre las semanas 3 y 12.....	69
Tabla 11	Análisis de varianza de la conversión alimenticia en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6% de zeolita.....	74
Tabla 12	Conversión alimenticia entre las semanas 3 y 11.....	75

Tabla 13	Análisis de varianza del control de grasa dorsal en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6% de zeolita.....	80
Tabla 14	Costos de las dietas experimentales.....	82
Tabla 15	Resultados de los costos de la investigación de cerdos alimentados con 4 dietas al 0%, 2%, 4% y 6% de zeolita.....	83
Tabla 16	Análisis de presupuesto parcial. Evaluación de tres niveles de zeolita en cerdos en la fase de inicio y acabado.....	85
Tabla 17	Análisis de dominancia de costo de alimentación (\$) con zeolita en cerdos en la fase de inicio y acabado.....	86
Tabla 18	Análisis marginal de tratamientos alternativos no dominados, en comparación al tratamiento con mayor costo.....	87
Tabla 19	Comportamiento de los cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la fase de inicio y acabado.....	88



ÍNDICE DE FIGURAS

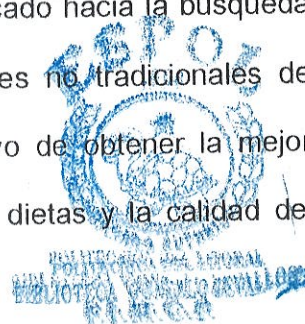
	Pag.
Figura 1	Tendencias de crecimiento de grasa y músculo.....22
Figura 2	Factores que inciden en el postdeste.....23
Figura 3	Prioridades en el desarrollo de los tejidos.....24
Figura 4	Regresión del cambio de peso corporal entre las semanas 1 y 12.....58
Figura 5	Tendencia del cambio de peso corporal entre las semanas 1 y 12.....59
Figura 6	Regresión del aumento promedio diario de peso entre las semanas 3 y 11.....64
Figura 7	Tendencia del aumento promedio diario de peso entre las semanas 3 y 11.....65
Figura 8	Regresión del consumo promedio diario de alimento entre las semanas 3 y 11.....70
Figura 9	Tendencia del consumo promedio diario de alimento entre las semanas 3 y 11.....71
Figura 10	Regresión de la conversión alimenticia de alimento entre las semanas 3 y 11.....76
Figura 11	Tendencia de la conversión alimenticia de alimento entre las semanas 3 y 11.....77

INTRODUCCIÓN

Las materias primas de la producción animal, son los alimentos que constituyen el renglón más importante en las empresas pecuarias. De ahí que la eficiente administración de los alimentos es la preocupación principal que afronta el productor para lograr niveles convenientes de productividad física y rentabilidad. El costo de la alimentación constituye del 60% al 80% de los costos totales de producción.

En el Ecuador, la cría y explotación de cerdos ha sido una actividad que ha ido evolucionando con el tiempo, pero aún se ve limitada debido a los elevados costos de producción lo cual encarece toda explotación pecuaria. Sin embargo, esta alcanzó 1'527'114 cabezas de cerdos distribuidas en todo el país que viene a constituir la base para la producción de carne según datos del III censo agropecuario (SICA, 2003)

Por estas razones, diferentes institutos de investigaciones agropecuarias como el INIAP, Universidades como la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), e Instituciones privadas, se han volcado hacia la búsqueda de fuentes alternas de energía, proteína y minerales no tradicionales de producción nacional y de bajo costo, con el objetivo de obtener la mejor rentabilidad, sin desmejorar el valor nutritivo de las dietas y la calidad del cerdo terminado.



La ESPOL desde el 2002 ha venido desarrollando investigaciones. a través del proyecto VLIR, componente 6, donde se han realizado trabajos de caracterización mineralógica y se han establecido ensayos de aplicaciones agropecuarias. Según las investigaciones obtenidas en la ESPOL, la zeolita natural es de tipo clinoptilolita, la cual tiene muchas aplicaciones en la agricultura, acuicultura, industria y descontaminación ambiental.

De la necesidad histórica de modernizar e intensificar a la rama pecuaria para aumentar su productividad y eficiencia, ha generado la implementación de nuevas formas de alimentación, como la utilización de aditivos de origen natural en la alimentación de cerdos.

En los últimos treinta años la nutrición animal ha venido mostrando grandes avances en búsqueda de la optimización de la producción animal. Muchas de estas mejoras son atribuidas a más de 100 microingredientes utilizados como aditivos en el alimento y destinados a mejorar las condiciones nutricionales o de salud del animal. Entre estos se pueden mencionar las vitaminas, minerales, promotores de crecimiento, aminoácidos, antibióticos, saborizantes, secuestrantes de olores y de micotoxinas, antimicóticos, pigmentantes, enzimas, entre otros. Como resultado de estos avances la industria alimenticia cuenta con una serie de ingredientes activos, los cuales a pesar de ser utilizados en pequeñas cantidades por su grado de actividad,

aseguran una máxima conversión alimenticia y son conocidos como microingredientes

Actualmente uno de los nuevos aditivos, usados en las dietas de los animales, han sido las zeolitas naturales, donde se han establecido a las mismas como mejoradores de la digestibilidad en las dietas de monogástricos. así como en la prevención de enfermedades de los órganos digestivos actuando como antibiótico natural, específicamente en el caso de los cerdos.

Las zeolitas han sido aplicadas en diferentes ensayos con resultados satisfactorios en la nutrición de animales; mejorando la eficacia alimenticia del pienso, la ganancia de peso, la calidad de la carne y también en la reducción de la mortalidad y aumento de resistencia a enfermedades (20).

Se ha establecido que la adición del 1% al 5% de clinoptilolita a la dieta animal mejora el crecimiento, reduce la incidencia y severidad de diarreas en cerdos, pollos, ganado vacuno y ovejas. Además mejora las funciones en el tracto digestivo de los animales (25).

En base a los antecedentes mencionados, y dada la importancia de las zeolitas naturales, en la alimentación de animales, se ha preparado esta

investigación del uso de tres niveles de zeolita como promotor natural de crecimiento en dietas en las fases de inicio y acabado de cerdos confinados con los siguientes objetivos:

1. Obietivo ueneral

Evaluar los efectos del uso del mineral zeolita como fuente promotora natural de crecimiento en alimentación animal.

2. Obietivos específicos

Evaluar los efectos de conversión alimenticia en dietas balanceadas con diferentes niveles de zeolita en dietas para cerdos en inicio y acabado.

Evaluar incidencia de diarrea en los cerdos en la fase de inicio y acabado al usar zeolita como supresor de antibióticos.

Realizar un análisis económico de los efectos que produce el uso de este mineral en producción de cerdos en la fase de inicio y acabado.

CAPÍTULO 1

1. PRODUCCIÓN PORCINA

1.1. Origen y evolución de los cerdos.

Hay varias teorías sobre el origen y evolución de los cerdos que se reflejan en mayor o menor medida. Todos los autores coinciden en que el género originario de los porcinos del mundo es el "*Sus*"; sólo en algunos casos se admite la existencia del subgénero, e incluso con distintas denominaciones.

La existencia de tres subgéneros: *Mediterraneus*, de origen africano y extendido por las regiones del sur de Europa; el *Ferus* o cerdo salvaje extendido por toda Europa y el *Indicus*, o cerdo de corbata, más pequeño que los anteriores y de origen asiático (32)

El cerdo proveniente del Mediterráneo (*Sus mediterraneus*) se considera la forma intermedia entre el *Sus scrofa Ferus* L. y el *Sus indicus* (15).

Desde el punto de vista de la clasificación taxonómica del cerdo, este pertenece al reino animal, al tipo cordados, a la clase mamíferos, al orden artiodáctilos, a la familia suidos, al género *Sus*, especie *scrofa*, *indicus*.

1.2. Tipos y modalidades de explotación porcina.

1.2.1 Tipos de explotaciones.

Se entiende por sistemas de explotación las formas en que se hace uso de los factores de producción porcina. Existen cuatro sistemas de explotación: extensivo, intensivo, semiextensivo y familiar (19).

1.2.1.1 Extensivo

Se caracterizan por no utilizar niveles tecnológicos adecuados; deficientes programas de sanidad, alimentación (pastoreo) y selección.

1.2.1.2 Intensivo

Se caracterizan por hacer un uso eficiente del recurso de la tierra; instalaciones adecuadas; un buen manejo de los animales, excelentes programas de sanidad, alimentación, selección y registro.

1.2.1.3 Semiextensivo

Se lo conoce también como mixto. Consiste en una actividad que hace uso de algunas de las prácticas de los sistemas extensivos e intensivos.

1.2.1.4 Familiar

Estos constituyen la mayoría en nuestro país y los mismos encontramos en los diferentes tipos de explotación, dependiendo de su nivel de conocimiento de la actividad, así como la disponibilidad del capital. Se utiliza un número reducido de cerdos.

1.2.2 Modalidades de explotación.

1.2.2.1 Cría

Esta actividad requiere de gran inversión puesto que se necesita contar con reproductores, así como de la infraestructura propia de la actividad. El destete frecuentemente se lo realiza a los 56 días con un peso promedio de 17 kg o a los 35 días con un peso promedio de 12 kg.

1.2.2.2 Desarrollo

El cerdo continúa con tasas de crecimiento acelerado pero requiere de un mayor consumo de alimento por kilogramo de aumento de peso. El cerdo tiene una mejor tasa de crecimiento que en la etapa de acabado y presenta mejor conversión alimenticia. El peso de los cerdos al final de esta etapa oscila entre los 55 kg y 65 kg de peso vivo.

1.2.2.3 Acabado

En esta etapa el costo de producción es mayor que en cría y desarrollo, ya que el cerdo tiene una menor tasa de crecimiento, es decir, requieren de más tiempo para que los animales ganen un kilogramo de peso. Se da un mayor consumo de alimento y una menor conversión. El peso al final de esta etapa oscila desde 95 kg a 110 kg o más.

1.2.2.4 Mixta

Un productor puede optar por una o, inclusive, tener todo el ciclo de producción (cría – desarrollo – acabado).

1.2.2.5 Reproductores

El único tipo de actividad porcina que permite garantizar animales de alta calidad genética requeridos para pie de cría; y esto se logra solamente mediante la explotación intensiva (19).

1.3. Clasificación y caracterización de las diferentes razas de cerdos.

En la actualidad existen una gran cantidad de razas puras, así como híbridos, con una amplia variedad de fenotipos. Las principales razas son Yorkshire, Pietrain, Landrace, Hampshire, Duroc y Poland China (12).

1.3.1 Yorkshire

Originarios de Inglaterra. Son de color blanco y presentan ocasionalmente manchas en la piel. Destaca en estos animales la aptitud maternal de la marrana y su gran prolificidad. Su cara es de longitud media y sus orejas paradas aunque con una ligera inclinación hacia delante. Los machos alcanzan un peso promedio de 155 kg; mientras que las hembras alcanzan un peso promedio 117 kg.

1.3.2 Pietrain

Originarios de Bélgica. Es considerada como una de las razas más musculosas del mundo, presenta unas excelentes cualidades como cerdo reproductor, transmitiendo a su descendencia cerdos de engorde con elevado porcentaje de carne.

1.3.3 Landrace

Originarios de Dinamarca. Estos animales son muy demandados en el mercado por la calidad de su carcasa. Se caracterizan por su color blanco, mostrando en algunos casos manchas oscuras en la piel. A diferencia de otras razas, se caracterizan por ser alargados debido a que presentan 16 a 17 pares de costillas, frente a 14 de las otras razas. Su cara es alargada y recta, con orejas grandes, dobladas hacia delante.

1.3.4 Hampshire

Originarios de Inglaterra, son de color negro, con una banda blanca que rodea el pecho del animal y sus patas delanteras. Las marranas son excelentes madres. Estos animales aprovechan muy bien los pastos, produciendo una carne de excelente calidad. Los machos alcanzan un peso promedio de 180 kg mientras que las hembras alcanzan un peso promedio de 145 kg.

1.3.5 Duroc

Originario de Estados Unidos. Presenta dos líneas de color, rojo oscuro y rojo claro, las cuales son similares en su capacidad de producción. Sus orejas son medianas y ligeramente caídas. Su cara casi cóncava. Esta raza se caracteriza por su rusticidad y buena conversión alimenticia.



1.3.6 Poland China

Originario de Estados Unidos. Esta raza presenta muy buena habilidad materna, así como precocidad para triple cruce. Sus orejas son ibéricas, de tamaño mediano y caídas. su cara es subcóncava y es negro con manchas blancas (12).

1.4. Alimentación porcina.

Es necesario que el productor conozca las necesidades nutritivas de los cerdos en las diferentes etapas de crecimiento y busque las alternativas más económicas para lograr un buen desarrollo del mismo (3).

1.4.1 Los alimentos y su procesamiento básico.

1.4.1.1 Agua

El cerdo por lo general bajo buenas condiciones ambientales, consume un promedio de 2.0 l a 2.5 l de agua por cada kg de alimento seco.

El agua constituye en promedio el 90% del plasma sanguíneo; el 75% del músculo, el 45% de los huesos y aproximadamente el 5 % del esmalte dental.

1.3.6 Poland China

Esta raza presenta muy buena habilidad materna, así como precocidad para triple cruce. Sus orejas son ibéricas, de tamaño mediano y caídas, su cara es subcóncava y es negro con manchas blancas.

1.4. Alimentación porcina.

Es necesario que el productor conozca las necesidades nutritivas de los cerdos en las diferentes etapas de crecimiento y busque las alternativas más económicas para lograr un buen desarrollo del mismo (3).

1.4.1 Los alimentos y su procesamiento básico.

1.4.1.1 Agua

El cerdo por lo general bajo buenas condiciones ambientales, consume un promedio de 2.0 l a 2.5 l de agua por cada kg de alimento seco.

El agua constituye en promedio el 90% del plasma sanguíneo; el 75% del músculo, el 45% de los huesos y aproximadamente el 5 % del esmalte dental.

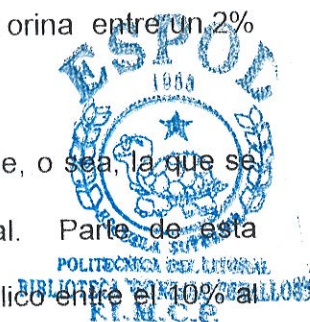
Es importante en el proceso digestivo, en el transporte de los productos metabólicos y en la excreción. A su vez, participa en la hidrólisis de proteínas, las grasas y los carbohidratos que tienen lugar en la digestión y en el metabolismo del animal, y obra en muchos cambios catabólicos y anabólicos.

1.4.1.2 Hidratos de carbono

La energía sustraída por el animal es suministrada por los carbohidratos, elementos productivos cuya función fisiológica es esencialmente energética para los procesos vitales.

La energía total (energía bruta) de un alimento no es aprovechada en su totalidad, pues debe pasar por procesos fisiológicos que la convierten en energía neta o productiva. El producto que no es aprovechado por el animal representa entre el 17% al 58%. Otra parte que si es digerida pasa a constituir lo que se denomina energía digestible parte de la cual también se pierde en forma de gases representa entre el 3% al 8%, en el calor del animal representa entre el 3% al 12% y, por último en la orina entre un 2% al 6%.

Queda lo que se denomina energía metabolizable, o sea, la que se incorpora en el proceso metabólico del animal. Parte de esta energía es gastada en el propio proceso metabólico entre el 10% a



30 %. Queda por último la energía neta, de la cual parte se emplea en el mantenimiento de la actividad propia del animal entre el 10% al 34 % y el resto entre el 0% al 24 % en la producción del animal.

1.4.1.3 Proteína

Las necesitan ya sea para la formación de nuevos tejidos (crecimiento), la reproducción, o bien para reparar el desgaste orgánico.

Los aminoácidos son los que constituyen las unidades que forman las proteínas. Estos se clasifican en esenciales y no esenciales.

Los aminoácidos esenciales son los que el cerdo no puede formar en su cuerpo a partir de otras sustancias o que no pueden ser sintetizados por el organismo animal con la rapidez requerida. Los aminoácidos no esenciales son los que el animal puede formar a partir de ciertos componentes de la ración.

Los aminoácidos no se retienen ni almacenan, razón por la cual es imprescindible proporcionarlos en las cantidades requeridas, la falta de cualquiera de los aminoácidos esenciales provoca la no utilización de los otros; lo que ocasiona una mala utilización de las proteínas. Para que se provoque la síntesis proteica es necesario que todos los aminoácidos estén presentes.



1.4.1.4 Lípidos

Los lípidos o los ácidos grasos esenciales son indispensables para el buen desarrollo de los cerdos. Su deficiencia en cerdos en fase de inicio y acabado genera una exudación gomosa parda en las orejas, en las partes axilares y por debajo de los flancos, seguida por zonas neuróticas y erupciones cutáneas en diferentes partes del cuerpo. También presenta retrasos en la madurez sexual, aparato digestivo poco desarrollado y una vesícula biliar más pequeña de lo normal.

Se cita como necesidad mínima un nivel de ácido linoleico del 1% de las calorías de las dietas. Los ácidos grasos no se presentan deficientes cuando en la dieta contienen cantidades considerables de maíz o cereales, ya que éstos son ricos en grasas.

1.4.1.5 Vitaminas

Éstas desempeñan funciones esenciales en el organismo y son requeridas en pequeñas cantidades.

No siempre la deficiencia de una determinada vitamina se manifiesta bajo un cuadro asintomático, pero podría estar afectando los niveles de aprovechamiento y conversión de los alimentos, lo cual es antieconómico.

1.4.1.6 Minerales

Son elementos esenciales en la dieta de los cerdos, ya que se requieren en diversos procesos del organismo.

Entre los más importante está el P, Ca y Zn. El metabolismo de calcio y fósforo está relacionado con la vitamina D. La relación Ca/P depende de la actividad biológica. La deficiencia de estos minerales se presenta con raquitismos, extremidades encorvadas y fracturas óseas.

El zinc es un elemento necesario para evitar y tratar lesiones cutáneas (paraqueratosis). Se informa que niveles altos de calcio en la dieta provocan una aceleración en la deficiencia de zinc.

1.4.2 Materias primas utilizadas en la alimentación.

1.4.2.1 Concentrados energéticos.

Se caracterizan por alcanzar niveles entre el 60% al 80% de energía digestible y del 6% al 12% de proteína cruda. Las principales materias primas utilizadas son: maíz, sorgo, trigo, cebada, arroz, afrecho de arroz, semolina de arroz, salvado de trigo, melaza, yuca, banano, plátano y grasas de origen vegetal.

1.4.2.2 Concentrados proteicos.

Se caracterizan por alcanzar niveles de proteína cruda del 20% al 45% y del 5% al 11% de fibra cruda. Las principales materias primas utilizadas son: soya, gluten de maíz, Tankage (harina de sangre y hueso), harina de carne, harina de pescado y leche en polvo (3).

1.4.3 Requerimientos nutricionales

1.4.3.1 Requerimientos energéticos.

Los requerimientos energéticos en cerdos para la fase de inicio y acabado son de 3275 kcal / kg de energía digestible. La alimentación completa de cerdos en inicio y acabado con una dieta rica en energía digestible (3275 kcal /kg) da como resultado un índice de ganancia y una eficiencia de utilización de los alimentos máximos.

1.4.3.2 Requerimientos proteicos.

Los requerimientos de proteína en cerdos para la fase de inicio y acabado son del 16% (22).

La reducción de proteína en dietas de cerdos reduce la respuesta productiva e incrementa la grasa dorsal (10).



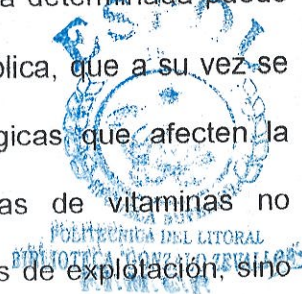
1.4.3.3. Requerimientos de vitaminas y minerales.

Las vitaminas son sintetizadas en pequeñas proporciones, por los organismos vivos, mientras que los minerales no pueden serlo, por lo que ambos deben proporcionarse a partir de fuentes exógenas, principalmente con la ración, independientemente del régimen alimenticio al que estén sometidos los animales.

Los requerimientos de vitaminas en cerdos para la fase de inicio y acabado son: Vitamina A 4550 (UI), Vitamina D 437 (UI), Vitamina E 11 (UI), Vitamina K 0.5 (mg), Biotina 0.05 (mg), Colina 0.3 (g), Folacina 0.3 (mg).

Los requerimientos de minerales en cerdos para la fase de inicio y acabado son: calcio 0.5%, fósforo 0.4%, sodio 0.10%, magnesio 0.04%, potasio 0.23%, cloro 0.08% y zinc 60 (mg) (22).

Un suministro inadecuado de una vitamina determinada puede perjudicar seriamente una función metabólica, que a su vez se puede reflejar en consecuencias fisiológicas que afecten la productividad. Las deficiencias absolutas de vitaminas no suelen darse en las condiciones normales de explotación, sino más bien deficiencias marginales que provocan síntomas



inespecíficos como pérdida del apetito, mal aspecto general, retraso del crecimiento y peor utilización de los alimentos: de la misma manera, las deficiencias minerales solamente se hacen evidentes cuando otros factores limitantes se han eliminado y el animal tiene el potencial de crecer y producir (17).



Tabla 1. Necesidades nutricionales de cerdos en la fase de inicio y acabado a los que se alimenta a voluntad (90% de materia seca)

Niveles de ingestión y rendimiento	
Aumento promedio diario de peso esperado (kg/día)	0.76
Consumo promedio diario esperado (kg/día)	2.51
Conversión alimenticia esperada (consumo/aumento)	3.25
Ingestión de energía metabolizable (kcal/día)	8192.50
Ingestión de proteína (g/día)	380.00
Requerimiento	
Nutriente	
Concentración de energía (kcal EM/kg de dieta)	3267.50
Proteína (%)	16.00
Aminoácidos indispensables (%)	
Arginina	0.18
Histidina	0.20
Isoleucina	0.42
Leucina	0.55
Lisina	0.68
Metionina + cistina	0.38
Fenilalanina + tirosina	0.61
Treonina	0.44
Triptófano	0.11
Valina	0.44
Acido lino eico	0.10

Fuente: NRC 2003

Tabla 2. Necesidades de vitaminas y minerales de cerdos en la fase de inicio y acabado a los que se alimenta a voluntad (90 % de materia seca).

Requerimiento	
Elementos minerales	
Zn (mg)	55.00
Cu (mg)	3.50
Ca (%)	0.50
P, total (%)	0.45
P, disponible (%)	0.19
Na (%)	0.10
Cl (%)	0.08
Mg (%)	0.04
K (%)	0.20
Vitaminas	
Vitamina A (UI)	1300.00
Vitamina D (UI)	150.00
Vitamina E (UI)	11.00
Vitamina B12 (µg)	7.50
Riboflavina (mg)	2.30
Tiamina (mg)	1.00
Vitamina B6 (mg)	1.00
Vitamina K (menadiona) (mg)	0.50
Biotina (mg)	0.05
Colina (g)	0.80
Folacina (mg)	0.30

Fuente: NRC 2003



1.4.4 Importancia de la alimentación en las diferentes etapas

1.4.4.1 Digestión y metabolismo

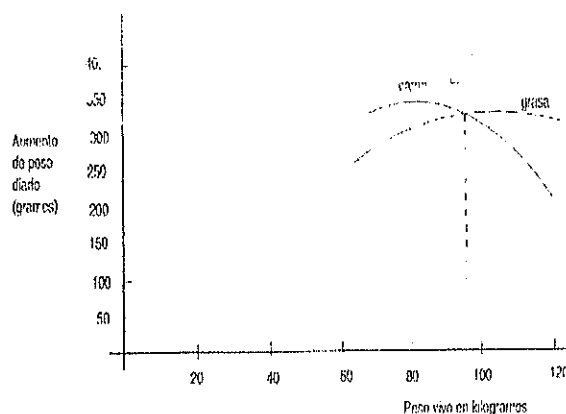
Cuando el animal ha llegado a su edad adulta, el proceso de crecimiento de tejido muscular es lento e incluso llega a declinar; es en ésta época cuando se acumulan fácilmente grasas.

Si bien es cierto que existe una variación en cuanto a la producción de carne y grasa según la raza, alimentación, entre otros, en promedio existe un punto donde el ritmo de crecimiento coincide en la deposición de tejido muscular y adiposo; este punto se logra alrededor de los 95 kg de peso vivo (23).

Antes de encontrar el punto donde la deposición de grasa es mayor, a más alto peso del cerdo la ganancia de peso diaria es menor.

El cerdo, hasta lograr un peso promedio de 55 kg, presenta ganancias elevadas de peso diario; durante el lapso con pesos de 50 kg a 72 kg, la ganancia diaria es menor; pero, a pesos superiores a los 72 kg, las ganancias diarias de peso son también menores y llega el momento en que son decrecientes, tal como se aprecia en la figura uno

Figura 1. Tendencias de crecimiento de grasa y músculo.



Fuente: Nueva Agricultura, Costa Rica. 1999

1.4.4.2 Fases de inicio y acabado

Para que se obtenga una buena producción de carne, es indispensable un buen proceso de crecimiento, que no sólo depende de la alimentación sino también del clima, genotipo, sanidad y manejo.

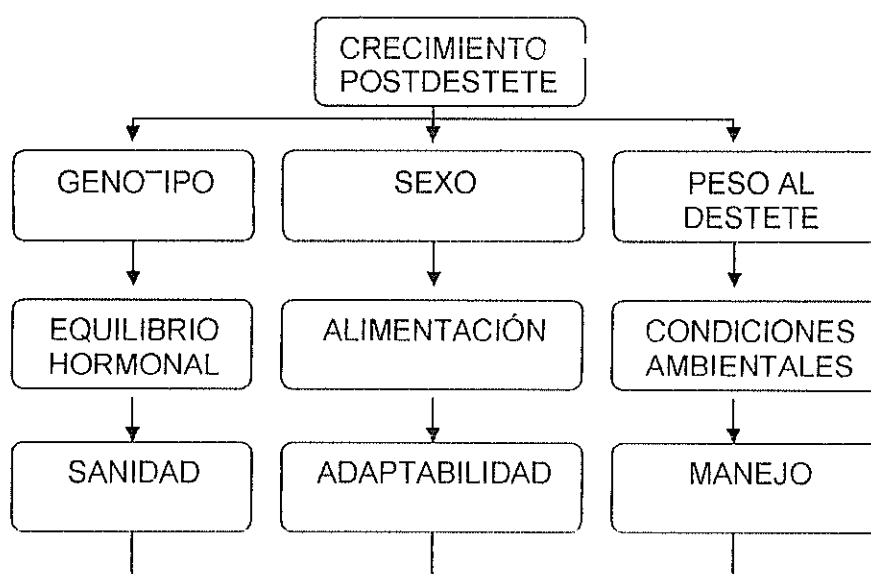
En esta etapa fisiológica, en investigaciones realizadas, los cerdos que consumieron harina de gandul al 20% como alternativa de proteína alcanzaron un aumento promedio diario de peso de 700 g, un consumo de 1.60 kg/día y una conversión alimenticia de 2.29% (9).

En otras investigaciones realizadas en la misma etapa fisiológica, se utilizó palmiste como reemplazo de las fuentes tradicionales de

energía y se obtuvo un aumento promedio diario de peso de 937 g. un consumo de 2.93 kg/día y una conversión alimenticia de 3.46% (1).

Posteriormente al buen manejo de lechones y al destete, el crecimiento está determinado tal como se aprecia en la figura dos, como se observa, son muchos los factores que intervienen en el proceso de crecimiento de los porcinos. Estos factores funcionan en forma sistemática e interactúan. Cualquiera que no opere de acuerdo con su necesidad va a retardar el proceso de crecimiento (11).

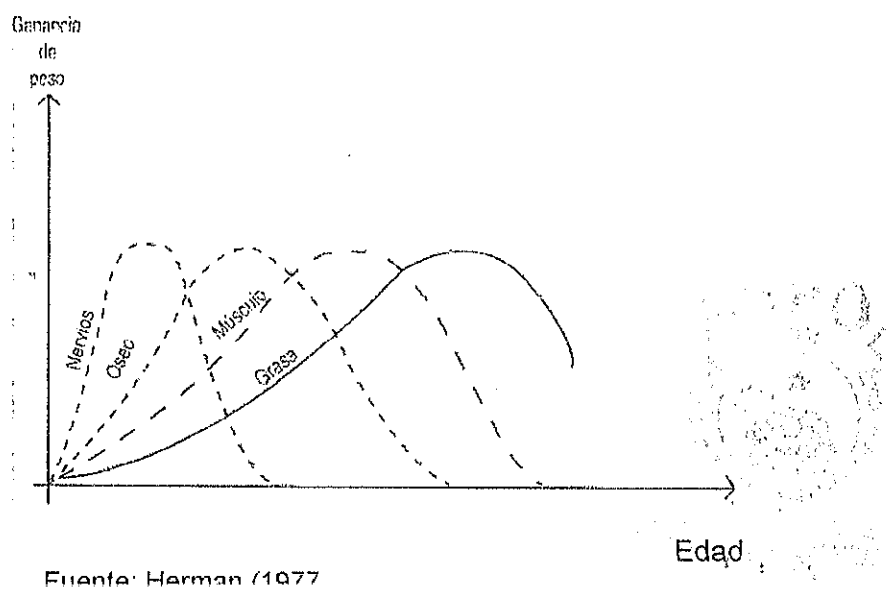
Figura 2. Factores que inciden en el postdestete.



Fuente: Helman 1977

Durante el proceso de desarrollo del individuo, éste tiene prioridades para el desarrollo tisular. Así el cerdo tiene un proceso prioritario en la distribución de nutrientes. Los primeros nutrientes van destinados al sistema nervioso, luego al tejido óseo, el resto de los nutrientes al tejido muscular y por último, para la formación de grasa, de no llenar los requerimientos nutricionales, los que tienen prioridad son los tejidos nerviosos y óseos. Si la deficiencia es elevada, se desencadena un proceso de reinversión tisular, que inicia con las grasas, y, de ser necesario, el tejido muscular tal como lo muestra la figura tres (11).

Figura 3. Prioridades en el desarrollo de los tejidos.



1.5. Sanidad porcina

1.5.1 Organismos patógenos.

Los principales agentes causantes de enfermedades son los virus, las bacterias y los parásitos internos (endoparásitos) y externos (ectoparásitos); éstos son los principales portadores y transmisores de enfermedades en los cerdos.

Las condiciones del trópico favorecen el desarrollo de estos microorganismos, como son la humedad y la temperatura, como factores propicios para su reproducción y propagación (3).

1.5.2 Método de control preventivo de enfermedades.

1.5.2.1 Desinfección

Es el conjunto de operaciones necesarias para la destrucción parcial o total de los agentes infecciosos.

Ejemplo: la creolina, el lisol, solutol, son de mucho uso; algunos tienen base en yodo.

1.5.2.2 Vacunación

Se aplican vacunas contra la fiebre aftosa, parvovirus y erisipela.

1.5.2.3 Limpieza

La limpieza diaria debe abarcar los comederos, los bebederos y las paredes.

1.5.3 Principales enfermedades de los cerdos destetados y adultos

Artritis; mastitis, metritis y agalactia (MMA); brucelosis, leptopirosis, erisipela, ántrax, pierna negra, edema maligno, septicemia hemorrágica, rinitis atrófica, mal de pezuñas, cólera porcino (19).

CAPÍTULO 2

2. ZEOLITAS NATURALES

2.1. Estructura

Las zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos cristalinos. La primera zeolita se describió en 1756, por Cronstedt, un mineralógico sueco, que les dio el nombre de origen griego *zeo*: hiervo, y *lithos*: piedra: "piedras hirviendo", refiriéndose a la evolución del vapor de agua cuando la roca se calienta (33).

Las zeolitas naturales son minerales de la clase Silicatos y subclase Tectosilicatos compuestos por armazones de AlO_4 y SiO_4 muy abiertos, con grandes espacios de interconexión o canales. Dichos canales, de estos aluminosilicatos hidratados, retienen iones de Na, K y Ca, así como moléculas de agua ligadas por enlaces de hidrógeno a los cationes de la estructura (14).

2.2. Características

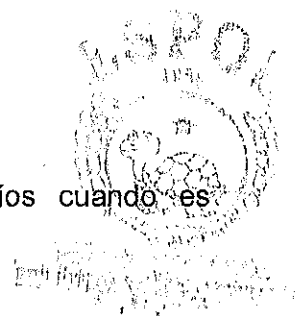
Este mineral contiene propiedades excepcionales como la buena capacidad de intercambio catiónico, tamiz molecular, capacidad de adsorción, actividad catalítica y biológica.

Una zeolita es un mineral aluminosilicato cuya estructura forma cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento que permiten el cambio iónico y la deshidratación reversible, y que están compuestas por aluminio, silicio, sodio, hidrógeno, y oxígeno (33).

La estructura cristalina está basada en las tres direcciones de la red con SiO_4 en forma tetraédrica con sus cuatro oxígenos compartidos con los tetraedros adyacentes. Las propiedades físicas proveen aspectos únicos para una variedad amplia de aplicaciones prácticas.

Las zeolitas se caracterizan por:

- Alto grado de hidratación.
- Baja densidad y un gran volumen de vacíos cuando es deshidratado.
- La estabilidad de su estructura cristalina cuando se deshidrata.
- Las propiedades de intercambio del catión.



- Presenta canales moleculares uniformes clasificados en los cristales deshidratados
- Por su habilidad de absorber gases y vapores.
- Por sus propiedades catalíticas.

Todas las zeolitas son consideradas como tamices moleculares, que son materiales que pueden absorber selectivamente moléculas en base a su tamaño, pero no todos los tamices moleculares son considerados como zeolitas, ya que también el carbón activado, las arcillas activadas, la alúmina en polvo, y la sílice en gel se consideran como tamices moleculares (4).

2.3. Propiedades

2.3.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de una zeolita deben de considerarse de dos formas:

(a) primero una descripción mineralógica de la zeolita desde el punto de vista de sus propiedades naturales, incluyendo la morfología, hábitos del cristal, gravedad específica, densidad, color, tamaño del cristal o grano, el grado de cristalización, resistencia a la corrosión y abrasión.

(b) el segundo desde el punto de vista de su desempeño físico como un producto para cualquier aplicación específica. tomando en cuenta las características de brillantes. color, viscosidad de Brookfield, viscosidad de Hércules, área superficial, tamaño de partícula, dureza, resistencia al desgaste (33)

Tabla 3. Propiedades físicas de las zeolitas

PUNTO DE FUSIÓN	1300°C
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC)	120meq/100g
DENSIDAD	1 g/ cm ³
PH	7.6
HUMEDAD	12%
RETENCIÓN DE AGUA	30%
RADIO MOLECULAR	5.1 (Si/Al)
ESTABILIDAD TÉRMICA	650°C

Fuente ZeoAgro 2003

2.3.2. Propiedades químicas

Las aplicaciones de las zeolitas naturales hacen uso de una o más de sus propiedades químicas, que generalmente incluye el intercambio de iones, adsorción, deshidratación y rehidratación. Estas propiedades están en función de la estructura del cristal de cada especie y composición catiónica (21).

2.3.2.1 Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio de cationes es la media del número de cationes intercambiables presentes por unidad de peso o volumen de la zeolita y representa el número de cationes disponibles para el canje.

También se dice, que por los procedimientos clásicos de intercambio catiónico de una zeolita se puede describir como la sustitución de los iones sodio de las zeolitas por cationes de otros tamaños y otra carga.

Esta es una de las características esenciales de las zeolitas. En efecto, así se consigue modificar considerablemente las propiedades y ajustar la zeolita a los usos más diversos.

Las unidades se expresan en mili equivalentes por 100 gramos de zeolita (meq/100 g) o por gramo de zeolita (meq/g).

El intercambio catiónico se puede efectuar de varios modos:

- Intercambio en contacto con una solución salina acuosa (intercambio hidrotérmico) o con un solvente no acuoso;
- Intercambio en contacto con una sal fundida. Por ejemplo, una zeolita A, originalmente con Ca, se pone en contacto con nitratos de litio, potasio o rubidio fundidos hacia 350°C;
- Intercambio en contacto con un compuesto gaseoso. Por ejemplo, una zeolita faujasita Y, originalmente en su forma Na, se pone en contacto con HCl anhidro o NH₃, hacia 250°C.

El intercambio de iones en una zeolita depende de:

- La naturaleza de las especies catiónicas, es decir, del catión, de su carga, entre otros.
- La temperatura.
- La concentración de las especies catiónicas en solución.
- Las especies aniónicas asociadas al catión en solución.
- El solvente (la mayor parte de los intercambios se lleva a cabo en solución acuosa, aunque también algo se hace con solventes orgánicos)
- Las características estructurales de la zeolita en particular

La zeolita de tipo clinoptilolita (la que más se utiliza en nutrición animal) intercambia preferentemente amonio frente a sodio y los valores de CIC son normalmente de 200 meq/100 g (20).

Debido a su elevada actividad química la captación de aflatoxinas podría ser la aplicación más importante en la inclusión de zeolita en dietas para monogástricos.

2.3.2.2 Capacidad de adsorción

Las zeolitas cristalinas son los únicos minerales adsorbentes. Los grandes canales centrales de entrada y las cavidades de las zeolitas se llenan de moléculas de agua que forman las esferas de hidratación alrededor de dos cationes cambiables. Si el agua es eliminada y las moléculas tienen diámetros seccionales suficientemente pequeños para que estas pasen a través de los canales de entrada entonces son fácilmente adsorbidos en los canales deshidratados y cavidades centrales. Las moléculas demasiado grande no pasan dentro de las cavidades centrales y se excluyen dando origen a la propiedad de tamiz molecular una propiedad de las zeolitas.

La estructura microporosa de las zeolitas les proporciona una alta superficie específica estando además los canales y/o cavidades distribuidos uniformemente lo que permite adsorber selectivamente

moléculas de distintos tamaños en función de las dimensiones de los canales (21)

2.3.2.3 Propiedades deshidratación y rehidratación.

Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos que al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos o sea de 3 Å a 10 Å

Las zeolitas forman cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento que permiten el intercambio iónico y la deshidratación reversible.

Basado en el comportamiento de deshidratación. Las zeolitas pueden ser clasificadas como:

- a) Aquellas que muestran cambios estructurales no mayores durante la deshidratación y exhiben continua pérdida de peso como una función de la temperatura. La deshidratación de las zeolitas es termalmente estable de 700 °C a 800 °C.
- b) Aquellos que sufren mayores cambios estructurales, incluyendo colapsos (derrumbes) durante la deshidratación, y exhiben discontinuidades en la pérdida de peso. Estos exhiben pérdidas reversibles de agua a bajas temperaturas, pero un mayor cambio estructural a una elevada temperatura, y los materiales pierden su carácter zeolítico (20).

2.4. Clasificación

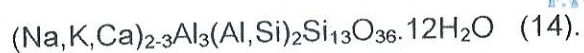
Actualmente se conocen unas cincuenta zeolitas naturales y más de ciento cincuenta se sintetizan para aplicaciones específicas como la catálisis industrial o como carga en la fabricación de detergentes. Entre las zeolitas más empleadas destacan la clinoptilolita, heroinita, chabasita, phillipsita y mordenita, que son las más utilizadas por sus aplicaciones. (Ver apéndice A).

Apoyándose en estudios cristalográficos se propuso una clasificación estructural de las zeolitas basada en la existencia de 8 unidades secundarias de construcción (18). (Ver apéndice B).

2.4.1 Clinoptilolita

La clinoptilolita es una zeolita natural formada por la desvitrificación de ceniza volcánica en lagos o aguas marinas hace millones de años. Este tipo es la más estudiada y considerada la de mayor utilidad.

La clinoptilolita es un aluminosilicato de sodio, potasio y calcio hidratado que tiene la fórmula molecular:



Es una zeolita que pertenece a la familia de la heulandita, junto con la laumontita y la mordenita, entre otras.

El 16 de Junio de 1999, en el reglamento No. 1245/1999 de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) se autorizó la implementación al mercado de nuevos aditivos en la alimentación animal. entre ellos se describe a la clinoptilolita como agente ligante, antiaglomerante y coagulante, el cual no afecta a la salud humana o animal o al medio ambiente, ya que ha sido experimentado con éxito en algunos Estados miembros. (Ver apéndice C)

La clinoptilolita posee diferentes elementos en su composición según el yacimiento de donde proceden y su contenido debe ser puro para emplearlo en nutrición animal (16).

La zeolita pertenece al grupo de los aditivos dietarios no nutritivos que poseen infinitas estructuras tridimensionales que le confieren la capacidad de ganar y perder agua reversiblemente y de cambiar algunos cationes constituyentes (28)

La clinoptilolita es un aditivo natural que ayuda a mejorar la eficiencia de los nutrientes y contribuye con la higiene de los alimentos en dos direcciones. Dentro del animal, durante la digestión, ya que químicamente atrae y atrapa a las micotoxinas que puedan estar presentes en el alimento. Y fuera del animal, porque al accionar con el amonio generado por el proceso digestivo, elimina o reduce los malos olores de las excretas (16).

El producto no contiene ningún nutriente, todos sus componentes son estructurales y por supuesto su digestibilidad es nula. sin absorberse en la sangre.

Las zeolitas presentes en el sistema digestivo de los animales absorben una parte de los nutrientes ingeridos en sus cavidades, reteniéndolos por un cierto tiempo y, posteriormente, los van dosificando poco a poco, razón por la cual el animal aprovecha mejor lo que come (26).

2.5. Aplicaciones

2.5.1. Aplicación pecuaria

2.5.1.1 Nutrición animal

El beneficio de agregar zeolitas dependerá de la fuente dietaria y el nivel de proteína en la dieta, esperándose resultados positivos cuando el nivel de proteína es el adecuado para el tipo de animal y nivel productivo (26).

La adición del 1% al 5% de clinoptilolita a la dieta animal mejora el crecimiento, reduce la incidencia y severidad de diarreas en cerdos, pollos, ganado vacuno y ovejas. Mejora las funciones en el tracto digestivo de los animales. Mejora la calidad de la cáscara de huevos en gallinas ponedoras. (25).

En cerdos la adición del 2% de clinoptilolita produce el mismo efecto que una suplementación de 250 ppm de cobre, aumentando sin interacción entre los dos productos, el crecimiento y la superficie de músculo del lomo. Este resultado se explicaría dada la disminución del peso de los riñones e hígado, lo que permitiría una mejor utilización de los nutrientes para el crecimiento (25).

La adsorción de amoníaco pudiera ser una de las formas en que los aluminosilicatos actúen positivamente durante el proceso digestivo de los cerdos (25).

En la dieta de cerdos de engorde existen mejoras en ganancia de peso con un valor de 0.688 g y en conversión alimenticia con 1.55% utilizando zeolita al 3% (5).

En lechones hasta un 3% de zeolita en el pienso mejora el crecimiento y el índice de conversión sin aumentar el consumo (13).

En lechones con 3% y 6 % de clinoptilolita en la dieta mejora el crecimiento, el índice de conversión y la superficie del músculo del lomo (6).

Para cerdas primíparas se obtiene efectos positivos con un 3 % de clinoptilolita (7).

La suplementación de clinoptilolita a la dieta de los rumiantes altera el metabolismo del rumen incrementando las fuentes de nitrógeno aprovechable por el animal, esta alteración en la práctica se refleja en una mayor producción de leche y carne (27).

La clinoptilolita da eficiencia en el desarrollo del ganado haciendo decrecer el agua amoniacal en el sistema digestivo. En terneras postdestete con 3% de zeolita, se consiguió respuestas significativas en ganancia de peso (30).

En corderos se logran ganancias en promedio de 11.5% en crecimiento cuyas dietas que contienen clinoptilolita al 2% sobre el grupo que no la contiene (24).

La adición de un 5% de zeolita en la alimentación de pollos mejoró su conversión alimenticia (16).

La inclusión de zeolita en los piensos ingeridos por el ganado porcino aumenta la excreción de nitrógeno en las heces y la reduce a nivel urinario, lo que hace reducir la irritación del epitelio intestinal (29).

2.5.1.2 Explotación pecuaria.

En las explotaciones pecuarias existe la presencia del amoniaco que se desprende de los excrementos y orinas en el almacenamiento de pollos y cerdos afectando la producción y es aquí cuando se puede utilizar zeolita que mediante su adsorción captura las sustancias (34).

2.5.1.3 Eliminación de olores

Las zeolitas permiten controlar el mal olor y contenido de humedad de los desechos animales. En particular, la eliminación del amoníaco generado por descomposición fecal aporta beneficios pues reduce la incidencia de enfermedades y mortalidad en aves y cerdos (16).

2.5.2. Aplicación agrícola

2.5.2.1 Tratamiento de suelos.

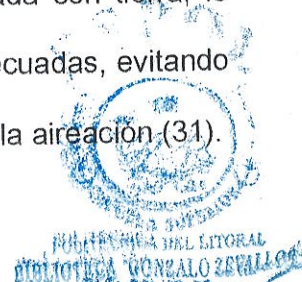
Las zeolitas han resultado beneficiosas en el tratamiento de suelos, por sus propiedades de intercambio iónico y retención de agua (25).

2.5.2.2 Sustratos para semilleros.

Las zeolitas en un 25% a un 30%, mezclada con tierra, le confieren al sustrato condiciones físicas adecuadas, evitando la compactación y favoreciendo al drenaje y la aireación (31).

2.5.2.3 Retención del nitrógeno.

La elevada selectividad de las zeolitas frente a algunos estados del nitrógeno, puede reducir el uso de fertilizantes químicos y puede dosificar los nutrientes y el agua cuando lo requiera el cultivo. La zeolita disminuye las pérdidas de fertilizantes (NH_4), fósforo y otros componentes, por la



solubilización con agua, por filtración; por descomposición del amonio, entre otros (31).

Basados en las propiedades de adsorción, hidratación y en la capacidad de intercambio iónico, las zeolitas muestran potencial tanto de enmienda del suelo, como de liberación lenta del fertilizante. La clinoptilolita y otras zeolitas, por ejemplo tienen una capacidad de intercambio iónico entre 100 meq/100g y 300 meq/100g, y una alta selectividad del K y NH_4 . Los suelos con alto contenido de arcilla poseen una capacidad de intercambio iónico de entre 11 meq/100g a 50 meq/100g. La retención de NH_4 en los canales estructurales del mineral, previenen su oxidación a NO_3 por bacterias y ayudan a reducir la pérdida de fertilizantes del tipo amoniacal (27).

2.5.2.4 En la elaboración de abonos orgánicos.

Las zeolitas añadidas entre un 10% a un 20% al abono orgánico, reducen las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y escurrimientos que se producen durante procesos bio-orgánicos. Mantiene la temperatura del compost, lo que ayuda a su descomposición. Además que disminuye malos olores producidos por el amoniaco y el ácido sulfhídrico (31)

La tecnología para la producción de abonos órgano-minerales (zeolita mas roca fosfórica y turba). Esta tecnología garantiza la asimilación del 90% del fósforo presente en las rocas fosfóricas cubanas y obtiene un abono de bajo costo y alta eficiencia en dosis de hasta 14 toneladas por Ha. y granulometría de 1 mm a 3 mm (8).

2.5.2.5 Adsorción y desorción de agua

La elevada afinidad de las zeolitas, ha demostrado su utilidad en el control de los niveles de humedad, esto es una propiedad aplicable en los cultivos agrícolas ya que mantiene la zeolita la humedad en el suelo.

Las zeolitas son capaces de adsorber hasta un 70% de su peso en agua, manteniendo la humedad sin producir charcos (31).

2.5.3. Aplicaciones generales


En la acuicultura, se podrían emplear para mantener la calidad del agua, catálisis y refinado del petróleo, gasificación del carbón, separación de gases, intercambio iónico y purificación del gas natural (2).

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento.

El presente trabajo se realizó en el Programa de Porcinos de la Estación Experimental "Boliche" del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que se encuentra ubicado a $2^{\circ}15'15''$ de latitud sur y $73^{\circ}38'4''$ de latitud occidental, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas, esta localidad se encuentra a 17msnm, con una pluviosidad promedio anual de 1025 mm, 24°C de temperatura media anual y 83% de humedad relativa. Base Aérea Taura (1999).



3.2 Equipos y materiales.

Se utilizaron los siguientes equipos y materiales.

- Zeolita de tipo clinoptilolita para nutrición animal (Zeoanimal) de la empresa Zeoagro.
- 4 dietas experimentales para cerdos en la fase de crecimiento y acabado al 0%, 2%, 4%, 6% de zeolita.
- 16 Cerdos híbridos Landrace x Yorkshire. (Ver apéndice D)
- 4 corrales de 9.6m² equipados con comederos individuales.
- Báscula con capacidad de 1000kg marca Toledo.
- Báscula de 90kg marca Salter.
- Báscula con capacidad de 500 g marca Maúl.
- Romana con capacidad de 10 qq.
- Comederos de batea de concreto.
- Bebederos de pileta de concreto.
- Equipo veterinario (reactivos, material quirúrgico, desechables, suturas, agujas y jeringas, mandil, entre otros.)
- Bomba de mochila CP3.
- Hoja de control de peso y alimento.
- Insumo veterinario de uso regular (Vermoplex, óxido de zinc, azul de metileno con fórmula 62, eterol, anestésico local, Baytril)
- Cámara fotográfica kodak.

3.3 Factores en estudio y niveles.

En el presente estudio se evaluó el factor niveles de zeolita como alternativa promotora de crecimiento en las fases de inicio y acabado en cerdos confinados.

Niveles

a1 = 0 % de zeolita

a2 = 2 % de zeolita

a3 = 4 % de zeolita

a4 = 6 % de zeolita

La base de la dieta para los cerdos fue de maíz, polvillo de arroz, harina de sangre, torta de soya, fosfato di cálcico, sal yodada y premezcla. La composición, análisis calculado y análisis proximal de las dietas se presentan en los apéndices E, F y G.

3.4 Tratamientos.

Los tratamientos tanto para la fase de inicio y acabado son los tres niveles de zeolita (2%, 4% y 6% en las dietas) como promotor de crecimiento y una de 0% de zeolita - testigo.

Tratamientos :

T1 = 0 % de zeolita

T2 = 2 % de zeolita

T3 = 4 % de zeolita

T4 = 6 % de zeolita

3.5 Unidad experimental.

Se utilizaron 16 cerdos mestizos de 75 días de edad de cruzamiento de razas Landrace x Yorkshire. Cada cerdo constituyó una unidad experimental.

3.6 Diseño Experimental.

En este experimento se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA). En el cuadro se presenta el esquema del análisis de varianza.

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	$(r \times t) - 1$
Tratamiento	$t - 1$
Repeticiones	$r - 1$
Error. Exp.	$(t - 1)(r - 1)$

3.7 Análisis estadístico y nivel de significación.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el análisis de varianza en Diseño de Bloques Completos al Azar. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$). Se utilizó el programa estadístico SAS (SAS Institute 2001).

Además se realizó un análisis de regresión lineal simple por tratamiento para determinar el incremento de cada variable por cada semana. Los gráficos estadísticos y las regresiones fueron elaborados con el programa estadístico SigmaPlot 2000.

3.8 Datos obtenidos.

En el periodo experimental se registraron los siguientes datos para evaluar el comportamiento de los cerdos. (Ver apéndice H)

3.8.1 Peso corporal.

Se toma el peso individual en ayuno y por grupo al inicio del experimento. Luego se toma el peso individual y por grupo cada 7 días y al final del experimento (75 kg). Además se toma el consumo semanal del alimento por grupo.

3.8.2 Aumento promedio diario de peso.

Se obtiene al dividir el aumento total de peso, para el número de días del animal en el experimento.

3.8.3 Consumo promedio diario de alimento.

Se toma el consumo total de alimento y se divide para el número de días y número de animales en la ejecución del experimento.

3.8.4 Conversión alimenticia.

Se obtiene al dividir el consumo promedio diario, para el aumento promedio diario. Se calculó la cantidad de alimento consumido en relación con el peso vivo y los kilogramos de alimento requerido por kilogramo de peso ganado en función del peso corporal.

3.8.5 Espesor de grasa dorsal.

Se lo obtiene al medir todas la deposiciones de grasa en el dorso anterior, medio y posterior en milímetros.

3.8.6 Costo de las dietas.

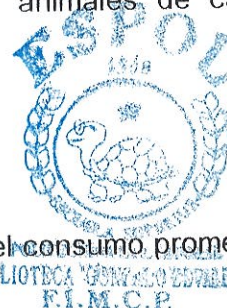
Se lo obtiene al sumar todos los costos de los ingredientes que componen una dieta.

3.8.7 Costo diario de alimento.

Se obtiene al multiplicar la media del consumo promedio diario por el valor del kg de la dieta y por el número de animales de cada tratamiento.

3.8.8 Costo total de alimento.

Se obtiene al multiplicar el costo de la dieta por el consumo promedio de alimento diario.



3.8.9 Costo por kg de peso vivo producido.

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

3.9 Análisis económico.

El análisis económico del experimento se realizó siguiendo la metodología propuesta por el Centro Internacional para el Mejoramiento del maíz y trigo (CIMMYT, 1988).

3.9.1 Análisis de presupuesto parcial.

Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.

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

3.9.2 Análisis de dominancia.

Este método consiste en ordenar los tratamientos de menor a mayor en relación a los costos que varían 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.

3.9.3 Análisis marginal.

Con este análisis 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 lo que se denomina Tasa Marginal de Retorno (TMR).

3.10 Procedimiento experimental.

3.10.1 Manejo de los animales.

Los animales se sometieron al manejo que el Programa de Porcinos de la Estación Experimental "Boliche" realiza en la fase de inicio y acabado.

3.10.1.1 Manejo de cerdos confinados para la fase de inicio y acabado. (INIAP, Boliche 2004).

Previo a sorteo fueron separados los 16 cerdos, los cuales fueron distribuidos según un diseño de bloques completos al azar de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. (Ver apéndice I).

Los tratamientos considerados en el suministro ad libitum de raciones elaboradas de acuerdo a los requerimientos nutricionales (Ver apéndice J) con niveles de zeolita de la siguiente forma: T1:0%; T2:2%; T3:4% y T4:6%. El ensayo tuvo un período de tiempo aproximado de 73 días, hasta alcanzar un peso promedio de 75 kg.

El peso de los cerdos fue tomado en forma individual cada 8 días y en ayuno, el suministro de agua y alimento diario fue a voluntad de las respectivas dietas experimentales. (Ver apéndice K)

Se suprimió un antibiótico de amplio espectro (flavomicina) a las dietas con zeolita desde el inicio del experimento y posteriormente, a los 34 días del experimento se visualizó presencia de heces con apariencia pastosa y de color grisáceo en los animales del tratamiento dos. Esto se controló con la aplicación de Baytril, antibiótico bactericida de amplio espectro.

A los 39 días de ensayo los cerdos pertenecientes al tratamiento dos presentaron una leve paraqueratosis, que es una ligera irritación en la piel posiblemente producida por el alto nivel de polvillo de arroz que incluía la dieta, para contrarrestar este problema se aplicó 1 kg de óxido de zinc en la dieta suministrada ese día.



A los 45 días de ensayo se realizó una desparasitación general, se aplicó Vermoplex, la dosis suministrada fue de 2 g por kg de peso vivo, no influyó en el experimento ya que esta práctica es muy normal en el manejo de la producción, es decir, está dentro de los parámetros esperados y establecidos.

A los 75 kg de peso vivo, se midió el espesor de grasa dorsal anterior, media y posterior; y se midió la deposición de grasa dorsal en mm. Se realizó una asepsia a las tres partes del dorso (anterior, medio y posterior), se hizo la incisión con bisturí y luego se procedió a la lectura introduciendo una regleta en mm para posteriormente desinfectar con azul de metileno con fórmula 62. (Ver apéndice L).

La experimentación finalizó cuando la media de peso de los tratamientos fue de 75 kg ya que es el peso donde el cerdo alcanza los valores óptimos de crecimiento (23). (Ver Apéndice M)

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1 Respuesta de los cerdos durante la fase de inicio y acabado.

Los resultados experimentales obtenidos de los diferentes parámetros investigados, se detallan en el tabla 19.

4.2 Aprovechamiento de la zeolita.

4.2.1 Duración del experimento.

Los animales pertenecientes al T4 (6% de zeolita) alcanzaron el peso promedio previsto (75 kg de peso vivo), en 70 días seguido de los T1 y T3 (0% y 4% de zeolita respectivamente) que lo hicieron en un periodo de 73 días, y finalmente el T2 (2% de zeolita) en 81 días, en la presente investigación de campo.



4.2.2 Cambio de peso corporal desde la semana dos a la semana once.

El diseño experimental contempló el cálculo de esta variable hasta las once semanas de la investigación para los cuatro tratamientos.

En el análisis de varianza (ADEVA) se observa que existen diferencias estadísticas significativas para tratamientos en la semana ocho, nueve, diez y once en cuanto al peso corporal de los cerdos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes. En todas las otras semanas no se detectaron diferencias estadísticas significativas para tratamientos.

En cuanto a las repeticiones en todas las semanas se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para esta fuente de variación. Los coeficientes de variación encontrados van desde 5.27% a 7.81%. (Ver tabla 5).

Al realizar la prueba de significancia de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en la semana ocho, nueve, diez y once se observó que los tratamiento uno, tres y cuatro son similares estadísticamente y diferentes del tratamiento dos, el promedio del coeficiente de variación fue de 5.87%. (Ver apéndice L).

El peso corporal de los cerdos de los cuatro tratamientos en once semanas de ejecución de la investigación de campo determinó que el tratamiento cuatro alcanzó el peso requerido en la investigación de 75 kg, mientras que los tratamientos uno, dos y tres alcanzaron un peso de 71.4 kg, 65.3 kg y 73.1kg respectivamente. (Ver tabla 6).

En la tabla 5 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza para el cambio de peso corporal desde la semana dos a la semana once.

Tabla 5. Resumen de los cuadrados medios del cambio de peso corporal desde la semana dos hasta la semana once de cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E Boliche. 2004-2005.

		ADEVA									
	GL	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Total	15										
Tratamiento	3	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s.	*	*	*	*
		1.55	1.80	4.43	5.16	10.76	28.20	59.68	86.20	77.60	71.43
Repetición	3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
		82.30	121.34	158.34	192.16	219.89	283.12	296.35	326.37	372.60	353.72
Error.Exp.	9	1.82	2.82	4.98	6.77	10.75	12.25	13.42	12.75	12.70	14.54
C.V (%)		6.21	6.26	7.21	6.98	7.81	7.19	6.93	5.95	5.27	5.35

n.s = Estadísticamente no significativo * = Estadísticamente significativo Error.Exp. = Error experimental

C.V = Coeficiente de variación ** = Estadísticamente altamente significativo

Tabla 6. Cambio de peso corporal en kilogramos desde la semana uno hasta la semana once de cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E Boliche. 2004 – 2005.

Tratamiento	SEMANAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T1 (0% zeolita)	18.75	21.87	26.75	31.12	36.50	41.75	48.75	53.88 ab	60.50 ab	67.75 ab	71.37 ab
T2 (2% zeolita)	18.75	20.87	26.00	29.50	36.25	40.00	45.37	47.37 b	54.62 b	62.37 b	65.25 b
T3 (4% zeolita)	18.75	21.75	27.00	31.25	37.50	42.12	48.50	53.50 ab	59.00 ab	67.00 ab	73.12 ab
T4 (6% zeolita)	18.75	22.37	27.62	32.00	38.75	44.00	51.87	56.50 a	65.87 a	73.12 a	75.00 a

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey $P \leq 0.05\%$.

Figura 4. Regresión del cambio de peso corporal desde la semana uno hasta la semana doce

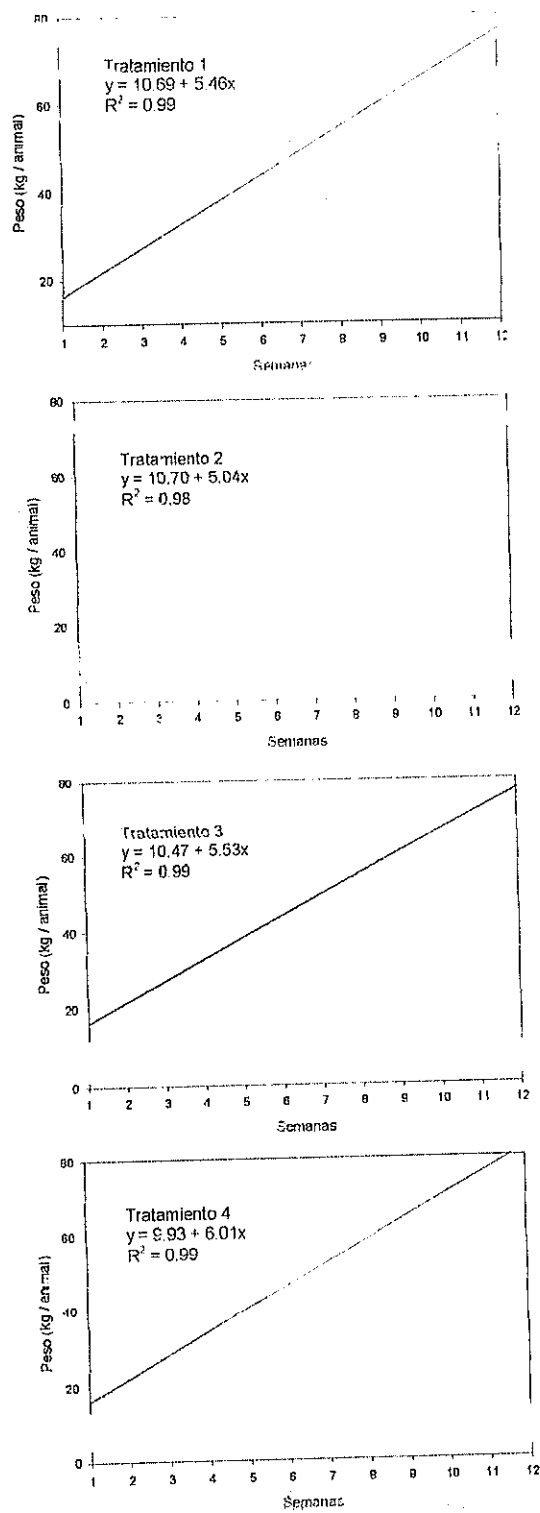
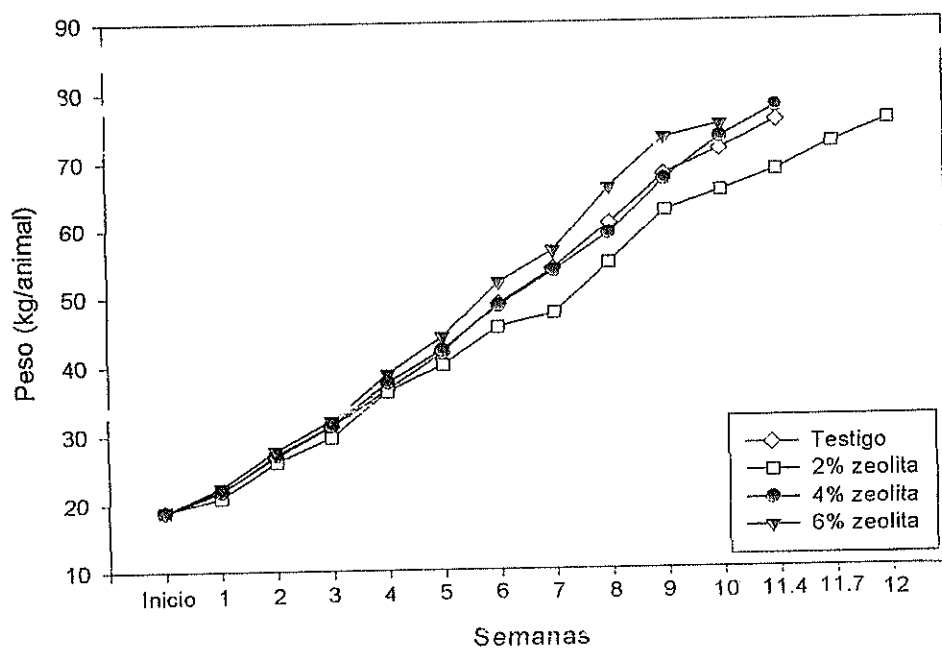


Figura 5. Tendencia del cambio de peso corporal desde la semana uno hasta la semana doce



En la figura 4 se presentan las rectas de regresión lineal simple de los cuatro tratamientos, observándose que la tendencia del cambio de peso corporal incrementa su valor durante el periodo de estudio. Analizando las pendientes en las ecuaciones observamos que el tratamiento cuatro tiene el mayor incremento en el cambio de peso corporal con un valor de 6.01, mientras que el tratamiento dos presentó el menor incremento con un valor de 5.04.

En la figura 5 se observa la tendencia del cambio de peso corporal de los cuatro tratamientos, vemos que la tendencia incrementa su valor durante el periodo de estudio de la investigación, desde la semana dos, hasta la semana doce, además se observa que hasta la semana siete la curva de incremento de peso es estándar, ya que a partir de la semana ocho en adelante las curvas de incremento de peso entre tratamientos varían considerablemente una de otras. Se observa que las curvas de los tratamientos de 0% y 4% de zeolita tienen tendencias muy parecidas. Se distingue también muy claramente que la curva del tratamiento del 2% de zeolita se demoró mucho más tiempo en alcanzar el peso requerido de la investigación.

4.2.3 Aumento promedio diario de peso desde la semana tres hasta la semana once.

El diseño experimental contempló el cálculo de esta variable hasta las once semanas de la investigación para los cuatro tratamientos.

En el análisis de varianza (ADEVA) se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos en cuanto al aumento promedio diario de peso, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes.

En cuanto a las repeticiones se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para esta fuente de variación. El coeficiente de variación encontrado fue 2.99%. (Ver tabla 7).

Al realizar la prueba de significancia de Tukey al 5% de probabilidad se observó que el tratamiento cuatro es diferente estadísticamente a los demás tratamientos y que los tratamientos uno y tres son iguales estadísticamente; y que el tratamiento dos es diferente estadísticamente de los tratamientos uno, tres y cuatro.

El aumento promedio diario de peso de los cerdos de los cuatro tratamientos en once semanas de ejecución de la investigación de campo determinó que el tratamiento cuatro presentó el mejor aumento promedio diario de peso con un valor promedio de 750 g, mientras que los tratamientos uno y tres obtuvieron un aumento promedio diario de peso con un valor promedio de 680 g. A diferencia del tratamiento dos que obtuvo el más bajo rendimiento con 600 g. (Ver tabla 8).

Tabla 7. Análisis de varianza del aumento promedio diario de peso en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E Boliche2004 – 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada
Total	35			
Tratamiento	3	102777.78	34259.26	82.87 **
Repetición	8	164700.00	20587.50	49.80 **
Error experimental	24	9922.22	413.43	

Coefficiente de variación = 2.99%

Tabla 8. Aumento promedio diario de peso en kilogramos desde la semana tres hasta la semana once en cerdos alimentados con 4 dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E. Boliche. 2004 – 2005.

TRATAMIENTOS	SEMANAS											Nivel de significancia
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ	\bar{X}	
T1 (0% de zeolita)	0.57	0.58	0.63	0.65	0.71	0.71	0.74	0.77	0.75	6.11	0.68	b
T2 (2 % de zeolita)	0.52	0.51	0.62	0.60	0.63	0.58	0.64	0.69	0.66	5.44	0.60	c
T3 (4% de zeolita)	0.59	0.59	0.66	0.66	0.71	0.71	0.72	0.76	0.77	6.17	0.68	b
T4 (6% de zeolita)	0.63	0.63	0.71	0.72	0.78	0.77	0.84	0.86	0.80	6.74	0.75	a

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente. Tukey $P \leq 0.05\%$.



Figura 6. Regresión del aumento promedio diario de peso desde la semana tres hasta la semana once

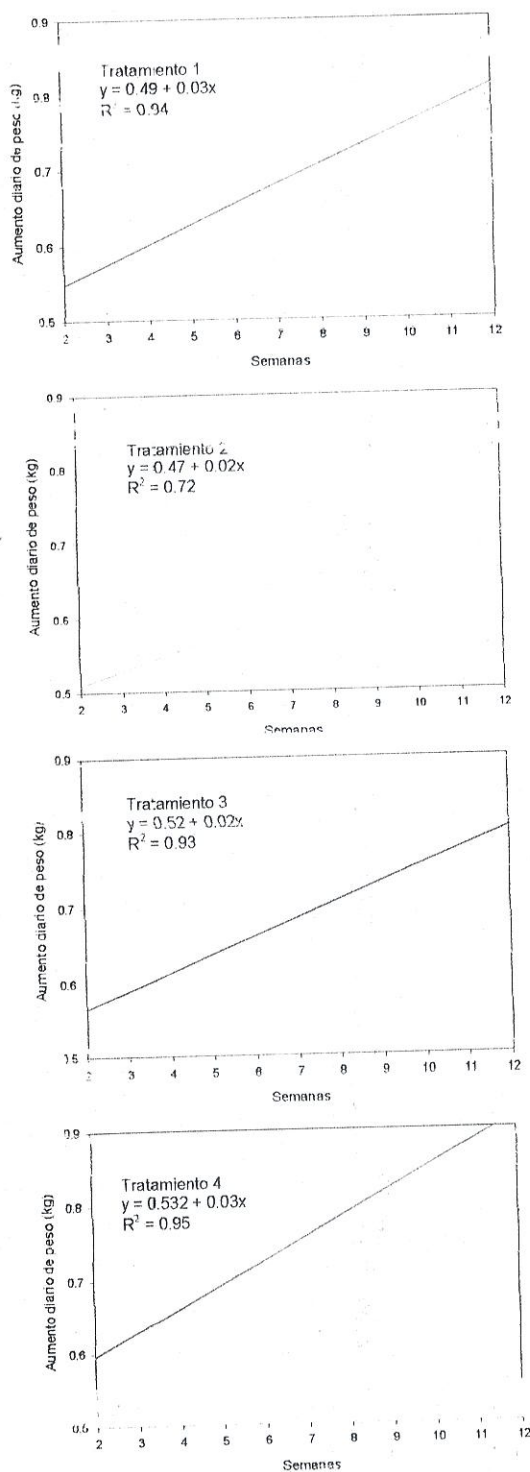
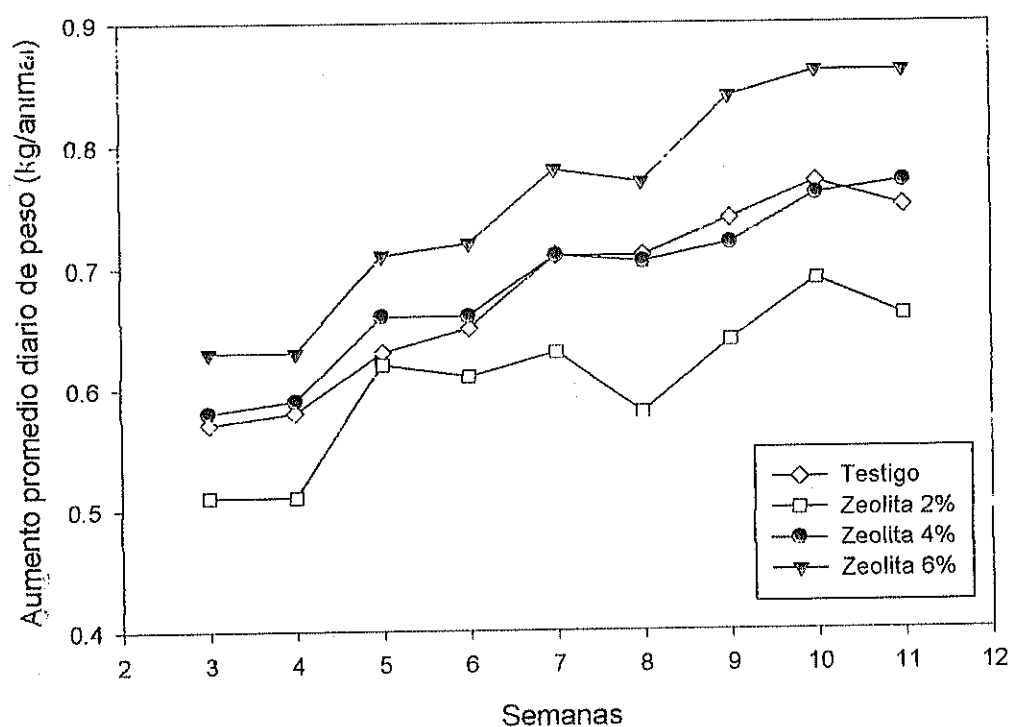


Figura 7. Tendencia del aumento promedio diario de peso desde la semana tres hasta la semana once



En la figura 6 se presentan las rectas de regresión lineal simple de los cuatro tratamientos, observándose que la tendencia del aumento promedio diario de peso incrementa su valor durante el período de estudio. Analizando las pendientes en las ecuaciones observamos que los tratamientos uno y cuatro tienen el mayor incremento en el aumento promedio diario de peso con un valor de 0.03, mientras que los tratamientos dos y tres presentaron el menor incremento con un valor de 0.02.

De acuerdo a la figura 7 se determina que la tendencia del aumento promedio diario de peso de los cuatro tratamientos incrementa su valor durante el periodo de estudio de la investigación, además se destaca que el tratamiento testigo y el tratamiento tres tuvieron una tendencia similar, sin embargo la tendencia del tratamiento dos se comportó muy diferente a los otros tratamientos observando un descenso en el aumento promedio diario de peso en la semana ocho, esto se le atribuyó a un problema de paraqueratosis que sufrieron los cerdos de este tratamiento, problema que fue contrarrestado por la inmediata atención médica, posteriormente la curva tuvo un ascenso, esto pudo influir en el comportamiento del tratamiento ya que no fue suficiente porque fue el más bajo de todos. También indica que el tratamiento cuatro siempre obtuvo el mayor aumento promedio diario de peso desde el arranque del ensayo en todas las semanas con el mejor valor de 860 g.

4.2.4 Consumo promedio diario de alimento desde la semana tres hasta la semana once.

El diseño experimental solo contempló el cálculo hasta las once semanas de la investigación para los cuatro tratamientos.

En el análisis de varianza (ADEVA) realizado existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos en cuanto al consumo promedio diario de alimento, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes.

En cuanto a las repeticiones se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para esta fuente de variación. El coeficiente de variación encontrado fue de 1.87%. (Ver tabla 9).

Al realizar la prueba de significancia de Tukey al 5% de probabilidad se observó que existen diferencias estadísticas entre tratamientos.

El consumo promedio diario de alimento de los cerdos de los cuatro tratamientos en once semanas de ejecución de la investigación de campo determinó que el tratamiento uno presentó el menor consumo promedio diario de alimento con un valor promedio de 1.61 kg, mientras que los tratamientos que presentaron mayor consumo promedio diario de alimento fueron el tratamiento dos, tres y cuatro con un valor promedio de 1.64 kg, 1.68 kg y 1.71kg respectivamente. (Ver tabla 10).

Tabla 9. Análisis de varianza del consumo promedio diario de alimento en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E Boliche2004 – 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada
Total	35			
Tratamiento	3	0.05	0.018	18.41 **
Repetición	8	1.33	0.166	173.04 **
Error experimental	24	0.02	0.001	

Coefficiente de variación = 1.77%



Tabla 10. Consumo promedio diario de alimento en kilogramos desde la semana tres hasta la semana once de cerdos alimentados con 4 dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E. Boliche. 2004 – 2005.

Tratamientos	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ	\bar{X}	Nivel de significancia
T1 (0 % de zeolita)	1.28	1.39	1.48	1.54	1.62	1.69	1.73	1.83	1.91	14.51	1.61	d
T2 (2 % de zeolita)	1.34	1.46	1.57	1.63	1.68	1.69	1.71	1.82	1.89	14.81	1.65	c
T3 (4 % de zeolita)	1.34	1.44	1.55	1.63	1.71	1.77	1.79	1.91	1.98	15.14	1.68	b
T4 (6 % de zeolita)	1.34	1.46	1.57	1.65	1.72	1.79	1.87	2.00	1.87	15.27	1.70	a

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente. Tukey $P \leq 0.05\%$.

Figura 8. Regresión del consumo promedio diario de alimento desde la semana tres hasta la semana once

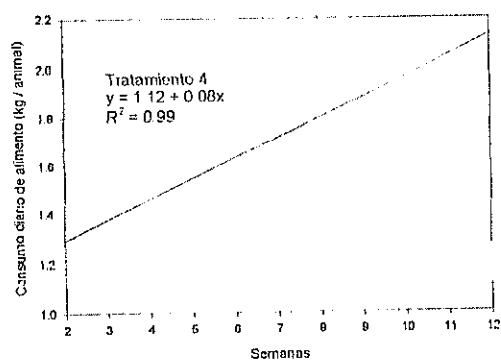
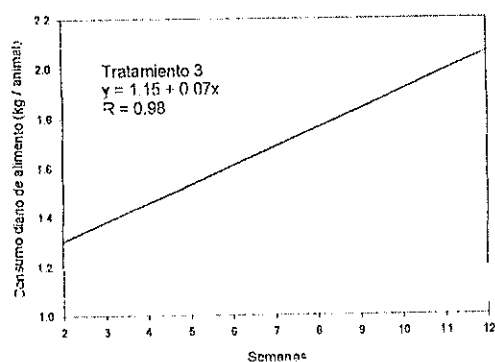
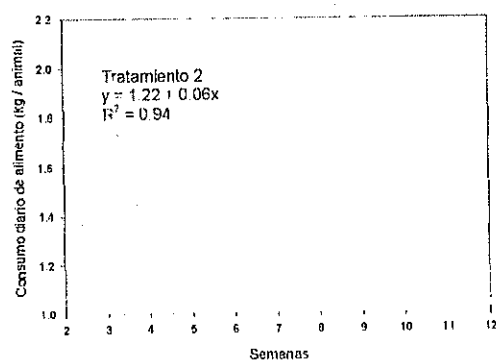
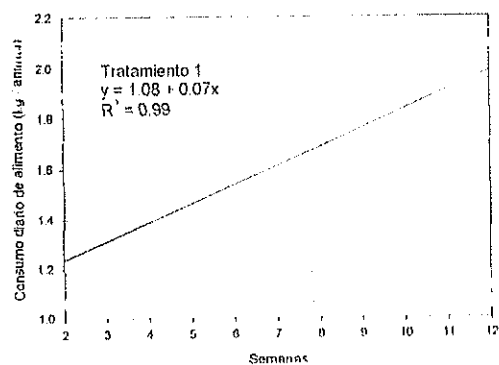
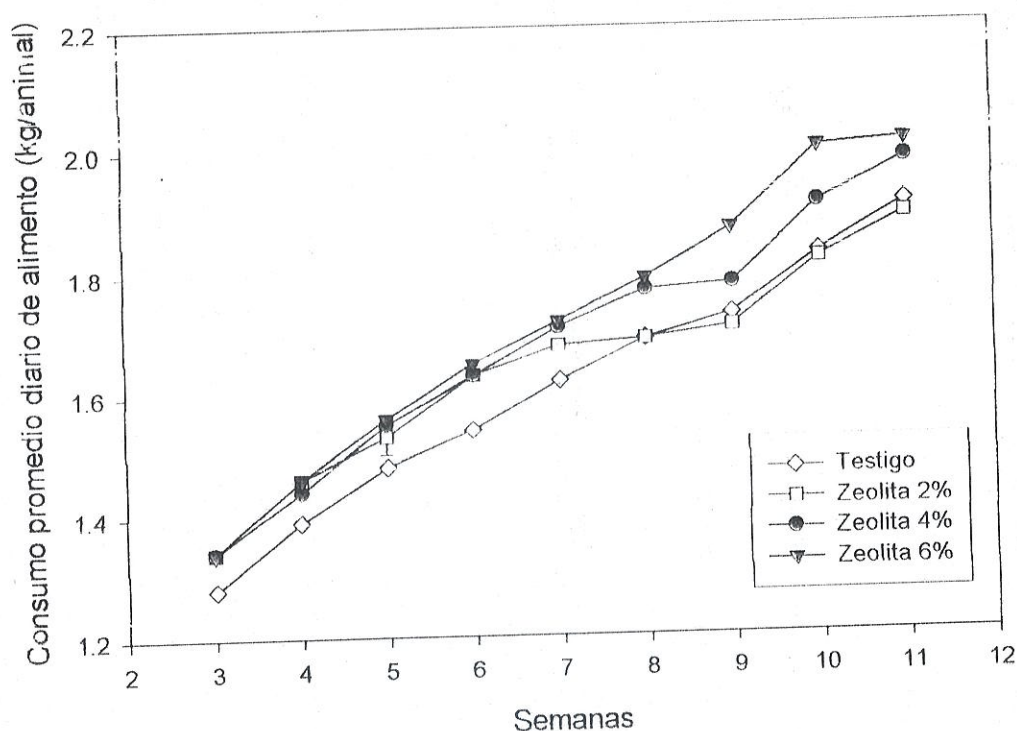
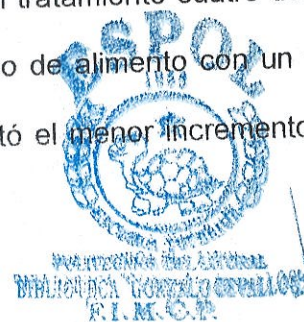


Figura 9. Tendencia del consumo promedio diario de alimento desde la semana tres hasta la semana once



En la figura 8 se presentan las rectas de regresión lineal simple de los cuatro tratamientos. observándose que la tendencia del consumo promedio diario de alimento incrementa su valor durante el período de estudio. Analizando las pendientes en las ecuaciones observamos que el tratamiento cuatro tiene el mayor incremento en el consumo promedio diario de alimento con un valor de 0.08, mientras que el tratamiento dos presentó el menor incremento con un valor de 0.06.



En la figura 9 se determina que la tendencia del consumo promedio diario de alimento de los cuatro tratamientos, incrementa su valor durante el periodo de estudio de la investigación, se distingue que el tratamiento uno arrancó desde la tercera semana con el menor consumo promedio diario de alimento hasta llegar a la semana ocho manteniendo desde ahí junto al tratamiento dos una tendencia similar hasta que concluyó la investigación, siendo de igual manera los dos tratamientos con menor consumo, además se observa que los tratamientos tres y cuatro consumieron más alimento y mantienen una tendencia similar desde la semana tres hasta la semana siete, ya que a partir de aquí el tratamiento cuatro presentó el mayor consumo promedio diario de alimento hasta la finalización de la investigación, a las once semanas de investigación consumió 2.02 kg, posteriormente se aprecia que a partir de la semana once esta tendencia empieza a estandarizarse y por consiguiente a disminuir, la cual se ajusta al comportamiento de la curva de consumo promedio diario de alimento.



4.2.5 Conversión alimenticia desde la semana tres hasta la semana once.

El diseño experimental contempló el cálculo hasta las once semanas de la investigación para los cuatro tratamientos.

En el análisis de varianza (ADEVA) se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos en cuanto a la conversión alimenticia, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes.

En cuanto a las repeticiones se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para esta fuente de variación. El coeficiente de variación encontrado fue 2.39%. (Ver tabla 11).

Al realizar la prueba de significancia de Tukey al 5% de probabilidad se observó que los tratamientos son diferentes estadísticamente entre sí.

La conversión alimenticia de alimento de los cerdos de los cuatro tratamientos en once semanas de ejecución de la investigación de campo determinó que el tratamiento dos presentó la mayor conversión alimenticia con un promedio de 2.70, los tratamientos uno y tres con 2.34 y 2.43 respectivamente, mientras que el tratamiento que presentó menor y por ende la mejor conversión alimenticia fue el tratamiento cuatro con un promedio de 2.25. (Ver tabla 12).

Tabla 11. Análisis de varianza de la conversión alimenticia en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E Boliche2004 – 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada
Total	35	1.32		
Tratamiento	3	0.99	0.33	97.91 **
Repetición	8	0.25	0.03	9.29 **
Error experimental	24	0.08	0.003	

Coefficiente de variación = 2.39%

Tabla 12. Conversión alimenticia desde la semana tres hasta la semana once en cerdos alimentados con 4 dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E. Boliche. 2004 – 2005.

Tratamientos	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ	\bar{X}	Nivel de Significancia
T1												
(0 % de zeolita)	2.24	2.37	2.34	2.34	2.26	2.37	2.32	2.36	2.54	21.05	2.34	b
T2												
(2 % de zeolita)	2.59	2.85	2.51	2.68	2.65	2.91	2.67	2.62	2.85	24.32	2.70	d
T3												
(4 % de zeolita)	2.28	2.42	2.32	2.44	2.41	2.49	2.48	2.50	2.55	21.89	2.43	c
T4												
(6 % de zeolita)	2.12	2.32	2.19	2.29	2.18	2.32	2.22	2.32	2.33	20.29	2.25	a

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente. Tukey $P \leq 0.05\%$.



Figura 10. Regresión de la conversión alimenticia de alimento desde la semana tres hasta la semana once

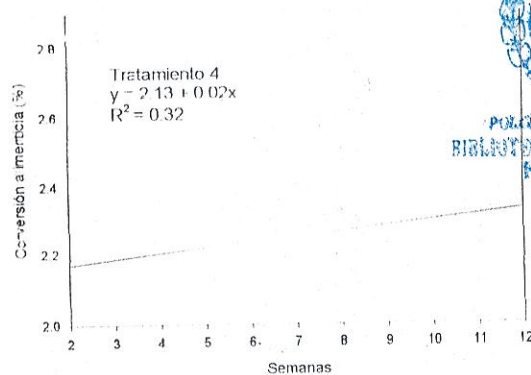
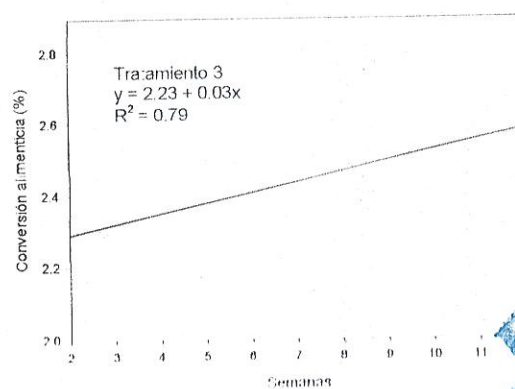
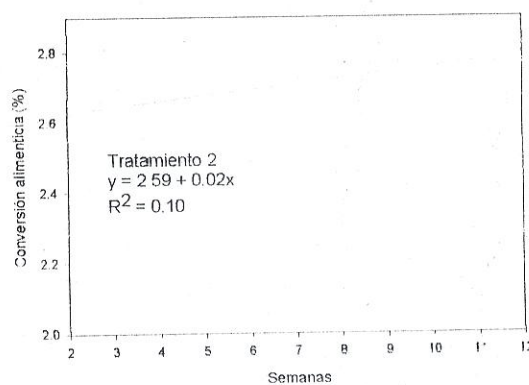
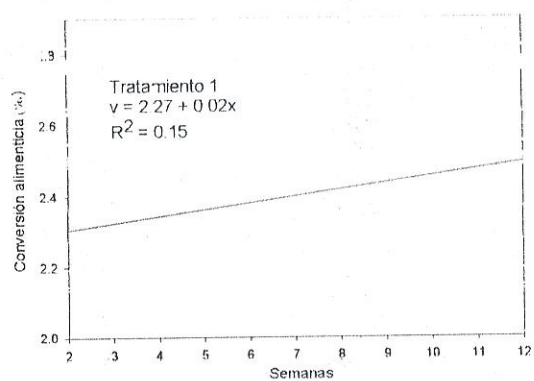
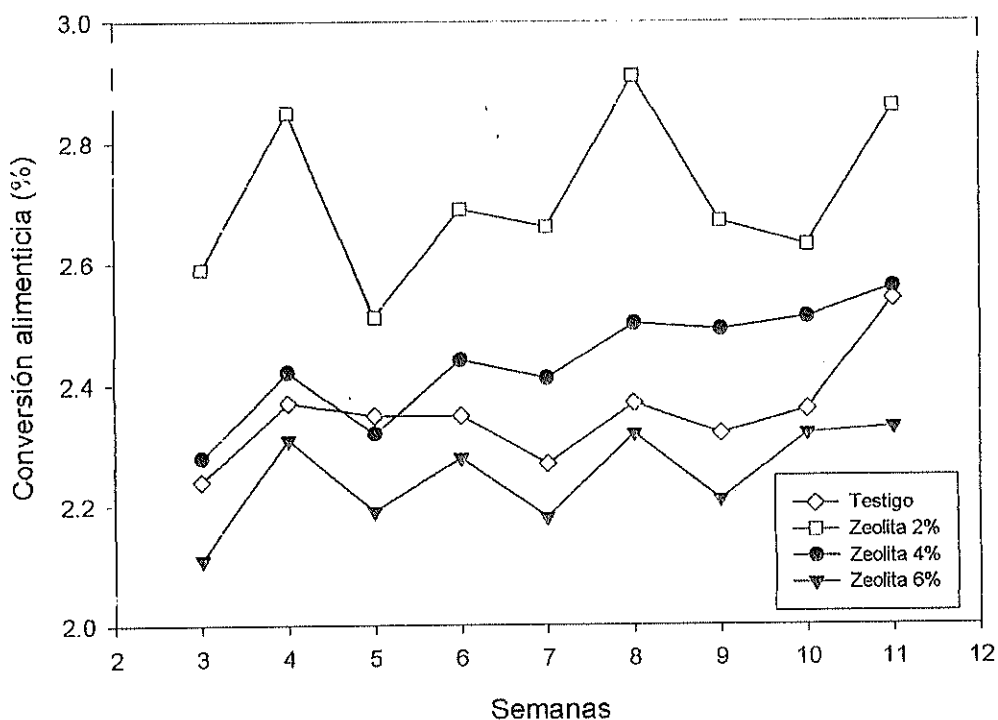


Figura 11. Tendencia de la conversión alimenticia de alimento desde la semana tres hasta la semana once



En la figura 10 se presentan las rectas de regresión lineal simple de los cuatro tratamientos. observándose que la tendencia de conversión alimenticia incrementa su valor durante el periodo de estudio. Analizando las pendientes en las ecuaciones observamos que el tratamiento tres tiene el mayor incremento en la conversión alimenticia con un valor de 0.03, mientras que el tratamiento uno, dos y cuatro presentaron el menor incremento con un valor de 0.02.

La figura 11 indica que la tendencia de la conversión alimenticia incrementa su valor durante el periodo de estudio de la investigación determina que el tratamiento cuatro tuvo la menor y por ende la mejor conversión alimenticia, mientras que los tratamientos uno, dos y tres presentaron la mayor conversión alimenticia, la tendencia fue similar para los tratamientos con excepción del tratamiento dos que en la semana seis presentó un problema de paraqueratosis que produjo una disminución en el aumento promedio diario de peso e hizo incrementar la conversión alimenticia, el tratamiento cuatro presentó la menor conversión alimenticia, a las tres semanas de la investigación la conversión que fue de 2.11.

4.2.6 Espesor de grasa dorsal.

El diseño experimental contempló el cálculo hasta las doce semanas de la investigación para los cuatro tratamientos.

En el análisis de varianza (ADEVA) se observa que no existen diferencias estadísticas para tratamientos en cuanto al control de grasa dorsal, por lo tanto se acepta la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes.

En cuanto a las repeticiones tampoco se detectaron diferencias estadísticas para esta fuente de variación. El coeficiente de variación encontrado fue 20.34%. (Ver tabla 13).

Al realizar la prueba de significancia de Tukey al 5% de probabilidad se observó que los tratamientos son iguales estadísticamente entre sí. (Ver apéndice M).



Tabla 13. Análisis de varianza del espesor de grasa dorsal en cerdos alimentados con cuatro dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E Boliche2004 – 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada
Total	47	0.74		
Tratamiento	11	0.18	0.02	1.04 n.s.
Repetición	3	0.06	0.02	1.32 n.s.
Error experimental	33	0.51	0.02	

Coefficiente de variación = 20.34 %

4.3 Costos de la investigación.

4.3.1 Costos de las dietas experimentales.

En menor costo en las dietas experimentales lo presentó el tratamiento uno (testigo) con un valor de \$ 21.35/100 kg, luego siguió el tratamiento dos con un valor de \$ 21.52/100 kg, en tercer lugar se ubicó el tratamiento tres con un valor de \$ 21.70/100 kg y por último el que presentó el mayor costo fue el tratamiento cuatro con un valor de \$ 22/100 kg. (Ver tabla 14).

4.3.2 Costo diario de alimento.

El menor costo diario de alimento lo presentó el tratamiento dos con un valor de \$ 1.59, luego siguió el tratamiento uno con un valor de \$ 1.63, en tercer lugar se ubico el tratamiento cuatro con un valor de \$ 1.64 y por último el que presento el mayor costo fue el tratamiento tres con un valor de \$ 1.73. (Ver tabla 15)

4.3.3 Costo total de alimento.

El menor costo total de alimento lo presentó el tratamiento cuatro con un valor de \$ 115.48, luego siguió el tratamiento uno con un valor de \$ 119.28, en tercer lugar se ubicó el tratamiento tres con un valor de 123.18 y por último el que presentó el mayor costo fue el tratamiento dos con un valor de \$ 129.42 (Ver tabla 15).

4.3.4 Costo por kg de peso vivo producido.

El menor costo por kg de peso vivo producido fue el tratamiento dos con un valor de \$ 0.58, luego siguió el tratamiento uno y tres con un valor de \$ 0.63 y en último lugar se ubicó el tratamiento cuatro con un valor de \$ 0.65. (Ver tabla 15)

Tabla 14. Costos de las dietas experimentales.

Dietas experimentales				
TRATAMIENTOS				
Ingredientes (kg)	Testigo	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Maíz molido	40.0	40.0	40.0	40.0
Polvillo de arroz	43.0	40.5	38.0	35.0
Harina de sangre	3.0	3.0	3.0	3.0
Torta de soya	9.5	10.0	10.5	11.5
Zeolita	0	2.0	4.0	6.0
Fosfato di cálcico	2.0	2.0	2.0	2.0
Sal yodada	0.5	0.5	0.5	0.5
Premezcla	2.0	2.0	2.0	2.0
Total (kg)	100	100	100	100
Costo/100 kg.	\$21.35	\$21.52	\$21.70	\$22
Costo/kg.	\$0.21	\$0.22	\$0.22	\$0.22

Tabla 15. Resultados de los costos de la investigación de cerdos alimentados con 4 dietas al 0%, 2%, 4% y 6 % de zeolita. E.E. Boliche 2004 – 2005.

Tratamientos	Costo por kg de la dieta (\$)	Costo diario del alimento (\$)	Costo total del alimento (\$)	Costo por kg de peso vivo producido (\$)
T1 (0 % de zeolita)	0.21	1.63	119.28	0.63
T2 (2 % de zeolita)	0.22	1.59	129.42	0.58
T3 (4 % de zeolita)	0.22	1.64	123.18	0.63
T4 (6 % de zeolita)	0.22	1.73	115.48	0.65

4.4 Análisis económico del proyecto.

4.4.1 Análisis de presupuesto parcial.

El análisis económico del experimento determinó que el tratamiento tres registró el mayor beneficio neto, mientras que el tratamiento dos reportó el mayor costo que varia y menor beneficio neto. En cuanto el Tratamiento Testigo, este obtuvo un costo que varia de \$124.28,¹ con un beneficio neto de \$292.48. (Ver tabla 16).

4.4.2 Análisis de dominancia.

No se reportó dominancia entre los tratamientos tres y cuatro. El tratamiento testigo y el tratamiento dos fueron dominados. Los tratamientos uno, tres y cuatro, tienen costos que varían de menor valor que el tratamiento dos; por los resultados el mayor beneficio neto lo obtiene el tratamiento tres en término de rentabilidad. (Ver tabla 17).

4.4.3 Análisis marginal.

La Tasa Marginal de Retorno indica que un porcicultor puede esperar ganar, en promedio, con su inversión cuando decide cambiar una práctica por otra. En el experimento, la adopción del tratamiento tres implica una tasa de retorno del 79%, es decir, que por cada dólar que se invierte se recupera lo invertido y se gana \$0.79. (Ver tabla 18)

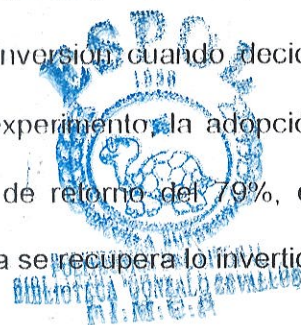


Tabla 16. Análisis de presupuesto parcial. Evaluación de cuatro niveles de zeolita en cerdos en la fase de inicio y acabado. E.E. Boliche, 2004 –2005.

Parámetros	1 (0 %)	2 (2 %)	3 (4 %)	4 (6 %)
Rendimiento				
1.				
Peso total (kg)	302	302	310	300
2.				
Precio / kg / \$	1.38	1.38	1.38	1.38
3.				
Beneficio bruto (\$) (1*2)	416.76	416.76	427.8	414.00
Costos que varían				
4.				
Costo total del alimento(\$)	119.28	129.42	123.17	115.48
5.				
Costo adicional (medicinas) (\$)	5	5	5	5
6.				
Total costos que varían (\$) (4+5)	124.28	134.42	128,17	120.48
7.				
Beneficio neto \$ (3-6)	292.48	282.34	299.63	293.52

Tabla 17. Análisis de dominancia de costo de alimentación (\$) con zeolita en cerdos en la fase de inicio y acabado. E.E. Boliche, 2004 – 2005.

Tratamientos	Costos que Varían	Beneficio neto	Dominancia
T4			
(6 % de zeolita)	120.48	293.52	No dominado
T1			
(0 % de zeolita)	124.28	292.48	Dominado
T3			
(4 % de zeolita)	128.17	299.63	No dominado
T2			
(2 % de zeolita)	134.42	282.34	Dominado

Tabla 18. Análisis marginal de tratamientos alternativos no dominados, en comparación al tratamiento con mayor costo. E.E. Boliche, 2004.

Tratamientos	Beneficio neto	*Beneficio neto marginal	Costos que varían	*Costos marginales	Tasa marginal de retorno (%)
4	293.52	6.11	120.48	7.69	79 %
3	299.63		128.17		

Tratamiento 4 (6%) vs. Tratamiento 3 (4%)



Tabla 19. Comportamiento de los cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la fase de inicio y acabado. E.E Boliche. 2004 – 2005.

TRATAMIENTOS				
	1	2	3	4
Parámetros	(0 %)	(10 %)	(20 %)	(30 %)
Número de cerdos	4	4	4	4
Duración del Experimento, días	73	81	73	70
Peso promedio inicial, kg.	18.5	18.5	18.5	18.5
Peso promedio final, kg.	75.5	75.5	77.5	75
Aumento promedio diario de peso, g.	678.8	604.4	681.1	755.5
Consumo promedio diario de alimento, kg.	1.61	1.64	1.68	1.71
Conversión alimenticia	2.35	2.70	2.43	2.25
Grasa dorsal, mm.	0.66	0.60	0.60	0.63



CAPÍTULO 5

5. DISCUSIÓN

En el número de semanas para alcanzar el peso promedio previsto (75 kg), en la fase de inicio y acabado, los cerdos pertenecientes al tratamiento cuatro (6% de zeolita) finalizaron la fase de crecimiento y acabado en once semanas, con un peso promedio de 75 kg, mientras que los animales pertenecientes al tratamiento Testigo (0% de zeolita) y tres (4% de zeolita) finalizaron la fase de crecimiento y acabado en once semana con tres días con un peso promedio de 75.5 kg y 77.5 kg respectivamente, y por último el tratamiento dos (2% de zeolita) finalizó en doce semanas y dos días con un peso promedio de 75.5 kg.

El comportamiento de los tratamientos se debió a que la zeolita cumplió su papel de promotor de crecimiento, tal como lo describe Pond (1988), quien señala que la zeolita ayuda en el mejoramiento del crecimiento, en

estos animales. También esta investigación coincide con los resultados obtenidos CAISUR (2002), quienes señalan que los cerdos alimentados con zeolita, tienen mejores conversiones alimenticias, produciendo muchas veces un mayor peso en menos tiempo. Cabe indicar que el tiempo para finalizar el experimento esta de acuerdo con el aumento promedio diario de peso que es inversamente proporcional al número de días de terminación.

En el aumento promedio diario de peso se detectó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (T), siendo el T4, el que obtuvo un valor mayor de 755 g, T3=681 g, Tratamiento Testigo=678 g y T2=604g. Con estos resultados se puede observar que el tratamiento dos presenta un menor aumento promedio de peso, esto se debe posiblemente a la ausencia de antibióticos, ya que la cantidad de zeolita suministrada en este tratamiento fue la más baja (2%) y no compensó con los requerimientos necesarios para combatir la infección. En consecuencia estos animales presentaron heces diluidas en varias ocasiones y también afectó la presencia de paraqueratosis por el cambio de clima que se desarrolló en esa época del ensayo.

Estos resultados son similares a los trabajos realizados por la empresa CAISUR (2002), que adicionó 3% de clinoptilolita en la dieta de cerdos de acabado y obtuvo un aumento promedio diario de peso de 0.688 g,

resultados que concuerdan con Pond (1988) que adicionó de 1% a 5% de clinoptilolita a la dieta animal mejorando el crecimiento.

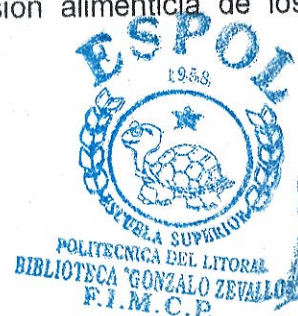
Los resultados de García (2004), que bajo las mismas condiciones y etapas fisiológicas, reemplazó gandul como alternativa de proteína y obtuvo un aumento promedio diario de peso de 700 g, estuvieron por debajo de los resultados de T4, difiriendo de los resultados de Álava (2004), que bajo las mismas condiciones y etapas fisiológicas, reemplazó palmiste como fuente de energía, tuvo un aumento promedio diario de peso de 937 g.

Basándose en el parámetro consumo promedio diario de alimento, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, los cerdos pertenecientes al tratamiento testigo presentaron el menor consumo de alimento con un valor promedio de 1.61 kg/día en comparación de los tratamientos dos, tres y cuatro que consumieron 1.64 kg/día, 1.68 kg/día y 1.71 kg/día respectivamente. Numéricamente se puede observar entre los tratamientos que mientras aumenta la inclusión de zeolita, los animales aumentan el consumo de la dieta. Estos resultados difieren de los obtenidos por Hossain y Almeida (1994), quienes señalan que los lechones con un 3% de zeolita en la dieta mejora el crecimiento y el índice de conversión, pero sin aumentar el consumo. Estos resultados obtenidos por estos autores, posiblemente

se deban a las diferentes etapas fisiológicas, de los cerdos que se realizaron estas investigaciones

Los resultados de Alava (2004), que bajo las mismas condiciones y etapas fisiológicas, reemplazó palmiste como alternativa de energía, obtuvo un consumo promedio diario de alimento de 2.93 kg/día, estuvieron por encima de los resultados de T4.

Con relación a la conversión alimenticia, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, los cerdos pertenecientes al tratamiento cuatro registraron numéricamente la menor y mejor conversión alimenticia con un valor promedio de 2.25, en comparación a los tratamientos uno, dos y tres que presentaron una conversión alimenticia promedio de 2.35, 2.70 y 2.43 respectivamente. Numéricamente se puede observar que el tratamiento dos presenta la mayor conversión alimenticia, este resultado se debe a que registró menor aumento promedio diario de peso y menor consumo promedio diario de alimento posiblemente debido a la infección, consecuentemente hubo limitación en la asimilación de nutrientes a los cerdos que probablemente afectó a la conversión alimenticia de los mismos.



Estos resultados son similares a los reportados en las investigaciones realizadas por Hossain y Almeida (1984) quienes indican que hasta un 3% de zeolita en la dieta de lechones mejora el crecimiento y el índice de conversión sin aumentar el consumo, concuerdan también con los resultados de Lon – Wo (2002) en la que la adición de un 5% de zeolita en la alimentación de pollos mejoró su conversión alimenticia, a estas investigaciones se suma Iglesias (1989) que obtuvo efectos positivos en lechones con 3% y 6 % de clinoptilolita en la dieta mejorando el crecimiento y el índice de conversión

El tratamiento 4, con una conversión alimenticia de 2.25, obtuvo un mejor rendimiento que los trabajos realizados por Álava (2004) con un valor de 3.46 y García (2004) con un valor de 2.29, estos resultados se debieron a que el T4 tuvo mejor rendimiento en aumento de peso y un consumo de alimento prudente, lo que hace una conversión alimenticia eficiente, ya que la conversión alimenticia se obtiene de dividir el consumo promedio diario de alimento para el aumento promedio diario de peso.

En el espesor de grasa dorsal, no se encontraron diferencias estadísticas, lo que implica que en esta variable no hubo incidencia alguna en los tratamientos evaluados. Estos resultados posiblemente se

deban a que la medición de esta variable en estas condiciones. no sea la adecuada para que permitan interpretar mejor los resultados.

De acuerdo al análisis económico efectuado en el experimento, el mejor beneficio neto correspondió al tratamiento tres, debido a que este presentó el mayor beneficio bruto, no obstante el que obtuvo menores gastos que varían fue el tratamiento cuatro, ya que representó el más bajo costo de alimento y se colocó entre los mejores valores de beneficio neto seguido del tratamiento tres. Cabe indicar que el mayor beneficio neto, fue obtenido porque los animales de cada tratamiento tuvieron diferentes pesos finales, que al hacer los análisis del presupuesto parcial, se obtuvieron dichos resultados.



CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento, se puede indicar las siguientes conclusiones;

1. Los niveles de zeolita del 4% y 6%, utilizados en dietas para cerdos en la fase de inicio y acabado presentaron los mejores parámetros productivos en las condiciones en que se realizó el experimento.
2. El mayor aumento promedio diario de peso se obtuvo con la dieta al 6% de zeolita.

3. El mayor consumo promedio diario de alimento se obtuvo con la dieta del 6% de zeolita.
4. La menor conversión alimenticia se obtuvo con la dieta del 6% de zeolita.
5. No hubo rechazo por parte de los cerdos al utilizar dietas con zeolita.
6. El rendimiento en cuanto al peso de los cerdos fueron mejores para los tratamientos cuatro y tres que utilizaron dietas con el 6% y 4 % de zeolita respectivamente.
7. Se pudo suprimir sin ningún problema los antibióticos a excepción del tratamiento dos que utilizó el 2% de zeolita, el nivel más bajo en rendimientos productivos.
8. No hubo incidencia alguna en los tratamientos evaluados para el parámetro de espesor de grasa dorsal.
9. El mejor beneficio neto correspondió al tratamiento tres que utilizó el 4% de zeolita y fue similar al del tratamiento cuatro que utilizó el 6% de zeolita en la dieta.



RECOMENDACIONES

Basándose en los resultados obtenidos se puede recomendar lo siguiente:

1. Desde el punto de vista con base de los parámetros productivos se recomienda utilizar el 4% y 6% de zeolita clinoptilolita como promotor de crecimiento en dietas para cerdos en la fase de inicio y acabado.
2. Durante la fase de inicio y acabado en cerdos confinados resulta económicamente favorable la utilización de los niveles del 4% y 6% de zeolita en dietas para cerdos.
3. Investigar el empleo de zeolita en diferentes condiciones ecológicas y en todas las fases de vida del cerdo con el objetivo de determinar los niveles adecuados y económicos de utilización en alimentación porcina.

APÉNDICES

APÉNDICE A

ZEOLITAS NATURALES PRINCIPALES.

MINERAL	FÓRMULA
Natrolita	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Chabazita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Heulandita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Estilbita	$\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
Harmotoma	$(\text{Ba}, \text{K})_{1-2}(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{16} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Analcima	$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Laumontita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Barrerita	$(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Bellbergita	$(\text{K}, \text{Ba}, \text{Sr})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2(\text{Ca}, \text{Na})_4\text{Al}_{18}\text{Si}_{18}\text{O}_{72}$
Bikitaita	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Boggsita	$\text{Ca}_8\text{Na}_3(\text{Si}, \text{Al})_{96}\text{O}_{192} \cdot 70\text{H}_2\text{O}$
Brewsterita	$(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Clinoptilolita	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Cowlesita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 5-6\text{H}_2\text{O}$
Dachiardita	$(\text{Ca}, \text{Na}_2, \text{K}_2)_5\text{Al}_{10}\text{Si}_{38}\text{O}_{96} \cdot 35\text{H}_2\text{O}$
Edingtonita	$\text{BaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Epistilbita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Erionita	$(\text{K}_2, \text{Ca}, \text{Na}_2)_2\text{Al}_4\text{Si}_{14}\text{O}_{36} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
Faujasita	$(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Ferrierita	$(\text{Na}, \text{K})_2\text{Mg}(\text{Si}, \text{Al})_{18}\text{O}_{36}(\text{OH}) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Garronita	$\text{Na}_2\text{Ca}_5\text{Al}_{12}\text{Si}_{20}\text{O}_{64} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$
Gismondita	$\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{16} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Gmelinita	$(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Gobbinsita	$\text{Na}_4(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{K}_2)\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Gonnardita	$\text{Na}_2\text{CaAl}_4\text{Si}_6\text{O}_{20} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Goosecreekita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Herschelita	$(\text{Ba}, \text{K})_{1-2}(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{16}(\text{OH}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Amicita	$\text{K}_2\text{Na}_2\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{16} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Levyna	$(\text{Ca}, \text{Na}_2, \text{K}_2)\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Maricopaita	$\text{Pb}_7\text{Ca}_2\text{Al}_{12}\text{Si}_{36}\text{O}_{100} \cdot 32\text{H}_2\text{O}$
Mazzita	$\text{K}_2\text{CaMg}_2(\text{Al}, \text{Si})_{36}\text{O}_{72} \cdot 28\text{H}_2\text{O}$



Merlinoita	$(K, Ca, Na, Ba)_7Si_{23}Al_9O_{64} \cdot 23H_2O$
Mesolita	$Na_2Ca_2Al_6Si_9O_{30} \cdot 8H_2O$
Montesommaita	$(K, Na)_9Al_9Si_{23}O_{64} \cdot 10H_2O$
Mordenita	$(Ca, Na_2, K_2)Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O$
Offretita	$(K_2, Ca)_5Al_{10}Si_{26}O_{72} \cdot 30H_2O$
Paranatrolita	$Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 3H_2O$
Paulingita	$(K, Na)_2Ca(Si_{13}Al_4)O_{34} \cdot 13H_2O$
Perliaita	$K_9Na(Ca, Sr)Al_{12}Si_{24}O_{72} \cdot 15H_2O$
Phillipsita	$(K, Na, Ca)_{12}(Si, Al)_8O_{16} \cdot 6H_2O$
Pollucita	$(Cs, Na)_2Al_2Si_4O_{12} \cdot H_2O$
Escolecita	$CaAl_2Si_7O_{10} \cdot 3H_2O$
Sodio dachiardita	$(Na_2, Ca, K_2)_{4-5}Al_6Si_{40}O_{96} \cdot 26H_2O$
Estellerita	$CaAl_2Si_7O_{18} \cdot 7H_2O$
Tetranatrolita	$Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 2H_2O$
Thomsonita	$NaCa_2Al_5Si_5O_{20} \cdot 6H_2O$
Tschernichita	$(Ca, Na)(Si_6Al_6)O_{16} \cdot 4-8H_2O$
Wairakita	$CaAl_2Si_4O_{12} \cdot 2H_2O$
Wellsita	$(Ba, Ca, K_2)Al_2Si_6O_{16} \cdot 6H_2O$
Willhendersonita	$KCaAl_3Si_3O_{12} \cdot 5H_2O$
Yugawaralita	$CaAl_2Si_6O_{16} \cdot 4H_2O$

APÉNDICE B

CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ZEOLITAS

Grupo c4 (grupo de la filipsita)			Grupo c8-t1 (grupo de la modernita)			Grupo c6-c6 (grupo de la faujasita)		
zeolita	TO ₄	Si/Al	zeolita	TO ₄	Si/Al	Zeolita	TO ₄	Si/Al
Li-ABW	8		Bikitaita	9		Linde	24	
Filipsita	16		Deschiardita	24		Rho	46	
Hamotoma	16		Epistilbita	24		ZK5	96	1-3
Gismondita	16		Ferrierita	36	4-7	Faujasita	192	
Na-P	16		Modernita	48		Paulingita	672	
Amicita	16	1-3	ZSM-5	96	<20	Linde N	768	
Garronita	16		ZSM-11	96				
Yugawaralita	16							
Merlionita	32							
Grupo C4-C4 (grupo de la analcita)			Grupo C6 (grupo de la chabazita)			Grupo C4-C4-T1 (grupo de la Heulandita)		
zeolita	TO ₄	Si/Al	zeolita	TO ₄	Si/Al	Zeolita	TO ₄	Si/Al
Analcita	48		Sodalita	12		Brewsterita	16	
Leucita	48	1-3	Cancrinita	12		Heulandita	36	
Wairakita	48		Obrerita	18		Stilbita	72	
A	48		Losod	24	2.5 4.0	Stellerita	72	
			Gmelinita	24		Barretita	72	
Grupo C4-T1 (grupo de la Natrolina)			Grupo C4-C4-T1 (grupo de la Heulandita)			Grupo C4-C4-T1 (grupo de la Heulandita)		
zeolita	TO ₄	Si/Al	zeolita	TO ₄	Si/Al	Zeolita	TO ₄	Si/Al
Edingtonita	10		Liolita	36		Laumontita	24	1-2
Gonnardita	40		Chabazita	36				
Thomsonita	20	1-2	Mazzita	36				
Natrolina	40		Heroinita	36				
Scolecita	40		Aghanita	48				
Mesolita	120		Levynita	54				



REGLAMENTO (CE) N° 1245/1999 DE LA COMISIÓN

de 16 de junio de 1999

por el que se autorizan nuevos aditivos en la alimentación animal

LA COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea,

Vista la Directiva 70/524/CEE del Consejo, de 23 de noviembre de 1970, relativa a los aditivos en la alimentación animal ⁽¹⁾, cuya última modificación la constituye el Reglamento (CE) n° 866/1999 de la Comisión ⁽²⁾, y, en particular, sus artículos 3 y 9 undécimo,

- (1) Considerando que la Directiva 70/524/CEE contempla la posibilidad de autorizar, en función de la evolución de los conocimientos científicos y técnicos, nuevos aditivos o utilidades de aditivos ya autorizados;
- (2) Considerando que un nuevo aditivo «Natrolita-fonolita», perteneciente al grupo de «Agentes ligantes, antiaglomerantes y coagulantes» ha sido objeto de una amplia experimentación en varios Estados miembros; que los estudios realizados permiten concluir que ese nuevo aditivo puede autorizarse;
- (3) Considerando que otro nuevo aditivo, «Clinoptilolita de origen volcánico», perteneciente al grupo de «Agentes ligantes, antiaglomerantes y coagulantes» ha sido experimentado con éxito en algunos Estados miembros; que este nuevo aditivo puede autorizarse con carácter provisional;
- (4) Considerando que puede concederse una autorización provisional de nuevos aditivos o utilidades de aditivos si, al nivel permitido en los alimentos para animales, no afectan negativamente a la salud humana o animal o al medio ambiente, ni son nocivos para el consumidor por alterar las características del producto animal, si puede controlarse su presencia en los alimentos para animales, y si puede esperarse razonablemente, teniendo en cuenta los resultados disponibles, que tengan un efecto favorable sobre las características de esos alimentos para animales o sobre la producción

ganadera cuando se incorporen a tales alimentos para animales;

- (5) Considerando que la autorización provisional de «Natrolita-fonolita» expiró el 21 de abril de 1999; que, por lo tanto, a efectos de seguridad jurídica es necesario establecer la retroactividad del presente Reglamento;
- (6) Considerando que las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité permanente de alimentación animal,

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

Artículo 1

La sustancia «Natrolita-fonolita», perteneciente al grupo de «Agentes ligantes, antiaglomerantes y coagulantes», quedará autorizada con arreglo a la Directiva 70/524/CEE como aditivo E 566 en la alimentación animal de acuerdo con las condiciones descritas en el anexo I del presente Reglamento.

Artículo 2

La sustancia «Clinoptilolita de origen volcánico», perteneciente al grupo de «Agentes ligantes, antiaglomerantes y coagulantes», quedará autorizada con arreglo a la Directiva 70/524/CEE como aditivo n° 3 en la alimentación animal de acuerdo con las condiciones descritas en el anexo II del presente Reglamento.

Artículo 3

El presente Reglamento entrará en vigor el día de su publicación en el *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*.

Será aplicable a partir del 22 de abril de 1999.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 16 de junio de 1999.

Por la Comisión

Franz FISCHLER

Miembro de la Comisión

⁽¹⁾ DO L 270 de 14.12.1970, p. 1.

⁽²⁾ DO L 108 de 27.4.1999, p. 21.

APÉNDICE D
RAZAS UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO.



Landrace

X



Yorkshire

APÉNDICE E
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS			
	TESTIGO	DIETA 2	DIETA 3	DIETA 4
Maíz molido	40	40	40	40
Polvillo de arroz	43	40.5	38	35
Harina de sangre	3	3	3	3
Torta de soya	9.5	10	10.5	11.5
Zeolita	0	2	4	6
Fosfato di cálcico	2	2	2	2
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Premezcla	2	2	2	2
Total (kg)	100	100	100	100

PREMEZCLA	PORCENTAJE DE NIVELES DE ZEOLITA			
	0	2	4	6
Loafac	100	100	100	100
Flavomycin	50	0	0	0
Maíz molido	1800	1850	1850	1850
Ganaminovit	50	50	50	50
Total gr.	2000	2000	2000	2000

APÉNDICE F
ANÁLISIS CALCULADO DE LAS DIETAS

ED	PC	FC	Ca	P	TESTIGO	%	PC%	ED	FC%	Ca	P
3530	9	2.3	0.03	0.23	MAÍZ	40	3.6	1412	0.92	0.012	0.092
3700	12	3.2	0.05	0.34	POLVILLO	43	5.6	1591	1.376	0.022	0.576
4000	90	1	-	-	H. SANGRE	3	2.7	120	0.03	-	-
3500	48	7.3	0.30	0.65	TORTA DE SOYA	9.5	4.56	332.5	0.694	0.029	0.062
					ZEOLITA	0					
			22	18	PHOSBIT	2				0.44	0.36
TOTAL							16	3455.5	3.02	0.50	0.73
TRATAMIENTO 2 2% DE ZEOLITA											
3530	9	2.3	0.03	0.23	MAÍZ	40	3.6	1412	0.92	0.012	0.092
3700	12	3.2	0.05	0.34	POLVILLO	40.5	4.86	1498.5	1.296	0.020	0.138
4000	90	1	-	-	H. SANGRE	3	2.7	120	0.03	-	-
3500	48	7.3	0.30	0.65	TORTA DE SOYA	10	4.8	350	0.73	0.03	0.065
					ZEOLITA	2					
			22	18	PHOSBIT	2				0.44	0.36
TOTAL							16	3380.5	2.98	0.50	0.71
TRATAMIENTO 3 4% DE ZEOLITA											
3530	9	2.3	0.03	0.23	MAÍZ	40	3.6	1412	0.92	0.012	0.092
3700	12	3.2	0.05	0.34	POLVILLO	3	4.56	1406	1.216	0.019	0.129
4000	90	1	-	-	H. SANGRE	3	2.7	120	0.03	-	-
3500	48	7.3	0.30	0.65	TORTA DE SOYA	10.5	5.04	367.5	0.767	0.032	0.068
					ZEOLITA	4					
			22	18	PHOSBIT	2				0.44	0.36
TOTAL							16	3305.5	2.93	0.50	0.70
TRATAMIENTO 4 6% DE ZEOLITA											
3530	9	2.3	0.03	0.23	MAÍZ	40	3.6	1412	0.92	0.012	0.092
3700	12	3.2	0.05	0.34	POLVILLO	35	4.2	1295	1.12	0.018	0.119
4000	90	1	-	-	H. SANGRE	3	2.7	120	0.03	-	-
3500	48	7.3	0.30	0.65	TORTA DE SOYA	11.5	5.52	402.5	0.84	0.035	0.075
					ZEOLITA	6					
			22	18	PHOSBIT	2				0.44	0.36
TOTAL							16	3229.5	2.91	0.50	0.68

APÉNDICE G
ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS

MUESTRAS	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	DIETA 4
& Proteína	17.56	18.35	15.20	18.06
% grasa	11.13	9.21	9.83	6.66
% cenizas	8.11	10.47	10.60	12.07
% humedad	9.16	9.50	9.57	9.41
% fibra	6.57	2.88	7.29	4.94

Fuente: Laboratorio Aroma

APÉNDICE H

TABLAS DEL CONTROL DE PESO Y ALIMENTO DE TODAS LAS DIETAS

DIETA 1 - CORRAL 4
(TESTIGO)

	PESO CORPORAL KG													
	FECHA	18/X/04	25/X/04	1/X/04	8/X/04	15/X/04	22/X/04	29/X/04	6/X/04	13/X/04	20/X/04	27/X/04	24/X/04	30/X/04
COEFICIENTE		28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	292		
# DE ANIMAL	526	23,5	28,0	34,5	40,0	46,0	52,0	62,0	67,0	75,0	83,0	85,5	91,0	
	534	20,0	23,0	27,5	32,0	37,0	42,5	48,0	53,0	60,0	67,5	72,0	76,0	
	532	16,0	18,5	23,0	27,0	32,0	37,0	44,0	49,5	55,0	61,5	67,0	70,0	
	520	15,5	18,0	22,0	25,5	31,0	35,5	41,0	46,0	52,0	59,0	61,0	65,0	

RESUMEN

DESCRIPCIÓN														
PESO TOTAL		75	87,5	107	124,5	146	167	195	215,5	242	271	285,5	302	
PESO PROMEDIO		18,75	21,87	26,75	31,12	36,50	41,75	48,75	53,87	60,50	67,75	71,37	75,50	
No. DE ANIMALES		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
AUMENTO TOTAL			12,5	19,5	17,5	21,5	21,0	28,0	20,5	26,5	29,0	14,5	16,5	
AUMENTO PROMEDIO			3,12	4,87	4,37	5,37	5,25	7,00	5,12	6,62	7,25	3,62	4,12	
No. DE DÍAS			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	
AUMENTO PROMEDIO DIARIO			0,446	0,696	0,625	0,767	0,750	1,000	0,732	0,946	1,035	0,517	1,375	
CONSUMO TOTAL			30,36	41,36	45,76	49,28	49,28	56,32	60,72	54,56	75,68	72,16	32,56	
CONSUMO PROMEDIO			7,59	10,34	11,44	12,32	12,32	14,08	15,18	13,64	18,92	18,04	8,14	
CONSUMO PROMEDIO DIARIO			1,084	1,477	1,634	1,760	1,760	2,011	2,168	1,948	2,702	2,577	2,713	
EFICACIA ALIMENTICIA			2,428	2,121	2,614	2,292	2,348	2,011	2,962	2,058	2,609	4,976	1,973	
AUMENTO TOTAL HASTA LA FECHA			32	49,5	71	92	92	120	140,5	167	196	210,5	227	
AUMENTO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA			0,571	0,589	0,633	0,657	0,657	0,714	0,716	0,745	0,777	0,751	0,777	
CONSUMO TOTAL HASTA LA FECHA			71,72	117,48	166,76	216,04	272,36	333,08	387,64	453,32	535,48	568,04		
CONSUMO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA			1,280	1,398	1,488	1,543	1,621	1,699	1,730	1,838	1,912	1,945		
EFICACIA ALIMENTICIA HASTA LA FECHA			2,241	2,373	2,348	2,348	2,269	2,370	2,321	2,363	2,543	2,502		

DIETA2 - CORRAL 2

PESO CORPORAL KG

FECHA	18/X/04	25/X/04	1/X/04	8/X/04	15/X/04	22/X/04	29/X/04	6/X/04	13/X/04	20/X/04	27/X/04	31/05
COEFICIENTE	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	308	
524	25,5	28,0	35,0	40,0	49,0	55,0	62,0	64,0	72,0	80,0	84,0	93,0
538	19,0	21,0	23,0	29,0	36,0	40,0	45,0	47,0	55,0	62,5	65,0	66,5
527	17,0	18,5	23,0	26,0	31,0	33,0	38,5	40,0	47,5	55,0	58,0	66,5
535	13,5	16,0	23,0	23,0	29,0	32,0	36,0	38,5	44,0	52,0	54,0	63,0

DE ANIMAL

RESUMEN

DESCRIPCIÓN

PESO TOTAL	75	83,5	104	118	145	160	181,5	189,5	218,5	249,5	261	289
PESO PROMEDIO	18,75	20,87	26,00	29,50	36,25	40,00	45,37	47,37	54,62	62,37	65,25	72,25
No. DE ANIMALES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AUMENTO TOTAL	8,5	20,5	14,0	27,0	21,5	15,0	21,5	8,0	29,0	31,0	11,5	28,0
AUMENTO PROMEDIO	2,12	5,12	3,50	6,75	5,37	3,75	5,37	2,00	7,25	7,75	2,87	7,00
No. DE DÍAS	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
AUMENTO PROMEDIO DIARIO	0,303571	0,73214	0,5	0,964286	0,535714	0,535714	0,767857	0,2857	1,03571	1,10714	0,41071	1
CONSUMO TOTAL	30,36	41,38	47,52	52,8	52,8	52,8	54,56	50,16	50,16	75,68	72,16	72,16
CONSUMO PROMEDIO	7,59	10,34	11,88	13,2	13,2	13,2	13,64	12,54	12,54	18,92	18,04	18,04
CONSUMO PROMEDIO DIARIO	1,084286	1,60286	1,69714	1,885714	1,885714	1,885714	1,948571	1,7914	1,79143	2,70286	2,57714	2,57714
EFICACIA ALIMENTICIA	3,571765	2,16927	3,39429	1,955556	3,52	3,52	2,537674	6,27	1,72966	2,44129	6,27473	2,57714
AUMENTO TOTAL HASTA LA FECHA	29	29	43	70	106,5	114,5	114,5	114,5	143,5	174,5	185	214
AUMENTO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA	0,51786	0,5119	0,625	0,607143	0,633929	0,5842	0,64063	0,59246	0,66429	0,69481	0,69481	0,69481
CONSUMO TOTAL HASTA LA FECHA	75,24	122,76	175,56	228,36	282,92	333,08	383,24	458,92	531,03	603,24	603,24	603,24
CONSUMO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA	1,34357	1,46143	1,5675	1,631143	1,684048	1,6994	1,71089	1,82111	1,89671	1,95857	1,95857	1,95857
EFICACIA ALIMENTICIA HASTA LA FECHA	2,59448	2,85488	2,508	2,686588	2,656526	2,909	2,67066	2,62991	2,85527	2,81888	2,81888	2,81888



DIETA 3 - CORRAL 1

PESO CORPORAL KG

FECHA	18/X/04	25/X/04	1/XI/04	8/XI/04	15/XI/04	22/XI/04	29/XI/04	6/XII/04	13/XII/04	20/XII/04	27/XII/04	30/XII/04
COEFICIENTE	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	292	
525	23,5	27	33,5	38	45	49,5	57	63	69	80	85	89
537	19	22	27	31	38	42	49	53	58	66	72,5	76,5
522	18	22	27,5	33	39	44	50	56	60	67	72,5	78,5
531	14,5	16	20	23	28	33	38	42	49	55	62,5	66

DE ANIMAL

RESUMEN

DESCRIPCIÓN	75	87	108	125	150	168,5	194	214	236	268	292,5	310
PESO TOTAL	18,75	21,75	27	31,25	37,5	42,125	48,5	53,5	59	67	73,125	77,5
PESO PROMEDIO	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
No. DE ANIMALES												
AUMENTO TOTAL		12	21	17	25	18,5	25,5	20	22	32	24,5	17,5
AUMENTO PROMEDIO		3	5,25	4,25	6,25	4,625	6,375	5	5,5	8	6,125	4,375
No. DE DÍAS		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3
AUMENTO PROMEDIO DIARIO	0,428571	0,75	0,6071	0,892857	0,66071	0,910714	0,7143	0,78571	1,14286	0,875	1,45833	
CONSUMO TOTAL	30,36	44,88	45,76	52,8	54,56	58,96	59,84	59,84	53,68	82,72	72,16	30,8
CONSUMO PROMEDIO	7,59	11,22	11,44	13,2	13,64	14,74	14,96	14,96	13,42	20,68	18,04	7,7
CONSUMO PROMEDIO DIARIO	1,084286	1,60286	1,6343	1,885714	1,94857	2,105714	2,1371	1,91714	2,95429	2,57714	2,56667	
EFICACIA ALIMENTICIA	2,53	2,13714	2,6918	2,112	2,94919	2,31257	2,992	2,44	2,585	2,94531	1,75	
AUMENTO TOTAL HASTA LA FECHA		33	50	75	93,5	119	139	161	193	217,5	235	
AUMENTO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA		0,58929	0,5952	0,669643	0,66786	0,708333	0,7092	0,71875	0,76587	0,77679	0,80479	
CONSUMO TOTAL HASTA LA FECHA		75,24	121	173,8	228,36	287,32	347,16	400,84	483,56	555,72	586,52	
CONSUMO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA		1,34357	1,4405	1,551786	1,63114	1,710238	1,7712	1,78946	1,91889	1,98471	2,00863	
EFICACIA ALIMENTICIA HASTA LA FECHA		2,28	2,42	2,317333	2,44235	2,414454	2,4976	2,48969	2,50549	2,55503	2,49583	

DIETA 4 - CORRAL 3

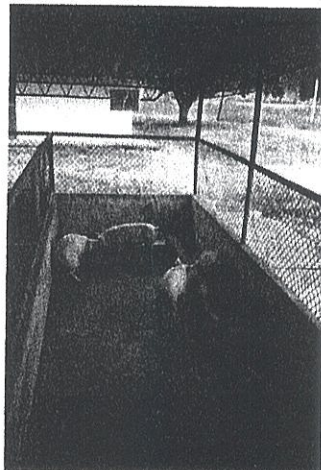
PESO CORPORAL KG

FECHA	18/X/04	25/X/04	1/X/04	8/X/04	15/X/04	22/X/04	29/X/04	6/X/04	13/X/04	20/X/04	27/X/04
COEFICIENTE	28	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
# DE ANIMAL											
523	23	27,5	33,5	39	46	51	59	64	73	80,5	81
530	21	24,5	30	35	41	47	54	59	68	74	77
533	15,5	19	24	28	35	40	49	53	64	71	73
536	15,5	18,5	23	26	33	38	45,5	50	58,5	67	69

RESUMEN

DESCRIPCIÓN	75	89,5	110,5	120	155	170	207,5	226	263,5	292,5	300
PESO TOTAL	18,75	22,375	27,525	32	38,75	44	51,875	56,5	65,875	73,125	75
No. DE ANIMALES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AUMENTO TOTAL		14,5	21	17,5	27	21	31,5	18,5	37,5	29	7,5
AUMENTO PROMEDIO		3,625	5,25	4,375	6,75	5,25	7,875	4,625	9,375	7,25	1,875
No. DE DIAS		7	7	7	7	7	7	7	7	7	2
AUMENTO PROMEDIO DIARIO		0,517857	0,75	0,625	0,964286	0,75	1,125	0,6607	1,3392857	1,035714	0,9375
CONSUMO TOTAL		30,36	44,88	47,52	52,8	55,44	58,96	61,6	66,88	87,12	19,36
CONSUMO PROMEDIO		7,59	11,22	11,88	13,2	13,86	14,74	15,4	16,72	21,73	4,84
CONSUMO PROMEDIO DIARIO		1,084286	1,60286	1,69714	1,885714	1,98	2,105714	2,2	2,3885714	3,111429	2,42
EFICACIA ALIMENTICIA		2,093793	2,13714	2,71543	1,955556	2,64	1,871746	3,3297	1,7834667	3,004138	2,58133
AUMENTO TOTAL HASTA LA FECHA			35,5	53	80	101	132,5	151	188,5	217,5	225
AUMENTO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA			0,63393	0,63095	0,714286	0,721429	0,78869	0,7704	0,8415179	0,863095	0,80357
CONSUMO TOTAL HASTA LA FECHA			75,24	122,76	175,56	231	289,96	351,56	418,44	505,53	524,92
CONSUMO PROMEDIO DIARIO HASTA LA FECHA			1,34357	1,46143	1,5675	1,65	1,725952	1,7937	1,8680357	2,00619	1,87471
EFICACIA ALIMENTICIA HASTA LA FECHA			2,11944	2,31623	2,1945	2,287129	2,188377	2,3282	2,2198408	2,324414	2,33298

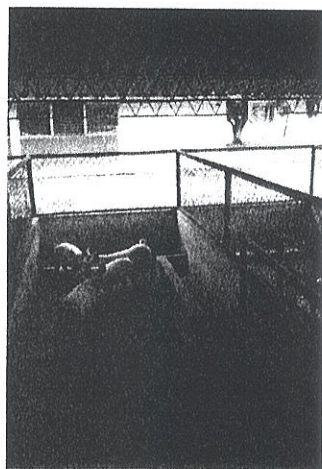
APÉNDICE I
DISTRIBUCIÓN ALEATORIA DE LOS 16 CERDOS 18/OCT/04



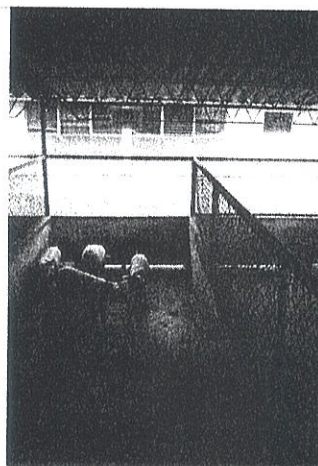
DIETA 3-CORRAL1



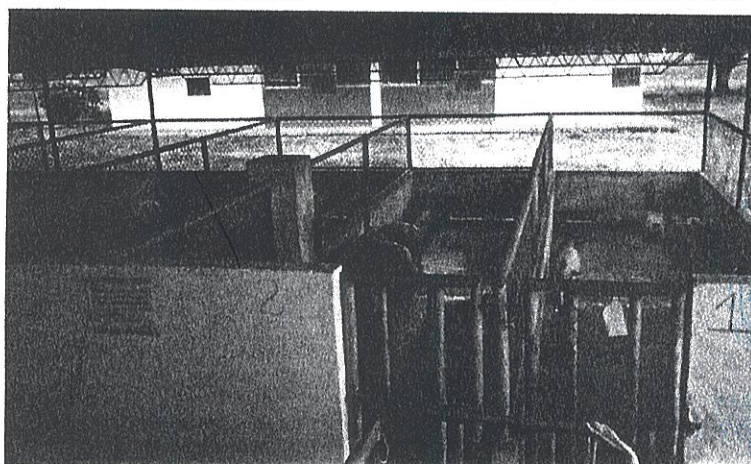
DIETA 2-CORRAL 2



DIETA 4-CORRAL3



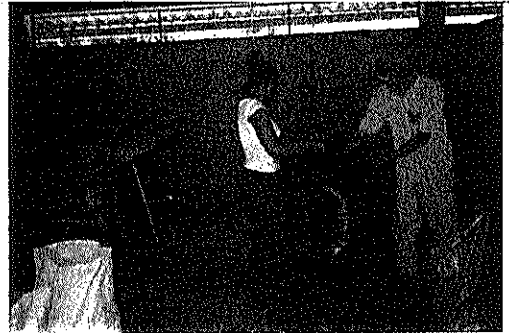
DIETA 1-CORRAL 4



APÉNDICE J
ELABORACIÓN DE LAS RACIONES ALIMENTICIAS



1. MOLIENDA



2. PESAJE (ROMANA)



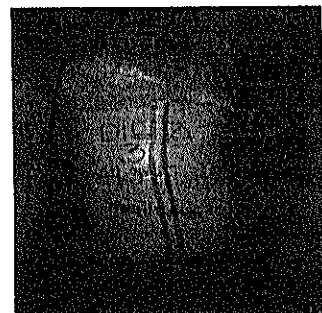
3. COMPOSICIÓN



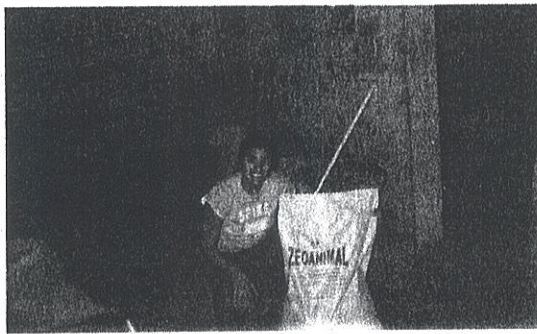
4. MEZCLA



5. HOMOGENEIDAD

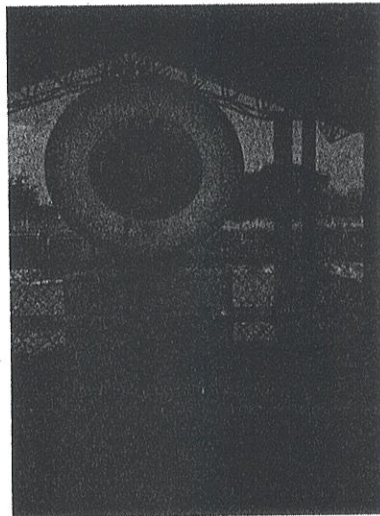


6. DIETA ELABORADA

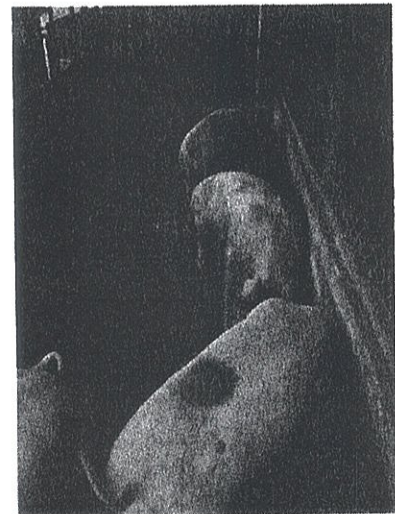


ZEOANIMAL

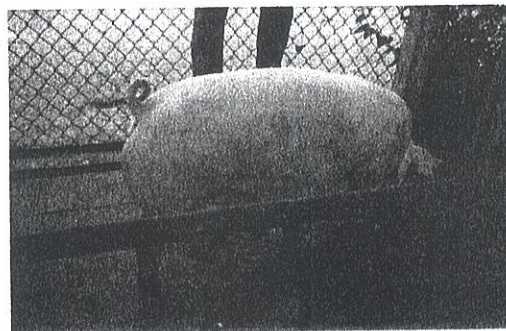
**APÉNDICE K
PESAJE Y ALIMENTACIÓN**



BASCULA (1000 kg)



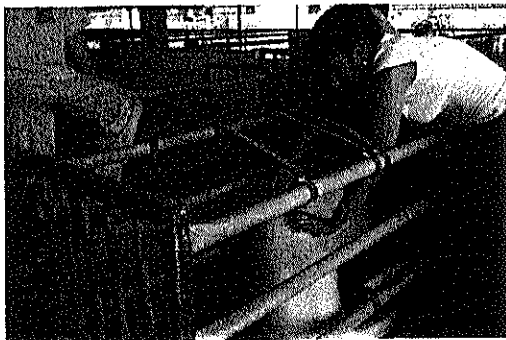
ALIMENTO Y AGUA AD-LIBITUM



PLATAFORMA



APÉNDICE L
MEDICIÓN DEL ESPESOR DE LA GRASA DORSAL



1. LOCALIZACIÓN



2. ANESTESIA



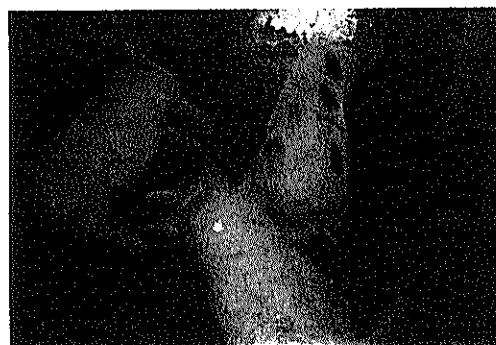
3. INCISIÓN



4. MEDICIÓN

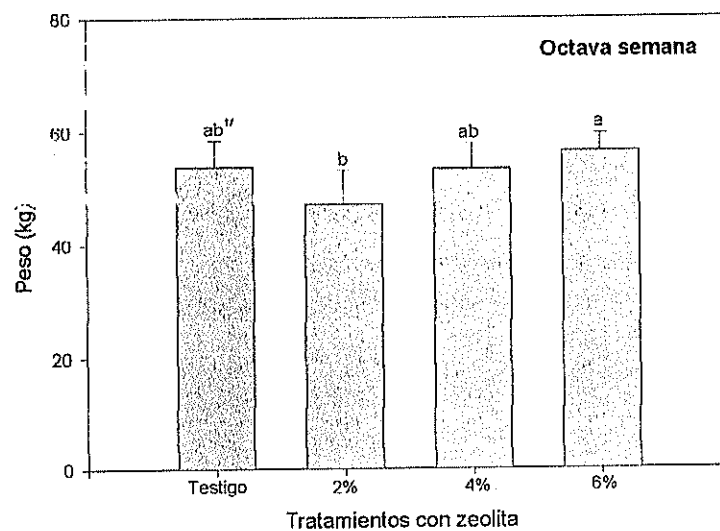


5. LECTURA

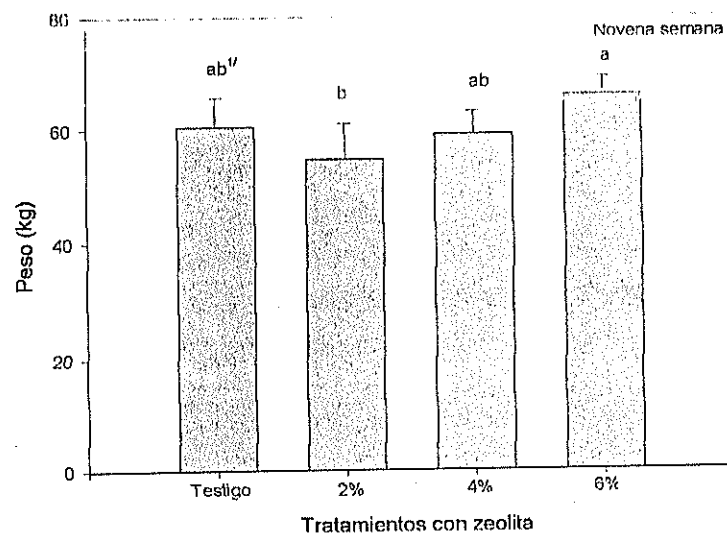


6. DESINFECCIÓN

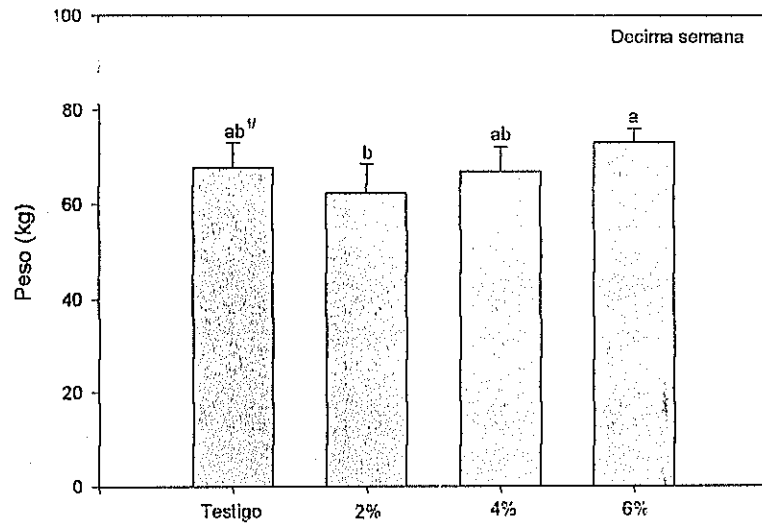
APÉNDICE M **PRUEBA DE TUKEY VARIABLE PESO**



1/ Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey 5%)

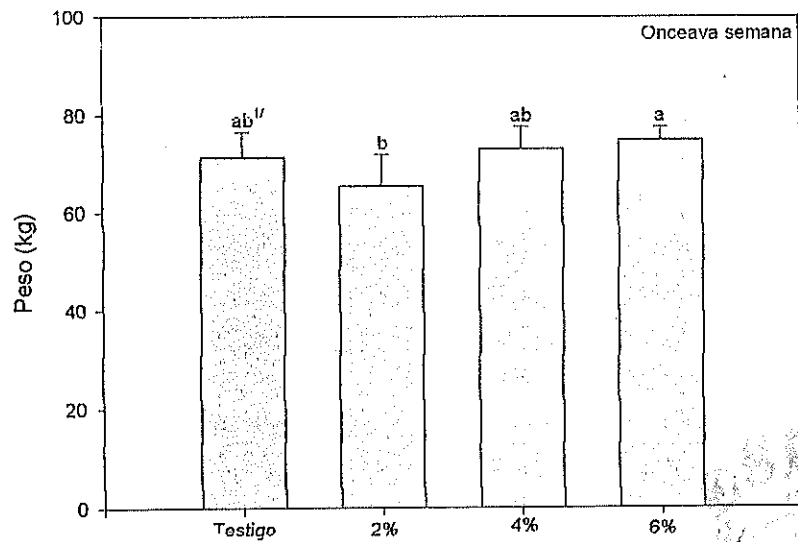


1/ Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey 5%)



Tratamientos con zeolita

1/ Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey 5%)



Tratamientos con zeolita

1/ Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey 5%)

APENDICE N

ESPESOR DE GRASA DORSAL (mm)

TRATAMIENTO 4

SEXO	DIC-22-04	ANTERIOR	MEDIO	POSTERIOR
H	533	0,7	0,6	0,7
H	536	0,6	0,5	0,5
M	530	0,7	0,6	0,65
M	523	0,6	0,6	0,8

TRATAMIENTO 3

SEXO	DIC-31-04	ANTERIOR	MEDIO	POSTERIOR
H	525	0,65	0,5	0,4
H	537	0,6	0,6	0,6
H	522	0,8	0,6	0,8
M	531	0,6	0,5	0,5

TRATAMIENTO 2

SEXO	ENE-12-05	ANTERIOR	MEDIO	POSTERIOR
M	524	0,7	0,7	0,7
M	538	0,7	0,1	0,4
H	527	0,6	0,6	0,5
H	535	0,5	0,5	0,6

TRATAMIENTO 1

SEXO	DIC-31-04	ANTERIOR	MEDIO	POSTERIOR
M	526	0,8	0,7	0,7
H	534	0,7	0,7	0,8
H	532	0,55	0,6	0,6
M	520	0,6	0,7	0,5

BIBLIOGRAFÍA

1. ALAVA E., "Evaluación de tres niveles de palmaste en reemplazo de las fuentes tradicionales de energía en dietas de cerdos en las fases de inicio y acabado de cerdos confinados" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral), 2004
2. BERGERO D., BOCCIGNONE M., DI-NATALE F., FORNERIS G., PALMEGIANO G., ROAGNA L. y SICURO B., Aquaculture and fish managements, 1995, 25 (8): 813-821.
3. BONILLA O., Elementos básicos para el manejo de animales de granja; módulo II, EUNED, Costa Rica, 2000, pp. 22-24.
4. BRECK D. W., Zeolite Molecular Sieves, John Wiley, New York, 1974, p. 633.

5. CAISUR. Protocolo de trabajo con TEVAL-A en nutrición animal, disponible en www.caisur.com.mx/tevala_infotecnica.php, 2002.
6. CASTRO M., IGLESIAS M., Cuban J. Agriculture. Science. 1989, 23 (3): 289-291.
7. CASTRO M. y MAS E., Cuban J. Agriculture Science., 1989, 23 (1): 55-59.
8. CIPIMM, "Aplicación de la zeolita en diversas ramas de la ciencia", Cuba, 2003.
9. GARCÍA W.. "Evaluación de tres niveles de harina de gandul (*Cajanus Cajan*) como alternativas de proteínas en dietas en las fases de inicio y acabado de cerdos confinados", (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral), 2004
10. HANSEN J., J. NELSEN R. GOODBAND y L. WEEDEN. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. J. Animal Science. 1993, 71(16):1853-1856.



11. HELMAN M.. Ganadería Tropical, 2da. Edición, El Ateneo, Buenos Aires. 1977.

12. HERRAS E. M., Generalidades sobre razas porcinas, CIAT, Cali, 1976.

13. HOSSAIN S. y ALMEIDA M., Archivo brasileño de medicina veterinaria y zootécnica, 1994, 46 (6): 665 - 674.

14. KLEIN C. y HURLBUT C. S. Jr., Manual de mineralogía, 4ª Edición, Tomo II, actualmente de referencia en la asignatura de Mineralogía y Cristalografía de la UNED. 1997.

15. LAGUNA E., Historia, evolución y situación actual del cerdo Ibérico, disponible en <http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/dehesa/historia.htm>, 1989

16. LON-WO E., Regalo de las entrañas de la tierra, El Habanero, 2003.

17. LOPEZ M., Premezclas para fórmulas de productos y subproductos de la caña de azúcar, disponible en

http://www.fpolar.org.ve/ats/ats/ats_info/eventos/porcicultores/mireya_lopez/lopez.html. 2003

18. MEIER W. y OLSON D., Atlas of Zeolite Structure Types, 4th Edition, International Zeolite Association-Structure Commission. London, 1996.
19. MONGE D., "Producción Porcina". EUNED. Costa Rica. 1998, pp. 23-25.
20. MUMPTON F. A., The applications of natural Zeolites in animal science and aquaculture, J. Animal Science, 1977, 45, 1188-1203.
21. MUMPTON F. A., The role of natural Zeolites in agriculture and aquaculture, West view Press, Bulder, CO., USA, 1984, Pp. 3 -27.
22. NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Nutrients Requirements of Dairy Cattle, Sixth revised Edition, National Academy Press, Washington D.C.. 2003.
23. PANIAGUA G., Determinación del peso óptimo en mercado de cerdos de engorde en Costa Rica. Tesis Ing. Agr., San José, Universidad de Costa Rica. 1982.



24. POND W. G., Response of Growing Lambs to Clinoptilolite or Zeolite NaA Added to Corn, Corn-Fish Meal and Corn-Soybean Meal Diets, J. Animal Science, 1984, 59:1320-1328.
25. POND W. G., Response of growing swine to dietary copper and Clinoptilolite supplementation, Nutrition. Report Int., 1988, 37, 795-803.
26. POND W. G., Effects of dietary protein and Clinoptilolite levels on weight gain, feed utilization and carcass measurements in finishing lambs, Nutrition. Report Int., 1989, 32, 855-862.
27. POND W. G., Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture, 1994, pp. 95-105, 449-454.
28. POND W. G., CHURCH K. R., Basic Animal Nutrition and Feeding, USA, 1995.
29. POULSEN H. y OKSBJERG N., Animal Feed Science and Technology, 1995, 53 (3-4): 297-303.

30. PULIDO R. y FEHRING A., Efecto de la adición de una zeolita natural sobre la respuesta productiva de terneras de lechería, postdestete, Revista Médica Veterinaria, Vol. XXXVI N° 2, 2004, pp. 197-201.
31. QUILAMBAQUI M., AYALA C. y MORANTE F., "Usos de las zeolitas naturales", VLIR-ESPOL, 2002.
32. ROLDÁN M., Historia, evolución y situación actual del cerdo Ibérico, disponible en <http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/dehesa/historia.htm>, 1983.
33. SERVÍN L., Monografía "Metalurgia de Minerales No Metálicos", México, 1997.
34. WITTER E. y KIRCHMANN H., Peat, Zeolite and basalt as adsorbents of ammoniacal nitrogen during manure decomposition. Plant and Soil, 1989, 115, 43-52.