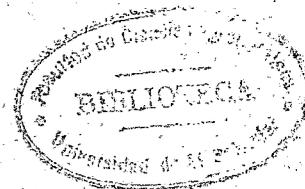


TUES
1304
F 475 ebh
1997



Ej 4

1366



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

***“EVALUACION BIOECONOMICA DE HARINA DE GRANO
DE AMARANTO (Amaranthus cruentus) EN LA
ALIMENTACION DE CERDOS EN CRECIMIENTO”***

POR:

CARLOS HERNAN FIGUEROA QUINTANILLA

WALTER ALEXANDER GOMEZ HERNANDEZ

JOSE ADAN SERRANO QUINTEROS

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, JUNIO DE 1997

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL : LIC. ENNIO LUNA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. RODOLFO MIRANDA GAMEZ

SECRETARIO : ING. AGR. LUIS HOMERO LOPEZ GUARDADO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

A. Garcia S.

ING. AGR. RAMON ANTONIO GARCIA SALINAS

ASESOR:

J. G. Rosales M.

ING. AGR. MSC. JOSE GABRIEL ROSALES MARTINEZ.

JURADO CALIFICADOR:

N. E. Paz Q.

ING. AGR. MSC. NAPOLEON EDGARDO PAZ QUEVEDO

R. R. Platero M.

ING. AGR. CARLOS RENE PLATERO MONTOYA

A. Garcia S.

ING. AGR. RAMON ANTONIO GARCIA SALINAS

RESUMEN

La presente investigación se realizó en las instalaciones porcinas del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT Izalco), ubicada en el Cantón Talcomunca, jurisdicción de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador. Las Coordenadas geográficas del lugar son: 13° 45' y 7" LN y 34° 42' y 3" LW, con una elevación de 390 msnm; precipitación promedio anual de 2,274 mm., temperatura promedio anual de 27.0 °C, humedad relativa promedio anual de 77.0 %.

El objetivo de la investigación fué evaluar la harina de grano de amaranto (Amaranthus cruentus), en la alimentación de cerdos en la fase de crecimiento y determinar el nivel óptimo de harina, que puede ser adicionado en la dieta, que permita obtener resultados positivos y disminuir los costos de alimentación.

La investigación se inició el 30 de Noviembre de 1,996 y finalizó el 1° de Febrero de 1,997; el ensayo tuvo una duración de 64 días, 15 días de fase pre-experimental y 49 días de experimentación. Se utilizaron 18 cerdos, 9 machos y 9 hembras del cruce Duroc-Landrace, con una edad promedio de 50 días y un peso promedio de 12.2 kgs. al inicio del ensayo.

El diseño estadístico utilizado fué parcelas divididas en bloques al azar con tres tratamientos compuestos por: dieta control (T1 = testigo) y los niveles de harina de grano de amaranto (T2= 12 % y T3 = 24 %) y tres repeticiones.

Las variables evaluadas fueron: Peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia de conversión alimenticia y analisis económico para cada uno de los tratamientos evaluados.

Los resultados obtenidos demostraron que la dieta con 12 % de harina de grano de amaranto (T2) resultó superior a T3 y T1 en todas las variables evaluadas, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

Las pruebas estadísticas: Rango Múltiple de Duncan, contrastes ortogonales y polinomios ortogonales, no reportaron diferencias estadísticas significativas para la ganancia de peso, por lo que el amaranto pudo sustituir eficientemente al maíz y soya hasta el 23 %.

Al realizar el análisis económico por medio del presupuesto parcial se encontró que el tratamiento T2 obtuvo mejores beneficios netos, superando al T3 y éste a T1. Por esta razón se concluye que la mejor respuesta económica y biológica se obtuvo al incluir el 12 % de harina de grano de amaranto en la dieta para cerdos en crecimiento.

AGRADECIMIENTO

Los autores deseamos expresar nuestros más sinceros agradecimientos:

A NUESTRO ASESOR:

ING. AGR. MSC. JOSE GABRIEL ROSALES MARTINEZ

Por su valiosa y desinteresada colaboración en la elaboración de este trabajo.

AL JURADO EXAMINADOR:

ING. AGR. MSC. NAPOLEON EDGARDO PAZ QUEVEDO

ING. AGR. CARLOS RENE PLATERO MONTOYA

ING. AGR. RAMON ANTONIO GARCIA SALINAS

por sus acertadas observaciones para la realización de esta tesis.

AL LIC. MARIO SANTAMARIA

por su ayuda constante y desinteresada en la ejecución de esta investigación.

AL CENTRO DE DESARROLLO TECNOLOGICO CDT- IZALCO Y SUS
AUTORIDADES :

por su valioso apoyo para la utilización de las instalaciones; personal de la granja porcina; al Lic. RICARDO TRIGUEROS y a DON PABLO por su colaboración en el desarrollo de la fase de campo.

AL PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONOMICAS:

que de una u otra forma participaron para llevar a cabo este triunfo.

A RAFAEL Y GLADIS BARRIENTOS:

por su valiosa colaboración, para la elaboración de este documento.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

JUAN MIGUEL FIGUEROA Y EDELMIRA DEL CARMEN QUINTANILLA, por su valiosa ayuda moral y económica para la formación de mi carrera profesional.

A MI HIJA:

CARMELINA IVETTE FIGUEROA, por su comprensión y apoyo moral.

A MIS HERMANOS:

ROSA OLIMPIA, por su valiosa colaboración económica y moral, OSCAR, MIGUEL, LEONIDAS, RAUL, LEONOR Y GLADIS, por su constante apoyo moral.

A MI AMIGA:

SONIA DEL CARMEN, por su constante, ilimitado e incondicional apoyo material y moral.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:

WALTER Y JOSE ADAN, por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos.

CARLOS HERNAN

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO:
por haberme prestado la vida y permitirme culminar la carrera.

- A MIS PADRES:
ALEJANDRO MACARIO GOMEZ Y MARIA BERTA HERNANDEZ, por su apoyo económico y moral en el transcurso de mi formación profesional.

- A MIS HERMANOS:
JUAN FRANCISCO Y MILAGRO YESENIA, por su apoyo moral y comprensión.

- A MIS FAMILIARES:
Que de una u otra forma contribuyeron en mi formación profesional.

- A MIS AMIGOS:
Especialmente a JAIME VALLADARES, ARMANDO MOLINAY DAVID CAÑAS,
por su apoyo durante el transcurso de la carrera.

- A MIS COMPAÑEROS DE TERSIS:
CARLOS Y JOSE ADAN, por su colaboración y ayuda.

WALTER ALEXANDER.

DEDICATORIA

- Este triunfo académico es la culminación de un duro pero valioso esfuerzo; a lo largo de la vida universitaria dentro de la cual intervinieron personas que merecen mis agradecimientos:

- A DIOS TODOPODEROSO:

Por darme la sabiduría e iluminación de mis pensamientos en la culminación de mi carrera.

- A MI MADRE:

IRMA DEL CARMEN, por darme todo tipo de motivación y sin esperar mas de mí, me brindó su apoyo incondicional, en los momentos difíciles de mi carrera; con mucho amor.

- A MIS TIOS:

VICTOR Y MARTA, que me ayudaron y apoyaron en parte de mi carrera universitaria.

- A MIS HERMANOS:

CARLOS ALBERTO, MORENA DEL CARMEN, ANA YANETH, IRMA MARISOL, ROXANA YESENIA, por apoyarme siempre.

- A MIS SOBRINOS:

CARLA, ALBERTO, LOURDES, DAVID, KATY, JUNIOR, ERICK Y ERIKA.

- A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:

CARLOS Y WALTER, que sin su ayuda y dedicación no hubiese podido culminar mi carrera.

- A MIS AMIGOS:

RODOLFO, OSCAR, ROXANA, CARLOS, CALERO, NETO, KEVIN, VIOLETA, ROXANA, OSMIN, HUGO, MAVERICK, MARIO, NOE, MARIO BRUNO, RUNY, ROLANDO, FABIAN, PATY, DAYSI, VERA ELISA, Y OTROS..

JOSE ADAN

INDICE

	página
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
INDICE DE CUADROS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xvi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA.	2
2.1. Importancia de la explotación porcina.	2
2.2. Período de crecimiento del cerdo.	2
2.3. Requerimientos nutricionales del cerdo.	3
2.4. Necesidades nutritivas en el crecimiento del cerdo	3
2.4.1. Proteínas	3
2.4.2. Vitaminas.	4
2.4.3. Minerales.	4
2.4.4. Hidratos de carbono.	5
2.4.5. Grasa.	6
2.4.6. Agua.	6
2.5. Clasificación taxonómica del amaranto	7
2.6. Origen y descripción general del amaranto.....	7
2.7. Importancia del amaranto	8
2.8. Aspectos agronómicos a considerar en el cultivo de amaranto.....	8
2.8.1. Preparación de la tierra	8
2.8.2. Epoca de siembra	8
2.8.3. Profundidad y densidad de siembra	9
2.8.4. Textura y humedad	9
2.8.5. Fertilización.	9

	página
2.8.6. Control de malezas y plagas	9
2.8.7. Rendimiento	9
2.9. Valor nutritivo del amaranto	9
2.9.1. Hojas	10
2.9.2. Tallos	10
2.9.3. Grano	11
2.10. Otros aspectos de importancia del amaranto.....	13
2.11. Principales especies de amaranto que se utilizan para la obtención de grano.	17
2.12. Limitaciones del amaranto en la alimentación animal	17
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. Generalidades.	18
3.1.1. Localización.	18
3.1.2. Características climáticas del lugar	18
3.2. Metodología de campo.	18
3.2.1. Duración.	18
3.2.2. Instalaciones y equipo.	18
3.2.3. Unidades experimentales.	19
3.2.4. Fase pre-experimental.	19
3.2.5. Obtención del grano de amaranto	20
3.2.6. Procedimiento para la elaboración de la harina de grano de amaranto.....	20
3.3. Metodología estadística	22
3.3.1. Factores en estudio	22
3.3.2. Descripción de los tratamientos.....	23
3.3.3. Formulación de la ración	24
3.3.4. Diseño estadístico	25
3.4. Toma de datos	27
3.4.1. Peso corporal	27

	página
3.4.2. Ganancia de peso	27
3.4.3. Consumo de alimento	27
3.4.4. Eficiencia de conversión	27
3.5. Análisis económico	27
3.5.1. Presupuesto parcial	27
3.5.2. Análisis de dominancia	28
3.5.3. Tasa de retorno marginal	28
4. RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1. Peso corporal	29
4.2. Ganancia de peso	29
4.3. Consumo de alimento	31
4.4. Eficiencia de conversión alimenticia	31
4.5. Análisis económico	33
5. CONCLUSIONES	37
6. RECOMENDACIONES	38
7. BIBLIOGRAFIA	39
8. ANEXOS	43

INDICE DE CUADROS

cuadro		página
1	Requerimiento de los principales aminoácidos para cerdos en crecimiento.	4
2.	Requerimiento de las principales vitaminas para cerdos en crecimiento.	5
3	Requerimientos de los cerdos de los minerales principales en la fase de crecimiento.	6
4	Comparación de algunos cereales con el grano de amaranto.	13
5	Contenido de aminoácidos encontrados en el grano de amaranto y maíz	14
6	Minerales contenidos en el grano de amaranto	15
7	Vitaminas contenidas en el grano de amaranto	15
8	Contenido de ácidos grasos en el aceite del grano de amaranto	16
9	Composición química de la semilla de amaranto sometida a diferentes procesos	16
10	Condiciones climáticas de la zona	18
11	Formación de bloques de acuerdo a los pesos iniciales	20
12	Factores y combinación de tratamientos	23
13	Tratamientos evaluados durante el ensayo	23
14	Composición de las dietas experimentales	24
15	ANVA para un experimento de parcelas divididas en bloques al azar	26

	página
16	Peso final de los cerdos por sexo y tratamiento 30
17	Ganancia de peso neto en kg. de los cerdos durante el ensayo con harina de grano de amaranto 30
18	Consumo promedio y total de alimento durante la fase experimental 32
19	Alimento ofrecido, rechazado, consumo y conversión alimenticia por tratamiento y sexo. 32
20	Datos generales para realizar el presupuesto parcial 34
21	Presupuesto parcial 35
22	Análisis de dominancia 36
23	Tasa de retorno marginal 36
A-1	Análisis bromatológico de los tratamientos 44
A-2	Cuadro de doble entrada, interacción sexo-bloque del peso corporal de los cerdos. 45
A-3	Cuadro de doble entrada, interacción sexo-ración del peso corporal de los cerdos. 45
A-4	Análisis de varianza del peso corporal de los cerdos al final del ensayo 45
A-5	Cuadro de doble entrada, interacción sexo-bloque para ganancia de peso de los cerdos. 46
A-6	Cuadro de doble entrada, interacción sexo-ración para ganancia de peso de los cerdos. 46
A-7	Análisis de varianza para ganancia de peso de los cerdos al final del ensayo 46
A-8	Prueba de rango múltiple de Duncan 47
A-9	Prueba de contrastes ortogonales para ganancia de peso 48

	página
A-10 Prueba de polinomios ortogonales para ganancia de peso en kg.	49
A-11 Consumo promedio y total de alimento en (kg) de los cerdos durante la fase experimental	50
A-12 Cuadro de doble entrada, interacción sexo-bloque para consumo de alimento promedio y total (kg) de los cerdos en la fase experimental.	50
A-13 Cuadro de doble entrada, interacción sexo-ración para consumo de alimento promedio y total (kg.) de los cerdos en la fase experimental.	51
A-14 Análisis de varianza para consumo de alimento promedio y total en kg. de los cerdos en la fase experimental	51

INDICE DE FIGURAS

figura		página
1	Distribución de las unidades experimentales en el campo.	21
2	Marcha para obtener la harina de grano de amaranto.	22
A-1	Curva de crecimiento de los cerdos machos expresado en kg. de peso por semana, alimentados con los diferentes porcentajes de harina de amaranto.	52
A-2	Curva de crecimiento de los cerdos hembras expresado en kg. de peso por semana, alimentados con los diferentes porcentajes de harina de amaranto.	53
A-3	Peso vivo promedio de los cerdos (ambos - sexos) alimentados con los diferentes niveles de harina de amaranto.	54
A-4	Peso promedio final por tratamiento y sexo.	55
A-5	Peso promedio final por tratamiento.	56
A-6	Consumo semanal de alimento para los diferentes tratamientos.	57
A-7	Eficiencia de conversión alimenticia por tratamiento expresado en ganancia de peso por kg. de alimento consumido.	58
A-8	Total de los costos que varían y los beneficios netos por tratamiento y grupo experimental (6 cerdos).	59

1 INTRODUCCION

En El Salvador, la producción de carne de cerdo es de gran importancia, ya que, constituye una de las principales fuentes proteicas de consumo humano a bajo costo, al compararlo con otras carnes.

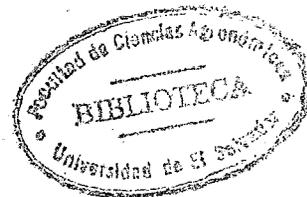
Para los porcicultores, la alimentación eficiente de los cerdos es el problema mas difícil de resolver, ya que, el alimento de alto valor nutritivo, es de alto costo, por la escasez de algunas materias primas que lo componen. El pequeño y mediano porcicultor no tiene la capacidad de adquirirlo, por lo que obtiene cerdos con baja conversión alimenticia, bajos pesos en la fase de crecimiento y como consecuencia largos períodos para alcanzar pesos al mercado.

Además, el porcicultor afronta el problema que nuestro país no produce algunas materias primas, que se utilizan como fuentes proteicas en la elaboración de concentrado, viéndose en la necesidad de importarlas, lo que aumenta el costo de producción y la fuga de divisas.

Actualmente se ha enfatizado en las cualidades del amaranto y en particular el grano, por poseer excelente contenido nutricional, además es de fácil adquisición ya que es una planta adaptada a todas las zonas de nuestro país.

El propósito de esta investigación fué evaluar diferentes niveles de harina de grano de amaranto, como fuente proteica en la dieta de cerdo en crecimiento, y ofrecer al pequeño porcicultor alternativas de alimentación a bajo costo, y contribuir a generar mayores beneficios económicos.

2. REVISION DE LITERATURA



2.1. Importancia de la explotación porcina.

El cerdo se ha considerado como el animal que posee las mejores disposiciones para producir carne y grasa, por su capacidad digestiva y mejor asimilación de alimento, al compararlo con otras especies domesticas. Además tiene mayor capacidad de aprovechar la proteína cruda y para ingerir considerables cantidades de alimento (Carrol, 1976).

El cerdo necesita un menor espacio y tiempo para su producción comparándolo con la producción de carne vacuno; en el sector rural constituye una fuente de ingresos y alimenticia, es muy raro que el agricultor no tenga por lo menos un cerdo para engordarlo y posteriormente ser vendido o utilizado para consumo.

Las explotaciones porcinas ofrecen una rápida recuperación del capital ya que los cerdos pueden parir dos veces por año y a los seis meses los capones están listos para el sacrificio (Olivares, 1982),

2.2. Período de crecimiento del cerdo.

Se inicia cuando los cerdos alcanzan un peso de 20 kg. y termina cuando pesan 45 kg.50 días y 100 días de edad respectivamente (aproximadamente 50 días) (Sahli, 1974).

En los primeros meses de vida la tasa de crecimiento del cerdo es mayor, por esta razón es determinante un adecuado suministro de nutrientes en esta fase. Por otra parte el crecimiento y peso del cerdo están estrechamente ligados a factores como: la raza, el manejo adecuado y alimentación balanceada. Los tejidos del cuerpo animal se desarrollan en la forma siguiente tejido nervioso, óseo, muscular y por último el adiposo, es por ello que los animales jóvenes poseen proporcionalmente mayor porcentaje de hueso y músculo que los adultos. Una característica que se debe tomar en cuenta es la precocidad del cerdo en la fase de crecimiento, el animal joven consume más alimento en relación a su peso y como sus exigencias de mantenimiento son mínimas una gran parte de los alimentos son transformados en carne, grasa y hueso, por lo anterior es conveniente aprovechar la edad para lograr el mejor desarrollo y peso (Flores, 1965).

2.3. Requerimientos nutricionales del cerdo.

El cerdo por ser un monogástrico, tiene complejas necesidades nutritivas y deben ser satisfechas con variados productos y sub-productos, tanto de origen animal como vegetal; también con alimentos concentrado de escaso contenido de fibra. Los requerimientos nutricionales del cerdo varían según la edad y estado de producción y, desde el punto de vista técnico se han diferenciado en dos grupos: El primero hace referencia a las exigencias propias del sostenimiento orgánico, o sea la cantidad de alimento necesario para satisfacer necesidades vitales del animal en un total reposo, el segundo es llamado de producción y sirve para compensar las pérdidas sufridas por el funcionamiento de los músculos y el crecimiento de tejidos (Escamilla, 1986).

2.4. Necesidades nutritivas en el crecimiento del cerdo.

Esta fase de la vida del cerdo es de gran importancia pues de ella dependerá la rapidez para llegar al mercado, algunos elementos nutritivos vitales en esta fase son : Proteínas, Vitaminas, Minerales ,Hidratos de Carbono, Grasas y Agua. La ración deberá proporcionar los nutrientes en forma balanceada, porque si alguno de los nutrientes no es suficiente se convertirá en el factor limitante en el crecimiento de los cerdos (Flores, 1965).

2.4.1. Proteínas.

Las proteínas son el componente más importante de los tejidos jóvenes, ya que aparecen con mayor concentración en tejidos musculares e intervienen en la mayoría de las reacciones químicas vitales del metabolismo animal. En las primeras etapas de crecimiento el porcentaje de proteína de la ración es de 10-18%, después se puede bajar el nivel gradualmente, conforme los animales alcanzan el peso ideal. Los aminoácidos son las estructuras esenciales que conforman las proteínas, se clasifican en esenciales y no esenciales, si el organismo puede sintetizarlos o no. El Cuadro 1, muestra los principales aminoácidos que necesita el cerdo en la fase de crecimiento.

Cuadro 1. Requerimiento de los principales aminoácidos para cerdos en crecimiento.

AMINOACIDOS	REQUERIMIENTOS (%)
Arginina	0.20
Histidina	0.18
Isoleucina	0.50
Leucina	0.60
Lisina	0.70
Metionina	0.50
Fenilalanina	0.50
Treonina	0.45
Triptófano	0.12
Valina	0.50

FUENTE: Tablas del N.R.C.

2.4.2. Vitaminas.

Son sustancias orgánicas que se requieren en pequeñas cantidades, generalmente los organismos animales son incapaces de elaborarlos, son indispensables para el desarrollo, mantenimiento y funcionamiento. Su ausencia puede ocasionar trastornos y lesiones características. La mayoría de vitaminas tienen influencia en la fase de crecimiento, donde sus necesidades aumentan.

Las vitaminas generalmente agregadas a las raciones de cerdos son: Vitamina A, Vitamina D, Vitamina B-12, Riboflavina (B-2), Niacina, Acido Pantoténico y Colina. Las cuales se muestran en el Cuadro 2.

2.4.3. Minerales.

Son elementos inorgánicos en el crecimiento del cerdo, para que sus funciones se desarrollen normalmente, los minerales trazas son importantes en la formación de algunas enzimas, Los minerales frecuentemente deficientes en dietas para el crecimiento del cerdo son : Calcio, Fósforo,

Cuadro 2. Requerimiento de las principales vitaminas para cerdos en crecimiento.

VITAMINAS	REQUERIMIENTOS
Vitamina A (U.I/ lb)	795.50
Tiamina (mg./ lb)	0.50
Riboflavina (mg./ lb)	1.36
Niacina (mg./ lb)	8.18
Acido Pantoténico /mg. /lb)	5.00
Vitamina B-6 (mg. / lb)	0.68
Colina (mg/ lb)	409.10
Vitamina D (U.I./ lb)	90.90
Vitamina B-12 (mg x Lbs	6.80

FUENTE: Tablas del N.R.C

Magnesio, Sodio, Cloro, Iodo, Hierro, Cobre, Zinc. El Cuadro 3 muestra los minerales necesarios para el cerdo en la fase de crecimiento.

2.4.4. Hidratos de carbono.

Los hidratos de carbono, se encuentran en forma abundante en las plantas, en las que se encuentra hasta el 75% de la materia seca, son fuente de energía en las raciones, ya que los azúcares y almidones se digieren fácilmente y tienen un elevado poder alimenticio. (Sahli,1,975)

Los monogástricos, como los seres humanos y los cerdos, digieren y utilizan alimentos fibrosos con menos eficiencia que los rumiantes, esto se debe a procesos fermentativos de origen microbiano en el intestino delgado, principalmente en el ciego y colon. Son numerosas las investigaciones que presentan evidencias que los cerdos son capaces de obtener nutrientes a partir de la fibra adicionada a sus raciones. Este hecho justifica la utilización de alimentos fibrosos, en raciones destinadas a la alimentación de cerdos (Bressani, 1,990).

Cuadro 3. Requerimiento para cerdos de los principales minerales en la fase de crecimiento.

MINERALES	REQUERIMIENTOS
Calcio (%)	0.75
Fósforo (%)	0.50
Cobre (mg/lb.)	2.70
Hierro (mg/lb.)	36.40
Iodo (mg/lb.)	0.10
Magnesio (mg/lb.)	182.00
Manganeso (mg/lb.)	5.50
Zinc (mg/lb.)	22.70
Selenio (mg/lb.)	0.05
Sal común (%)	0.05

FUENTE: Tablas del N.R.C.

2.4.5. Grasas..

Las grasas cumplen en el organismo funciones energéticas, y se utilizan en la dieta de cerdos, principalmente en zonas tropicales, para disminuir, el calor metabólico del organismo. Las necesidades energéticas de los cerdos en crecimiento son de 3800 kilocalorías/kg.de alimento de Energía Digestible (E.D.) y un 80% de N.D.T. (Sahli, 1975).

2.4.6. Agua.

El agua es una de las sustancias más importantes que requiere el cerdo y frecuentemente no se presta atención. El agua sirve como vehículo de transporte de los nutrientes, regula la temperatura corporal, ayuda a la digestión y absorción de nutrientes, así como a la eliminación de desechos metabólicos.

La falta de agua disminuye el apetito y baja la eficiencia de utilización de los alimentos,

lo que causa trastornos en todos los procesos metabólicos del organismo, es por ello que debemos preocuparnos para que los cerdos en cualquiera de sus fases beban agua limpia, potable y fresca (Sahli, 1975)

2.5. Clasificación taxonómica del amaranto.

Reino	Vegetal
Orden	Centrosperma
Familia	Amarantaceae
Genero	Amaranthus
	Alternothera
	Celosia
	Gomphena
Especie	Cruentus
	Caudatus
	Hypochondriacus

2.6. Origen y descripción general del amaranto.

El amaranto es originario de mesoamérica, es una planta herbácea, generalmente anual, dicotiledónea y C-4, se adapta bien a climas tropicales, sub-tropicales y templados, germina óptimamente entre los 10 y 27 °C, lo que la hace comparable al maíz. (Martineau, 1,985).

Históricamente hace 5000 años el pueblo Maya adoptó el amaranto como un cultivo alimenticio de alto rendimiento, también fué cultivado por los pueblos pre-hispánicos hace unos 800 años a.c., perdió popularidad en la época colonial por prohibiciones religiosas. (Méndez, 1,993)

El ciclo vegetativo de esta planta es de 80 a 90 días en áreas de 700 a 900 m.s.n.m. y de 120 días en alturas de 1000 a 1500 m.s.n.m. Se ha observado que crece en todos los tipos de suelo, desde muy ácidos y alto contenido de aluminio, hasta suelos alcalinos y salinos. (INCAP, 1,988). La altura de la planta oscila entre 1.80 a 2.0 mts. , la raíz es pivotante poco o muy ramificada,

su tallo presenta puvenuras y su color puede ser verde, amarillo, rojo ó púrpura dependiendo de la variedad.

Las hojas presentan forma lanceolada, el pecíolo es de color verde a verde oscuro ó rosado a rosado púrpura. La inflorescencia o panoja es glomerulada o amarantiforme de color verde o roja dependiendo de la variedad, la flor es diminuta monocepalia de ambos sexos. La semilla es pequeña pero muy abundante, su color puede ser blanco amarillenta; amarillo grisáceo; pardo a negra dependiendo de la variedad. (INCAP, 1,988).

2.7. Importancia del amaranto.

El amaranto gracias a sus atributos, se le considera como uno de los cultivos alimenticios subexplotados más promisorios. Recientemente se ha puesto mucha atención al potencial del grano como alimento para consumo humano y animal, ya que en varios experimentos, el grano ha demostrado su alta calidad proteínica, cuya composición de aminoácidos se acerca al balance óptimo requerido, cuadro 1. En algunos países se está utilizando mucho para alimentar monogástricos (cerdos principalmente) donde se tiene una area prometedoras en el estudio de la producción y utilización. (Bressani, 1,989).

2.8. Aspectos agronómicos a considerar en el cultivo de amaranto.

2.8.1 Preparación de la tierra.

Antes de aplicar la semilla a la tierra, a ésta, se le da un paso de arado, dos de rastra; con el fin de reducir en lo posible las masas de terrones muy comunes cuando se trata de suelos arcillosos. un surqueado y posteriormente la siembra; a una profundidad de 2.5 cms. para que la emergencia sea uniforme.

2.8.2. Epoca de siembra.

De acuerdo a experiencias en El Salvador se recomienda sembrar en la segunda quincena de junio, aun cuando se obtienen buenos resultados si esta práctica se realiza en otra época con temperaturas superiores a los 18°C y exista una humedad adecuada de 11.5 a 12 %.

2.8.3. Profundidad y densidad de siembra.

La pequeñez de la semilla requiere una siembra poco profunda (2.5 cms), aunque influye la textura y la humedad.

Se recomienda que la tasa de población sea de 50,000 a 75,000 plantas / Ha. dependiendo del uso a que se destine. Para obtener forraje se recomienda una distancia entre plantas de 10cms.y 30 cms. entre surco y para obtener semilla una distancia entre planta de 25cms. y 60 cms. entre surco. (INCAP, 1,988).

2.8.4. Textura y humedad.

Los mejores suelos son los de textura franco arcilloso con fertilidad de 112 kg. de Nitrógeno/Ha., 24 kg. de Fósforo/Ha. y 93 kg. de Potasio/Ha., la planta no tolera la acumulación excesiva de agua. En El Salvador se ha comprobado que la planta necesita más de 360 mm de agua, lo que lo hace más tolerante a la sequía que el maíz y el sorgo.

2.8.5. Fertilización.

El amaranto responde bien a la fertilización orgánica (estiércol de ganado). También, se ha observado que responde a la fórmula 16-20-0 en cantidades de 252 Kg/Ha al momento de la siembra, al tercer raleo 45 días después de la siembra y a la floración a los 80 días de nacido.

2.8.6. Control de malezas y plagas.

No hay herbicida selectivo en el control de malezas para el amaranto, lo mejor es realizar un control manual de limpieza durante los primeros 45 días de desarrollo, cada 15 días o según la insidencia. Aún cuando en el amaranto se ha encontrado un gran número de plagas de insectos, son pocos los que afectan la planta, tales como: tortuguillas, insectos chupadores y pulgones por lo que se hacen aplicaciones de plaguicidas de acuerdo a la incidencia. (Martineau, 1,985).

2.8.7. Rendimiento.

De acuerdo a la variedad sembrada Amaranthus cruentus se puede obtener de 2,031 a 2883 kg. de semilla/Ha. equivalente a un rendimiento promedio de 54qq/Ha. (INCAP-UES-CENTA; Gonzales y Bressani, 1,987).

2.9. Valor nutritivo del amaranto.

2.9.1. Hojas.

Las hojas tiernas de amaranto, son utilizadas como alimento, las investigaciones revelan que contienen alrededor de 28% de proteína cruda, base seca y cerca del 12% de fibra cruda, con 34 mg/g de Betacaroteno, también son ricas en vitaminas y minerales (INCAP-UES-CENTA, 1,988).

2.9.2. Tallos.

Al igual que las hojas, presentan gran utilidad en la elaboración de forraje para el ganado y otros animales monogástricos.

Para conejos en crecimiento se evaluaron cinco dietas que contenían harina de hojas y tallos de amaranto deshidratado en niveles de 0, 15, 30, 45 y 60 % en sustitución de harina de alfalfa. La harina de amaranto contenía 17.8% de proteína y 24% de fibra cruda, en comparación con la harina de alfalfa cuyo contenido proteínico era de 22% y el de la fibra cruda de 23.3%.

Los resultados indicaron que la harina de amaranto puede sustituir eficientemente hasta el 15% del total de la dieta, ya que con mayores niveles inducen retardo en el crecimiento y un cuadro patológico caracterizado por nefrosis intestinal y edemas, más fácilmente observado al nivel de 60% de amaranto en la dieta. (Alfaro, 1,989).

Para determinar la utilización como forraje de ciertos componentes (tallos y hojas) de un cultivar africano de Amaranthus cruentus, se utilizaron 15 corderos machos en crecimiento con un peso promedio de 18.7 kg., asignándose a 3 dietas (5 corderos por dieta), durante 14 días. Todas las dietas contenían 40.95% de maíz molido, 8% de torta de soya y 1.05% de suplemento de minerales y vitaminas; más ya fuese 50% de rastrojo de alfalfa, 25% de rastrojo de alfalfa molido, más 25% de hojas de amaranto molidas y 50% de hojas de amaranto molidas.

El alimento se ofreció ad libitum y la sustitución de la mitad o toda la alfalfa en la dieta con amaranto no tuvo ningún efecto en la ganancia de peso ó utilización del alimento, además la digestibilidad aparente y porcentaje de nitrógeno absorbido no acusó diferencia entre las tres dietas. El material vegetal de amaranto estimuló la ganancia de peso y la utilización del alimento de igual manera a lo que se obtuvo con alfalfa. (Pond y Lebmann, 1,987).

En el estado de Querétaro, México se utilizó forraje de amaranto como alimento en raciones para finalización de cerdos, los tratamientos fueron: niveles de forraje de amaranto de 0, 10, 20 y 30% de la ración. Se evaluaron los parámetros: consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso promedio, eficiencia alimenticia y capa dorsal de grasa en los animales el último día experimental.

Al final del ensayo se encontró una disminución lineal de las ganancias diarias de peso y de la eficiencia alimenticia ($p < 0.001$), conforme al nivel de inclusión de forraje en las dietas se incrementaba. (Bressani, 1,990).

Otras investigaciones han revelado que es factible emplear paja de amaranto en la alimentación de rumiantes hasta en un 65% de la ración sin afectar mayormente la digestibilidad de los compuestos o el balance de nitrógeno (BN) de los animales. (Cervantes, 1,987).

En la flora silvestre hay algunas especies de amaranto llamadas Quelites o bledos, que pueden comerse cocidas cuando están tiernas y sirven de alimento para toda clase de animales domésticos herbívoros, (Escobar, 1,951).

2.9.3. Grano.

La inflorescencia del amaranto pesa alrededor de 0.5 kg. de los cuales el 76% es la propia inflorescencia con todas sus partes vegetativas y 24% es semilla o grano. El ganado consume de buena gana y en grandes cantidades el 76% de la inflorescencia, sin que se haya observado ningún efecto tóxico. El consumo ha sido hasta de 32 a 36kg./vaca/día. Los terneros comienzan a consumir este sub-producto cuando tienen de 1.5 a 2 meses de edad. A causa de las grandes cantidades disponibles durante la cosecha, la inflorescencia puede ser almacenada como ensilaje. (Gonzales y Bressani, 1,987).

El grano de amaranto fué la base para elaborar una mezcla en polvo para alimentar a niños pre-escolares de 1-3 años. Partiendo de semilla de amaranto, avena perlada, frijol de soya, sacarosa y aceite vegetal. Se encontró que la mezcla era semejante en analisis proximal y contenido calórico a una fórmula infantil previamente desarrollada que contenía soya y avena. La mezcla de amaranto igualó al patron FAO/OMS, 1,973, para niños en su contenido de triptófano y excedió a este patrón y a la fórmula de soya y avena.

No se detectaron diferencias significativas en el aumento de peso obtenidos por los dos

productos. El costo de la mezcla de amaranto resultó un 6.0% menos que el de la fórmula de soya y avena (Del Valle y Sanchez, 1,987).

El contenido de energía disponible de un alimento es esencial si se desea formular dietas balanceadas y económicas. En avicultura, la energía disponible de los alimentos, se mide como energía metabolizable verdadera (E.M.V.), que es la indicación mas precisa de la cantidad de energía en un ingrediente que está disponible para alimentación de aves: Gallos Arbor Acres de 12 a 15 semanas de edad, se alimentaron con semilla clara y oscura de amaranto. Los valores de E.M.V. encontrados en la semilla de amaranto varían de 2.91 a 4.22 kcal./gr. para la semilla clara y para semilla oscura de 2.79 a 3.52 kcal/gr. Los valores de E.M.V. obtenidos para la semilla de color oscura fueron inferiores a las de color claro, debido a que en la primera la presencia de taninos es más alta . Los valores de E.M.V. de las semillas crudas fueron bajos debido a la presencia de factores antinutricionales termolábiles tales como taninos e inhibidores de tripsina.

Los taninos, son compuestos polifenólicos que se ligan a las proteínas del alimento, disminuyendo la disponibilidad para su digestión y absorción ,(Lopez y Bressani, 1,984). Se estudió la posibilidad de alimentar pollos parrilleros utilizando dietas de terminación, donde se sustituyó parte del maíz por grano de amaranto de buen rendimiento en la región semiárida pampeona. Se utilizaron 3 dietas, a partir de los 30 días de edad: a) dieta a base de maíz unicamente como aporte energético (To), b) sustitución de 25% de maíz por amaranto hervido antes de la molienda (T1) y c) sustitución del 25% de maíz por amaranto nixtamalizado antes de la molienda (T2). Los parámetros medidos fueron aumento de peso promedio durante 30 días del ensayo y la eficiencia de conversión alimenticia. El análisis estadístico para la ganancia de peso indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativa para los machos ni para las hembras. En las condiciones cualquiera fuera el tratamiento a que se sometió el grano de amaranto previo a su incorporación a la mezcla alimenticia pudo sustituir satisfactoriamente al maíz hasta un 25% del mismo, (Steves, Braun y Cervellini 1,993).

Con el objeto de evaluar el grano de amaranto, como componente de la dieta porcina, se evaluaron 3 niveles de sustitución de grano de amaranto, correspondiente a 0, 15, 30 % .

El grano de amaranto fue nixtamalizado y se evaluaron las variables: peso inicial, peso quincenal, ganancia de peso diaria y conversión alimenticia.

Los resultados reflejaron que el tratamiento 2 (15% de grano de amaranto) superó al tratamiento 1 (testigo) y al tratamiento 3 (30% de grano de amaranto). El consumo de alimento fue proporcional al porcentaje de fibra en las raciones.

Al final se concluyó que el 15% de grano de amaranto, rinde un mejor aumento de peso vivo en la fase de crecimiento y desarrollo. No se observaron diferencias entre el sexo ni presencia de efectos tóxicos en los cerdos estudiados, (Trigueros, 1,995).

2.10. Otros aspectos de importancia del grano de amaranto.

Ademas el grano de amaranto ha llamado la atención, por muchas razones de importancia, entre las cuales están:

a) La semilla de amaranto contiene más proteína que los cereales, su contenido varía de 13 a 19% de proteína cruda, considerándose una de las mas altas proteínas de origen vegetal en el mundo, ya que posee alto contenido de aminoácidos esenciales. En el Cadro 4 se hace la comparación de los cereales mas comunes, con el grano de amaranto.

b) El grano posee una gran cantidad de aminoácidos, sobresaliendo un alto nivel de lisina, el vital aminoácido que usualmente es inferior en la familia de las gramíneas, donde se encuentran cereales como: maíz y arroz. El Cuadro 5 detalla el contenido de aminoácidos encontrados en el grano de amaranto y en el grano de maíz.

Cuadro 4. Comparación de algunos cereales con el grano de amaranto (gr. / 100 gr.).

COMPONENTES	MAIZ	SORGO	ARROZ	TRIGO	AVENA	AMARANTO
Proteína	9.4	8.8	7.2	9.3	11.6	12.9
Grasa	4.3	3.2	0.6	0.7	3.1	7.2
Fibra cruda	1.8	2.3	0.6	0.5	3.5	6.7
Ceniza	1.3	2.7	0.5	1.5	1.5	2.5
Carbohidratos	74.4	64.4	79.7	74.4	73.8	65.1
Calorías	361.0	364.0	364.0	307.0	370.0	377.0
Lípidos						5.3

FUENTE: INCAP, 1,988

Cuadro 5. Contenido de aminoácidos encontrados en el grano de amaranto y maíz.

AMINOACIDOS	AMARANTO	MAIZ
ESENCIALES		
Arginina	6.0	0.44
Histidina	2.6	2.9
Isoleucina	3.8	5.0
Leucina	6.1	16.1
Lisina	5.4	2.8
Metionina	0.8	3.0
1/2 Cistina	0.4	1.9
Fenilalanina	1.9	5.4
Treonina	4.1	3.5
Triptófano		0.6
Valina	4.2	7.2
NO ESENCIALES		
Alanina	5.9	9.4
A. Aspartico	9.3	6.7
A. Glutámico	16.7	20.6
Glicina	11.7	4.1
Prolina	4.8	8.9
Serina	7.7	4.6
Tirosina	1.9	4.9
Amoníaco	5.7	2.9

FUENTE: Bressani, 1,985 y Cimmyt-purdue,1,977.

c) Además el grano posee un alto contenido de minerales, destacando el calcio con 242.0 mg/gr. El contenido de minerales en el grano de amaranto se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Minerales contenidos en el grano de amaranto. (mg./gr.).

ELEMENTO	(mg./gr.)
Fósforo	556.0
Potacio	525.0
Calcio	242.0
Magnesio	344.0
Sodio	25.0
Hierro	26.0
Manganeso	3.4
Zinc	4.2
Cobre	1.69

FUENTE. Bresanni, 1985

d) También se puede encontrar en el grano de amaranto vitaminas, como se detallan en el Cuadro 7:

Cuadro 7. Vitaminas contenidas en el grano de amaranto. (mg/100gr.).

ELEMENTO	(mg/100gr.)
Tiamina	0.08 - 0.02
Riboflavina	0.21 - 0.03
Niacina	1.00 - 0.28
Biotina	42.50 - 1.50
Acido fólico	43.80 - 1.50
A. ascórbico	4.62 - 0.14

FUENTE. Bressani, 1993.

e) El grano posee un alto contenido de aceite lo que la hace calóricamente superior a otros cereales. El Cuadro 8 muestra el contenido de ácidos grasos en el aceite de grano de amaranto.

Cuadro 8. Contenido de ácidos grasos en el aceite del grano de amaranto. (%). en diferentes especies.

ACIDOS GRASOS	<u>A. caudatus</u>	<u>A. cruentus</u>	<u>A. hypochondriacus</u>	<u>A. hybridus</u>
C-14 A. mirístico	T.R.	0.9	T.R.	0.2
C-16 A. palmítico	18.6	19.9	21.3	21.1
C-18 A. esteárico	2.3	3.6	2.9	5.4
C-18:1 A. oleico	27.5	31.9	23.4	21.3
C-18:2 A. linoleico	48.6	43.4	51.4	50.4
C-18:3 A. linolénico	2.0	1.0	0.3	0.7
C-20 A. araquídico				0.8

FUENTE: Bressani, 1,990.

f). La composición química de la semilla puede sufrir cambios al ser sometida a distintos procesos. por ejemplo la fibra cruda puede disminuir si se somete a cocción. El Cuadro 9 muestra la diferencia entre semilla cruda y semilla sometida a cocción.

Cuadro 9. Composición química de la semilla de amaranto sometida a distintos procesos.

CONTENIDO	CRUDA	COCIDA
Humedad (%)	10.52	3.89
Fibra cruda (%)	3.03	2.68
Cenizas (%)	3.03	3.27
Grasas (%)	9.80	10.90
Proteínas (%)	14.70	14.30
Energía (kcal/gr.)	4.79	5.43

FUENTE. Bressani, 1,990.

g) Algunos estudios han demostrado que el 5.8% de aceite de la semilla es un componente llamado ESCUALENO, dicho compuesto ha alcanzado precios de \$ 50,000 /Ton. Es comunmente importado de Japón y sirve como importante ingrediente de cosméticos y penetrantes en la piel (preparación H), también es usado para elaborar lubricantes para discos de computadoras.

El grano de amaranto posee altos niveles de fibra no fermentable, por lo que se estima que el grano de amaranto puede reducir el colesterol, sin incrementar el riesgo de cancer en el colon. (Bressani, 1,990).

2.11. Principales especies de amaranto que se utilizan para la obtención de grano.

Las más importantes son tres:

Amaranthus cruentus

Amaranthus caudatus

Amaranthus hypochondriacus

2.12. Limitaciones del amaranto en la alimentación animal.

Existen las especies de Amaranthus hybridus L. y Amaranthus spinosus L. que no se utilizan en la alimentación de animales, cerdos y bovinos principalmente, por su alto contenido de ácido oxálico y nitratos, pudiendo causar inflamación en las articulaciones de los falanges, paralización de patas traseras e hipocalcemia. Las hojas causan aborto en animales gestantes, además las enzimas causan aborto 2-3 días después de la ingestión. (Mendez y Rodriguez, 1,994).

También en el grano de amaranto hay presencia de factores antinutricionales (termolábiles) tales como taninos e inhibidores de tripsina (Lopez, y Bressani, 1,984).

Los taninos son compuestos polifenólicos difíciles de separar porque no cristalizan. Estos compuestos se ligan a las proteínas de los alimentos haciendolos resistentes a las enzimas proteolíticas, disminuyendo la disponibilidad para su digestión y absorción, también se ha observado que producen mayor excreción de nitrógeno.

El amaranto contiene inhibidores de tripsina que es una enzima producido por el pancreas, la cual actúa sobre la proteína en el intestino delgado. (Casamada, Y Claus, 1968).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Generalidades.

3.1.1. Localización.

El presente ensayo se realizó en el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT Izalco), ubicado en el cantón Talcomunca, jurisdicción de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador, las coordenadas geográficas del lugar son: 13°45'7" L.N. y 34°42'3" LW, con una elevación de 390 m.s.n.m.

3.1.2. Características climáticas del lugar.

Las condiciones climatológicas que predominan en la zona donde se realizó el ensayo se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. condiciones climáticas de la zona donde se realizó el ensayo.

	Noviembre 1,996	Diciembre 1,996	Enero 1,997
Temperatura máxima	32.7°C	32.2°C	32.9°C
Temperatura mínima	23.5°C	22.9°C	28.8°C
Temperatura media	27.5°C	26.8°C	26.7°C
Humedad relativa	77.0%	77.0%	77.0%
Precipitación	52.7 mm.	0 mm.	0 mm.

FUENTE: MAG, 1,997.

3.2. Metodología de campo.

3.2.1. Duración.

La investigación se realizó durante el período que comprendió la fase de crecimiento de los cerdos, iniciando el 30 de noviembre de 1996 y finalizó el 10. de febrero de 1997 (64 días)

3.2.2. Instalaciones y equipo.

Los cerdos fueron alojados en una galera techada, orientada de Este a Oeste, se utilizaron

tres corrales de 4 mts. de largo y 2 mts. de ancho (8 mts. cuadrados cada uno), con piso de concreto. En cada corral se hicieron 6 sub divisiones de madera de 1.10 mts. de largo por 0.90 mts. de ancho y 0.70 mts. de alto.

En la parte poniente de los corrales, se colocó una cortina para evitar la entrada de sol, para que los animales tuvieran similares condiciones. En cada jaula se colocó un bebedero de plástico que tenía 0.4 mts. de diámetro y 0.20 mts. de alto, también fue colocado un comedero de madera de 0.30 mts. de largo, 0.20 mts. de ancho y 0.20 mts. de alto.

Se utilizó una balanza de plato con capacidad de 100 gramos para pesar las sales minerales y pre-mezclas, una báscula de reloj de 40 lbs. de capacidad para pesar los ingredientes de las dietas. Para pesar los cerdos se utilizó una báscula de plataforma con capacidad de 250 kgs. Además se utilizó una jaula portátil de malla ciclón de 1.5 mts. de largo y 1.0 metro de alto y 0.5 mts. de ancho. Las instalaciones fueron desinfectadas con solución de formalina al 5% y posteriormente se preparó una solución de 5 lbs. de cal, 1/8 de galón de pegamento líquido (Resistol) y 5 lts. de agua, para calentar las instalaciones, donde se alojaron los cerdos.

3.2.3. Unidades experimentales.

En el ensayo se utilizaron 18 cerdos, 9 machos y 9 hembras, del cruce Duroc- Landrace, con una edad promedio de 50 días y un peso promedio de 12.2 kgs. Previo a la fase pre-experimental los cerdos fueron desparasitados y vacunados contra el cólera porcino.

3.2.4. Fase pre-experimental.

Esta fase tuvo una duración de 15 días (2 semanas). Los cerdos fueron pesados y confinados en corrales individuales. En esta fase se realizó un ensayo de uniformidad, las unidades experimentales se sometieron a un mismo régimen alimenticio, durante la primer semana los cerdos recibieron concentrado comercial y la segunda fueron alimentados con la dieta testigo ofrecida a libre consumo.

El objetivo de esta fase fue evitar en la fase de experimentación el estrés causado por el cambio de alimento y por el confinamiento.

Al final del período de uniformidad los cerdos fueron nuevamente pesados y se formaron bloques de 6 cerdos (3 machos y 3 hembras) cada uno, el peso de los cerdos dentro de cada bloque fue homogéneo, pero entre bloques hubo diferencias promedio de 4.2 kgs. esto se detalla en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Formación de bloques de acuerdo a los pesos iniciales.

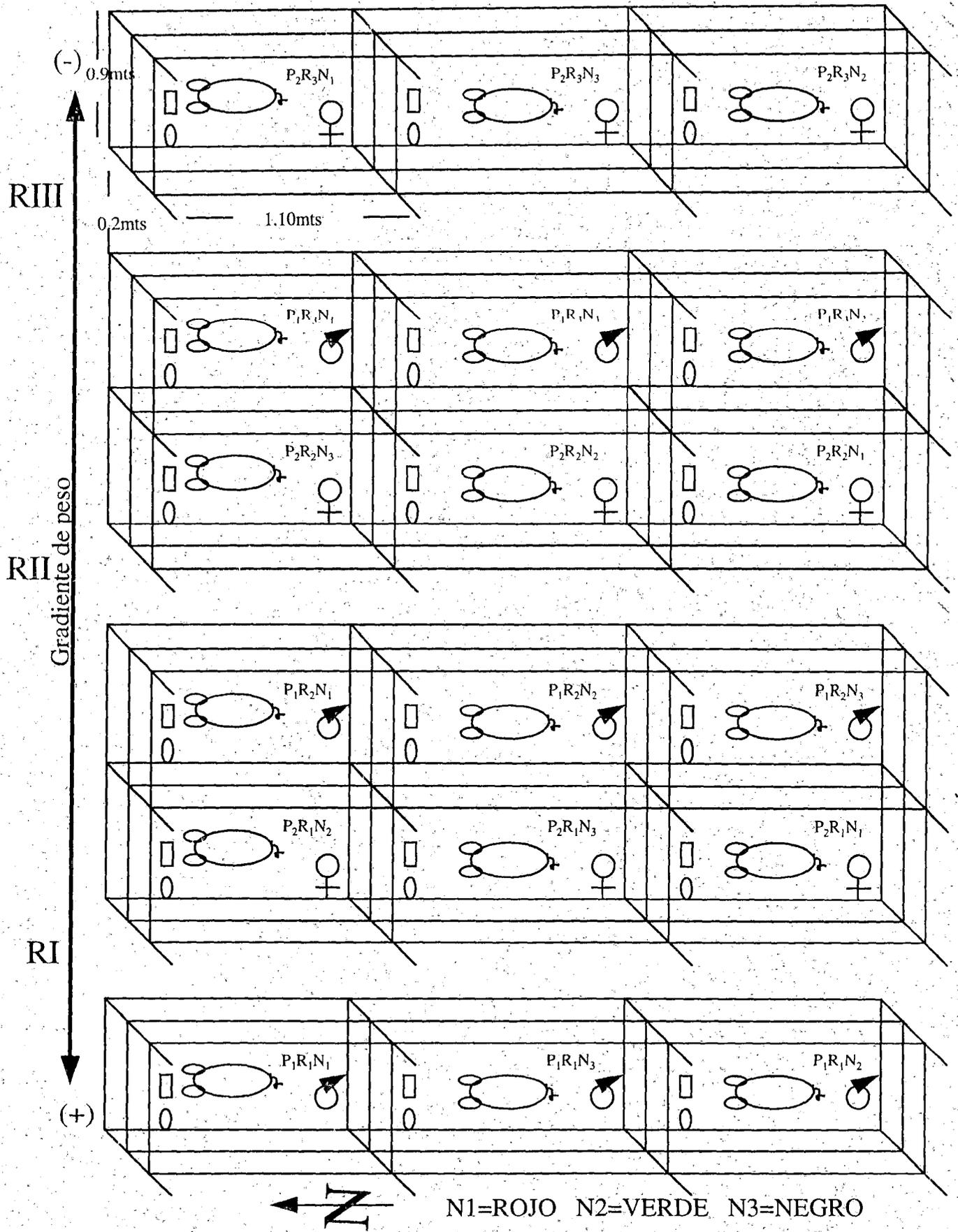
SEXO	BLOQUES O REPETICIONES		
	I	II	III
MACHOS	22.30	20.0	18.2
	20.90	19.0	18.2
	20.40	19.0	18.1
X	21.20	19.33	18.17
HEMBRAS	23.6	20.5	17.7
	22.7	19.0	17.7
	21.40	18.1	16.4
X	22.57	19.2	17.27
X/BLOQUES	21.88	19.27	17.72

Los bloques quedaron formados de acuerdo al gradiente de peso, la repetición uno con mayor peso que la dos y ésta con peso mayor que la tres. la distribución de las unidades experimentales en el campo se muestran en la figura 1.

3.2.5. Obtención del grano de amaranto.

El grano de amaranto se obtuvo en la cooperativa el Resurgimiento en el cantón Aldeas Bolaños del Departamento de Santa Ana, luego fue transportado a las instalaciones del Centro Universitario de Occidente, donde las panojas se colocaron sobre un plástico hasta que el sol y el viento las secase, en un tiempo promedio de 8 días; una vez las panojas secas, se procedió a la separación del grano de la inflorescencia, luego con un ventilador se eliminaron las basuras que contenía el grano y posteriormente se almacenó en sacos plásticos.

Figura.1. Distribución de las unidades experimentales en el campo

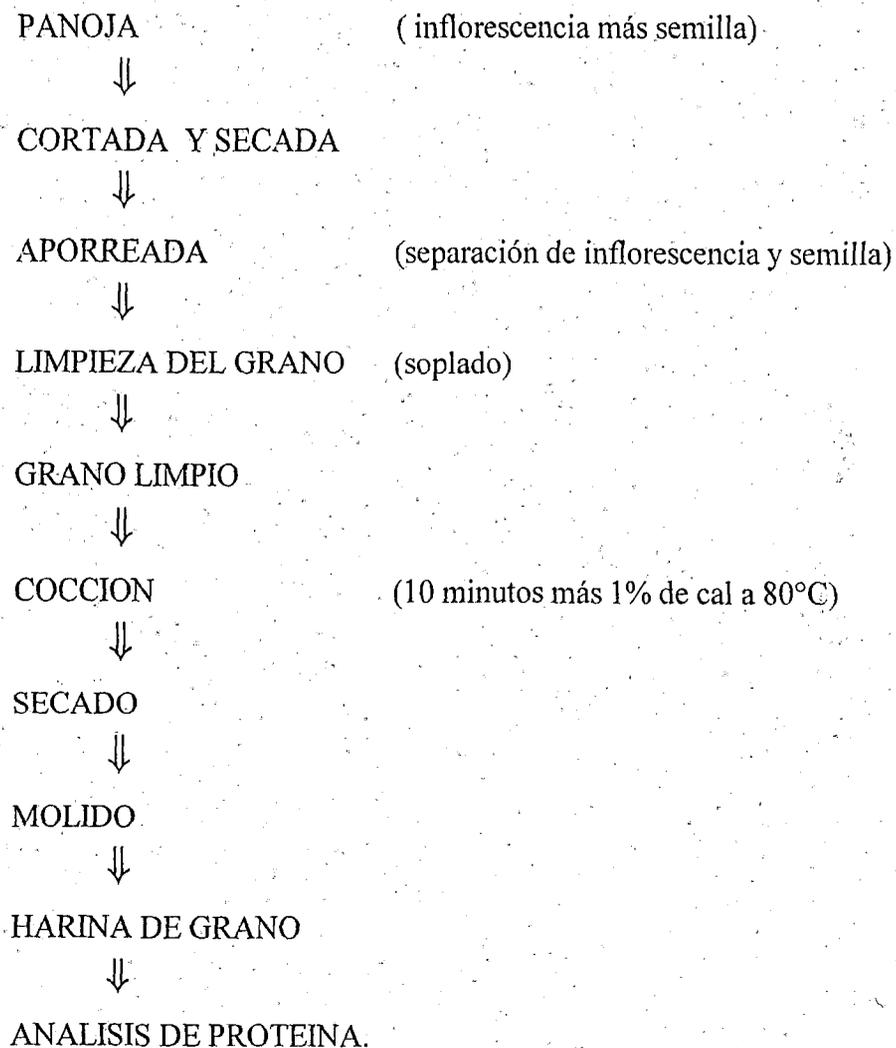


3.2.6. Procedimiento para la elaboración de la harina de grano de amaranto.

Según estudios realizados en el Centro Universitario de Occidente, de la Universidad de El Salvador, se mejora la digestibilidad del grano de amaranto cuando es sometido al proceso de nixtamalización. Además se determinó que el mejor proceso de nixtamalización es someter el grano a cocción por 10 minutos y agregarle el 1% de cal del peso del grano ya que reduce la fibra, aumenta la digestibilidad y mantiene la proteína, (Mendez, 1993). Por estas razones, éste fué el método a seguir para la nixtamalización.

Después de nixtamalizado el grano se puso a secar y se molió. La marcha para obtener la harina se muestra en la figura 2.

Figura 2. Marcha para obtener la harina de grano de amaranto.



3.3. Metodología estadística.

3.3.1. Factores en estudio.

En el ensayo se estudiaron dos factores los cuales fueron: Niveles de harina de grano de amaranto como fuente proteica, que estuvo representada en parcelas pequeñas y Sexo que se aplicó a parcelas grandes, se determinó su efectividad, durante la fase de crecimiento de los cerdos. Los factores con su respectiva nomenclatura se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Factores y combinaciones de tratamientos.

PARCELAS	SEXO	NIVELES	COMBINACION DE TRATAMIENTOS
1	♂ (M)	0% N1	P1MN1
		12% N2	P1MN2
		24% N3	P1MN3
2	♀ (H)	0% N1	P2HN1
		12%N2	P2HN2
		24%N3	P2HN3

3.3.2. Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos evaluados estuvieron compuestos por dieta control (T1=testigo) y los niveles de harina de amaranto. (T2=12% y T3=24%). El Cuadro 13 especifica los tratamientos evaluados.

Cuadro 13. Tratamientos evaluados durante el ensayo para machos y hembras.

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	ESPECIFICACION
Tratamiento 1	(T1)	Dieta control (0% de amaranto)
Tratamiento 2	(T2)	Dieta control (sustituyendole 12% con amaranto)
Tratamiento 3	(T3)	Dieta control (sustituyendole 24% con amaranto)

Las unidades experimentales fueron identificadas marcando el dorso del animal con pintura de color rojo para el T1; verde para el T2 y negro para el T3. Además se llevó el registro de identificación desde el nacimiento de los cerdos que consistía en cortes en las orejas y en cada jaula

se colocó pintura del color correspondiente a cada tratamiento.

3.3.3. Formulación de la ración.

La harina de amaranto utilizada en este experimento reportó : 14.5 % de proteína. En base a este analisis se formularon las raciones experimentales las cuales consistieron en; una dieta control sin amaranto, una segunda dieta con 12 % de amaranto y una tercera con 24 % de harina de amaranto. Las dietas se formularon con un promedio de 19 % de proteína.

En las dietas T2 y T3 el amaranto sustituyó en terminos proteicos al maíz y soya. La composición de las dietas a experimentar se detallan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Composición de las dietas experimentadas (lbs.).

INGREDIENTES	T1 (testigo)	T2 (12% de amaranto)	T3 (24 % de amaranto)
Harina de soya	27.0	25.5	24.0
Harina de maíz	61.5	51.0	40.5
Harina de grano de amaranto	0.0	12.0	24.0
Melaza	8.0	8.0	8.0
Carbonato de Calcio	0.75	0.75	0.75
Fosfato de Calcio	2.0	2.0	2.0
Premix *	0.25	0.25	0.25
Sal común	0.5	0.5	0.5
Total	100.00	100.00	100.00

* Vit. A, 10,000,000 U.I.; Vit. D-3 2,100,000 U.I.; Vit. K-3 2,000 mg.; Vit. B-1 1,500 mg.; Vit. B-2 4,500 mg.; Vit. B-6 1,800 mg.; Vit. B-12 10 mg.; Ac. Fólico 700 mg.; Dpantotenato de Calcio 10,000 mg.; Niacina 25,000mg.; C- de Colina 300,000 mg.; Zinc 45,000.; Manganeso 75,000 mg.; Hierro 35,000 mg.; Cobre 10,000 mg.; Cobalto 800 mg.; Iodo 880 mg.; Selenio 180 mg.; Etoxequin 10,000 mg.; excipientes C.S.P. 1,000 gr.

El Cuadro Anexo-1 muestra el analisis bromatológico de las diferentes dietas experimentadas.

3.3.4. Diseño estadístico.

El diseño estadístico utilizado fue parcelas divididas en bloques al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones por sexo.

El modelo estadístico para este diseño es dado por la siguiente fórmula.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + P_j + \frac{(R+P)_{ij}}{a} + S_k + (P*S)_{jk} + \frac{(R*S)_{ik} + (R*P*S)_{ijk}}{b}$$

Donde:

Y_{ijk} = Cualquier observación de la unidad experimental

μ = Promedio sobre el cual está girando cualquier valor del experimento

R_i = Efecto de la i-ésima repetición

P_j = Efecto de la j-ésima parcela experimental

$(R \times P)_{ij}$ = Error (a) entre parcelas principales

S_k = Efecto de la k-ésima sub-parcela

$(P \times S)_{jk}$ = Efecto de la interacción de la parcela principal "j" y sub-parcelas "k"

$(R \times S)_{ik} + (R \times P \times S)_{ijk}$ = Error (b) entre sub-parcelas

a = parcela grande

b = parcela pequeña

La distribución estadística del análisis de varianza (ANVA) para el diseño de parcelas divididas en bloques al azar se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. ANVA para un experimento de parcelas divididas en bloques al azar.

F. de V	G. L.
Repeticiones	$n-1 = 2$
P. Grandes (sexo)	$a-1 = 1$
Error (a)	$(a-1)(n-1) = 2$
Sub-Total	$an-1 = 5$
P. Pequeña(raciones)	$b-1 = 2$
Interacción (P.grande x P.pequeña)	$(a-1)(b-1) = 2$
Error (b)	$a(b-1)(n-1) = 8$
Total	$abn-1 = 17$

Para determinar el grado de dependencia entre las variables dependiente (peso final) e independiente (raciones) se usó la técnica de polinomios ortogonales, esta técnica tiene como base el analisis de varianza y de regresión.

La suma de cuadrados para cualquier polinomio está dada por la siguiente expresión:

$$S.C.POLINOMIOS = \frac{(\sum C_i * Y_i)^2}{n(\sum C_i^2)}$$

Donde:

C_i = Coeficiente de Polinomio

Y_i = Total de tratamientos

n = Número de repeticiones

$(\sum C_i * Y_i)$ = Sumatoria de los porcentajes de los coeficientes de los polinomios para los totales de tratamiento

3.4. Toma de datos.

Las variables evaluadas en el estudio fueron :

3.4.1. Peso corporal.

Este dato se tomó con ayuda de una báscula de plataforma con capacidad de 250 Kg. adecuada para pesar animales; la primer lectura se hizo al inicio del ensayo y las restantes cada 7 días, durante el tiempo que duró el ensayo (49 días).

3.4.2. Ganancia de peso.

Se determinó para cada tratamiento con ayuda de la siguiente fórmula.

G.P.=Peso inicial-Peso final; La ganancia de peso se obtuvo semanal

3.4.3. Consumo de alimento.

Se midió en forma diaria restándole al alimento ofrecido el alimento rechazado. El alimento se proporcionó dos veces al día, y el sobrante se pesaba en la mañana del día siguiente. El alimento fue ofrecido a libre consumo.

3.4.4. Eficiencia de conversión.

Se obtuvo semanalmente para cada tratamiento, dividiendo el consumo total de alimento en Kg. sobre la ganancia de peso (Kg.).

3.5. Análisis económico.

Para saber cual de los tratamientos resultó más rentable se realizó un análisis económico a través del presupuesto parcial, análisis de dominancia y la tasa de retorno marginal.

Para estos análisis se utilizaron las ganancias de pesos promedio de los cerdos por tratamiento.

3.5.1. Presupuesto parcial.

Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el objetivo de tener los costos y los beneficios de los tratamientos alternativos, el presupuesto parcial sólo toma

en cuenta los costos que varían, entendiéndose por éstos, aquellos costos que están relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria; que varían de un tratamiento a otro; por lo que se dice que son todos los costos relacionados con las variables experimentales.

3.5.2. Análisis de dominancia.

El análisis de dominancia se efectúa, primero ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían.

Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajo.

3.5.3. Tasa de Retorno Marginal.

La tasa de retorno marginal es la relación del beneficio neto marginal (aumento en beneficios netos) divididos en el costo marginal (aumento de los costos que varían) expresado en porcentaje.

4. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Peso corporal.

El Cuadro 16 muestra el peso final de los cerdos para los diferentes tratamientos clasificados también por sexo.

El análisis de varianza (Cuadros Anexos-2,3 y 4) del peso corporal de los cerdos al final del ensayo muestran que no existe diferencia estadística significativa entre tratamiento ni entre sexo. Por lo que se considera que los tres tratamientos evaluados se comportaron en forma similar tanto en machos como en hembras.

Las figuras Anexos-1,2 y 3, muestran la tendencia cuantitativa por sexo y en forma general con ciertas diferencias entre los tratamientos: T2 (12%) supera a T3 (24%) y éste a T1 (0%) . Los pesos promedios al finalizar el ensayo para los machos fueron: T1= 54.2 kg., T2= 55.3 kg. y T3= 54.4 kg.; y para las hembras T1= 52.7 kg.; T2= 56.5 kg. y T3= 55.0 kg.

Los resultados demuestran que la dieta con 12% de harina de grano de amaranto permitió un mejor aumento de peso vivo en la fase de crecimiento. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Trigueros, 1,995, quien utilizó (0,15 y 30 %) de harina de grano de amaranto, para cerdos en crecimiento y desarrollo, obteniendo los mejores resultados con el valor medio (15%) . Además no reportó diferencias significativas entre sexo ni efectos tóxicos en los cerdos. La disminución en la respuesta del tratamiento con (24%) se debe posiblemente a que el proceso de nixtamalización no fué efectivo para eliminar los inhibidores de tripsina y taninos; por lo tanto con estos niveles superiores, se disminuye la digestibilidad de las proteínas ingeridas.

4.2. Ganancia de peso

El Cuadro 17 muestra, la ganancia de peso durante la fase experimental y los promedios de ganancia diaria para los tratamientos evaluados en el ensayo.

El analisis de varianza, Cuadros Anexos 5, 6 y 7, no muestra diferencias estadísticas significativas para la variable evaluada, lo que se interpreta, que no hubo ningún efecto de los factores en estudio.

Cuadro 16. Peso final de los cerdos por sexo y tratamiento. (Kg.)

SEXO	RACIONES	R I	R II	R III	Σ	\bar{X}
♂	0%	58.2	52.2	52.3	162.7	54.2
	12%	62.3	52.7	50.9	165.9	55.3
	24%	59.5	50.0	53.6	163.1	54.4
SUB-TOTAL		180.0	154.9	156.8	491.7	
♀	0%	54.5	56.4	47.3	158.2	52.7
	12%	55.9	58.2	55.5	169.6	56.5
	24%	60.5	50.9	53.6	165.0	55.0
SUB-TOTAL		170.9	165.5	156.4	492.8	
TOTAL		350.9	320.4	313.2	984.5	

Cuadro 17. Ganancia de peso neto en (Kg.) de los cerdos, durante el ensayo con harina de grano de amaranto. (49 días).

SEXO	RACIONES	R I	R II	R III	Σ	X	X/DIA
♂	0%	37.8	32.2	34.1	104.1	34.70	0.708
	12%	41.4	33.7	32.8	107.9	36.0	0.734
	24%	37.2	31.0	35.4	103.6	34.53	0.704
SUB-TOTAL		116.4	96.9	102.3	315.6		
♀	0%	33.1	38.3	29.6	101.0	33.66	0.687
	12%	33.2	39.2	37.8	110.2	36.73	0.749
	24%	36.9	30.4	37.2	104.5	34.83	0.711
SUB-TOTAL		103.2	107.9	104.6	315.7		
TOTAL		219.6	204.8	206.9	631.3		

Cuantitativamente el T2 obtuvo mejor ganancia de peso total en machos y hembras, superando al T1 y T3. Este resultado es similar a lo reportado por Trigueros (1995), quien reporta una mejor respuesta de ganancia de peso, con el valor medio (15% de amaranto) superando al 0 y 30% de grano de amaranto.

La ganancia de peso promedio y por sexo se muestra en la figura Anexo-4 y la ganancia de peso general se muestra en la figura Anexo-5. En ambos gráficos se presenta una tendencia a un mejor incremento en la ganancia de peso, cuando se hace una sustitución de 12 % de harina de amaranto en la dieta, luego la curva tiende a decrecer cuando se sustituye el 24 %.

El Cuadro Anexo-8 muestra la prueba de Rango Múltiple de Duncan y el Cuadro Anexo-9, muestra la prueba de contrastes ortogonales, ambas pruebas indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. Además la prueba de polinomios ortogonales Cuadro Anexo-10 muestra que no hay significancia, ni dependencia en la respuesta observada durante el ensayo.

4.3. Consumo de alimento.

El Cuadro 18. muestra el consumo promedio total por sexo y tratamiento de los cerdos durante las 7 semanas de experimentación. En los Cuadros Anexos 11, 12, 13, 14, se muestran los análisis de varianza; no se determinó diferencias estadísticas significativas en el consumo promedio total por tratamiento. En la figura Anexo-6, se observa la tendencia descrita. Cuantitativamente los machos del T2 consumieron más que el T1 y T3 y las hembras del T1 resultaron con mayor consumo, superando a T2 y T3

El consumo voluntario fue similar en las dietas que contenían amaranto, no se observó rechazo ni efecto tóxico en los cerdos, estos resultados coinciden con los estudios de Avila, Suarez y Calderón (1987) y Trigueros (1995), quienes no reportan riesgo potencial con la ingesta de amaranto a pesar que contiene nitratos y oxalatos.

4.4. Eficiencia de conversión alimenticia.

El Cuadro 19. muestra el alimento ofrecido, rechazado, consumo y eficiencia de conversión alimenticia por tratamiento y sexo, observándose diferencias mínimas en la tasa de conversión,

Cuadro 18. Consumo promedio y total de alimento durante la fase experimental en kgs.

SEXO	TRATAMIENTO	SEMANAS							
		1	2	3	4	5	6	7	TOTAL
♂	T1	7.8	8.27	10.9	11.59	11.59	11.59	14.32	76.06
	T2	7.95	8.37	10.83	11.44	11.59	11.59	14.32	76.09
	T3	7.58	7.98	10.90	11.59	11.59	11.59	14.32	75.55
♀	T1	7.95	8.48	10.90	11.59	11.59	11.59	14.32	76.42
	T2	7.95	7.96	10.83	11.59	11.59	11.59	14.32	75.83
	T3	7.42	7.95	10.75	11.59	11.59	11.59	14.32	75.13

Cuadro 19. Alimento ofrecido, rechazado, consumo y conversión alimenticia por tratamiento y sexo en kgs.

variable	♂			♀		
	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3
P. inicial	19.5	19.3	19.8	19.1	19.8	20.2
P. final	54.2	55.3	54.4	52.7	56.5	55.0
Ganacia (kg.)	34.7	36.0	34.5	33.7	36.7	34.8
Ganancia diaria (gr.)	708.16	734.69	704.08	687.75	748.97	710.20
Alimento ofrecido (kg.)	79.07	79.07	79.07	79.07	79.07	79.07
Alimento rechazado (kg)	3.01	2.98	3.52	2.65	3.24	3.94
Consumo total (kg)	76.06	76.09	75.55	76.42	75.83	75.13
Conversión alimenticia (kg)	2.19	2.11	2.19	2.27	2.07	2.16

lo que significa que el amaranto pudo substituir satisfactoriamente al maíz y soya en las cantidades que se experimentaron, como se observa en la figura Anexo-6. La mejor conversión se dió al incluir en la dieta 12 % de amaranto figura Anexo-7, que substituyó eficientemente al maíz y soya en 23 % . La tendencia de estos resultados se asemejan con los obtenidos por: Cervellini y Braun, 1,994) quienes demostraron que el amaranto substituyó satisfactoriamente al maíz hasta un 25 % en la mezcla alimenticia, y Del Valle y Sanchez, 1,987, quienes demostraron que el grano de amaranto substituyó eficientemente a la soya en dietas para niños pre-escolares.

4.5. Análisis económico

Los Cuadros 20 y 21 muestran el presupuesto parcial realizado a los tratamientos en estudio. El T2 con 12 % de amaranto resultó con mayores beneficios netos (¢1,742.83) superando al T1 y T3. La figura Anexo-8 muestra la tendencia del total de los costos que varían y los beneficios netos por tratamiento. Al realizar el análisis de dominancia (Cuadro 22) el tratamiento que resultó dominado fué el T1 (0 % de amaranto) .

La tasa de retorno marginal (Cuadro 23) se aplicó a los tratamientos con 12 % y 24 % de amaranto, con beneficios netos de ¢1,742.83 y ¢1,630.698 respectivamente. La tasa de retorno marginal al comparar los tratamientos T2 y T3 fue de 250 % lo que indica que por cada colón que se invierte, se recupera el colón y se gana ¢ 2.50.

Las dietas en las que se utilizó harina de grano de amaranto resultaron con costos variables mas bajos , el T3 obtuvo 5.02 % y el T2 2.48 % menos al compararlos con la dieta control. Este resultado es semejante al encontrado por Del Valle y Sanchez, 1,987. quienes determinaron que el costo de la dieta con amaranto resultó 6.0 % menos que la fórmula control a base de soya y avena.

Cuadro 20. Datos generales para realizar el presupuesto parcial.

Precio de un kg. de amaranto	¢ 1.10
Precio de un kg. de soya	¢ 3.83
Precio de un kg. de maíz	¢ 1.98
Precio de un kg. de fosfato di calcico	¢ 7.04
Precio de un kg. de carbonato de calcio	¢ 1.32
Precio de pre-mezcla (kg)	¢ 16.50
Precio de un kg. de sal común	¢ 2.20
Precio de un kg. de melaza	¢ 0.33
Transporte de materias primas por kg.	¢ 0.19
Precio de venta de un kg. peso vivo	¢ 17.60
Precio de vitamina ADE	¢ 70.00
Precio de vacuna de 50 cc. contra el cólera	¢ 90.00
Precio de un jornal en la zona	¢ 30.00
Precio de nixtamalización de amaranto por kg.	¢ 0.46

Ganacia de peso en kg. de los cerdos en estudio	Precio de un kg. de alimento en colones
T1 = 34.2	T1 = ¢2.46
T2 = 36.4	T2 = ¢2.34
T3 = 34.7	T3 = ¢2.21

Cuadro 21. Presupuesto parcial.

DETALLE	T1 (0 % amaranto)	T2 (12% amaranto)	T3 (24% amaranto)
incremento de peso kg	34.15	36.35	34.70
incremento ajustado 10%	30.735	32.715	31.23
beneficio bruto de campo	3,245.61	3,454.70	3,297.888
costo vitamina ADE	23.30	23.30	23.30
vacuna contra el colera	30.00	30.00	30.00
costo del pienso	1,128.35	999.80	871.95
costo del grano de amaranto	0.000	60.20	119.35
costo de nixtamalización	0.000	25.139	49.85
transporte mat. prima	83.79	83.43	82.74
mano de obra (¢30.00/jornal)	490.00	490.00	490.00
Total costos que varían	1,755.44	1,711.869	1,667.19
Beneficio Neto	1,490.17	1,742.831	1,630.698

Cuadro 22: Analisis de dominancia.

Se efectúa ordenando los tratamientos de menor a mayor el total de los costos que varían.

TRATAMIENTO	ESPECIFICACION	COSTOS QUE VARIAN	BENEFICIO NETO
3	24 % amaranto	1,667.19	1,630.698
2	12 % amaranto	1,711.86	1,742.831
1	0 % amaranto	1,755.44	1,490.17

Cuadro 23. Tasa de Retorno Marginal. (T.R.M.).

$$\begin{aligned} \text{T.R.M.} &= \text{B.N.M.} / \text{C.V.M.} \times 100 \\ &= 1,742.831 - 1,630.698 / 1,711.869 - 1,667.19 \times 100 \\ &= 112.133 / 44.674 \times 100 \\ &= 2.50 \times 100 \\ &= 250 \% \end{aligned}$$

CONCLUSIONES

- * Se puede incluir hasta el 12% de harina de grano de amaranto en dietas, para cerdos en crecimiento, ya que no hubo problemas de rechazo ni efectos tóxicos.
- * El nivel de 24% de harina de amaranto tuvo una respuesta económicamente menor que el T2, pero aún así la respuesta fue mejor que la dieta control.
- * La incorporación de harina de amaranto permite substituir parcialmente a la harina de soya y maíz en la dieta para cerdos en crecimiento.
- * No hubo diferencias significativas entre los tratamientos, ganancia de peso, eficiencia de conversión y tampoco hubo efecto de sexo ni crecimiento en cerdos alimentados con harina de amaranto.
- * A pesar del proceso de tratamiento y en base al precio comercial actual, la harina de amaranto fue 21.22% menor que la harina de maíz.

6. RECOMENDACIONES

- * Se recomienda a los porcicultores incluir en la dieta estudiada para cerdos en crecimiento no más del 12% de amaranto

- * Se recomienda hacer una evaluación agronómica y económica sobre el cultivo del amaranto, en condiciones locales.

- * Evaluar el uso de harina de amaranto en cerdos en fase de engorde o acabado, así como también en reproductores para determinar si es posible utilizar niveles más altos.

- * Se recomienda determinar a través de pruebas biológicas el valor nutritivo de la proteína de la harina de grano de amaranto

7. BIBLIOGRAFIA.

1. ALFARO, M.A.; BRESSANI, R. 1989. Evaluación de diferentes niveles de amaranto (partes vegetativas) en sustitución de harina de alfalfa para conejos en crecimiento. El amaranto y su potencial (Guat.) boletín N° 4 p.18.
2. BRESSANI, R. 1993. Amaranthus spp : un recurso forrajero, El amaranto y su potencial. (Guat.) boletín N° 1 p. 4
3. BRESSANI, R. 1989. Tecnología de producción del cultivo de amaranto. El amaranto y su potencial (Guat.) boletín N° 3 p. 6
4. BRESSANI, R. 1985. Comparación de la composición de aminoácidos de las hojas y semillas de ciertos tipos de amaranto. El amaranto y su potencial (Guat.) boletín N° 1 p. 3.
5. BRESSANI, R. 1990." Granit Amaranth, It's Chemical Composition and Nutritive Value"
6. CARROL, W.E. 1976. Explotación del cerdo. trad. Andrés Suárez y Suárez. 3 ed. Zaragoza, España. ACRIBIA. P. 111, 226, 231, 236, 239, 240, 260, 268.
7. CASAMADA, R.M. y CLAUS, 1968. Farmacognocia con Farmacodinámica, Barcelona, España, Ed. Científico Médico. p. 75, 185, 630, 631, 646.
8. CERVANTES, J. 1987. Evaluación Nutricional de la Alegría (Amaranthus hipocondriacus) como alimento para rumiantes. Tesis de maestría. Colegio de post-graduados de Chapingo, México. p. 222.

9. CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos:
Un manual metodológico de evaluación económica. México.
10. CIMMYT-PURDUE. 1977. " Maíz de alta calidad proteínica . Compendio de las ponencias presentados en el Simposio Internacional " Trad. Alfaro Carballos Quirós, México, D.F. ; Limusa-AID p. 60, 408.
11. CLAUS, E.D. 1968. Farmacognosia. Buenos Aires, Argentina. 5a. Ed. El ateneo p. 82, 100, 111.
12. CUHNA, I.J. 1960. Alimentación del Cerdo. Trad. Eduardo Zorita Tomilla. Zaragoza, España. ACRIBA. p. 137.
13. DEL VALLE, F.R. ; SANCHEZ, A. 1987. Desarrollo y evaluación de un alimento de bajo costo elaborado con amaranto (A. cruentus). Para niños pre-escolares. Nutrición humana, El amaranto y su potencial (Guat.) boletín N° 2 p. 18-19.
14. ESCAMILLA, A. 1986. El cerdo, su cría y explotación, D.F. México-Continental. p. 100, 112, 148, 149, 152, 169.
15. ESCOBAR, R. 1951. Enciclopedia agrícola y de Conocimientos afines. México, D.F. Ercilla. p. 222, 223.
16. FLORES MENENDEZ, J.A. 1965. Ganado porcino: Cría, explotación e industrialización . México, D.F. Trucco. p. 198-199, 305.
17. GONZALES, J.M.; BRESSANI, R. 1987. " Una guía para el cultivo de amaranto de grano" resumen de experiencias en la finca experimental del INCAP. El amaranto y su potencial. Bol. N° 2

18. INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA (INCAP)
Amaranto preparación de alimento. La Libertad , El Salvador, Organización de las Naciones Unidas. UES-CENTA. p. 1, 2, 6, 7.
19. LEHMAN, J. W. y POND, W. G. 1,989 Valor nutritivo de las hojas de amaranto para la alimentación de corderos en crecimiento. El amaranto y su potencial (Guat.)
Boletín N° 2 pag. 18.
20. LOPEZ, M. y BRESSANI, R. 1,984. La Energía metabolizable Verdadera de la semilla de amaranto (Amaranthus sp.)
21. MARTINEAU, J.R. 1985. " Resumen agronómico del amaranto de grano. Descripción botánica" El amaranto y su potencial. bol. N° 4.
22. MENDEZ, E. 1993. Caracterización química de la inflorescencia de amaranto (A. cruentus) y utilización de la flor y el grano , en la elaboración de concentrado para aves: pollo de engorde y gallinas ponedoras .Tesis.. Universidad de El Salvador, Facultad multidisciplinaria de Occidente, Escuela de Ciencias Naturales y Matemáticas . p. 28, 75, 77.
23. MENDEZ, V.; RODRIGUEZ, N.H. 1994. Plantas tóxicas para el ganado. Departamento Técnico Docente Agropecuario sección de Zootecnia (Costa Rica) . bol. N° 4 p. 24, 25.
24. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1991 Almanaque Salvadoreño. Centro de Recursos Naturales, Servicio de Meteorología, Soyapango. El Salvador, C. A. p. 77-83, 90.

25. OLIVARES, C.M. 1982. Respuesta del cerdo al manejo en corrales con piso de cemento y piso de tierra. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. bol. N° 27. p.9.
26. PECOVICH, R. 1973. Importancia y funciones de las proteínas en el organismo animal. Revista de la Asociación Argentina de Criadores de Cerdos. 52 (606) 37-39.
27. SAHLI, J.R.E. 1974. Ayudas educativas. Curso de porcicultura. CEDA. San Salvador, El Salvador. p. 119, 121, 127, 146.
28. SAHLI, J.R.E. 1975. Curso de Nutrición Animal. San Salvador, UES, Fac. de CC.AA. 1-4, 1-21 p. irregulares (tema 5), (tema 6).
29. STEVES, R. ; BRAUN, J.E. ; CERVELLINI, J.E. 1993. Utilización del grano de amaranto (Amaranthus cruentus) en la alimentación de pollos parrilleros . El amaranto y su potencial (Guat.) boletín N° 3.
30. TRIGUEROS, O.R. 1995. Evaluación de grano de amaranto (Amaranthus cruentus) en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento-desarrollo. San Andrés. La Libertad, El Salvador (CENTA (Resumen p. 1-8.
31. UNIVERSIDAD DE PUERTO-RICO. 1986. La cría de cerdos en Puerto Rico. Guía Técnica . s.n. p.13-18.

9. ANEXOS

Cuadro A-1. Análisis bromatológico de los tratamientos.

UNIVERSIDAD DEL SALVADOR
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
 UNIDAD DE QUIMICA

Ciudad Universitaria, 2 de abril de 1997

ANALISIS BROMATOLOGICO

BACHILLERES

WALTER ALEXANDER GOMEZ HERNANDEZ

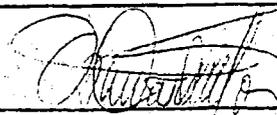
JOSE ADAN SERRANO QUINTEROS

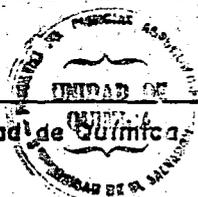
CARLOS HERNAN FIGUEROA

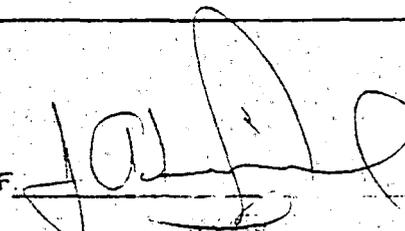
Por este medio le informo sobre los resultados obtenidos en nuestro laboratorio de las siguientes muestras:

No. de Lab.	Identificación de la muestra.	Humedad %	Cenizas %	Extracto Etereo %	Proteínas %	Fibra Cruda %	Carbohidratos %	Fósforo %	Calcio %
61	T 1 RACION BASAL 0% DE AMARANTUS	12.96	10.44	2.17	19.43	1.25	66.71		
62	T 2 12% AMARANTO	11.96	11.22	2.99	21.67	2.11	62.01		
63	T 3 24% AMARANTO	12.07	11.93	2.63	17.93	2.27	65.24		

OTRAS DETERMINACIONES U OBSERVACIONES DEL LABORATORIO: Carbohidratos por diferencia = 100 - (%Cenizas+%E.E.+%Fibra Cruda+%Proteínas)

F. 
 Jefe de la Unidad de Química



F. 

F. Por Ina Maria Mercedes Bejarano
 Responsable de análisis

Cuadro A-2 cuadro de doble entrada, interacción sexo-bloque, del peso corporal de los cerdos.

SEXO	R I	R II	R III	Σ	X
♂	180.0	154.9	156.8	491.7	54.63
♀	170.9	165.5	156.4	492.8	54.76
Σ	350.9	320.4	313.2		
X	58.5	53.4	52.2		

Cuadro A-3 cuadro de doble entrada, Interacción sexo- ración, del peso corporal de los cerdos.

SEXO	0 %	12 %	24 %	Σ	X
♂	162.7	165.9	163.1	491.7	54.63
♀	158.2	169.6	165.0	492.8	54.76
Σ	320.9	335.5	328.1	984.5	
X	53.48	55.92	54.68		

Cuadro A-4 Análisis de varianza del peso corporal de los cerdos al final del ensayo.

F. de V.	G. L.	S.C.	C. M.	F. C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Bloques	2	133.511719	66.755859	4.1095 _{ns}	19.00	99.00
Sexo	1	0.062500	0.062500	0.0038 _{ns}	18.51	98.49
Error (a)	2	32.488281	16.244141			
Sub-total	5	166.07	33.214			
Ración	2	17,757813	8.878906	0.9097 _{ns}	4.46	8.65
Int.(S*R)	2	6.195313	3.097656	0.3174 _{ns}	4.46	8.65
Error (b)	8	78.082031	9.760254			
Total	17	268.097656				

Cuadro A-5 cuadro de doble entrada, interacción sexo-bloque, para ganancia de peso de los cerdos.

SEXO	R I	R II	R III	Σ	X
♂	116.4	96.9	102.3	315.6	35.07
♀	103.2	107.9	104.6	315.7	35.08
Σ	219.6	204.8	206.9	631.3	
X	36.6	34.13	34.48		

Cuadro A-6 cuadro de doble entrada, interacción sexo- ración, para ganancia de peso de los cerdos

SEXO	0 %	12 %	24 %	Σ	X
♂	104.1	107.9	103.6	315.6	35.07
♀	101.0	110.2	104.5	315.7	35.07
Σ	205.1	218.1	208.1	631.3	
X	34.18	36.35	34.68		

Cuadro A-7. Análisis de varianza para la ganancia de peso de los cerdos al final del ensayo.

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Bloques	2	21.374	10.687	0.426 _{ns}	19.00	99.00
Sexo	1	0.00055	0.00055	0.000038 _{ns}	18.51	98.49
Error (a)	2	50.088	25.044			
Sub-total	5	71.462	14.292			
Ración	2	15.44	7.72	0.6348 _{ns}	4.46	8.65
Int.(S*R)	2	2.6214	1.31	0.1077 _{ns}	4.46	8.65
Error (b)	8	97.346	12.16			
Total	17	186.86				

Cuadro A-8. Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Medias de Tratamientos.

T1 = 34.18 T2 = 36.35 T3 = 34.68

cuadrado medio del error (C.M.E) 12.16

grados de libertad del error 8

número de tratamientos 3

número de repeticiones (n) 3

nivel de significancia. (α) 0.05

Procedimiento:

- Ordenar las medias en orden decreciente.

Tratamiento	T2	T3	T1
X	36.35	34.68	34.18

Cálculo de L.S.D. L.S.D. = t (α) * Sx

$$Sx = \sqrt{\frac{12.16}{3}} = 2.013$$

No. de posiciones.	2	3	Sx
"t" múltiple ó de tablas (α) 0.05	3.26	3.39	2.013
L.S de Duncan entre promedios	6.56	6.824	

Cuadro de doble entrada

MEDIAS	T2 = 36.35	T3 = 34.68	T1 = 34.18
T1 = 34.18	2.17 ns	0.50ns	—
T3 = 34.68	1.67ns	—	
T2 = 36.35	—		

ns = no significativo.

Cuadro A-9 Prueba de contrastes ortogonales para ganancia de peso.

Comparaciones.

$C1 = M-H$

$C3 = T2 - T3$

$C5 = C1 - C3$

$C2 = T1 - T2 - T3$

$C4 = C1 - C2$

Cuadro de coeficientes.

COMPARACIONES	♂			♀			nΣe ² i	Σciyi	(Σciyi) ² /nΣe ² i
	T1=104.1	T2=107.9	T3=103.6	T1=101.0	T2=110.2	T3=104.5			
C1 = M-H	+1	+1	+1	-1	-1	-1	18	-0.1	0.00055
C2 = T1-T2-T3	+2	-1	-1	+2	-1	-1	36	-16	7.11
C3 = T2-T3	0	+1	-1	0	+1	-1	12	10	8.33
C4 = C1-C2	+2	-1	-1	-2	+1	+1	36	9.4	2.4544
C5 = C1-C3	0	+1	-1	0	-1	+1	12	-1.4	0.1633

Análisis de varianza para ganancia de peso:

F.de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.tablas	
					5 %	1 %
Bloques	2	21.374	10.687	0.4267ns	19.00	99.00
Efec. Sexo	1	0.00055	0.00055		18.51	98.49
C1 = M-H	1	0.00055	0.00055			
Error (a)	2	50.088	25.044			
Sub-Total	5					
Efec. Ración	2	15.44	7.72			
C2 = T1-T2-T3	1	7.11	7.11	0.5843ns		
C3 = T2-T3	1	8.33	8.33	0.6845ns		
Int. (Sexo-Ración)	2	2.6214	1.3107			
C4 = C1-C2	1	2.4544	2.4544	0.2017ns		
C5 = C1-C3	1	0.1633	0.1633	0.0134ns		
Error (b)	8	97.346	12.168			

ns = no significativo

Cuadro A-10. Prueba de polinomios ortogonales para ganancia de peso en (kg).

Cuadro de coeficientes

Ración	T1=205.1	T2=218.1	T3=208.1	$n\sum c^2i$	$\sum c_i y_i$	$(\sum c_i y_i)^2/n\sum c^2i$
Pi. 1	- 1	0	+ 1	12	+3	0.75
Pi 2	+ 1	-2	+ 1	36	-23	14.69

Análisis de varianza para los polinomios ortogonales.

F. de V.	G.L.	S. C.	C. M.	F. C.
Ración	2	15.44	7.72	0.6348
Reg. Lineal	1	0.75	0.75	0.06 _{ns}
Reg. Cuadrática	1	14.69	14.69	1.207*
Error (b)	8	97.346	12.168	

* = significativo

ns = no significativo

Cuadro A-11. Consumo promedio y total de alimento en (kg) de los cerdos durante la fase experimental.

SEXO	RACIONES	R I	R II	R III	Σ	X
♂	0 %	75.89	76.84	75.44	228.17	76.06
	12 %	75.44	77.16	75.66	228.26	76.09
	24 %	75.89	75.94	74.83	226.66	75.55
Sub-total		227.22	229.94	225.93	683.09	
♀	0 %	75.89	77.48	75.89	229.26	76.42
	12 %	75.94	75.67	75.89	227.50	75.83
	24 %	75.66	75.89	73.85	225.40	75.13
Sub-total		227.49	229.04	225.63	682.16	
Total		454.71	458.98	451.56	1,365.25	

Cuadro A-12. cuadro de doble entrada, interacción sexo bloque, para consumo de alimento promedio y total en (kg.) de los cerdos en la fase experimental.

SEXO	R I	R II	R III	Σ	X
♂	227.22	229.94	225.93	683.09	75.9
♀	227.49	229.04	225.63	682.16	75.8
Σ	454.71	458.98	451.56	1,365.25	
X	75.79	76.5	75.26		

Cuadro A-13. cuadro de doble entrada, interacción sexo- ración, para consumo de alimento promedio y total en (kg.) de los cerdos en la fase experimental.

SEXO	0 %	12 %	24 %	Σ	X
♂	228.17	228.26	226.66	683.09	75.9
♀	229.26	227.50	225.40	682.16	75.8
Σ	457.43	455.76	452.06	1,365.25	
X	76.24	75.96	75.34		

Cuadro A-14. Análisis de varianza para consumo de alimento promedio y total en (kg) de los cerdos en la fase experimental.

F. de V	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Bloques	2	4.6228	2.3114	40.47	19.00	99.00
Sexo	1	0.048	0.048	0.84 _{ns}	18.51	98.49
Error (a)	2	0.1142	0.0571			
Sub-total.	5	4.7850	0.9570			
Ración	2	2.5175	1.2587	3.3062 _{ns}	4.46	8.65
Int. sexo-ración	2	0.5109	0.2554	0.6708 _{ns}	4.46	8.65
Error (b)	8	3.0456	0.3807			
Total	17	10.859				

ns = no significativo

**FIG.A-1 CURVA DE CRECIMIENTO DE LOS CERDOS MACHOS
EXPRESADO EN KG DE PESO POR SEMANA, ALIMENTADOS CON LOS
DIFERENTES PORCENTAJES DE HARINA DE AMARANTO**

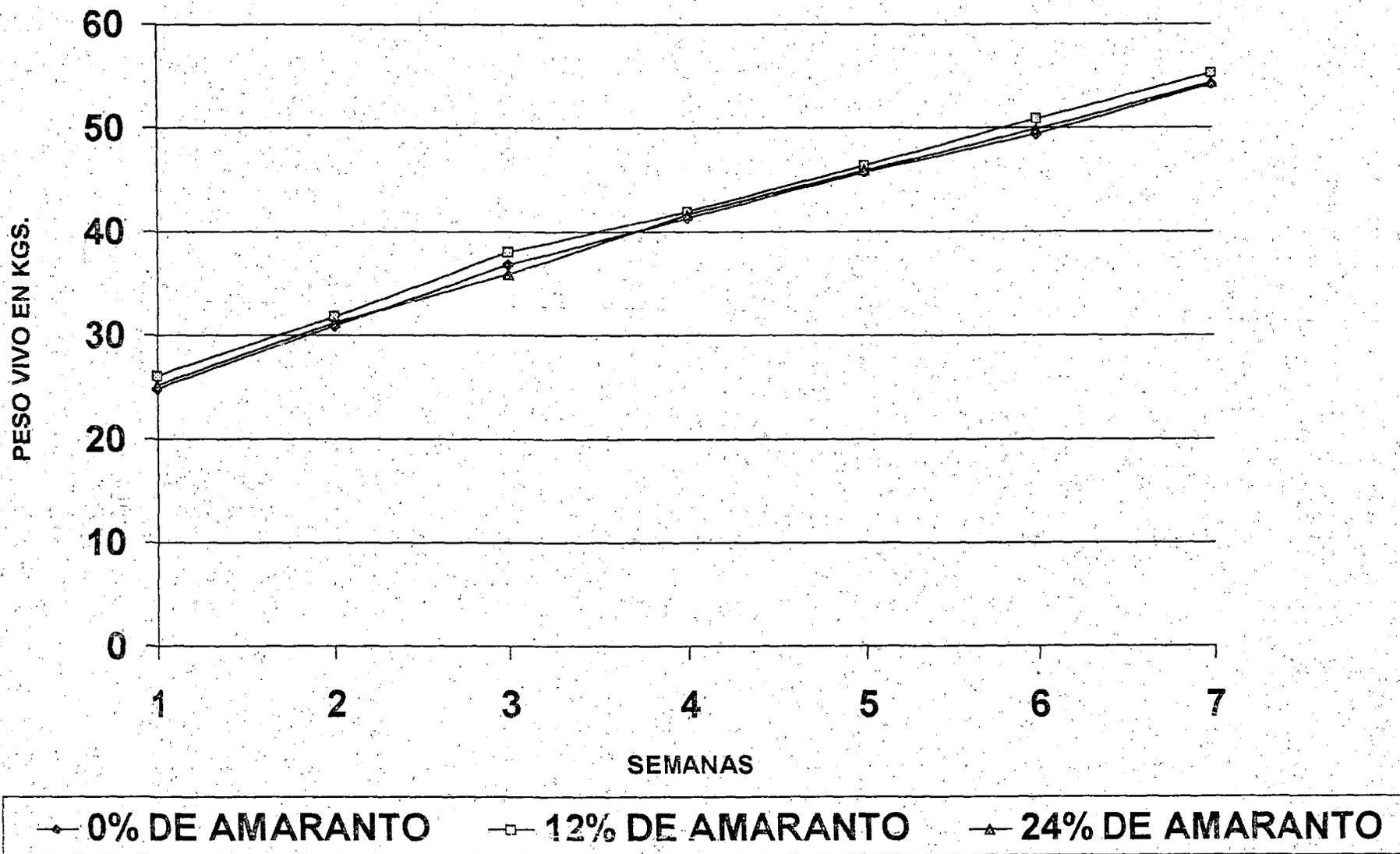
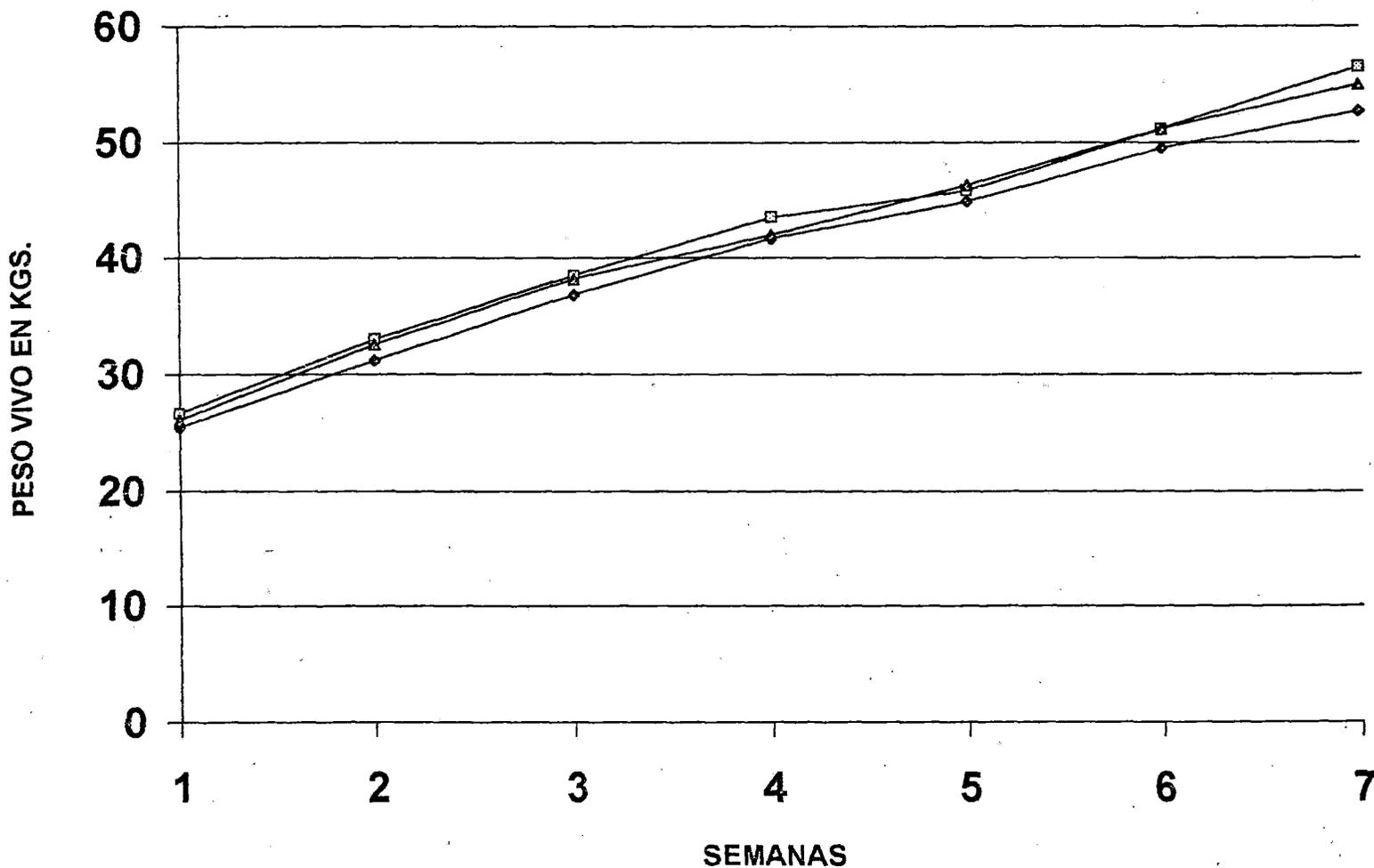


FIG.A-2 CURVA DE CRECIMIENTO DE LOS CERDOS HEMBRAS
EXPRESADO EN KG DE PESO POR SEMANA, ALIMENTADOS CON LOS
DIFERENTES PORCENTAJES DE HARINA DE AMARANTO



◆ 0% DE AMARANTO

□ 12% DE AMARANTO

▲ 24% DE AMARANTO

**FIG.A-3 PESO VIVO PROMEDIO DE CERDOS (AMBOS SEXOS)
ALIMENTADOS CON LOS DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE AMARANTO**

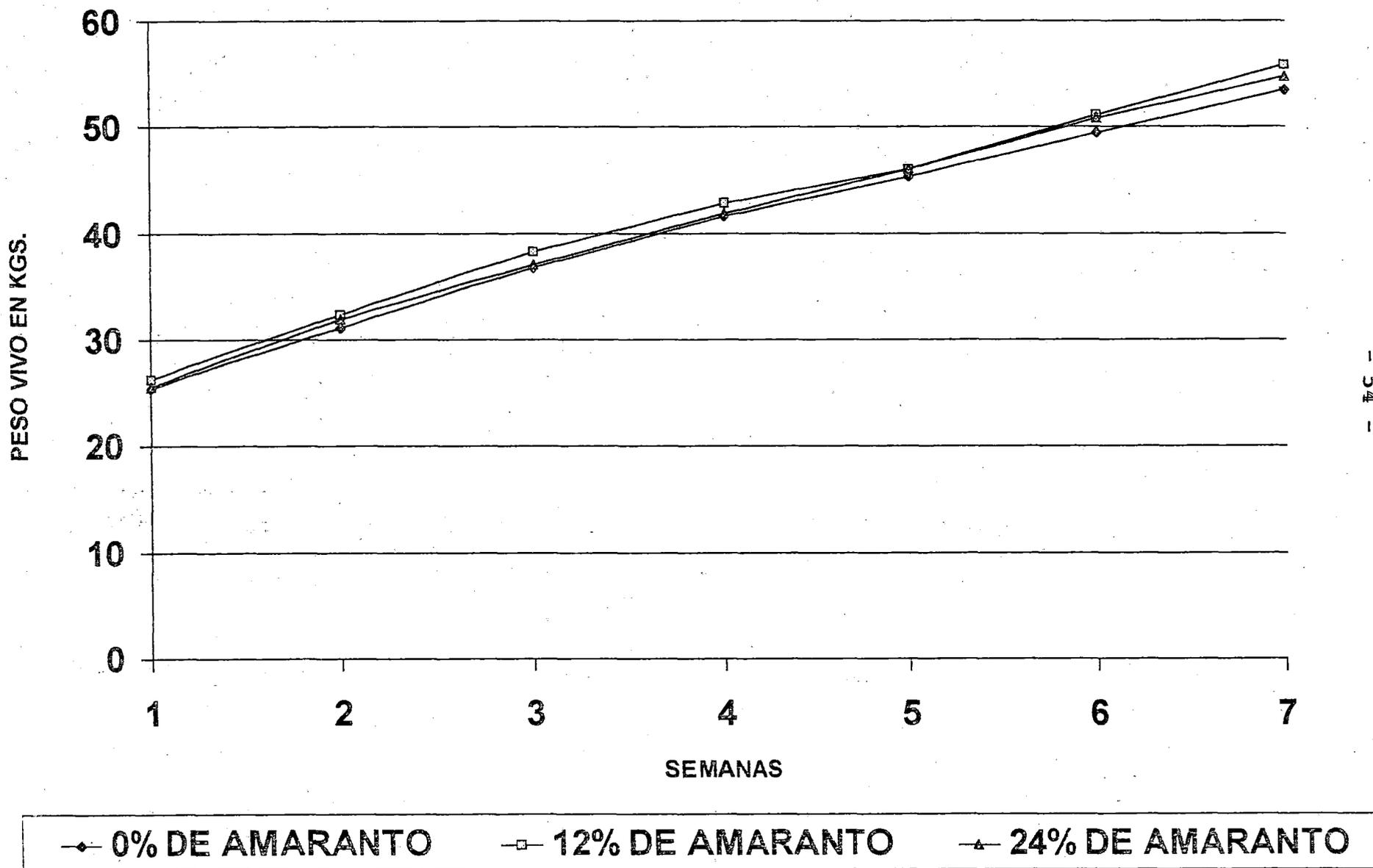


FIG.A-4 PESO PROMEDIO FINAL POR TRATAMIENTO Y SEXO

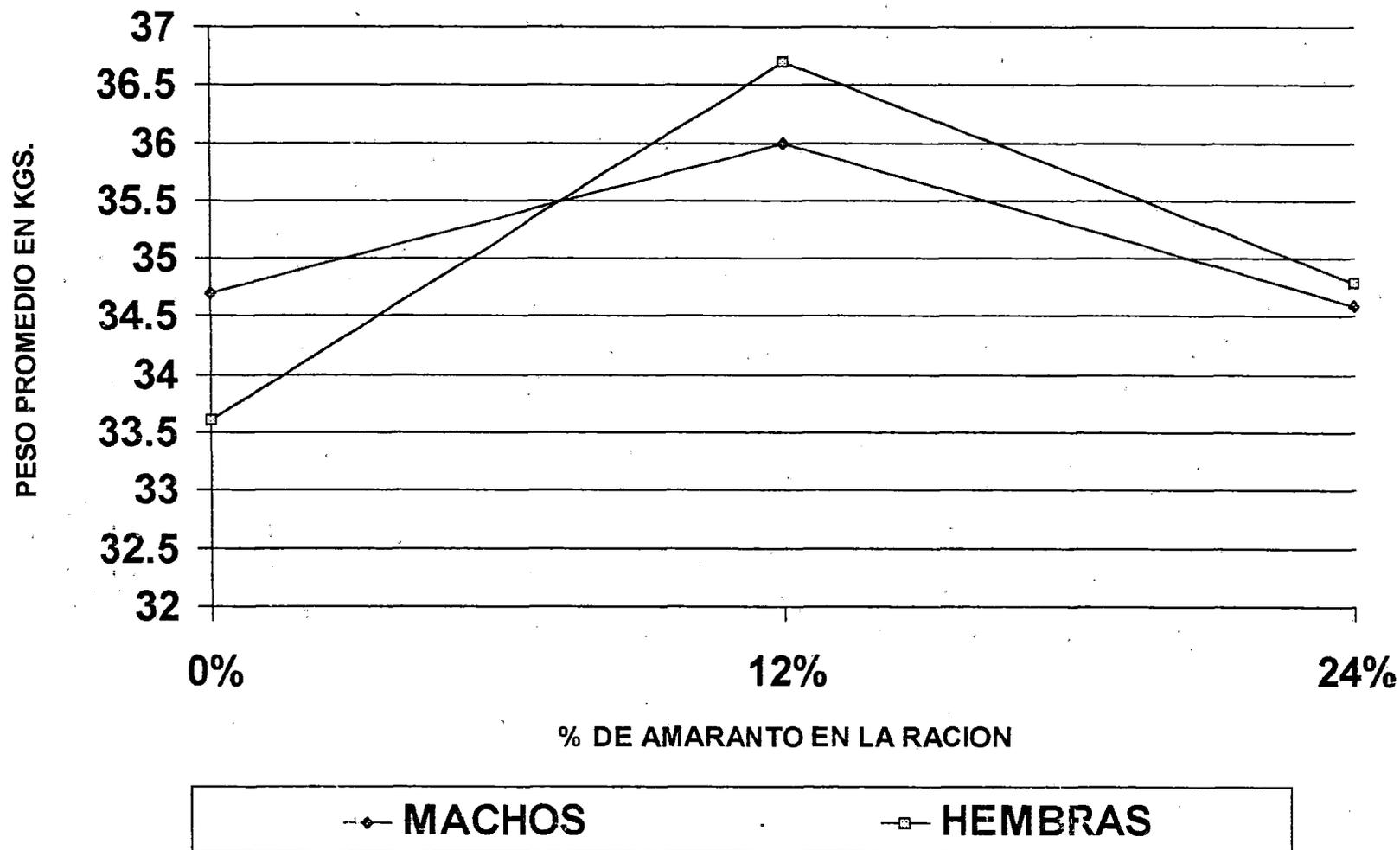
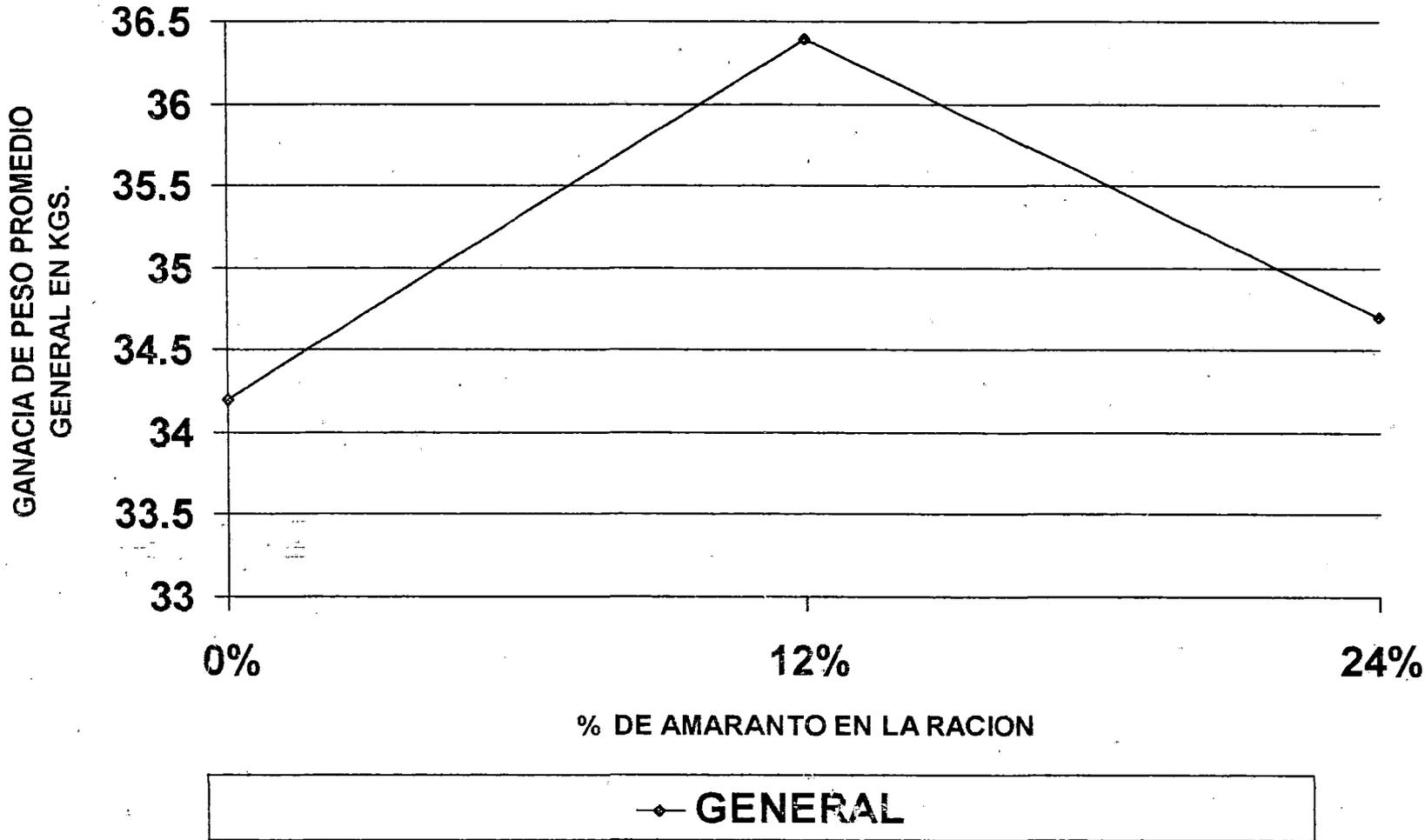
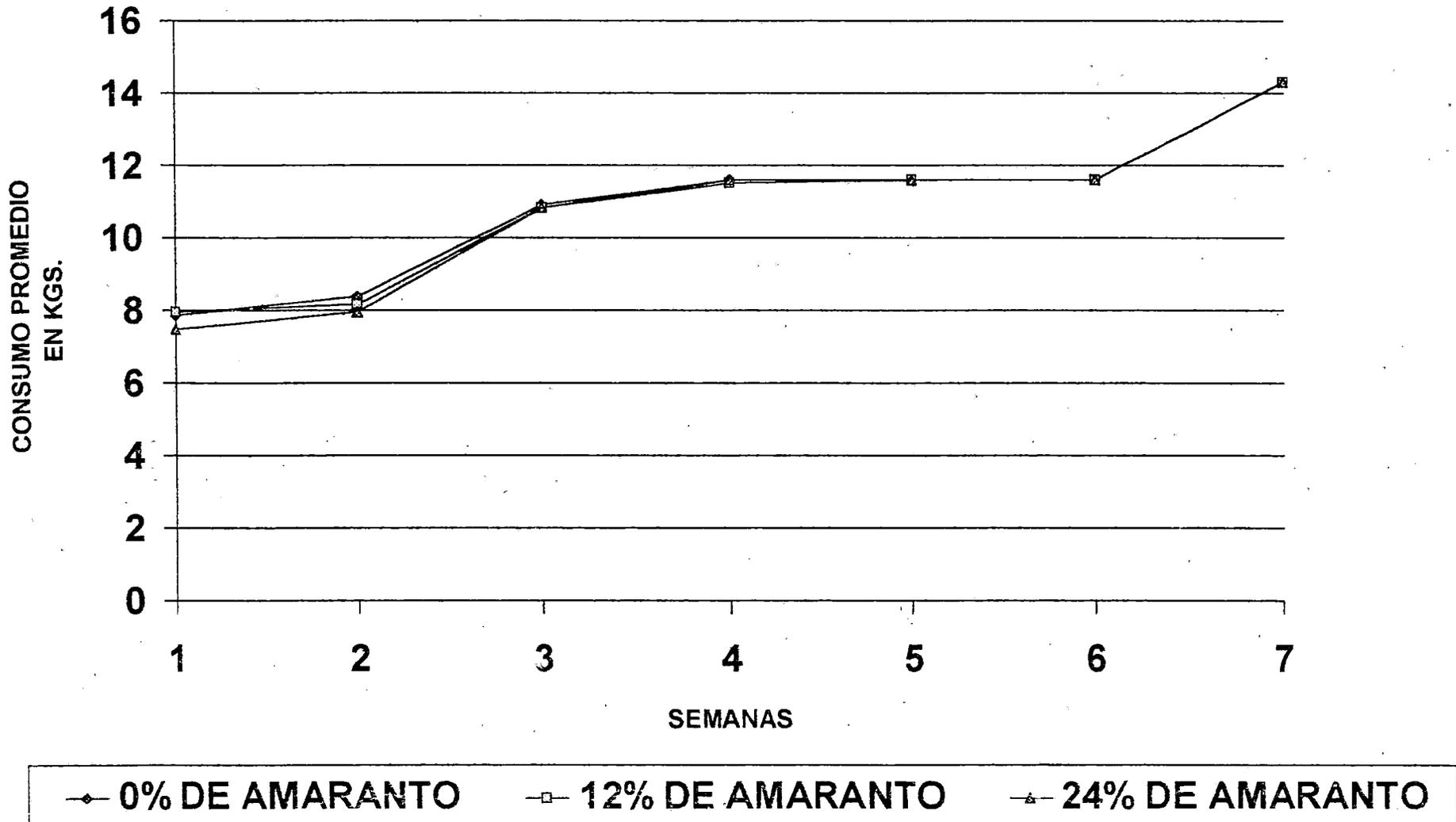


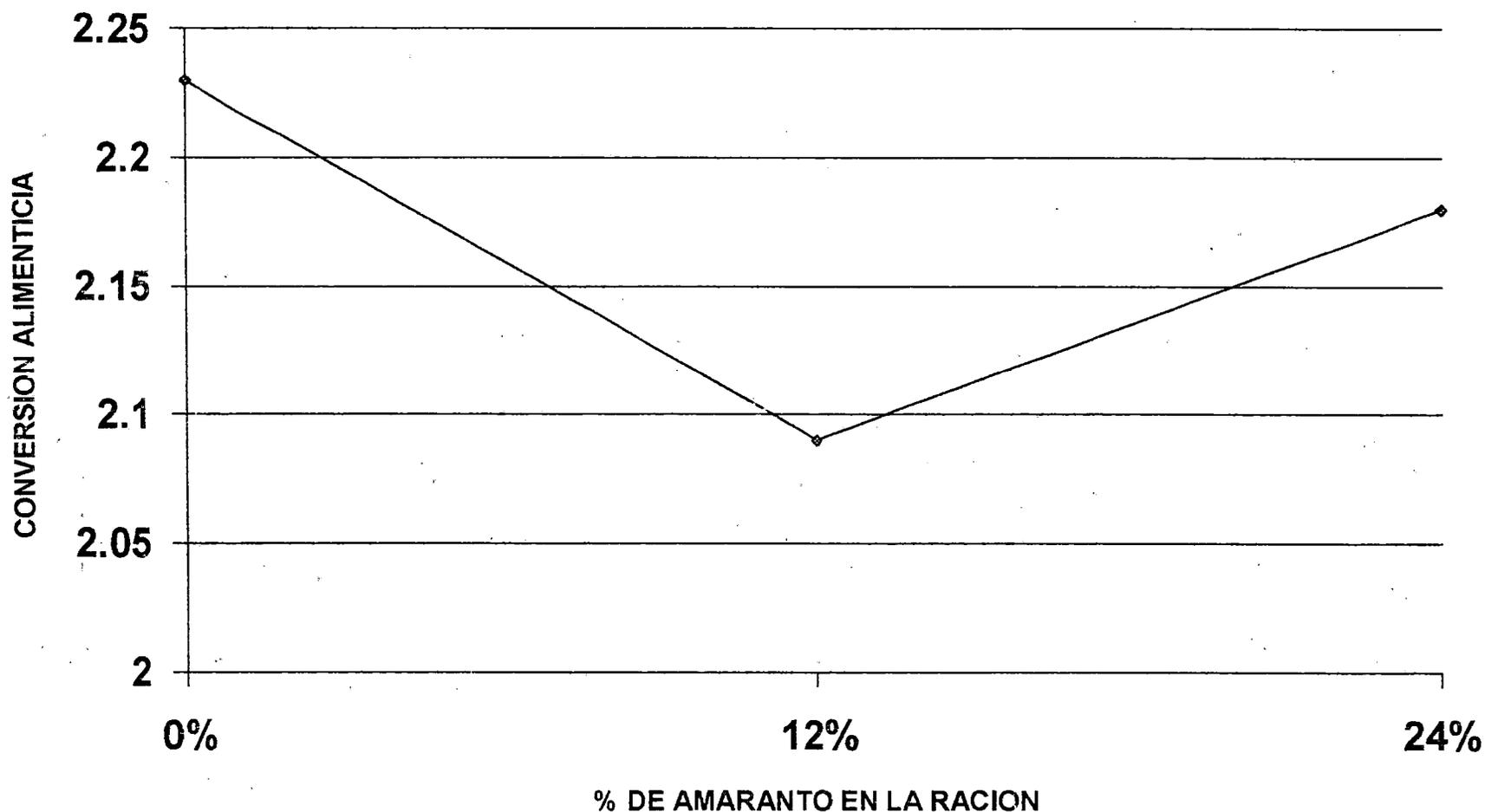
FIG.A-5 PESO PROMEDIO FINAL POR TRATAMIENTO



**FIG.A-6 CONSUMO SEMANAL DE ALIMENTO PARA LOS
DIFERENTES TRATAMIENTOS**



**FIG.A-7 EFICIENCIA DE CONVERSION ALIMENTICIA POR TRATAMIENTO
EXPRESADO EN GANANCIA DE PESO POR KG DE ALIMENTO
CONSUMIDO**



—◇— **CONVERSION ALIMENTICIA**

**FIG.A-8 TOTAL DE LOS COSTOS QUE VARIAN Y LOS BENEFICIOS NETOS
POR TRATAMIENTO Y GRUPO EXPERIMENTAL (6 CERDOS)**

