

EVALUACION DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO,
COBRE Y LISINA SINTETICA EN DIETAS PARA LECHONES
DESTETADOS TEMPRANAMENTE

P O R

Rogel Omar Castillo Ramirez

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

NUMEROSIS:	G,403
FECHA:	6/Sep/1/93
ENSAYADOR:	VILLARREAL

BIBLIOTECA WILSON POPENSA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO DE
TEGUCIGALPA HONDURAS

EL ZAMORANO, HONDURAS
DICIEMBRE, 1992

EVALUACION DE DIFERENTES NIVELES
DE HARINA DE PESCADO, COBRE Y LISINA SINTETICA
EN DIETAS PARA LECHONES DESTETADOS
TEMPRANAMENTE

Por:

ROGEL OMAR CASTILLO RAMIREZ

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana los derechos para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines se reservan los derechos del autor.



Rogel Omar Castillo Ramirez

Diciembre de 1992.

DEDICATORIA

A Dios, por haber iluminado mi camino para poder culminar con éxito mis estudios.

A mis padres, Juan Francisco Castillo y María Soledad Ramírez de Castillo, por todos esos años de amor y sacrificio que me han brindado.

A mis hermanos, Víctor, Patricia y Jessica, por su cariño y apoyo.

A toda mi familia: abuelos, primos, tíos, tías y en especial a Rosa Castillo por su constante apoyo y comprensión.

A mi novia, Suyapa, con amor.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer al Doctor Marco Esnaola, por la orientación dada en el presente trabajo, así como por la confianza y amistad que me brindó durante estos dos años de trabajo.

A los doctores Antonio Flores e Isidro Matamoros, por los acertados consejos en la realización de este trabajo y en mi formación profesional, así como por la amistad que me brindaron.

A Jorge Medrano, mi compañero de trabajo, quién con su amistad y consejos me ayudó a superar los momentos más difíciles de mi carrera.

A mis colegas y amigos, en especial Rodolfo Rizzo, Edgar González, Paulo Barrios, Juan Carlos Ochoa, Mardoqueo Morales, Rolando Mosquera y Julio Miranda, por los buenos y malos momentos que compartimos.

A las familias Diaz y Bronson, por todo el apoyo y cariño que me han dado y a quienes considero mi segunda familia.

A Amalia Gallardo e Ivett Avendaño, por su amistad y cariño.

A todo el personal Docente y Administrativo, así como a mis compañeros del Departamento de Zootecnia, por la amistad brindada.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULOS	Págs.
I. INTRODUCCION	1
Objetivos	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
1. La fisiología digestiva del lechón	5
1.1 Generalidades	5
1.2 El efecto del destete sobre la acidez del tracto digestivo	6
1.3 El destete temprano y su efecto sobre las diarreas	9
1.3.1 Cambios en la anatomía de las vellosidades intestinales del lechón	9
1.3.2 Diarreas por falta de regulación del consumo del lechón recién destetado	11
2. Fuentes de Proteína para lechones destetados tempranamente	12
2.1 Harina de Soya	13
2.2 Harina de Pescado	14
2.3 Uso de lisina sintética en raciones para cerdos jóvenes	17
3. El Cobre como Promotor del Crecimiento en Cerdos	20
3.1 Niveles de utilización de Cobre	21
3.2 Interacción del Cobre con otros elementos de la dieta	21
3.2.1 Interacción con Minerales	21
3.2.2 Efecto del Cobre y la disponibilidad de Vitaminas	23
3.2.3 El Cobre y la grasa de la dieta ...	25

3.2.4	Interacción del Cobre con Antibióticos	25
3.3	Disponibilidad del Cobre	27
3.4	Fuentes de Cobre	28
III.	MATERIALES Y METODOS	30
1.	Localización del Estudio	30
2.	Animales Utilizados	30
3.	Alojamiento	31
4.	Tratamientos Experimentales	32
5.	Controles Experimentales	34
6.	Diseño Experimental	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	36
V.	CONCLUSIONES	43
VI.	RECOMENDACIONES	44
VII.	RESUMEN	45
VIII.	BIBLIOGRAFIA	47
IX.	ANEXOS	51

INDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. Tratamientos experimentales utilizados en el Experimento 1	32
CUADRO 2. Tratamientos experimentales utilizados en el Experimento 2	33
CUADRO 3. Resultados generales obtenidos en el Experimento 1.	36
CUADRO 4. Resultados generales obtenidos en el Experimento 2	39

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Efecto del nivel de lisina en la dieta de lechones destetados	19
FIGURA 2. Efecto del nivel de cobre en la dieta de lechones destetados	22
FIGURA 3. Efecto de la harina de pescado sobre ganancia de peso y consumo de alimento	38

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	Pág.
1. Ingredientes y composición nutricional de las dietas utilizadas (Experimento 1)	52
2. Ingredientes y composición nutricional de las dietas utilizadas (Experimento 2)	53
3. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 1	54
4. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 1, Tratamiento control y harina de pescado	54
5. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 1	54
6. Análisis de varianza para la variable consumo de Alimento (kg). Experimento 1	55
7. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable consumo de alimento (kg). Experimento 1.	55
8. Análisis de varianza para la variable eficiencia de conversión alimenticia (kg/kg). Experimento 1.	56
9. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 2	57
10. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 2	57
11. Análisis de varianza para la variable consumo de alimento (kg). Experimento 2	58
12. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable consumo de alimento (kg). Experimento 2.	58
13. Análisis de varianza para la variable eficiencia de conversión alimenticia (kg/kg). Experimento 2.	59
14. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable eficiencia de conversión (kg/kg). Experimento 2	59

I. INTRODUCCION

El creciente conocimiento de los requerimientos nutritivos y ambientales de los cerdos jóvenes, junto a los incentivos que significa mejorar la eficacia y rentabilidad de la producción porcina, ha estimulado la tendencia al destete temprano. Esta práctica tiene las ventajas de que se mejora la productividad de la cerda, se disminuyen los costos de alimento de las cerdas y se potencia el rendimiento de los lechones.

Para que un programa de destete temprano tenga éxito, hay que tener en cuenta que la elección de la edad de destete tiene que estar de acuerdo a la calidad de las instalaciones, intereses y destreza de manejo del productor.

Así mismo, en toda explotación porcina, la alimentación constituye alrededor del 80% de los costos de producción. Por tal motivo, se debe hacer un uso eficiente del alimento para maximizar las ganancias de peso, tratando de mantener los costos de producción al mínimo posible.

La harina de soya (HS) es la principal fuente de proteína empleada en la alimentación de cerdos, sin embargo, su uso en cerdos destetados temprano tiene algunas limitaciones. Este efecto detrimental de la HS se produce

sobre el intestino delgado, dificultando con ello la absorción de nutrientes en cerdos jóvenes (Li y col., 1990).

El uso de fuentes proteicas de origen animal combinadas con HS, permiten obtener un óptimo desarrollo de los animales. Las fuentes proteicas que más se han empleado son los productos lácteos y la harina de pescado (HP).

La inclusión de productos lácteos, ej. suero de queso seco (SQS), en dietas de inicio, incrementa el crecimiento de los cerdos destetados, comparado con una dieta a base de maíz y HS (Bair, 1974; citado por Burnell y col., 1988).

A pesar del efecto favorable del SQS y de otros productos lácteos bajo las condiciones de América Central su uso se ve muy limitado por su baja disponibilidad y el alto costo que estos tienen.

La harina de pescado (HP) es una excelente fuente de proteína para cerdos, que generalmente incrementa el crecimiento de lechones y cerdos en crecimiento. El grado de respuesta es bastante variable, lo que puede deberse a la variación que existe en la calidad de diferentes fuentes de materia prima.

El valor de la HP como fuente de proteína depende de su calidad y su efecto sobre el balance total de aminoácidos en la dieta. Generalmente tiene un alto contenido de proteína cruda (64%) y elevados niveles de

aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptófano, lo que la hace ser una buena fuente de proteína para cerdos, en los que se usan dietas con granos de cereales como fuente de energía, los cuales son deficientes en éstos aminoácidos.

Se ha comprobado que dietas con altos niveles de proteína cruda, pueden tener efectos negativos en cerdos recién destetados, por lo que el uso de dietas con niveles más bajos de proteína cruda puede ser ventajoso, ajustando las raciones a los requerimientos de aminoácidos por medio de aminoácidos cristalinos. En este sentido es corriente que hoy en día las raciones de lechones se formulen en base al contenido de lisina mas que en base al contenido de proteína cruda.

Así mismo, el uso del cobre como promotor del crecimiento en cerdos se ha intensificado desde que Braude, en 1945, descubrió su efecto benéfico sobre el crecimiento de los cerdos.

Se han realizado muchos estudios en Europa y Estados Unidos, para determinar los niveles óptimos de inclusión de cobre en dietas para cerdos jóvenes. Sin embargo, los resultados han sido muy contradictorios, ya que algunos autores reportan niveles superiores a 250 ppm de cobre como los indicados, mientras que otros dicen que con 125 ppm se logran los mejores resultados.

En América Central no existen antecedentes sobre el

uso del sulfato de cobre como promotor del crecimiento en raciones de lechones.

Basado en los antecedentes anteriormente mencionados, el presente estudio, que consta de dos experimentos, tiene como objetivos los siguientes.

OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto que tiene la sustitución de diferentes niveles de HS por HP en la ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia de conversión alimenticia en lechones destetados a los 35 días y determinar el nivel óptimo de sustitución de HS por HP.
2. Determinar el efecto que tiene la sustitución, parcial o total, de HP por lisina sintética como fuente de lisina en la dieta.
3. Evaluar el efecto que tiene el sulfato de cobre como promotor del crecimiento en cerdos destetados.

II. REVISION DE LITERATURA

1. LA FISIOLOGIA DIGESTIVA DEL LECHON

1.1 GENERALIDADES

Uno de los aspectos más importantes que todo productor de cerdos debe tomar en cuenta son los cambios progresivos que ocurren con la edad, en todos los aspectos de la fisiología digestiva del lechón.

En las primeras semanas de vida, el sistema digestivo del cerdo lactante está adaptado para digerir los nutrientes provenientes de la leche de la cerda. Al nacer el animal, ocurre una colonización de lactobacilos, los cuales ayudan a acidificar el contenido estomacal a un pH entre 4 y 4.5, el cual es suficiente para coagular las proteínas de la leche y de esa manera retenerlas por más tiempo en el estómago, mejorando con ello su digestión (Mojica y col., 1991).

El lechón antes del destete posee en el tracto digestivo las siguientes enzimas proteolíticas: pepsina, renina, catepsina y quitinosa. De estas, la más importante es la renina, ya que es la que actúa sobre las proteínas de la leche.

En cerdos destetados muy jóvenes, se recomienda la inclusión de productos lácteos en la ración, siendo el SQS uno de los productos más utilizados.

Lechones alimentados con dietas conteniendo 15% de SQS, consumieron más alimento, ganaron peso más rápidamente pero tuvieron similar eficiencia de conversión que los cerdos alimentados con la dieta de maíz y HS (Burnell y col., 1988).

Cera y col. (1988), reportan que cerdos consumiendo dietas con 25% de SQS tienen mejores ganancias de peso, mayor consumo de alimento y menor índice de conversión alimenticia, especialmente en la primera semana post-destete.

1.2 EL EFECTO DEL DESTETE SOBRE LA ACIDEZ DEL TRACTO DIGESTIVO.

El destete es uno de los momentos más críticos en la vida del cerdo, debido a que se conjugan una serie de factores estresantes para el animal. El desarrollo del cerdo posterior al destete viene determinado por su potencial genético, el manejo y por las condiciones ambientales y nutricionales a las que es expuesto. Para el lechón, el destete supone un estrés, el cual es mayor cuanto más joven se desteta al animal; el cerdo destetado experimenta tres clases de estrés: ambiental, social y nutricional (Aherne, 1987a).

Al momento del destete ocurre una interrupción abrupta del suministro de leche al lechón, lo que trae como consecuencia una serie de cambios adaptativos del sistema digestivo que tienen por objeto obtener una mejor utilización de los alimentos sólidos de origen vegetal que el lechón tiene que comer. Con la ausencia de leche se da una disminución en la población de lactobacilos, lo que reduce la producción de ácido láctico y por consiguiente, se presenta una menor acidez en el estómago. Esta falta de acidez estimula a las células parietales del estómago a una mayor producción de ácido clorhídrico, pero ésta respuesta, como se señala más adelante, no es inmediata.

Así por ejemplo, Walker, 1959 (citado por Abin, 1986) encontró que, la capacidad de las células del estómago del lechón para secretar ácido, es reducida durante los primeros dos o tres días post-destete. Esto trae como consecuencia un aumento en el pH estomacal a niveles cercanos a la neutralidad, situación que es aprovechada por las bacterias ingeridas para proliferar en el estómago e intestino, especialmente Escherichia coli, las cuales se presume que sería una de las causas de las diarreas post destete (Mojica y col., 1991).

Se cree también que el alimento sólido, especialmente si tiene un alto contenido de proteína, aumenta la alcalinidad tanto del estómago como del intestino delgado, lo que los hace más propensos a ser colonizados por la

bacteria E. coli (Phelps, 1988b).

Los factores que reducen la solubilidad de la proteína y/o reducen el tiempo que el alimento es retenido en el estómago puede resultar en una secreción insuficiente de ácido o inadecuada exposición del alimento a condiciones ácidas. Un pH bajo en el estómago favorece la digestión de la proteína por: 1) Un incremento de la actividad de las enzimas que digieren la proteína; 2) Un aumento en el tiempo que el alimento es retenido en la sección de secreción enzimática del tracto y 3) La inhibición del crecimiento microbial en el estómago e intestino delgado (Stahly y col., 1985).

La velocidad con que pasa el alimento a través del tracto digestivo en lechones alimentados con HS, es más rápida que en los alimentados con caseína. Las dietas basadas en caseína provocan una caída del pH estomacal durante las primeras una a dos horas después de la alimentación. Por el contrario, los lechones alimentados con HS necesitan cuatro horas para tener el mismo efecto. Las proteínas de la HS tienen mayor capacidad amortiguadora sobre el pH estomacal, manteniéndolo demasiado alto y reduciendo la acción de la pepsina (Roppa, 1990).

Durante el periodo de falta de acidez estomacal, la actividad proteolítica es reducida ya que el ácido clorhídrico es el activador de la pepsina y ésta a su vez de la mayoría de las demás enzimas proteolíticas

(Abín, 1986). Con la ingestión de grandes cantidades de proteínas, particularmente de origen vegetal y especialmente de soya, se produce una sobrecarga de sustancias amortiguadoras del pH en el estómago del lechón, retardándose aún más el proceso normal de acidificación gástrica (Walker, 1959; citado por Abín 1986).

1.3 EL DESTETE TEMPRANO Y SU EFECTO SOBRE LAS DIARREAS.

1.3.1 Cambios en la anatomía de las vellosidades intestinales del lechón.

Investigaciones recientes realizadas por Bourne (citado por Phelps, 1988a), señalan que la Escherichia coli participa en las diarreas post-destete, pero sólo desempeñan un papel secundario. En este estudio se efectuaron necropsias a lechones muertos por diarrea y se encontró que las vellosidades del intestino delgado habían desaparecido. Por lo tanto, de acuerdo a este trabajo, la causa primaria de las diarreas, después del destete, sería una atrofia grave de los pelos absorbentes del intestino delgado, es decir la desaparición de los vellos intestinales, que son protuberancias microscópicas que recubren interiormente al intestino delgado. Esos vellos son los principales puntos de asimilación del tubo digestivo y aumentan notablemente la superficie disponible para la absorción de elementos nutritivos. Sin embargo, el

daño no parecía estar causado por bacterias, por lo que se probaron otras causas y resultó ser la hipersensibilidad a antígenos presentes en el alimento, particularmente ciertos tipos de proteínas. El trabajo de laboratorio mostró una forma definida de reacción, cuando el sistema inmunológico intestinal se expone a un nuevo antígeno. Se formaron dos tipos de anticuerpos, unos que aumentaron la reacción (auxiliadores) y otros que la redujeron (supresores). Las investigaciones indican que durante la reacción inicial, predominan las células auxiliaadoras, lo que resulta en una reacción inmunológica activa. Sin embargo, la exposición continuada a los antígenos de la proteína de la ración causa la proliferación de células supresoras que, a la larga, anula completamente la reacción. Esto causa un estado de tolerancia inmunológica en el cual el mecanismo de defensa por anticuerpos ya no puede reaccionar a los antígenos de la proteína que causa la diarrea (Phelps, 1988a).

Para verificar lo anterior, se llevaron a cabo pruebas en granjas comerciales, en las cuales se incluían dietas con niveles de 13 hasta 20% de proteína cruda, encontrándose que los peores casos de diarrea se dieron en las dietas con los niveles más altos de proteína cruda. Al reducirse el nivel de proteína también se redujeron las ganancias de peso de los cerdos, pero esas reducciones fueron mucho menores que las esperadas y fueron ampliamente

compensadas por el menor costo de las raciones.

También se observa que una vez que pasa el período crítico y se mejora la calidad de la ración, se acelera el aumento diario de peso, en base al principio del crecimiento compensatorio (Phelps, 1988a).

Otra teoría propuesta para explicar éste fenómeno es que al retirarse la protección que imparte la leche de la cerda se crea una brecha en la protección antibacteriana antes que se desarrolle una reacción activa de inmunidad en el intestino del lechón, permitiéndose así que las bacterias proliferen (Phelps, 1988a).

1.3.2 Diarreas por falta de regulación del consumo del lechón recién destetado.

La práctica de destete temprano lleva un riesgo y es que en cerdos muy jóvenes la actividad de las enzimas digestivas está adaptada para la digestión de los nutrientes lácteos (Aumaitre y Corring, 1978; citados por Mojica y col., 1991). Por lo tanto el aparato digestivo no se encuentra en capacidad de enfrentar los cambios de alimentación al destete, por lo que se observan digestiones incompletas y diarreas (Hartman, 1961; citado por Mojica y col., 1991).

Además el lechón recién destetado, al estar sometido a un estrés, inicialmente no come o come muy poco del alimento seco. Después de un cierto período inicial de

ayuno los lechones comienzan a consumir una gran cantidad de alimento, al no poseer un mecanismo que controle el consumo, puede ocasionar diarreas de tipo mecánico que afectan la condición física del lechón y pueden predisponer a diarreas infecciosas. Para prevenir éste tipo de diarrea, Pedroza (1991) encontró que restringir la alimentación durante la primera semana postdestete ayuda a prevenir los problemas antes mencionados.

2. FUENTES DE PROTEINA PARA LECHONES DESTETADOS

TEMPRANAMENTE.

El objetivo que todo productor persigue es obtener un rápido crecimiento de los cerdos. Para lograr esto en cerdos jóvenes, se debe tener en cuenta, como se discutió anteriormente, la fisiología digestiva del cerdo destetado.

Las dietas que se utilicen en el destete temprano deben ser lo más parecido posible a la leche de la cerda en cuanto a su densidad de nutrientes y calidad de la proteína, por lo que debería pensarse en la inclusión en la dieta de un buen porcentaje de productos lácteos como leche descremada en polvo, SQS, caseína, etc.; sin embargo, en las condiciones de los países en desarrollo el costo de estas dietas hace prohibitivo su uso en dietas para cerdos, por lo que hay que considerar otras opciones de fuentes proteicas para lechones jóvenes.

2.1 HARINA DE SOYA.

La HS es la fuente de proteína más comúnmente utilizada en las raciones para cerdos. Sin embargo su uso, en proporciones muy altas, en cerdos jóvenes, tiene ciertas limitantes.

Dietas basadas predominantemente de granos de cereales y HS son usadas extensivamente en cerdos destetados. Aunque éstas dietas son económicas, está bien documentado que simplificando dietas de granos-HS no se maximiza el crecimiento de los cerdos. En años recientes, se ha sugerido que el valor nutricional de la HS para cerdos destetados es realzado si la fracción de carbohidratos solubles de la soya es removida (Stahly y col., 1985).

Existe una influencia positiva en el uso de la HS al incluir productos lácteos en la dieta para cerdos destetados; éstos forman una cuajada en el estómago y así pasa a través del tracto digestivo más despacio que la HS sola. Las proteínas de la leche resultan en un estado de acidez más alto en el estómago y duodeno, el cual está asociado con un nivel más alto de digestión de la proteína por medio de un realce de la actividad de las enzimas proteolíticas (Stahly y col., 1985).

La solubilidad de la proteína en los productos de la soya y su tasa de pasaje a través del tracto digestivo es alterada por el tipo de procesamiento al que es expuesto el producto de soya. En adición, la capacidad buffer de los

productos de la soya igualmente es alterada por la remoción de la fracción de carbohidratos solubles y los cambios asociados a las características físicas y químicas de la proteína de soya (Stahly y col., 1985).

2.2 HARINA DE PESCADO.

Las HP, a pesar de su elevado costo, son consideradas como fuentes proteicas muy valiosas cuando son de buena calidad.

Las HP son, básicamente, de dos tipos: aquellas fabricadas con residuos procedentes de las industrias de alimentación humana y las preparadas con pescados enteros, capturados normalmente para esta finalidad. La HP es un producto que se ha venido elaborando con subproductos y excedentes de la industria pesquera que no eran utilizados para el consumo humano. Desde que el valor de la HP en la alimentación de monogástricos ha sido demostrado, la industria de la producción de HP como producto principal se ha ido incrementando (Pond y Maner, 1984).

Para preparar una harina de pescado que sea razonablemente estable en condiciones normales de almacenamiento, el contenido de humedad debe reducirse a un 10% aproximadamente. Si la harina contiene el 15% o más de agua es posible que se produzca crecimiento de hongos. Así mismo, para obtener una HP estable, se debe reducir el contenido de grasa a un 10% aproximadamente, e incluso una

harina con este nivel de grasa puede enranciarse durante su almacenamiento. El cuarto de almacenamiento debe ser bien ventilado para facilitar la oxidación inicial del aceite residual. Con esta precaución no hay necesidad de agregar un antioxidante a la harina.

Al existir innumerables tipos y variedades de pescados, producidos según métodos muy diferentes y que son tratados de muy distintas maneras, parece natural que el termino "harina de pescado" pueda significar muchas cosas diferentes para distintas personas (Pond y Maner, 1984).

Las diferencias en la composición de las harinas y productos del pescado pueden atribuirse a muchas causas: origen y variación en la composición de la materia prima, incluyendo las proporciones de peces completos y de vísceras de peces; distintos métodos de tratamiento incluyendo eliminación de la grasa, tratamiento térmico y deshidratación; contaminación con algunos productos residuales o con arena (Pond y Maner, 1984).

La HP de buena calidad contribuye de forma valiosa para las dietas de los cerdos constituidas por cereales, subproductos de cereales y otros ingrediente pobres en proteína, tales como banano y yuca. La harina de pescado aporta proteína (aminoácidos, especialmente lisina), vitamina B12, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y minerales como calcio, fósforo, sodio, magnesio, potasio, hierro, cobre, cinc y manganeso (Pond y Maner, 1984).

El valor de la HP como fuente de proteína depende de su calidad y su efecto sobre el balance total de aminoácidos en la dieta. Generalmente tiene un alto contenido de proteína cruda (64%) y elevados niveles de aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptofano, lo que la hace ser una buena fuente de proteína para cerdos. La calidad superior de la proteína de HP comparada con proteínas de origen vegetal ha sido demostrada por muchos investigadores. Frens y Ubbels (1951; citados por Pond y Maner, 1984) por ejemplo, mostraron que cerdos recibiendo una ración suplementada con 8% de HP, crecieron y utilizaron el alimento mejor que cerdos alimentados con 5% de HS y 5% de harina de girasol.

Al alimentar cerdos con dietas conteniendo 18.5% de proteína cruda con o sin HP, se encontró que la ganancia de peso y la conversión alimenticia fueron significativamente mejores para los tratamientos suplementados con HP. El efecto sobre la tasa de crecimiento fue particularmente marcado en el periodo de seis a nueve semanas de edad (Pike, 1978; citado por Pond y Maner, 1984).

En un estudio realizado por Stoner y col. (1988), en el cual se reemplazó la leche en polvo por HP en dietas de inicio, indicó que la HP puede ser usada para reemplazar en su totalidad la leche en polvo, si se tienen en consideración los niveles de lactosa de la dieta.

En dietas para lechones, conteniendo niveles de 4.5,

8 y 12.5% de HP, se encontró que se maximizaba la ganancia de peso al nivel de 8% de HP. Un reemplazo completo de HS por HP en la dieta de cerdos jóvenes no aumentó la ganancia de peso de los animales (Stoner y col., 1988).

2.3 USO DE LISINA SINTETICA EN RACIONES PARA CERDOS JOVENES.

Kephart y Sherritt (1990) encontraron que cerdos destetados tempranamente, alimentados con una dieta a base de maíz-HS, la cual fue formulada para satisfacer los requerimientos de aminoácidos, crecieron más rápido y más eficientemente que cerdos alimentados con una dieta baja en proteína y suplementada con aminoácidos cristalinos.

Corley y Easter (1980; citados por Kephart y Sherritt, 1990), encontraron que dietas conteniendo menos de 12% de proteína cruda limitan la respuesta a los aminoácidos esenciales. En contraste, estudios realizados por Serarda, 1976, y Russell, 1983 (citados por Kephart y Sherritt, 1990), sugieren que sí hay respuesta a la adición de aminoácidos cristalinos a dietas bajas en proteína cruda.

Cosgrove y col. (1985), en un experimento realizado para comparar el efecto de la combinación de fuentes de proteína (HS, harina de carne y hueso y L-lisina.HCL) sobre la utilización de la lisina, encontraron que la L-lisina.HCL sintética fue utilizada menos eficientemente que la lisina ligada a la proteína de HS; atribuyendo el

resultado a un posible desbalance con otros aminoácidos y así mismo, al hecho de que las dietas contenían diferentes niveles de proteína cruda.

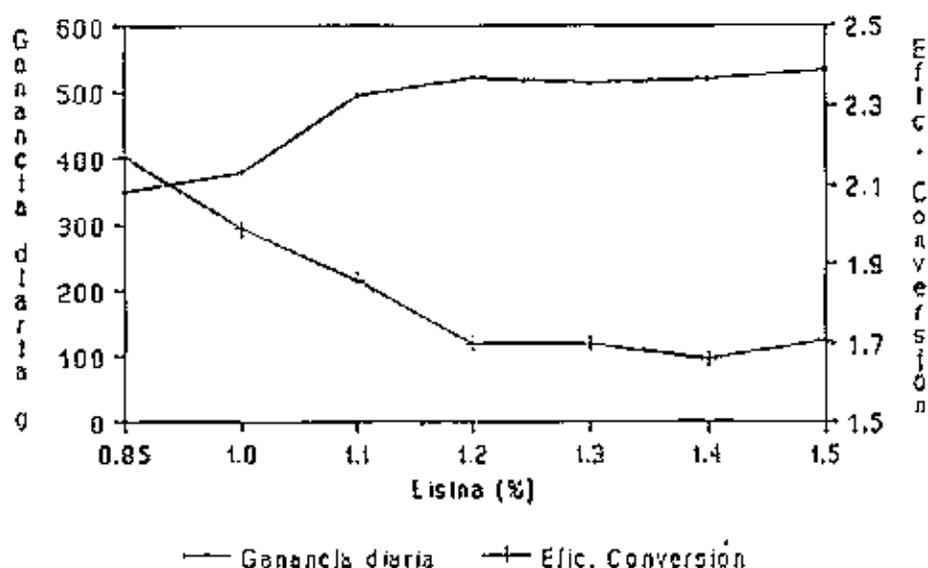
Lisina es usualmente el primer aminoácido limitante en dietas iniciadoras y el establecimiento de los niveles adecuados en las dietas es económicamente importante para la industria porcina.

Los niveles óptimos de lisina para cerdos destetados a las tres semanas de edad no han sido determinados con claridad, ya que hay grandes variaciones en estudios realizados por diferentes instituciones. Así tenemos que se reportan niveles de 0.95%, 1.23% y 1.4% (NRC, 1988; ARC, 1967; AEC, 1978; citados por Pond y Maner, 1984).

El Gráfico 1 muestra resultados obtenidos en dietas de lechones y se elaboró a partir de trabajos realizados por Stansbury y Tribble (1985), Lewis y col. (1981) y Lepine y col. (1991). Se observa que al incrementarse los niveles de lisina en la dieta, desde 0.85 hasta 1.5% la tendencia es una mejora en la ganancia de peso y la eficiencia de conversión de los cerdos en la fase de inicio (destete hasta 25 kg de peso vivo).

Los requerimientos de lisina pueden estar influenciados por otros factores de la dieta, como es su densidad energética y el nivel de proteína (McWard, 1959; Klay, 1964; Baker, 1975; citados por Lewis y col., 1981) y esto puede explicar las diferencias en las estimaciones de

Grafico 1. EFECTO DEL NIVEL DE LISINA EN LA DIETA DE LECHONES DESTETADOS



Fuente: Stansbury y Tribble (1985), Lewis y col. (1984) y Lepine y col. (1991).

los requerimientos.

Lepine y col. (1991), encontraron que cerdos destetados a edades muy tempranas tienen requerimientos nutricionales o fisiológicos limitantes aparte de la lisina para un buen crecimiento. En los primeros días posdestete, parece ser que la lisina no tiene mayor efecto sobre el crecimiento sino más bien otros factores en la dieta, como ser la lactosa. En este estudio encontraron que a partir

de los 21 días posdestete ya se nota un efecto positivo al incluir aminoácidos cristalinos como lisina, en niveles superiores a 1.1%, y este efecto se ve favorecido si se incluye en la dieta SQS, comparado con una dieta basal que contenga HS.

3. EL COBRE COMO PROMOTOR DEL CRECIMIENTO EN CERDOS

En 1948, Braude observó que los cerdos lamían los aros de jaulas, los cuales estaban hechos a base de cobre, aparentemente en busca de éste elemento. En los últimos 30 años, la suplementación con cobre en dietas para cerdos destetados, las cuales exceden los requerimientos fisiológicos (6 ppm), ha resultado en un incremento en las tasas de crecimiento y una mejora en la eficiencia de utilización del alimento. Así mismo, investigaciones realizadas en la última década con niveles subterapéuticos de antibióticos, igualmente revelan respuestas promotoras del crecimiento similares en magnitud a aquellas obtenidas con la suplementación de cobre (Roof y Mahan, 1982).

El cobre funciona como un estimulante del crecimiento en cerdos y se ha sugerido que actúa sobre la microflora intestinal, por sus propiedades bacteriostáticas, en forma similar a los antibióticos.

3.1 NIVELES DE UTILIZACION DE COBRE.

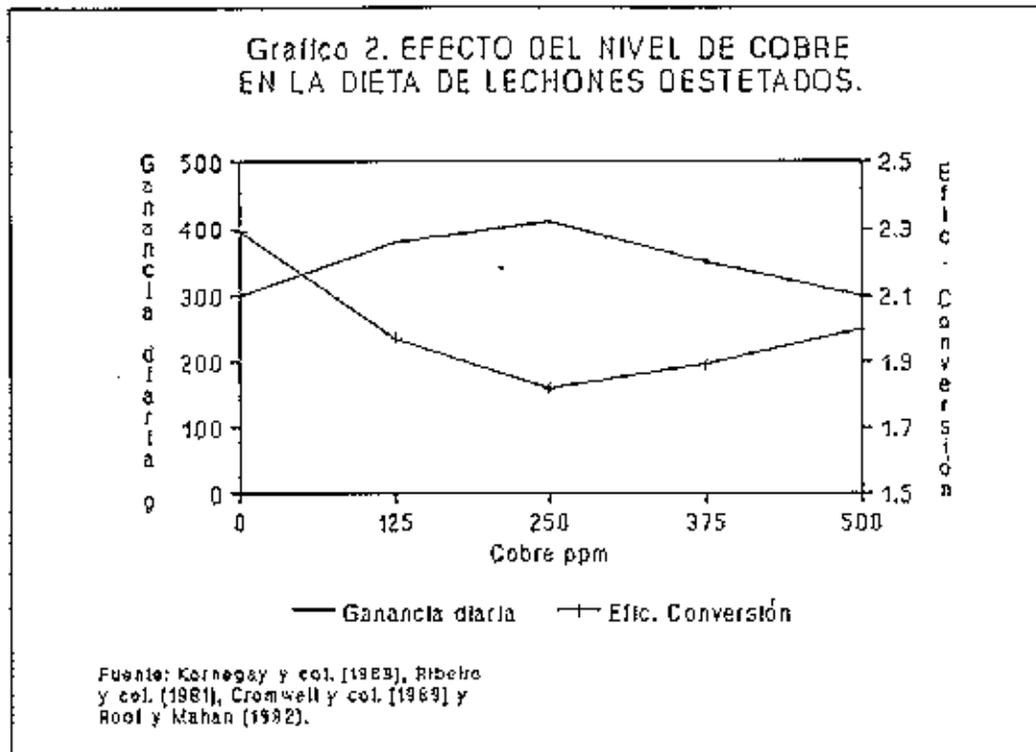
En un resumen de 43 experimentos con lechones destetados, realizado por Aherne (1987b), pone de manifiesto que los cerdos alimentados con dietas complementadas con cobre crecen un 22.1% más rápidamente, requiriéndose un 8.3% menos alimento por kg de peso ganado, en relación con los cerdos a los cuales no se les proporcionó cobre.

El Gráfico 2 muestra un resumen de algunos trabajos recientes realizados por varios autores. Se puede observar que la tendencia al adicionar cobre a la dieta es una mejora en la ganancia de peso de los lechones hasta un nivel de 250 ppm, después de lo cual las ganancias de peso tienden a disminuir. Sin embargo, otros estudios reportan que se puede llegar hasta un nivel de 375 ppm de cobre antes de que la ganancia de peso comience a disminuir. En el mismo Gráfico 2 se observa que la eficiencia de conversión muestra una tendencia similar a la ganancia de peso, mejorando hasta un nivel de 250 ppm y luego empieza nuevamente a deteriorarse (ver referencias en el gráfico).

3.2 INTERACCION DEL COBRE CON OTROS ELEMENTOS DE LA DIETA.

3.2.1 Interacción con minerales.

El nivel de cobre en el hígado se eleva aproximadamente 10 veces en los cerdos alimentados con 250



ppm de cobre, pero el incremento no ocurre cuando se suministra el nivel bajo (125 ppm), Cromwell y col. (1989).

En cerdos de crecimiento y engorda, se observó que la adición de 250 ppm de cobre incrementó notablemente los niveles de cobre almacenados en el hígado de 28 a 312 ppm, y este efecto es más marcado cuando se tienen dietas con altos niveles de calcio y fósforo. El calcio en altas dosis tiene un efecto inhibitor sobre la absorción de cinc en el tracto intestinal. El cinc interfiere con la absorción de cobre por los tejidos del hígado, por lo cual se establece una competencia entre el cinc y el cobre por sitios comunes de almacenamiento en el hígado y al estar el calcio interfiriendo con la absorción de cinc, el cobre

tiene mayores sitios de almacenamiento en el hígado. Los altos niveles de calcio y fósforo no contribuyen a la variación en las respuestas de crecimiento de los cerdos al suplementarlos con cobre (Prince y col., 1984).

El exceso de Cu se acumula en el hígado, pero no se ha encontrado en el tejido muscular. No es de esperar que aparezcan problemas de toxicidad con niveles de 250 ppm, siempre y cuando la sal de Cu que se use se encuentre bien mezclada y haya un balance adecuado con las sales de cinc y hierro en la ración (Maynard y col., 1981).

Dove y Haydon (1991), encontraron que la adición de 250 ppm de Cu a la dieta disminuyó los niveles de hierro almacenados en el hígado, hemoglobina y suero sanguíneo, mientras que incrementó los niveles de Cu en el hígado y riñón. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la adición de 250 ppm de Cu puede interferir con la absorción de hierro durante los primeros 14 días posdestete.

Los altos niveles de cobre en el hígado son rápidamente removidos después de que se ha retirado el cobre de la dieta (Cromwell y col., 1989).

3.2.2 Efecto del cobre y la disponibilidad de vitaminas.

Kornegay y col. (1989) compararon el uso de biotina en adición al cobre y observaron que existe una interacción entre ambos; esto se cree que es debido a las propiedades

bacteriostáticas del cobre, con lo cual se reduce la síntesis de biotina por los microorganismos, incrementando los requerimientos de fuentes externas de biotina. Brooks y col. (1984, citados por Kornegay y col., 1989) trabajando con lechones recién destetados, encontraron que hubo un incremento de 14.4% en la tasa de crecimiento cuando se agregó cobre y biotina a la dieta y solamente 2.3% cuando los cerdos fueron suplementados con cobre sin la adición de biotina.

La vitamina E se ve afectada por la presencia de cobre en la dieta. Dove y Ewan (1991), realizaron un estudio en el cual incluyeron 250 ppm de cobre y 22 UI/kg de Acetato de Alfa-Tocoferol (ATA), solos o en combinación, a dietas para cerdos en la fase de inicio. Las dietas fueron almacenadas por un período de 14 días antes de proporcionarlas a los cerdos. La adición de cobre disminuyó la concentración de ATA en el alimento, siendo ésta menor de 2 mg/kg, después de 14 días de almacenamiento. La adición de cobre a la dieta que no contenía ATA incrementó el consumo de alimento y mejoró la eficiencia de conversión. Durante las primeras cuatro semanas del experimento, el nivel de tocoferol en el plasma se redujo por la adición de cobre, pero en el experimento total éste se vio incrementado. El nivel de anticuerpos presentes no fue afectado por la adición de cobre o ATA.

3.2.3 El cobre y la grasa de la dieta.

Otro factor que tiene efectos complementarios con el cobre, es la adición de grasa a la dieta. Dove y Haydon (1992), llevaron a cabo un estudio para establecer el efecto del cobre y la adición de grasa en dietas para cerdos en la fase de inicio. Se utilizaron niveles de 0, 2.5 y 5 % de grasa combinados con 5 y 250 ppm de cobre. Observaron que se presenta una interacción entre el cobre al nivel de 250 ppm y 5% de grasa en la dieta, mejorando la ganancia de peso y la eficiencia de conversión de los cerdos y este efecto es más marcado en los primeros 14 días post-destete. La grasa por sí sola no tuvo ningún efecto sobre el consumo de alimento. La interacción Cobre x Grasa que se observó para la ganancia diaria de peso, sugiere según los autores que los cerdos requieren energía adicional para exhibir una máxima respuesta en crecimiento cuando se proporciona 250 ppm de cobre. Así mismo se observaron cambios en las proporciones de ácidos grasos en el suero al adicionar cobre, lo que sugiere que éste elemento juega un papel importante en el metabolismo de la grasa en cerdos destetados.

3.2.4 Interacción del cobre con antibióticos.

Las respuestas de los cerdos al cobre son mayores en ausencia de antibióticos, pero se han notado efectos aditivos en algunos estudios (Maynard y col., 1981); sin

embargo, en otros estudios con cerdos destetados tempranamente, la respuesta en crecimiento a la adición de cobre ha sido similar a la obtenida al adicionar antibióticos a la dieta. Otros estudios con lechones destetados han demostrado que la suplementación con cobre y antibióticos tiene efectos aditivos. Por ejemplo, cuando el cobre se proporciona junto con Carbadox, se da una respuesta aditiva en el crecimiento de los cerdos, especialmente en el nivel de 125 ppm de cobre (Roof y Mahan, 1982).

Edmonds y col. (1985) encontraron que la adición de cobre incrementó la tasa y la eficiencia en la ganancia de peso de cerdos recién destetados. Así mismo hubo una interacción con la presencia de antibióticos. El efecto del cobre fue más marcado en la primera semana post destete. El olaquinox es otro producto que actúa como un promotor del crecimiento en cerdos y se han hecho investigaciones para ver su comportamiento en presencia del cobre. Zamora y col. (1987), condujeron un experimento en el cual agregaron 250 ppm de Cu, 100 ppm de olaquinox (suministrado como Bayonox) o una combinación de ambos, comparados con una dieta control con 18% de proteína cruda. La adición del cobre mejoró en un 13% la ganancia diaria de peso de los cerdos. El olaquinox tuvo una respuesta de 4% y la combinación de ambos incrementó en un 7% la ganancia diaria de peso comparado con la dieta control. El

olaquinox no mejoró la eficiencia de conversión de los animales. El principal efecto de éstos promotores del crecimiento fue sobre la ganancia diaria de peso y sólo tuvo un pequeño efecto sobre la eficiencia de conversión. Además no hubo un efecto sinérgico entre el cobre y el olaquinox en el crecimiento y la eficiencia de utilización de alimento por los cerdos.

3.3 DISPONIBILIDAD DEL COBRE.

La disponibilidad biológica del cobre puede verse afectada por la fuente de carbohidratos en la dieta. O'dell (1990), observó que los signos de deficiencia de cobre se ven acentuados cuando una alta ingestión de las calorías (60%) proviene de la fructosa o sucrosa comparados con una dieta en la cual la fuente de carbohidratos es almidón. Aparentemente, bajo estas condiciones, la disponibilidad del cobre puede ser disminuida en 30% cuando se da en presencia de fructosa o sucrosa. En cerdos que consumieron una dieta con 20% de calorías como fructosa con bajos niveles de cobre, no hubo una diferencia apreciable en la absorción aparente de éste elemento.

El pH del contenido intestinal modifica la absorción del cobre. De esa manera, por ejemplo, las sales de calcio disminuyen la absorción del cobre al elevarse el pH. También otros compuestos minerales como el sulfuro ferroso disminuye la absorción del Cu al formar CuS insoluble

(Church y Pond, 1987).

Algunas formas del Cu se absorben con mayor facilidad que otras. El nitrato cúprico, el cloruro cúprico y el carbonato cúprico se absorben mucho más fácilmente que el óxido cuproso. El cobre metálico se absorbe en forma muy deficiente (Church y Pond, 1987).

3.4 FUENTES DE COBRE.

La fuente más común de cobre usada como promotor del crecimiento es el sulfato de cobre. En cerdos de crecimiento y engorde se ha usado también la forma de óxido de cobre y su resultado ha sido similar al del sulfato, así mismo, los niveles de cobre en el hígado no se ven afectados (Cromwell y col., 1989).

Otra forma posible de suministrar el cobre es en forma de quelatos, en la cual, los metales son absorbidos más eficientemente y su retención en el cuerpo es mayor que los minerales similares en su forma inorgánica (Fouad, 1976; citado por Stansbury y col., 1990).

Los agentes quelatinizantes pueden ser EDTA, aminoácidos o polisacáridos). Varios estudios han demostrado que al agregar cobre en forma de quelatos ó cuando el cobre y los agentes quelatizantes se agregan por separado a la ración, se tiene un ligero efecto en el comportamiento de los cerdos.

Stansbury y col. (1990); encontraron que el cobre como

quelatos ó complejos con compuestos orgánico o inorgánicos no fue más eficaz que el sulfato de cobre.

III. MATERIALES Y METODOS

1. Localización del Estudio

Los dos experimentos que comprende el presente estudio se llevaron a cabo en el galpón para lechones recién destetados de la Sección de Producción de Cerdos de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

El trabajo de campo se realizó en el período comprendido de Julio de 1991 a Abril de 1992. En el Experimento 1, cada repetición tuvo una duración de seis semanas y en el Experimento 2 el período de toma de datos fue de cinco semanas.

2. Animales Utilizados

Experimento 1: Se utilizaron 108 lechones, 54 hembras y 54 machos castrados, híbridos de las razas Duroc x Yorkshire x Landrace, y cruces con verracos híbridos de la compañía Pig Improvement Company, con un peso inicial de 7-9 kg y aproximadamente cinco semanas de edad.

Los lechones fueron subdivididos en 18 grupos homogéneos de 6 animales, de acuerdo al peso inicial, sexo y origen de la camada.

Experimento 2: Se contó con un total de 120 lechones, 60 hembras y 60 machos enteros y castrados, con un peso inicial de 7-12 Kgs. Los 120 animales fueron divididos en 24 grupos homogéneos de 5 animales. El procedimiento de selección fue igual al indicado en el Experimento 1.

Todos los animales fueron desparasitados una semana después del destete, y una semana después de la desparasitación se vacunaron contra cólera porcino.

3. Alojamiento

Los animales fueron alojados en corrales elevados con piso ranurado (Flat Deck), los cuales tenían un área de 3 m² (1 m. de ancho por 3 m. de largo), con comedero de tolva automático y un bebedero de chupete por cada corral. En el caso del Experimento 2, los grupos que se dividieron en 12 animales, se colocaron en corrales de 6 m² (2 m. de ancho por 3 m. de largo), con las mismas características descritas anteriormente.

Los corrales fueron lavados y desinfectados antes de iniciar cada experimento.

WILSON FUPENDE
MOQUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 33
TEGUIGALPA HONDURAS

4. Tratamientos Experimentales

En el Experimento 1 se probaron 4 niveles de sustitución de HS por HP y un tratamiento en el cual se incluyó leche en polvo; éstos niveles se pueden observar en el Cuadro 1. Las dietas utilizadas tuvieron un porcentaje variable de proteína cruda pero un nivel fijo del aminoácido lisina (1.1%). La composición porcentual y nutricional de las dietas se muestran en el Anexo 1.

Cuadro 1. Tratamientos experimentales utilizados en el Experimento 1.

Tratamientos	Harina de Pescado †
I	0
II	3
III	6
IV	9
V	12
VI *	0

* Inclusión de 3% de Leche en polvo.

En el Experimento 2 se utilizó como control la dieta del Tratamiento 4 del Experimento 1, conteniendo 9% de HP, que fue la que dio los mejores resultados y se comparó contra otras dietas en las cuales se sustituyó el 50% de la harina de pescado por lisina sintética y otra con 100% de sustitución de harina de pescado por lisina. Además se incluyeron dos tratamientos a los cuales se les agregó Cobre a la ración en forma de Sulfato de Cobre. Los niveles de cada elemento en estos tratamientos pueden observarse en el Cuadro 2. .

La composición porcentual y nutricional de las dietas se muestran en el Anexo 2.

Cuadro 2. Tratamientos experimentales utilizados en el Experimento 2.

Tratamientos	Harina Pescado %	Lisina Sin tética %	Cu ppm
I	9	0	0
II	4.5	0.22	0
III	0	0.44	0
IV	9	0	125
V	9	0	250

El producto utilizado para suplementar la lisina sintética tenía un 99% de lisina.

Las dietas fueron formuladas en computadora por medio del programa Feed Master.

5. Controles Experimentales

En los dos experimentos los lechones fueron pesados individualmente cada siete días, y en cada pesaje se controló la ganancia de peso. El consumo de alimento y la conversión alimenticia se calcularon por corral o grupo de 6 animales.

El alimento fue proporcionado ad-libitum, pesándose lo proporcionado diariamente y el consumo se determinó por la diferencia entre lo ofrecido y el sobrante al final de los siete días.

6. Diseño Experimental

Para el Experimento 1 se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con 6 tratamientos (Cuadro 1). Para la variable ganancia de peso se obtuvieron datos de 18 cerdos o unidades experimentales por tratamiento con un total de 108 observaciones. Para los consumos de alimento y eficiencia de conversión se consideraron los corrales ($n=3$) como unidades experimentales, con un total de 18 observaciones.

Para el Experimento 2 se utilizó un Diseño de Bloques Completos al azar con 5 tratamientos (Cuadro 2). Para la variable ganancia de peso se obtuvieron datos de 24 cerdos o unidades experimentales por tratamiento, con un total de

120 observaciones. Para consumo de alimento y eficiencia de conversión se consideraron los corrales (n=3) como unidades experimentales, para un total de 15 observaciones.

Los datos fueron analizados por medio del programa MSTAT (Michigan State University).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan por separado los resultados obtenidos en los dos ensayos.

Experimento 1: SUSTITUCION DE HARINA DE SOYA POR HARINA DE PESCADO.

Los resultados generales en cuanto a ganancias de peso, consumo de alimento y eficiencias de conversión se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO 1.

	TRATAMIENTOS					
	I	II	III	IV	V	VI
No. de cerdos**	13	16	18	18	17	17
% Harina Pescado	0	3	6	9	12	—
% Leche en Polvo	—	—	—	—	—	3
Peso Inicial, kg	8.2	8.4	8.6	8.9	8.0	8.2
Peso Final, kg	24.2	27.9	28.7	29.8	25.8	20.2
Gancia/día/cerdo, kg†	0.32c	0.44ab	0.48ab	0.50a	0.41b	0.27c
Consumo/día/cerdo, kg*	0.61bc	0.80ab	0.82a	0.82a	0.71abc	0.53c
Efic. Conversión, ns	1.99	1.78	1.68	1.64	1.70	2.04

Datos de 6 semanas de experimento.

** Cerdos eliminados por muerte y pobre desarrollo.

Parcelas perdidas calculadas

† Diferencias estadísticas significativas.

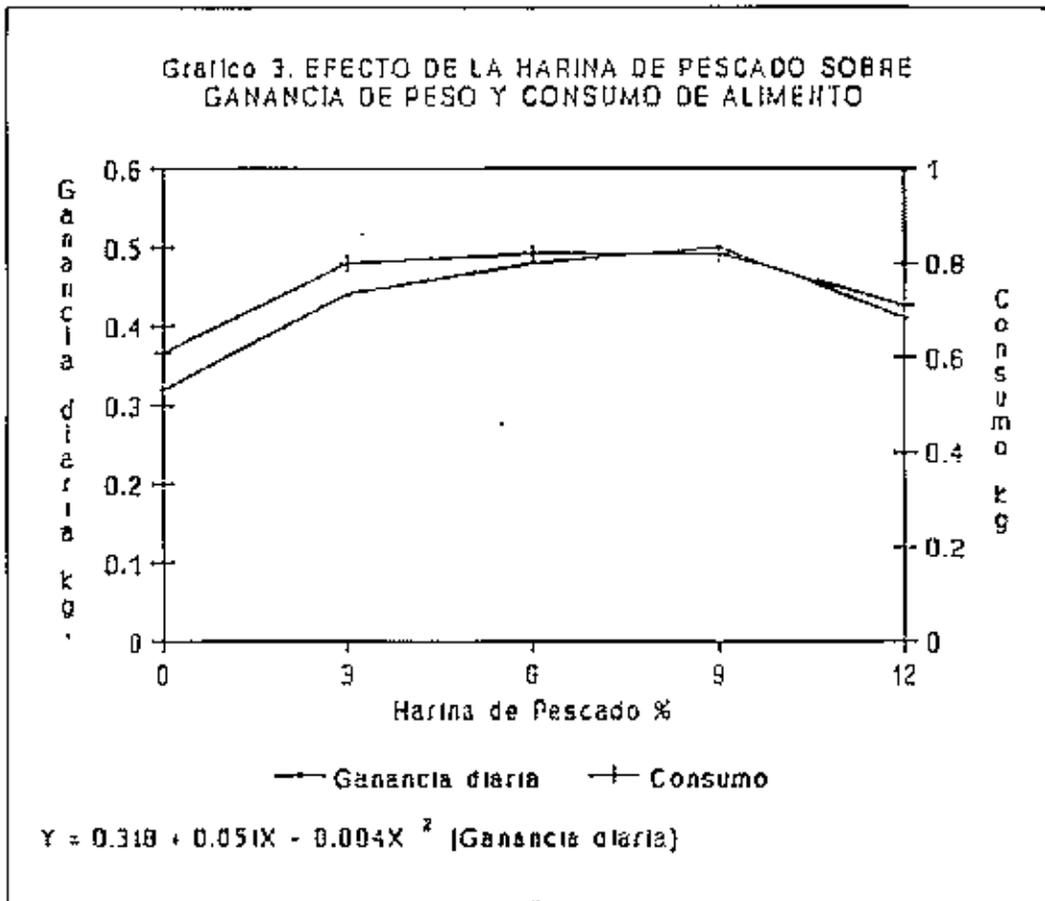
ns No significativo.

Como se observa en el Cuadro 3, en todos los tratamientos en los cuales se incluyó HP, los cerdos alcanzaron más de 25 kg de peso en el período experimental, no así los cerdos que no consumieron HP.

Las ganancias de peso fluctuaron de 270 a 500 g/día, encontrándose diferencias estadísticas para esta variable ($P=0.0001$). Al hacer la separación de medias, por medio de la prueba de Duncan, se observó que las mejores ganancias de peso se obtuvieron con el tratamiento que contenía 9% de HP y las menores ganancias se dieron para el tratamiento que contenía 3% de leche en polvo y sin HP.

En el Gráfico 3 se observa que al incrementarse el porcentaje de HP en la dieta se incrementa la ganancia diaria de peso de los lechones hasta el nivel de 9%, sin embargo, al subir el nivel a 12% las ganancias diarias de peso tienden a decrecer, observándose que los resultados siguen una tendencia de tipo cuadrática ($P=0.001$, Anexo 4).

Los resultados obtenidos en éste estudio concuerdan con lo obtenido por Stoner y col. (1988), Frens y Ubbels (1951, citados por Pond y Maner, 1984), quienes reportan que las ganancias de peso se maximizan con 8% de HP en la ración y tienden a decrecer con un nivel de 12.5% de HP. Así mismo, Pike (1978; citado por Pond y Maner, 1984), encontró que con dietas conteniendo 18.5% de proteína cruda con ó sin HP, las ganancias de peso se mejoraban significativamente al adicionar HP.



Para la eficiencia de conversión se aprecia una tendencia similar a la seguida por las ganancias de peso, mejorándose conforme se incrementa el porcentaje de HP en la ración. Sin embargo, para ésta variable las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$).

El consumo de alimento fluctuó entre 0.53 a 0.82 kg/día, encontrándose diferencias estadísticas entre los tratamientos para ésta variable ($P = 0.02$). Los mayores consumos fueron para los tratamientos con 6 y 9% de HP y el menor consumo lo tuvieron los cerdos del tratamiento con

leche en polvo. Como se observa en el Gráfico 3, el consumo de alimento presentó una tendencia similar a la de la ganancia de peso.

Los bajos resultados obtenidos para el tratamiento con leche en polvo, pueden atribuirse a que el porcentaje de leche en la ración era muy bajo (3%), ya que en raciones en las cuales la proteína de origen animal está dada por la leche en polvo o el SQS, los niveles usados son superiores al 15 o 20% (Cera y col., 1988).

Experimento 2: USO DE COBRE Y LISINA SINTETICA.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados generales obtenidos en éste experimento.

Cuadro 4. RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO 2.

	TRATAMIENTOS				
	I	II	III	IV	V
No. de cerdos ¹¹	22	23	22	22	24
Harina Pescado %	9	4.5	—	9	9
Cobre, ppm	—	—	—	125	250
Lisina Sintética, %	—	0.22	0.44	—	—
Peso Inicial, kg	9.8	9.6	9.8	9.8	9.8
Peso Final, kg	25.7	19.3	18.4	28.1	27.5
Ganancia/día/cerdo, kg ^a	0.448a	0.276b	0.240b	0.503a	0.491a
Consumo/día/cerdo, kg ^a	0.779b	0.601c	0.550c	0.937a	0.883ab
Efic. Conversión ^a	1.79a	2.17b	2.34b	1.84a	1.74a

Datos de 5 semanas de experimento.

¹¹ Lechones eliminados por muerte.

^a Parcelas perdidas calculadas.

^b Diferencias estadísticas significativas.

Como se observa en el Cuadro 4, los cerdos de los tratamientos I con 9% de HP y IV y V con HP más cobre, alcanzaron un peso superior a 25 kg durante los 35 días que duró el experimento, no así los cerdos a los cuales se les suplementó la lisina por medio de lisina sintética.

Las ganancias de peso fluctuaron de 240 a 503 g/día, observándose diferencias estadísticas significativas para los tratamientos ($P=0.0001$). Al realizar la separación de medias por medio de la prueba Duncan (Anexo 10), se observó que las dietas que contenían HP y cobre fueron superiores ($P=0.05$), que aquellas a las que se les suplementó la lisina por medio de lisina sintética.

Se observa que al incluir 0.22% de lisina sintética a la dieta (Tratamiento II), las ganancias de peso son menores en un 38.8%, comparado con la dieta control (Tratamiento I) y para la dieta conteniendo 0.44% de lisina sintética y 0% de HP (Tratamiento III), las ganancias de peso son menores en un 46%. Estas dietas tenían un nivel más bajo de proteína cruda que la dieta control con 9% HP (19.5 vs. 17.2 y 14.9% PC).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Kephart y Sherritt (1990), los cuales compararon una dieta a base de maíz+HS contra una dieta con bajo nivel de proteína cruda y suplementada con lisina sintética y observaron que los cerdos a los que se suplementó con lisina sintética, tuvieron menores ganancias de peso que

los cerdos con la dieta a base de maíz-HS.

En contraste, Serarda, 1976 y Russell, 1983 (citados por Kephart y Sherritt, 1990), encontraron que sí hay respuesta a la adición de aminoácidos cristalinos a dietas para lechones, bajas en proteína cruda.

Las dietas del presente estudio fueron formuladas usando valores de aminoácidos de tablas y de acuerdo a estas se satisfacían los requerimientos de lisina, metionina+cistina, treonina y triptofano. Como no se hicieron análisis de aminoácidos de las dietas, los resultados obtenidos podrían atribuirse a un desbalance de aminoácidos o a factores nutricionales contenidos en la HP, ya que el porcentaje de HP se redujo a la mitad en un caso y se eliminó completamente en el otro.

Otra posible causa del deficiente uso de la lisina sintética, podría ser el hecho de que éste aminoácido estaba inmediatamente disponible en grandes cantidades para el cerdo y éste posiblemente no pudo hacer un uso eficiente de la abundancia del aminoácido, perdiéndose parte del mismo en las heces.

En el caso del cobre, al hacer una prueba de contrastes ortogonales para la variable ganancia diaria de peso, se encontró una diferencia estadística significativa ($P=0.049$) entre los tratamientos que contenían cobre y el control. Las mejores ganancias de peso se obtuvieron al adicionar 125 ppm de cobre a la dieta (503 g/día), lo que

representa un 12.3% de mejora sobre el tratamiento control (sin cobre).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Roof y Mahan (1982), Cromwell y col. (1989). Sin embargo, son diferentes a los encontrados por Zamora y col. (1987) y por Dove y Haydon (1991), quienes reportan que los mejores resultados se obtienen con el nivel de 250 ppm de cobre.

Se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos para el consumo de alimento ($P=0.0009$) y para la eficiencia de conversión alimenticia ($P=0.0026$). El consumo de alimento disminuyó en 29.4% y la eficiencia de conversión se incrementó en 30.5% al adicionar lisina sintética a la dieta.

El mayor consumo se observó en los cerdos alimentados con dietas conteniendo 125 ppm de cobre (0.937 kg/día), el menor consumo se dio en el tratamiento con 0.44% de lisina sintética y éste fue 29.4% menor que el control.

La mejor eficiencia de conversión se dio para los cerdos alimentados con 250 ppm de cobre (1.743) y los cerdos menos eficientes fueron los del tratamiento con 0.44% de lisina sintética (2.34).

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que:

1. La adición de HP a la dieta de lechones destetados, en sustitución parcial de la HS, mejora las ganancias de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia de los cerdos.
2. El nivel óptimo de inclusión de HP en la dieta es de 9%, niveles superiores pueden tener efectos negativos en la ganancia de peso.
3. Al incluir niveles bajos de leche en polvo en la ración, no se mejoran las ganancias de peso de los lechones comparado con la dieta a base de HS.
4. Al sustituir el nivel de lisina de HP por lisina sintética en lechones jóvenes, se tienen efectos negativos en la ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia de conversión de los animales.
5. Al incluir cobre en la ración para cerdos jóvenes, a niveles de 125 ppm, se estimula el crecimiento, se mejora el consumo y las eficiencias de conversión de los animales.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo observado en el presente estudio se recomienda:

1. Evaluar el efecto de las dietas estudiadas en el presente ensayo en condiciones de destete a los 28 días.
2. Continuar la evaluación de dietas para lechones destetados tempranamente, en las cuales se incluyan niveles más altos de sulfato de cobre.
3. Realizar un estudio con diferentes niveles de lisina sintética manteniendo el nivel adecuado de proteína en la dieta.

VII. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar dietas adecuadas para un destete temprano en la Escuela Agrícola Panamericana, se llevaron a cabo dos Experimentos. En el Experimento 1 se utilizaron 108 lechoncitos (54 hembras y 54 machos castrados), con el objeto de medir el efecto del reemplazo de niveles crecientes de harina de pescado (HP) en la ración (0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 0%+3% de leche en polvo), por harina de soya (HS), sobre las ganancias de peso y eficiencias de conversión alimenticia. Las ganancias de peso para los diferentes niveles de HP fueron 320, 440, 480, 500, 410 y 270 g/cerdo/día, respectivamente, observándose diferencias estadísticas significativas ($P=0.0001$) entre tratamientos y un efecto cuadrático ($P=0.001$). El consumo de alimento fue de 610, 800, 820, 820, 710 y 530 g/cerdo/día, respectivamente, siendo igualmente diferentes entre sí ($P=0.02$). Para la eficiencia de conversión alimenticia no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P=0.43$).

En el Experimento 2 se utilizaron 120 lechones (60 hembras y 60 machos castrados), para evaluar el uso de lisina sintética y sulfato de cobre en la mejor dieta del Experimento 1 (9% de HP). Los tratamientos utilizados

fueron: 9% HP, 4.5% HP + 0.22% de lisina sintética, 0% de HP + 0.44% de lisina sintética, 9% de HP + 125 ppm de Cu y 9% de HP + 250 ppm de Cu. Las ganancias de peso observadas fueron de 448, 276, 240, 503 y 491 g/cerdo/día, respectivamente, encontrándose un efecto significativo negativo de la lisina y positivo para el cobre para esta variable ($P=0.0001$). El consumo de alimento de los lechones fue de 779, 601, 550, 937, y 883 g/día, respectivamente, y así mismo se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P=0.0009$). La eficiencia de conversión fue igual para los tratamientos que contenían cobre comparados con el control y se incrementó ($P=0.0026$) al incluir lisina sintética en la ración.

De los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que bajo las condiciones de la EAP, para poder establecer un sistema de destete temprano que sea eficaz, se requiere de la inclusión en la ración de inicio de fuentes proteicas de mejor calidad, como ser la HP. Así mismo se nota un efecto positivo al incluir sulfato de cobre, no así al reemplazar la lisina de la HP por lisina sintética.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ABIN, M. 1986. Which feeding strategy for piglets after weaning. PIGS. Misset International. Holanda. p 18-19.
- AHERNE, F. 1987a. Manejo del destete a las cuatro semanas, muchas crias destetadas quedan cortas en su potencial. International Pigletter. Pig World, Inc. EE.UU. 7(6):21-24.
- AHERNE, F. 1987b. Resumen de aditivos alimentarios, los antibióticos siguen siendo los mejores promotores del crecimiento. International Pigletter. Pig World, Inc. EE.UU. 7(8):29-32.
- BURNELL, T.W.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. 1988. Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. J. Anim. Sci. 66(5):1100-1108.
- CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. 1988. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. J. Anim. Sci. 66(6):1438-1445.
- CHURCH, D.C.; POND, W.G. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa. México. 438 p.
- COSGROVE, S.B.; CORLEY, J.R.; MAHAN, D.C. 1985. Effects of combining protein sources on lysine utilization by starter pigs. J. Anim. Sci. 60(2):470-473.
- CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S.; MONEGUE, H.J. 1989. Effects of source and level of copper on performance and liver copper stores in weanling pigs. J. Anim. Sci. 67:2996-3002.
- DOVE, C.R.; EWAN, R.C. 1991. Effect of vitamin E and copper on the vitamin E status and performance of growing pigs. J. Anim. Sci. 69(6):2516-2523.
- DOVE, C.R.; HAYDON, K.D. 1991. The effect of copper addition to diets with various iron levels on the performance and hematology of weanling swine. J. Anim. Sci. 69(5):2013-2019.

- DOVE, C.R.; HAYDON, K.D. 1992. The effect of copper and fat addition of the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. *J. Anim. Sci.* 70(3):805-810
- EDMONDS, M.S.; IZQUIERDO, O.A.; BAKER, D.H. 1985. Feed additive studies with newly weaned pigs: efficacy of supplemental copper, antibiotics and organic acids. *J. Anim. Sci.* 60(2):462-469.
- KEPHART, K.B.; SHERRITT, G.W. 1990. Performance and nutrient balance in growing swine fed low-protein diets supplemented with aminoacids and potassium. *J. Anim. Sci.* 68:1999-2008.
- KORNEGAY, E.T.; HEUGTEN, P.H.G. van; LINDEMANN, M.D.; BLODGETT, D.J. 1989. Effects of biotin and high copper levels on performance and immune response of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 67(6):1471-1477.
- LEWIS, A.J.; PEO, E.R. Jr.; MOSER, B.D.; CRENSHAW, T.D. 1981. Lysine requirement of pigs weighing 5 to 15 kg fed practical diets with and without added fat. *J. Anim. Sci.* 51(2):361-366.
- LEPINE, A.J.; MARAN, D.C.; CHUNG, Y.K. 1991. Growth performance of weanling pigs fed corn-soybean meal diets with or without dried whey at various L-Lysine.HCl levels. *J. Anim. Sci.* 69(5):2026-2032.
- LI, D.F.; NELSEN, J.L.; REDDY, P.G.; BLECHA, F.; HANCOCK, J.D.; ALLEE, G.L.; GOODBAND, R.D.; KLEMM, R.D. 1990. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 68(6):1790-1799.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. 1981. *Nutrición Animal. Traducido por Alfonso Ortega Said. 4ta. Ed. en español. McGraw-Hill. México. 640 p.*
- MOJICA ENRIQUEZ, C.; ROBLES, A.; CUARON, J.A. 1991. Efecto de la dieta y la frecuencia de alimentación sobre el comportamiento productivo de los lechones al destete. ANEMA (Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal). Quinto congreso nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. p 228-238.
- O'DELL, B.L. 1990. Dietary carbohydrate source and copper bioavailability. *Nutrition reviews.* USA. 48(12):425-434.

- PEDROZA, C.A. 1991. Aspectos prácticos en alimentación porcina. Asociación mexicana de especialistas en nutrición animal. Primer ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo del cerdo. Irapuato, México. p 1-9.
- PHELPS, A. 1988a. Esos notables anticuerpos. Agricultura de las Américas. 37(6):22-26.
- PHELPS, A. 1988b. Alimento para lechones: mucho o nada. Agricultura de las Américas. 37(2):22-24.
- POND, W.G.; MANER, J.H. 1984. Swine production and nutrition. Connecticut, The AVI Publishing Company, Inc. 731 p.
- PRINCE, T.J.; HAYS, V.W.; CROMWELL, G.L. 1984. Interactive effects of dietary calcium, phosphorus and copper on performance and liver stores of pigs. J. Anim. Sci. 58(2):356-361.
- RIBEIRO de LIMA, F.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L. 1981. Effects of copper, with and without ferrous sulfide, and antibiotics on the performance of pigs. J. Anim. Sci. 52(2):241-247.
- ROOF, M.D.; MAHAN, D.C. 1982. Effect of carbadox and various dietary copper levels for weanling swine. J. Anim. Sci. 55(5):1109-1117.
- ROPPA, L. 1990. Avances en la nutrición de lechones. Industria Porcina (EE.UU) 10(1):15-19.
- STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J. 1985. Influence of citric acid and sodium bicarbonate on the nutritive value of soybean protein sources for weanling pigs. Swine Research Report. University of Kentucky. USA. 47 p.
- STANSBURY, W.F.; TRIBBLE, L.F. 1985. Effect of level of lysine fed during the nursery period on performance of growing-finishing swine. Swine Research Report. University of Kentucky. USA. 53 p.
- STANSBURY, W.F.; TRIBBLE, L.F.; ORR, D.E. Jr. 1990. Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pigs. J. Anim. Sci. 68:1318-1322.
- STONER, G.R.; NELSSON, J.L.; HINES, R.H. 1988. Replacing dried skim milk with select menhaden fish meal in a high nutrient density diet. Swine Day (EE.UU) no. 556:57-59.

ZAMORA, R.G.; ACDA, S.P.; PENALBA, F.F.; GARCIA, B.R.
1987. Growth promoting effects of copper and
olaquinox in swine starter diets. Philippine Journal
of Veterinary and Animal Sciences. Philippines.
13(1):19-22.

IX. ANEXOS

Anexo 1. INGREDIENTES Y COMPOSICION NUTRICIONAL
DE LAS DIETAS UTILIZADAS (EXPERIMENTO 1).

TRATAM.	1	2	3	4	5	6	
GRAD.SUS.	0	20	40	60	80	0	
INGRED.							
Maíz grano	59.26	61.65	64.04	66.43	68.82	59.03	
Melaza caña	3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Aceite Pal.	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
H. soya	26.39	21.0	15.61	10.22	4.83	23.62	
H. pescado	---	3.0	6.0	9.0	12.0	---	
H.carne y H.	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	
Leche seca	---	---	---	---	---	3.0	
Sal común	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Vit. cerdos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Mecadox	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
Costo L/gg.	64.07	64.04	64.02	63.99	63.96	73.45	
ANALISIS NUTRICIONAL							NRC
Proteína%	20.70	20.3	19.9	19.5	19.2	20.4	18
ED kcal/kg	3458	3445	3431	3417	3404	3461	
EM kcal/kg	3285	3267	3250	3232	3215	3290	3250
FC %	2.52	2.36	2.20	2.04	1.89	2.41	
Grasa %	6.01	6.33	6.66	6.98	7.31	6.00	
Calcio%	0.72	0.82	0.92	1.01	1.11	0.75	0.7
Fósforo dis.	0.42	0.48	0.55	0.61	0.68	0.44	0.32
Lisina	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	0.95
Met.+Cis.	0.68	0.69	0.70	0.72	0.73	0.68	0.48
Triptófano	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.23	0.14
Treonina	0.77	0.76	0.77	0.77	0.76	0.76	0.56

Anexo 2. INGREDIENTES Y COMPOSICION NUTRICIONAL
DE LAS DIETAS UTILIZADAS (EXPERIMENTO 2).

TRATAM.	1	2	3	4	5	

INGRED.						

Maiz grano	66.43	70.71	74.99	66.38	66.33	
Melaza caña	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Aceite Pal.	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
H. soya	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	
H. pescado	9.0	4.5	---	9.0	9.0	
H. carne y H.	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	
Sal común	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Vit. cerdos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Mecadox	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
Lisina Sint.	---	0.22	0.44	---	---	
Sulfato Cobre	---	---	---	0.05	0.10	

Costo L/qq.	70.51	67.15	63.78	70.82	71.12	

ANALISIS NUTRICIONAL					NRC	

Proteína%	19.51	17.18	14.94	19.5	19.5	18
ED kcal/kg	3409	3424	3439	3407	3406	
EM kcal/kg	3233	3249	3263	3231	3229	3250
FC %	2.89	2.90	2.91	2.89	2.89	
Grasa %	3.78	3.67	3.55	3.78	3.78	
Calcio%	1.45	1.10	0.76	1.45	1.5	0.7
Fósforo dis.	0.75	0.58	0.59	0.75	0.75	0.32
Lisina	1.13	1.12	1.12	1.13	1.13	0.95
Met.+Cis.	0.69	0.59	0.50	0.69	0.69	0.48
Triptófano	0.21	0.18	0.15	0.21	0.21	0.14
Treonina	0.75	0.65	0.55	0.75	0.75	0.56

T1 = DIETA CONTROL

T2 = DIETA CON 50% HAR. PESCADO

T3 = DIETA CON 0% HAR. PESCADO

T4 = DIETA CONTROL + 125 ppm de Cu

T5 = DIETA CONTROL + 250 ppm de Cu

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 1.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Repeticiones	17	0.63	0.037	2.69	0.0017**
Tratamientos	5	0.77	0.154	11.18	0.0000**
Error	76	1.05	0.014		
Total	98	2.44			

C.V. 29.04%

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 1.
Tratamiento control y harina de pescado.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Repeticiones	17	0.47	0.028	2.14	0.0160**
Tratamientos	4	0.38	0.095	7.39	0.0001**
Efecto lineal	1	0.102		7.964	0.006**
Efecto cuadrático	1	0.269		20.953	0.001**
Efecto cúbico	1	0.001		0.083	
Efecto cuártico	1	0.007		0.564	
Error	60	0.77	0.013		
Total	81	1.62			

C.V. 26.33%

Anexo 5. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 1.

Tratamiento	Media	
9% Harina Pescado	= 0.503	A
6% Harina Pescado	= 0.482	AB
3% Harina Pescado	= 0.443	AB
12% Harina Pescado	= 0.408	B
0% Harina Pescado	= 0.315	C
0% Harina Pescado	= 0.272	C (3% leche)

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable consumo de alimento (kg). Experimento 1.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Repeticiones	2	0.08	0.042	4.12	0.0495**
Tratamientos	5	0.23	0.045	4.47	0.0213**
Error	10	0.10	0.010		
Total	17	0.41			

C.V. 14.1%

Anexo 7. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable Consumo de Alimento (kg). Experimento 1.

Tratamiento	Media
9% Harina Pescado = 0.825	A
6% Harina Pescado = 0.815	A
3% Harina Pescado = 0.799	AB
12% Harina Pescado = 0.707	ABC
0% Harina Pescado = 0.611	BC
0% Harina Pescado = 0.527	C (3% leche)

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable eficiencia de conversión alimenticia (kg/kg). Experimento 1.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Repeticiones	2	0.09	0.043	0.54	0.5996ns
Tratamientos	5	0.43	0.086	1.07	0.4310ns
Error	10	0.80	0.080		
Total	17	1.32			

C.V. 15.69%

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 2.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Repeticiones	23	0.247	0.010	1.04	0.4257ns
Tratamientos	4	1.48	0.371	37.32	0.0001**
Error	85	0.85	0.010		
Total	112	2.57			

C.V. 25.47%

Anexo 10. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable ganancia diaria de peso (kg). Experimento 2.

	Media	
T4	= 0.503	A
T5	= 0.491	A
T1	= 0.448	A
T2	= 0.276	B
T3	= 0.240	B

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable consumo de alimento (kg). Experimento 2.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Repeticiones	2	0.11	0.053	8.96	0.0091**
Tratamientos	4	0.35	0.087	14.70	0.0009**
Error	8	0.05	0.006		
Total	14	0.50			

C.V. 10.24%

Anexo 12. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable consumo de alimento (kg). Experimento 2.

	Media	
T4	= 0.937	A
T5	= 0.883	AB
T1	= 0.779	B
T2	= 0.601	C
T3	= 0.550	C

Anexo 13. Análisis de varianza para la variable eficiencia de conversión alimenticia (kg/kg). Experimento 2.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Repeticiones	2	0.09	0.047	2.43	0.1494ns
Tratamientos	4	0.83	0.208	10.85	0.0026**
Error	8	0.15	0.019		
Total	14	1.08			

C.V. 7.0%

Anexo 14. Separación de medias (Prueba Duncan) para la variable eficiencia de conversión (kg/kg). Experimento 2.

	Media	
T3	= 2.340	A
T2	= 2.177	A
T4	= 1.843	B
T1	= 1.793	B
T5	= 1.743	B