



T.1363

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA  
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

AGREGADO DE DIFERENTES DOSIS  
DE SULFATO DE COBRE EN RACIONES  
PARA CERDOS EN LA ETAPA DE RECRIA

FACULTAD DE AGRONOMIA



por

DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACION Y  
BIBLIOTECA

*Adolfo Alejandro BERRO SOTO*

*Daniel GOMEZ BONO*

*Francisco José RODRIGUES PRIETO*

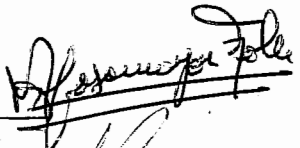
TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título  
de Ingeniero Agrónomo (Orientación  
Granjera).

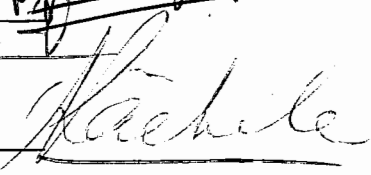
Montevideo

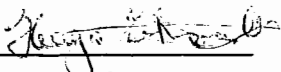
URUGUAY

1981

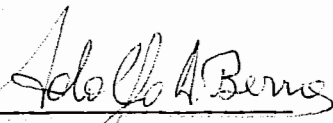
TESIS APROBADA POR:


Director: ALEJANDRO CASAPAYOU FOLLE   
(Nombre completo y firma)

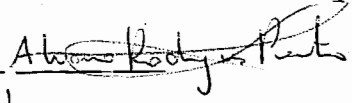
THOMAS H. NACHECE   
(Nombre completo y firma)

HUGO PEIRACELLI   
(Nombre completo y firma)

Fecha: \_\_\_\_\_

Autor: Adolfo A. Berro Soto   
(Nombre completo y firma)

Daniel Gómez Bono   
(Nombre completo y firma)

Francisco J. Rodríguez Prieto   
(Nombre completo y firma)

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las siguientes personas por su colaboración en la realización del presente trabajo:

- . Ing. Agr. Alejandro Casamayou Folle, Profesor Asistente de Suinotecnia de la Facultad de Agronomía.
- . Ing. Agr. Roberto Bauzá Devessi, Profesor Asistente de Suinotecnia de la Facultad de Agronomía.
- . Ing. Agr. Hugo Petrocelli, Profesor Asistente de Suinotecnia de la misma Casa de Estudios.
- . Ing. Agr. Thomas Kitchelle, Profesor Titular de Nutrición Animal.
- . Sr. Wilfredo Ibáñez, Profesor Asistente de Estadística.
- . Ing. Agr. Mónica Beltrami, M.Sc. Profesora Asistente de Estadística.
- . Ing. Agr. Pascual Campiglia.
- . Personal del Departamento de Documentación y Biblioteca de la Facultad de Agronomía.
- . Personal de campo de la Estación Experimental "Dr. Alejandro Backhaus", de la Facultad de Agronomía.
- . Y a quienes de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo experimental.







Cuadro No.Página

12	CONSUMO DIARIO. Promedio individual (25/60 kg)	50
13	CONSUMO DIARIO. Análisis de Varianza (25/60 kg)	51
14	CONSUMO DIARIO. Promedio Individual (25/40 kg)	52
15	CONSUMO DIARIO. Análisis de Varianza (25/40 kg)	53
16	CONSUMO DIARIO. Promedio individual (40/60 kg)	54
17	CONSUMO DIARIO. Análisis de varianza (40/60 kg)	55
18	GANANCIA DIARIA. Promedio individual (25/60 kg)	56
19	GANANCIA DIARIA. Análisis de Varianza (25/60 kg)	57
20	GANANCIA DIARIA. Promedio individual (25/40 kg)	58
21	GANANCIA DIARIA. Análisis de varianza (25/40 kg)	59
22	GANANCIA DIARIA. Promedio individual (40/60 kg)	60
23	GANANCIA DIARIA. Análisis de varianza (40/60 kg)	61
24	EFICIENCIA DE CONVERSION. Prom.individual (25/60 kg)	62
25	EFIC.DE CONVERSION. Análisis de varianza (25/60 kg)	63
26	EFIC.DE CONVERSION. Promedio individual (25/40 kg)	64
27	EFIC.DE CONVERSION. Análisis de varianza (25/40 kg)	65
28	EFIC.DE CONVERSION. Promedio individual (40/60 kg)	66
29	EFIC.DE CONVERSION. Análisis de varianza (40/60 kg)	67
30	DIAS ENTRE 25/60 kg. Promedio individual	68
31	DIAS ENTRE 25/60 kg. Análisis de varianza	69
32	DIAS ENTRE 25/40 kg. Promedio individual	70
33	DIAS ENTRE 25/40 kg. Análisis de varianza	71
34	DIAS ENTRE 40/60 kg. Promedio individual	72
35	DIAS ENTRE 40/60 kg. Análisis de varianza.	73

Gráfica No.

Página

1	Representación gráfica del Consumo Diario frente al aumento de la dosis .. .. .	35
2	Representación gráfica de la Ganancia Dia- ria frente al aumento de la dosis . . . . .	35
3	Representación gráfica de la eficiencia de conversión frente al aumento de la dosis .. ..	36
4	Representación gráfica de los días al peso final frente al aumento de la dosis .. .. .	36



## 1. INTRODUCCION

Teniendo en cuenta que los costos de alimentación en la producción porcina son del 70 al 80% de los costos totales, y en vista de la necesidad de reducir los mismos mediante una mejora de la eficiencia económica de las raciones utilizadas en el período de recría, se consideró de interés realizar un trabajo sobre el efecto del agregado de promotores de crecimiento, como medio de alcanzar dicho objetivo.

Basándose en varios trabajos realizados en otros países que indican que utilizando promotores de crecimiento en raciones para cerdos en recría, se obtuvo una sensible mejora en la velocidad de crecimiento, eficiencia de conversión y consumo, se eligió el sulfato de cobre como promotor para ser utilizado en dicha experiencia debido a su bajo costo, facilidad de manejo y conservación.

Se encontró que ante el agregado de sulfato de cobre a la ración, se observaba una mejora en la ganancia diaria y en la eficiencia de conversión de la misma y que esta mejora dependía de la cantidad y de la fuente utilizada (Braude, 1975).

Dado que existe una detención del crecimiento post-destete debido al nivel de infecciones subclínicas en la mayoría de los criaderos y que el costo de sulfato de cobre es sensiblemente menor al de los antibióticos, se busca determinar si ésta puede ser una solución.

A pesar de las ventajas y beneficios que presenta el agregado de sulfato de cobre a la ración, esta medida de manejo ha sido poco difundida a nivel nacional.

El objetivo del presente trabajo es realizar las primeras aproximaciones referentes a la utilización o no del agregado de promotores de crecimiento a las raciones, más específicamente en el caso del sulfato de cobre, y de existir, determinar la dosis más adecuada a suministrar.

## 2. REVISION BILIOGRAFICA

### 2.1 ANTECEDENTES

Las primeras experiencias en la utilización del agregado de sulfato de cobre a raciones para cerdos datan de 1928, citadas por Howbaker (1961), y que fueran llevadas a cabo por Evvard et al. quienes reportaron una exitosa respuesta.

El mismo autor mencionó otro trabajo de Carpenter (1947), quien observó que cerdos en crecimiento alimentados con 45 ppm de cobre suplementario, engordaron más rápido que aquellos que recibían la ración control.

Braude (1948), demostró que cerdos alimentados con una ración normal tenían necesidad de cobre metálico. El mismo autor en el año 1972, reconoció que el sulfato de cobre como un efectivo y barato aditivo para dietas de cerdos en crecimiento, se originó en trabajos hechos en el N.I.R.D. (National Institute for Research in Dairying) hace 30 años.

Es a partir de los trabajos de Braude que se sistematizaron las experiencias de utilización de sulfato de cobre como promotor del crecimiento en cerdos, las que se multiplicaron a partir del año 1955 aproximadamente.

Según Braude (1975), hasta 1975 las experiencias llevadas a cabo, demostraron que los cerdos prefieren las dietas con cobre o sulfato de cobre, y desde esa fecha muchos trabajos realizados por diferentes autores muestran que los cerdos alimentados con estos suplementos crecen más rápido, y a menudo utilizan el alimento en forma más eficiente que aquellos a los que no se les dio cobre o sulfato de cobre.

Según Dunne (1967) el efecto favorable sobre el crecimiento de un suplemento de 0,05 a 0,1% de sulfato de cobre (125 a 250 ppm de cobre) fue observado por investigadores británicos y confirmado por una serie

de estudios adicionales. En U.S.A. los resultados no han sido tan constantes y se han obtenido resultados contradictorios.

Los estudios realizados indican que en determinadas condiciones de alimentación, ambiente o manejo se puede esperar una reacción en el crecimiento añadiendo sulfato de cobre a las raciones de los cerdos. Se cree que la reacción es un efecto similar al de los antibióticos y los esfuerzos para asociar tal mejoría del crecimiento con una propiedad antifúngica del sulfato de cobre han sido negativas.

La eficacia parece estar relacionada con la cantidad de cobre soluble que se encuentra en el intestino. Dentro de la forma de suministrar cobre, el sulfato y el carbonato de cobre son más efectivos que el sulfuro de cobre. El margen de seguridad que existe entre los valores que se pudieran considerar como cifras terapéuticas y los valores tóxicos es bastante estrecho. Los síntomas de intoxicación aparecen por lo general con cifras superiores a mil ppm, aunque en ciertas comunicaciones se indica que existen pruebas de intoxicación con cifras tan bajas como 500 ppm y a veces con valores más bajos.

Castell, A.G. y Bowland, J.P. (1968), siguiendo el reporte de Braude, afirman que cerdos bajo ciertas condiciones limitantes exhiben una aparente necesidad por cobre metálico. Los resultados de numerosos experimentos han indicado un efecto de promoción del crecimiento cuando sales de cobre son incluidas en raciones de cerdos en recría y en terminación. En una revisión bibliográfica nombrada por estos autores, los resultados de 83 experimentos fueron analizados y se encontró que la mejora promedio asociada a la suplementación de 250 ppm de cobre fue 8,1% para la ganancia diaria e incrementó la eficiencia de conversión en un 5,4%.

Según Braude, R. y Zena D.Hosking en 1975 se encontró que un gran número de aditivos para cerdos en crecimiento están siendo utilizados en diferentes países. El aditivo más ampliamente usado en Inglaterra es el sulfato de cobre. Todos los aspectos de suplementación de raciones han sido exhaustivamente revisados por Braude (1965), Wallace(1967)

Meyer y Kröger (1963).

El efecto positivo del sulfato de cobre suplementario en la performance de los cerdos ha sido demostrado en dos experimentos hechos por Braude et al. (1962) y Braude y Ryder (1973).

## 2.2 INFLUENCIA DEL COBRE EN LA PERFORMANCE Y DESARROLLO

### 2.2.1 Medición de los efectos del cobre sobre los parámetros del desarrollo

Barber et al. (1955), reportaron que una adición a las raciones de cerdos en engorde de una mezcla mineral que suministre 250 ppm de cobre, mejora significativamente el nivel de crecimiento.

La diferencia en el promedio de los pesos vivos de los controles y los tratados en el momento en que el primer cerdo alcanzó el peso final fue de 2,994 kilos, pero dado el número de repeticiones para el análisis, se pudo concluir que la diferencia fue debida a alimentar los cerdos con una mezcla mineral de altos niveles de cobre. Los resultados apuntan claramente a la necesidad de un gran número de repeticiones en pruebas de campo de esta clase, en las cuales sólo la relativamente pequeña respuesta al tratamiento es obtenida.

Cunha (1960), citando a Barber et al. (1955), muestra que la tasa de ganancia se elevó al añadir sulfato de cobre al nivel de 0.1% de la dieta (aproximadamente 250 ppm). Estos resultados son inesperados, puesto que las raciones normales de engorde para los cerdos contienen ordinariamente de 5 a 10 ppm de cobre que son suficientes para el normal crecimiento y desarrollo de los cerdos. Sin embargo también menciona un trabajo hecho por Wallace et al. en 1956, en el cual no se observó ningún efecto beneficioso por la adición de 250 ppm de sulfato de cobre a una ración de maíz y harina de soja. Los cerdos que recibieron esta alta dosis de cobre, dieron un resultado inferior que los anima-

Las control.

Wallace et al. (1960), realizaron un trabajo compuesto de dos experimentos para determinar la eficacia de adicionar altos niveles de cobre a raciones de maíz y harina de soja, las cuales son comunmente ofrecidas a cerdos en crecimiento y en terminación.

La interrelación del cobre y del zinc, ofrecidos en combinación a altos niveles, y la relación del nivel de proteína con la intoxicación con cobre fue también estudiada.

En un primer experimento, dos lotes se dejaron como control y y a otros dos lotes se les suplementó con 250 ppm de cobre. En este caso, los controles engordaron significativamente más rápido que los suplementados con 250 ppm de cobre. Los controles consumen un promedio de casi medio kilo más de alimento por cabeza y por día, y requieren considerablemente menos alimento por kilo de peso ganado.

En el segundo experimento del mencionado trabajo presentado por Wallace, se probaron diferentes dosis de sulfato de cobre, 0, 100, 150 y 200 ppm, en donde se encontró que los cerdos suplementados con 100 ppm de cobre consumieron considerablemente más alimento y engordaron más rápido que ninguno de los otros grupos. Los suplementados con 150 ppm comieron algo más de alimento y ganaron algo más rápido de peso que los controles. En cuanto a los que consumieron 200 ppm tuvieron una performance muy similar a la de los controles.

Ninguna de las diferencias fueron significativas al nivel del 5% de probabilidad, y parece que todos los niveles de cobre estimularon la toma de alimento durante las primeras semanas de prueba.

Bowland et al. (1961) estudiaron la absorción, distribución y excreción de cobre marcado suministrado en diferentes cantidades como sulfato o sulfuro en forma oral o intravenosa a lechones. Estos autores arribaron a la siguiente conclusión: la respuesta obtenida en el crecimiento por la adición de cobre en las raciones de cerdos es mayor con

cobre dado como sulfato que como sulfuro. Se puede deber a un efecto sistémico resultando del cobre absorbido, o a un efecto del cobre soluble, actuando dentro del tracto digestivo o a ambos efectos.

El resultado de estos experimentos no indica en cual de estos lugares la acción tiene lugar.

La respuesta en la velocidad de crecimiento de cerdos alimentados con altos niveles de cobre, parece estar relacionada con la cantidad de cobre soluble en el intestino, pero en este experimento realizado por Bowland no se indica si la reacción fue sistémica, entérica o ambas.

Barber et al. (1961) realizaron un trabajo basado en dos experimentos en los cuales se suplementó con cobre en forma de sulfato y en forma de sulfuro. Se analizó la influencia de estas sustancias sobre la ganancia diaria, eficiencia de conversión, consumo, porcentaje de grasa y longitud de la carcasa.

La suplementación de la ración con sulfato de cobre, resultó en un significativo incremento (12.9%) en la ganancia diaria, (8.8%) en el nivel de consumo, y (1.98%) en el porcentaje de grasa, y un significativo decrecimiento (2.2%) en la longitud de la carcasa. La eficiencia de conversión fue también mejorada en un 4% pero la diferencia no fue significativa.

En cambio, en el segundo experimento, ninguna de las diferencias entre las variables anteriormente mencionadas fue significativa al ni vel del 5%.

En el primer experimento, la respuesta de los cerdos a un suplemen to de sulfato de cobre coincide en todos los aspectos con los resultados obtenidos previamente. Los del segundo experimento fallaron en demostrar la respuesta esperada, pero comparando la performance de los cerdos tratados con sulfato de cobre, se observó que fueron muy simi lares en ambos experimentos. Sin embargo, la performance de los contro

Las del segundo experimento fue marcadamente superior que la de los cerdos control del primer experimento. La razón de esta diferencia en la performance de los controles, en los dos experimentos, es desconocida.

Howbaker et al.(1961), indicaron que el cobre a un nivel de 250 ppm mejoró la performance a través del período de prueba, el cual comenzó cuando los cerdos pesaron alrededor de 18 kilos y finalizó cuando llegaron a los 90 kilos.

Este trabajo estudia el valor del sulfato de cobre en altas dosis y su efectividad como promotor del crecimiento. Los autores estudiaron cuatro niveles de sulfato: 0, 0.05, 0.1 y 0.15% (0, 125, 250 y 375 ppm respectivamente), que fueron adicionados en la ración testigo.

La ganancia diaria y la eficiencia de conversión fue registrada en los 42 días que duró la prueba.

El análisis de regresión reveló una significativa regresión lineal de la eficiencia de conversión con los niveles de sulfato de cobre. La máxima respuesta para ambos (ganancia diaria y eficiencia de conversión) fue obtenida al nivel de 0.1% de sulfato de cobre (250 ppm).

Allen et al. (1961) en su trabajo, afirman que el marcado efecto como promotor fue nuevamente confirmado en sus ensayos. En general, este efecto en la ganancia diaria es asociado con una mejora en la eficiencia de conversión y con un aumento en el consumo.

En este trabajo se observa que niveles de 62.5, 125 y 250 ppm de cobre resultan en un significativo incremento de la ganancia diaria y de la eficiencia de conversión, y que la mayor velocidad de crecimiento ocurrió con el nivel más alto de cobre.

En otra experiencia, dentro del trabajo mencionado, se buscó establecer la influencia del sistema de alimentación en la respuesta de los cerdos a un agregado de cobre suplementario.

Estos autores concluyen que el porcentaje de mejora de la ~~perfor-~~  
manca resultante del agregado de sulfato de cobre, en alimentación  
ad-libitum, tiende a ser mayor que la alimentación restringida a es-  
cala. Se piensa que, con el agregado de cobre, el crecimiento y desa-  
rrollo se encuentran estimulados, lo que lleva a que el cerdo requie-  
ra una mayor cantidad de alimento.

Según los mismos autores, una amplia disponibilidad de alimento  
permite al cerdo desarrollar todo su potencial productivo al máximo,  
como resultado del efecto estimulante del cobre. Los cerdos con ali-  
mentación restringida a escala, no cuentan con el suficiente alimen-  
to como para hacer frente a la estimulación provocada por el cobre.

Lucas et al. (1962) mencionan varios trabajos y entre ellos uno  
realizado por Ulbey et al. (1960) en el 100 ppm de cobre en raciones  
de lechones destetados no tuvo efecto en la ganancia de peso y efi-  
ciencia de conversión. La forma en que fue agregado el cobre en este  
caso no se precisó. Sin embargo, la suplementación con sulfato de co-  
bre mejoró el crecimiento y desarrollo, incluyendo la eficiencia de  
conversión de cerdos tempranamente destetados cuando se agregó a ra-  
ciones conteniendo antibióticos, sugiriendo que el mejor resultado  
podría ser obtenido con raciones conteniendo ambos suplementos. Los  
resultados también mostraron que la ración con elevado nivel de co-  
bre no era tóxica para lechones de diez días de edad, y que la misma  
reducía el stress del destete.

Castell, A.G. y Bowland, J.P. (1968), llevaron a cabo un experi-  
mento para estudiar los efectos del cobre en la velocidad del creci-  
miento, eficiencia de conversión, digestibilidad, retención de nu-  
trientes y características de la carcasa por la adición de 0.1%(250  
ppm) de sulfato de cobre a raciones suministradas ad-libitum o res-  
tringidas a escala desde el destete hasta el peso de faena.

Para todo el período (destete a peso de faena) cuando el cobre fue  
suplementado en los cerdos con restricción de alimento, indicó una res



puesta de 1.9% en la velocidad de crecimiento y 0.5% en la eficiencia de conversión. Para los cerdos alimentados ad-libitum esos valores fueron 2.3% y 1.2%, respectivamente.

En el período de recría, en los cerdos alimentados ad-libitum, la mejora promedio fue de 6.2% para la ganancia diaria y 3.8% para la eficiencia de conversión, el consumo no fue consistentemente influenciado por el cobre suplementario. En los cerdos con alimentación restringida, la mejora fue menor.

Cronwell, Hays y Clark (1978), para evaluar los efectos de la interacción del sulfato de cobre, sulfito de sodio y los efectos del sulfato de cobre en la performance y hematología y contenido de cobre en los tejidos del riñón e hígado, efectuaron tres experimentos con 288 cerdos en recría y terminación.

La adición de sulfato de cobre (125 a 250 ppm) mejoró un 3% la ganancia diaria (725 vs. 704 gramos por día), y mejoró 2.9% la eficiencia de conversión (3,01 vs. 3,10) promediados los tres experimentos. Los niveles de hemoglobina y hematocrito no fueron afectados por el nivel de cobre de la dieta. Al suplementar con cobre aumentó ligeramente la concentración de cobre en el riñón. Sin embargo, el contenido de cobre en el hígado fue aumentando aproximadamente dos, cinco y veinte veces cuando se dio 125, 188 y 250 ppm de cobre respectivamente.

La inclusión de sulfito de sodio suprimió el residuo de cobre en el hígado en cerdos alimentados con alto contenido de cobre en la dieta. No hubo evidencias de que el sulfito a los niveles de 225 a 500 ppm interfiriera con los efectos del cobre en el crecimiento. El sulfito de cobre no mejoró la performance, no hubo un incremento del nivel de cobre en el hígado.

Sin embargo, cuando se evaluó todo el período de recría y terminación, 125 ppm de cobre resultaron más de un 50% mejor que 150 ppm. Nin

gano de estos niveles tuvo efectos sobre la hemoglobina y el hematocrito, lo cual concuerda con el trabajo de Bunch (1973) pero no apoya las conclusiones de Ritchie et al. (1973), quienes informaron que 150 ppm de cobre redujeron la hemoglobina en cerdos. Cuando se suministró de 450 a 500 ppm de cobre no hubo efectos deletéreos de la ración ingerida en la tasa de crecimiento o en la eficiencia de conversión.

En efecto, hubo evidencias de que dicha cantidad de sulfito aumentó los efectos de crecimiento del sulfato de cobre. El sulfito de cobre no mejoró las ganancias de peso como el sulfato de cobre, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Barber et al. (1961) y Bowland et al. (1961). El sulfito de cobre es insoluble y pobremente ionizado, lo cual explica el porqué de su pobre absorción, según se reflejó por los bajos niveles de cobre en los hígados de cerdos alimentados con sulfito de cobre.

Los resultados de este experimento son apoyados en previas investigaciones, Barber et al. (1955), Barber y Bowland (1961), Bellis (1961), Braude et al. (1975), Bunch et al. (1960), Castell et al. (1968), Hawbaker et al. (1961), Ritchie et al. (1963) y Wallace et al. (1960), que indican que 250 ppm de cobre como sulfato es un efectivo promotor del crecimiento en cerdos.

En tanto, 125 ppm de cobre no fueron tan efectivos como 150 ppm, mientras un trabajo de Bellis et al. (1961) sugiere que 125 ppm de cobre quizás es el mayor nivel efectivo durante el período inicial de recría.

Pond et al. (1978) utilizaron 31 cerdos Yorkshire para determinar el efecto de niveles de calcio, cobre y zinc en la ganancia diaria de peso corporal y en la concentración de los minerales en los tejidos. Determinaron que no hay efecto visible del agregado de cobre como promotor del crecimiento.

### 2.2.2 Función del Cobre en el organismo y niveles de toxicidad

El cobre es componente de numerosas cuproenzimas, siendo vital para algunas funciones fisiológicas. Desde el punto de vista de la salud del cerdo, según O'Dell (1975), el cobre está relacionado con el desarrollo y mantenimiento de la integridad cardiovascular y del esqueleto, así como de la estructura del sistema nervioso central y las funciones eritropoyéticas, incluido el metabolismo del hierro.

El rol del cobre es unir las proteínas del tejido conjuntivo, colágeno y elastina. Su deficiencia afecta la función del sistema nervioso central, y es asociada a diversos desórdenes locomotores. La anemia constituye otro bien conocido síntoma de deficiencia de cobre, probablemente como consecuencia de problemas ocasionados en el normal metabolismo del hierro, aunque el mecanismo exacto es aún desconocido.

Carter et al. (1959), comprobaron los efectos del cobre y del calcio en la performance de cerdos en crecimiento, y concluyeron que cuando no se suplementaba con cobre, se observaba una posición inclinada en las patas traseras. Los cerdos raramente se volvieron débiles en sus aplomos. Algunos animales fueron observados en posición de sentados o inclinados y sólo caminaban cuando se los forzaba a ello. Aparecieron deformaciones en las patas de los animales que no recibieron suplemento de cobre.

Una limitada cantidad de citocromo oxidasa en el hígado indicó una disminución de la actividad en cerdos alimentados sin suplemento de cobre.

Bellis, D.B. (1960), arribó a la conclusión de que el cobre interviene en la formación de la hemoglobina y está también comprometido con cierto sistema de enzimas, pero los requerimientos para estos propósitos son sólo de 10 ppm en la dieta.

Gipp et al. (1973), afirman en un trabajo que el efecto beneficio

del cobre en la ganancia diaria y en la eficiencia de conversión en cerdos en crecimiento ha sido reportado repetidamente, pero en el trabajo realizado por ellos no se encontró una consistente y positiva respuesta en el crecimiento con 250 ppm de cobre suplementario, y hubo evidencia de un efecto adverso de los altos niveles de cobre, ya que se presentaron cuadros de anemia microcítica e hipocrómica.

Howbaker et al. (1961) citan a Barber et al. (1957), quienes presentaron un extenso estudio que muestra el efecto de una alta suplementación con cobre en cerdos en recría y terminación. Su trabajo no mostraba un efecto deletéreo permanente si se alimentaban con cinco a diez veces más cobre que el nivel efectivo (250 ppm) por cortos períodos de tiempo (36 y 19 días respectivamente). Indica también que si la dieta contiene cobre en exceso como sulfato, los cerdos lo com pensarán reduciendo la toma de alimentos.

Lillie, R.J. et al. (1977), comprobaron que la ganancia diaria y la eficiencia de conversión, fueron significativamente deprimidas en aquellos animales que recibieron dosis de 250 y 500 ppm logrando una rápida recuperación una vez que se les retiró el cobre.

Resultados contrarios a los anteriores se encontraron en pruebas de ocho semanas de duración que fueron evaluadas por Meyer et al. (1976) suplementando con cantidades de cobre entre 250 y 500 ppm.

Dicha suplementación se realizó a base de óxido cuproso, acetato de cobre, carbonato básico de cobre y cloruro de cobre. Se dispuso de un grupo testigo al que no se le suministró cobre.

Al cabo de ocho semanas, los investigadores mencionados estimaron los niveles de cobre en la sangre, músculos y diversos órganos, no ha biendo encontrado toxicidad, depresión del crecimiento, afección hepática, ni ningún disturbio atribuible al cobre extra de la dieta pro porcionada.

De todas formas, el cobre depositado en el hígado se incrementó



en todos los grupos, con excepción del testigo y aquel en que el suministro se realizó bajo la forma de óxido de cobre.

Concluyeron que corresponde aguardar idénticos resultados cuando el cobre se suministra bajo las formas de carbonato, acetato o cloruro, que cuando se le emplea como sulfato.

### 2.3 TRABAJOS PARA LA DETERMINACION DE DOSIS RECOMENDABLES

Hawbaker et al. (1959) llevaron a cabo experimentos para estudiar los efectos del sulfato de cobre y antibióticos en tasas de ganancia diaria y eficiencia de conversión.

Se testaron cuatro niveles de sulfato de cobre

Nivel (%)	0	0.05	0.1	0.15
ppm	0	500	1.000	1.500
Ganancia diaria kgs	0.599	0.612	0.653	0.626
Efic.de conversión kg/kg	2.79	2.75	2.66	2.68

Se ve un aumento en la ganancia diaria y una mejora en la eficiencia de conversión en la medida que aumentan las dosis hasta 0.1% en que comienzan a descender, por lo cual el límite estaría entre 0.1 y 0.15%. No aparecieron diferencias significativas.

En otro experimento llevado a cabo por Bunch et al. (1960), con el fin de estudiar los efectos del óxido de cobre y del sulfato de cobre en la ganancia diaria de peso, en la eficiencia de conversión de alimentos, hemoglobina y el contenido de cobre en el hígado durante el período de alimentación en la edad de dos a ocho semanas.

Según el cuadro:

Niveles ppm	Cu O				SO <sub>4</sub> Cu
	0	125	250	325	250
E./PESO (1)	13.74	15.51	15.06	15.60	15.65
EF./CONV.(2)	1.92	1.78	1.84	1.78	1.76

(1) Ganancia en kilos durante la sexta semana experimental.

(2) Kilos de alimento por kilo de ganancia en peso.

Se aprecian las tendencias marcadas ya anteriormente en precedentes trabajos, se puso en evidencia un aumento en la ganancia diaria y en la eficiencia de conversión al aumentar la dosis, y parecería, además, que el sulfato de cobre como promotor del crecimiento determinaría valores superiores en los parámetros medios.

Bellis (1960), llevó a cabo un ensayo buscando la dosis más conveniente suplementando con 125 y 250 ppm de cobre como sulfato de cobre, y llegó a la conclusión de que la performance con 125 ppm de cobre fue igual que con 200 ppm de cobre durante el período de recría, pero en el período de terminación 250 ppm dieron mayor eficiencia de conversión y tasa de ganancia diaria.

Lillie et al. (1978), sugieren que si el cobre es suministrado a cerdos en recría, se logra una mejora de la ganancia diaria y de la eficiencia de conversión siempre que la dosis proporcionada no exceda de las 125 ppm. Se establece, además, que el tratamiento debe restringirse a animales por debajo de los 50 kilos, de peso vivo.

Barber (1961), al analizar los resultados de una experiencia realizada, en la cual suplementó con cobre bajo las formas de sulfato y de sulfuro, observó que cuando 250 ppm de cobre son suplementados en la forma de sulfuro, alguna mejora en el crecimiento puede ser espe-

raía.pero apreciablemente menor que aquella que normalmente se obtiene dando la misma cantidad de cobre en la forma de sulfato.

Parece ser que los resultados de suplementar con 250 ppm de cobre como sulfuro, es bastante similar en algunos aspectos a aquellos de suplementar con 62.5 ppm de cobre como sulfato.

Posteriormente, Wallace et al. (1962), estudiaron la suplementación con cobre en diferentes períodos de la vida de los cerdos. Los lechones destetados a las dos semanas de edad y alimentados con la dieta experimental hasta las seis semanas, respondieron a 250 ppm de cobre como sulfato de cobre. Esta respuesta fue mayor que aquella obtenida a 60 gramos por tonelada de aureomicina suplementaria.

En los experimentos con cerdos en terminación se les dio 250 ppm de cobre como sulfato de cobre, estos aumentaron consecuentemente su desarrollo durante el período comprendido entre 0 y 6ta.semana en el grupo tratado con cobre; durante la fase temprana de la terminación, la ventaja del grupo tratado con cobre desaparecía considerablemente con la reducción de cobre a 75 ppm o con suplementación discontinua; después de las seis semanas no tuvo influencia importante en el desarrollo.

Los cerdos en terminación no respondieron al agregado de 150 ppm de cobre como sulfato de cobre durante ninguna de las fases del experimento de alimentación.

Cuando 250 ppm de cobre como óxido de cobre fue ofrecida, las ganancias fueron menores que las obtenidas con sulfato de cobre.

Bunch et al. (1962), realizaron tres ensayos de alimentación involucrando 96 lechones, con el objeto de estudiar los efectos en el agregado de cobre (0, 250 y 500 ppm) como carbonato, en la ganancia diaria y eficiencia de conversión, niveles de hemoglobina y ceroplasma tina.

Los resultados fueron los siguientes:

NIVELES ppm	0	250	500
G.PESO (kg)	11.11	8.94	7.12
EF.CONV.	2.12	2.01	2.03
Hemoglobina (gr/100 gr)	10	8.7	6.5

En el segundo ensayo los lechones alimentados con 250 ppm de cobre obtuvieron la mayor ganancia y requirieron el mínimo de alimentación por kilo de ganancia.

Los resultados fueron los siguientes:

NIVELES ppm	0	250	500
G.PESO (kg)	13.65	14.61	9.75
EF.CONV.	1.88	1.84	2.12
Hemoglobina (gr/100 gr)	10.7	11.3	7.0
Hematocrito (%)	36	35	24
Ceroplastina (Mg/100 gr.)	13.3	13.3	10.9
Cobre en tejido hepático ppm	38	89	99.6

Los niveles de hemoglobina y hematocrito fueron significativamente bajos al nivel de 500 ppm de cobre.



Los cerdos alimentados con 500 ppm de cobre han tenido significativamente más altos niveles hepáticos de cobre.

Lillie et al. (1977), tomaron cerdos al destete, y a un grupo le suministraron cobre extra en tanto que a otros le proporcionaron dosis de 125, 250 y 500 ppm, con y sin 55 mg/kilo de Tylosin.

El régimen descrito se mantuvo hasta que los animales llegaron a los 50 kilos, y luego fueron sometidos a una dieta standard hasta terminación.

Los resultados sugieren que si el cobre es suministrado a cerdos en recría, se logra una mejora en la ganancia diaria y de la eficiencia de conversión, siempre que la dosis proporcionada no exceda de los 125 mg por kilo. Se establece, además, que el tratamiento debe restringirse a animales por debajo de los 50 kilos de peso vivo.

Braude (1973) afirmó que el uso del sulfato de cobre como suplemento para promover el crecimiento es ahora aceptado. El nivel de suplementación es, en cambio, materia de controversias, siendo 250 ppm el nivel recomendado.

Hasta hace poco había escasa evidencia sobre los efectos de niveles entre 125 y 250 ppm.

En base a esto, Braude (1973), realizó una experiencia cuya meta fue estudiar el efecto de suministrar sulfato de cobre a cerdos en crecimiento en niveles de 0, 150, 200 y 250 ppm. Con respecto a los resultados de esta experiencia concluye: la velocidad de crecimiento y la eficiencia de conversión fueron significativamente mejoradas cuando se usaron raciones con cobre.

En este experimento los parámetros fueron medidos en tres períodos:

Desde el destete hasta los 54 kilos;

De 54,4 kilos a la faena;

desde destete a faena.

Efectos lineales significativos fueron obtenidos para la velocidad de crecimiento y la eficiencia de conversión en los períodos hasta 54,4 kilos y hasta la faena.

Los mayores efectos ocurrieron en el período hasta 54,4 kilos de peso vivo y las diferencias de respuesta a 150 o 200 ppm y a 200 o 250 ppm no fueron significativas.

El incremento en crecimiento debido a la suplementación con sulfato de cobre encontrado en porcentaje fue: 3.2, 4.4 y 6.1 con 150, 200 y 250 ppm, respectivamente.

La correspondiente mejora en ganancia fue: 3.4, 3.8 y 5.3%, respectivamente. Los valores obtenidos para la ración que contenía 250ppm fueron en todos los casos muy superiores.

Los resultados de ese ensayo indican que el mayor desarrollo y el mayor incremento en desarrollo se obtuvo con 250 ppm de cobre, a pesar de que con los tres niveles de cobre testados se obtuvieron mejoras significativas.

## 2.4 RELACIONES Y COMPARACION DEL COBRE CON OTROS QUIMIO- TERAPEUTICOS

Barber et al. (1955), utilizando 30 cerdos Large White alimentados individualmente, compararon los efectos de una mezcla mineral de altos niveles de cobre, aureomicina y sulfato de cobre, en la velocidad de crecimiento, nivel de consumo y eficiencia de conversión.

La mezcla mineral con altos niveles de cobre y aureomicina, solos o juntos y el sulfato de cobre, fueron igualmente efectivos en incrementar significativamente la velocidad de crecimiento. El consumo de alimento con sulfato de cobre no fue significativamente incrementado.

El aumento de la ganancia fue debido a una significativa mejora en la eficiencia de conversión del alimento consumido. No hubo efecto significativo en la eficiencia de conversión.

Hawbaker et al. (1959), llevaron a cabo experimentos para estudiar el efecto del sulfato de cobre y antibióticos en tasa de ganancia diaria, eficiencia de conversión y flora intestinal.

En el primer experimento el sulfato de cobre (0.1%) se combinó con cuatro antibióticos: Nyxtatin, Phytoactin, Phytostreptin y Rimocidin.

La adición de uno de estos antibióticos mejoró la performance de los cerdos a pesar de que se suplementó sólo con sulfato de cobre.

El otro experimento comparó sulfato de cobre (0.1%) y dos antibióticos: Oleandomicina (10 mg/kilo) y Oxytetraciclina (50 mg/kilo) en un análisis factorial incompleto.

El sulfato de cobre mejoró la ganancia también como cualquiera de los antibióticos. La combinación del sulfato de cobre con cualquiera de los antibióticos resultó en un efecto aditivo en la tasa de ganancia.

Los efectos de estos experimentos fueron reflejados en cambios significativos de los patrones de flora intestinal.

Barber et al. (1957), realizaron un experimento para determinar los efectos del cobre y de la suplementación con antibióticos en la ganancia diaria, eficiencia de conversión y nivel de consumo.

El incremento en la ganancia diaria causado por el agregado de clorotetraciclina, oxytetraciclina y sulfato de cobre fue parcialmente causado por un incremento en el consumo y con clorotetraciclina y sulfato de cobre hubo también una mejora en la eficiencia de conversión, la cual resulta en una reducción del consumo total del alimento desde el destete hasta el peso final.

Barber et al. (1978), tomaron tres grupos de cerdos a los que proporcionaron 250 ppm de cobre, 10 mg/kilo de Virginiamicina y ambos tratamientos respectivamente.

Constataron que en el grupo al que le fue suministrado cobre y Virginiamicina en las cantidades especificadas, los animales presentaron un mayor crecimiento diario. Comprobaron además el efecto de reducción del espesor de grasa, y por lo tanto la modificación de la composición de la carcasa es atribuible solamente a la adición de cobre, no así a la de la Virginiamicina.

Braude (1962) concluyó que por algún tiempo la atención fue puesta en la posibilidad de un efecto sinérgico, el cual puede resultar de suplementar sulfato de cobre en conjunto con otros aditivos.

Bellis (1960) llevó a cabo un ensayo para estudiar los efectos de suplementar con 1250 y 250 ppm de cobre (como sulfato de cobre) y aureomicina.

Los resultados fueron que la salud de los cerdos durante el período de crecimiento fue generalmente buena, pero cuando se suplementó con cobre se observó un nivel de salud superior. Cada análisis sugirió que ambos - cobre y aureomicina - ocasionaron efectos beneficiosos, aunque no todos fueron significativos.

Los cerdos alimentados con cobre crecieron más rápido que los testigos, pero la eficiencia de conversión no fue significativamente mejor.

La mejora de la tasa de crecimiento (cerca del 7%) fue similar a la de la aureomicina. Los resultados del crecimiento y la ausencia de un efecto aditivo cuando se alimentó con aureomicina, 250 ppm de cobre, indican que la forma de acción del cobre y aureomicina fueron similares bajo las condiciones del ensayo. Es probable que en las condiciones de la granja a menudo no haya beneficios adicionales, si se agrega 250 ppm de cobre a las raciones que contienen antibiótico y vi

reversa.

Ritchie et al. (1962), estudiaron la suplementación de raciones normales en calcio para cerdos con clorotetraciclina, zinc, óxido de cobre y sulfato de cobre. Se hicieron dos ensayos con 90 lechones fastetados para investigar los efectos de suplementar calcio (0.65%) a una ración con cobre, zinc y clorotetraciclina.

En el primer ensayo 125 ppm de cobre como sulfato y 20 gramos de clorotetraciclina por tonelada de ración, fueron adicionados a una dieta que supliera un nivel adecuado de zinc (175 ppm). El promedio diario de ganancia para un período de 98 días fue:

1. Testigo: 0.684;
2. Clorotetraciclina: 0.744;
3. Sulfato de cobre: 0.726;
4. Clorotetraciclina + Sulfato de cobre: 0.757

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a los hematocritos o hemoglobina.

En el segundo ensayo, 250 ppm de cobre como sulfato de cobre u óxido de cobre fueron adicionados con o sin 100 ppm de zinc, con óxido de zinc para una ración testigo que supliera un relativo bajo nivel de zinc.

El promedio diario de ganancia en 90 días que duró la prueba, fue el siguiente:

1. Testigo: 0.735;
2. Sulfato de cobre: 0.703
3. Oxido de cobre: 0.730;
4. Oxido de zinc: 0.739;
5. Sulfato de cobre + óxido de zinc: 0.708;
6. Oxido de cobre + óxido de zinc: 0.1757.

Las diferencias en hematocrito y hemoglobina no fueron significativas, no hubo gran evidencia de paraqueratosis o toxicidad por cobre en

ninguno de los dos ensayos.

Omole et al. (1976) suministraron alimento ad-libitum a cerdos Large White desde los 10 a los 90 kilos complementando la dieta con 17.4, 125 y 200 ppm de cobre. Cada uno de estos grupos y el testigo recibieron además, ración sin zinc o con 100 ppm de zinc. Los resultados de esta experiencia se aprecian en los cuadros siguientes:

GANANCIA DIARIA

		Cobre		
		17.4	125	200 ppm
Zinc				
0		540	590	620 gr
100 ppm		-	660	680 gr

EFICIENCIA DE CONVERSION

		Cobre		
		17.4	125	200 ppm
Zinc				
0		3.45	3.27	2.18
100 ppm		-	3.00	3.03

Los investigadores no encontraron diferencias significativas entre machos y hembras.

Prakash y Sharda (1978) alimentaron cerdos Middle White desde los 14 hasta los 54 kilos de peso vivo, en condiciones tropicales, con una dieta conteniendo 6 mg/kilo (testigo) de cobre, y otras conteniendo 125 y 250 ppm de cobre, aureomicina 10 y 40 gramos por tonelada y combinaciones de ambos productos.

Concluyeron que el cobre extra suministrado ocasionaba su acumulación en el hígado, lo que también ocurría a nivel del plasma cuando se

adicionaban dosis de 250 ppm, así como también se incrementaba el peso del hígado y riñón, siendo este último prevenido por el suministro de aureomicina.

### 3. MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en la Estación de Pruebas de la Estación Experimental "Dr. Alejandro Backhaus" de la Facultad de Agronomía, en el período comprendido entre el 17 de abril y el 4 de agosto de 1980.

#### 3.1 ANIMALES

Se contó para la realización de esta prueba con cuarenta cerdos cruza (Large White por Duroc Jersey), 20 machos castrados y 20 hembras, los cuales ingresaron a la Estación de Pruebas donde fueron sometidos a un período de acostumbramiento, con una ración común hasta llegar al peso de entrada a la prueba. Se estableció, de acuerdo al reglamento de la Estación de Pruebas de Reproductores Porcinos, que los animales comenzarían la prueba cuando alcanzaran el peso de 25+2 kilos.

Todos los lechones fueron vacunados contra peste porcina y desparasitados. Asimismo, fueron bañados por inmersión contra parásitos externos (sarna y piojo).

Una vez en el local, se ubicaron los animales por sorteo en bretes individuales de 2,20 por 0,80 m cada uno, con comedero, bebedero y piso de cemento.

#### 3.2 ALIMENTACION

La alimentación de los animales durante el transcurso de toda la prueba fue ad-líbitum, llevándose control de las cantidades ofrecidas y rechazadas.

El sistema de trabajo fue el que se detalla a continuación: sema-



almente se pesaba una cantidad adecuada de ración (de acuerdo al consumo de la semana anterior) más un 10% para cada cerdo. Esta ración se colocaba en bolsas individuales, numeradas con el número de brete en el que se encontraba el animal; de esta bolsa se le ofrecía diariamente a cada animal una cantidad superior a sus requerimientos.

Transcurrida la semana, se pesaba el sobrante que había en la bolsa y el rechazo restante en el comedero.

Por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado en la bolsa y en el comedero se determinaba el consumo semanal.

### 3.3 PESO VIVO

Los animales se pesaban en forma semanal (los días domingo) dejando cerrado el acceso al comedero la noche anterior para que de esta forma, al realizar la pesada, los animales tuvieran el tracto digestivo vacío y el resultado fuera más real.

### 3.4 RACIONES UTILIZADAS

Las raciones fueron formuladas de acuerdo a las recomendaciones de las tables del N.R.C. (Comisión de Nutrición Animal del Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos).

Se formularon dos raciones: la primera se utilizó durante el período de Recría I (25 a 40 kilos de peso vivo) (Cuadro 1), y la segunda se utilizó en la que correspondía al período de Recría II (40 a 60 kilos de peso vivo) (Cuadro 2). Al formular estas raciones se buscó que estas aportaran proteína de buena calidad de diferentes orígenes, para un adecuado balance de aminoácidos esenciales.

Se buscó, además, que las raciones a utilizar fueran basadas en ingredientes comunes en nuestros mercados, y lo suficientemente sencillas como para que estuvieran al alcance del productor medio.

## 3.5 TRATAMIENTOS

Se agregó a la ración sulfato de cobre, en cuatro diferentes dosis (100, 150, 200 y 250 ppm). Se dejó un lote como testigo. Cada tratamiento incluía ocho cerdos, cuatro machos y cuatro hembras.

## 3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño utilizado fue el de parcelas al azar. Los test de comparación de medias que se utilizaron fueron el de Tukey y el de Duncan.

El nivel de significación empleado en esta investigación fue del 5%; por lo tanto, cuando se dice significativo se entiende que es a ese nivel.

Cuando se utilizan letras diferentes indican diferencias significativas al 5%; cuando se emplean letras iguales indican ausencia de diferencias significativas.

En el caso de los coeficientes de correlación, se utilizan asteriscos; dos de estos significan un nivel de probabilidad del 1%; uno significa diferencias al 5%, y cuando no aparece ninguno, indica que este coeficiente no es significativo.

## 3.7 CRITERIOS PARA LAS OBSERVACIONES Y MEDIDAS

Las observaciones hechas durante esta prueba en relación a los animales, fueron las siguientes:

- . Consumo diario por animal, es la sumatoria del consumo real de ración, dividido el número de días.
- . Ganancia diaria promedio, determinada por la relación entre el peso ganado durante el período de prueba y la duración de éste en días.

- . Eficiencia de conversión, expresa los kilos de ración consumidos por kilo de ganancia de peso.
- . Duración del período de prueba en días, o sea el número de días transcurridos entre las fechas en que los animales alcanzaron los pesos inicial y final.

CUADRO 1. Ración suministrada entre los 25 y los 40 kilos de Peso Vivo (Análisis realizado por la Dirección de Laboratorios y Análisis del Ministerio de Agricultura y Pesca).

FORMULA DE LA RACION	PORCENTAJE %	RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA RACION (*)	PORCENTAJE %
Sorgo	19	Proteína	17,5
Maiz	60.4	E.N.N.	59.55
H.Girasol	9	E.E	3.63
H.Pescado	10	Fibra	2.66
Fosfato Trisódico	1	Ceniza	3.98
Complejo vitamínico mineral	0.1	Calcio	0.74
Sal	0.5	Fósforo	0.71

(\*) Resultado del análisis realizado por la Dirección de Laboratorios y Análisis del Ministerio de Agricultura y Pesca.

FORMULA DEL COMPLEJO VITAMINICO MINERAL, para cerdos hasta 30 kilos:

Vitamina A, 10.000.000 U.I.; Vitamina D 3, 1.500.00 U.I.; Vitamina E, 10.000 U.I.; Vitamina B 2, 4 gramos; Acido Nicotínico, 20 gr; D-Panto tenato de calcio, 10 gr; Vitamina B 12, 10 mg; Colina, 125 gr; Baci--tracina de zinc, 25 gr; Iodo, 1,4 gr; Manganeso, 20 gr.; Hierro, 25 gr; Zinc, 50 gr; Cobre, 50 gr; Cobalto, 0,4 gr; gluten de maíz, csp, 1 kilo (vehículo).

CUADRO 2. Ración suministrada entre los 40 y los 60 kilos de Peso Vivo (Análisis realizado por la Dirección de Laboratorios y Análisis del M.A.P.)

FORMULA DE LA RACION	PORCENTAJE %	RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA RACION (*)	PORCENTAJE %
Sorgo	41.9	Proteína	15.87
Maíz	40	E.N.N.	59.37
H.Girasol	11.6	E.E.	4.64
H.Pescado	5	Fibra	4.44
Fosfato trisódico	0.75	Ceniza	4.18
Complejo vitamínico mineral	0.1	Calcio	0.70
Carbonato calcio	0.15	Fósforo	0.68
Sal	0.5		

(\*) Resultado del análisis realizado por la Dirección de Laboratorios y Análisis del Ministerio de Agricultura y Pesca.

FORMULA DEL COMPLEJO VITAMINICO MINERAL, para cerdos de más de 30 kilos:

Vitamina A, 6.000.000 U.I.; Vitamina D 3, 1.000.000 U.I.; Vitamina E, 6.000 U.I.; Vitamina B 2, 3 gr; Acido Nicotínico, 15 gr; D-Panto tenato de calcio, 8 gr; Vitamina B12, 4.4 mg; Colina, 75 gr; Mag nesio, 20 gr; Manganeso, 16 gr; Hierro, 24 gr; Zinc, 40 gr; Cobre, 2,5 gr; Iodo, 1.4 gr; Cobalto, 0,42 gr; y gluten de maíz, csp, 0,5 kilo (vehículo).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Una vez finalizado el período de prueba, se analizaron los datos obtenidos para los siguientes parámetros:

- a. Consumo diario;
- b. Ganancia diaria;
- c. Eficiencia de conversión;
- d. Días al peso final.

El análisis de los datos se hizo de la siguiente manera:

En primer término, se estudió la performance de los cerdos durante todo el período de prueba (de los 25 a los 60 kilos de peso vivo), luego se dividió a este período en las fases I y II (25 a 40 kilos de peso vivo, y 40 a 60 kilos de peso vivo) obedeciendo esa división a que al peso de 40 kilos se cambió la concentración de nutrientes en la ración.

##### 4.1 RESULTADOS

Haciendo el análisis de los datos presentados en el Cuadro 3, que son los obtenidos durante todo el período de prueba (25 a 60 kilos), se puede apreciar que la eficiencia de conversión de los animales testigos difiere con la de los cerdos tratados con sulfato de cobre, pero no se aprecian diferencias entre tratamientos con cobre, lo que no permite individualizar la dosis ideal de sulfato de cobre.

CUADRO 3. Mediciones promedio para cada tratamiento y cada parámetro, correspondiente al período total de prueba (25 a 60 kilos de peso vivo)

ppm Sulfato cobre	0	100	150	200	250
No.de cerdos	8	8	8	8	8
Peso inicial	25 <sub>±</sub> 0.187	25 <sub>±</sub> 0.250	25 <sub>±</sub> 0.312	25 <sub>±</sub> 0.563	25 <sub>±</sub> 0.375
Peso final	60 <sub>±</sub> 0.938	60 <sub>±</sub> 2.188	60 <sub>±</sub> 1.500	60 <sub>±</sub> 2.000	60 <sub>±</sub> 1.875
Consumo/día	2.563 a	2.367 a	2.574 a	2.393 a	2.530 a
Ganancia diaria	0.736 a	0.760 a	0.766 a	0.759 a	0.804 a
Efic.de conv.	3.489 a	3.207 b	3.366 b	3.102 b	3.140 b
Días	49 a	48 a	48 a	47 a	46 a

En base a los valores del cuadro 3, se ajustaron rectas de regresión para estudiar una posible respuesta ante aumentos de la dosis, las que se muestran en el siguiente cuadro

CUADRO 4 Rectas de regresión ajustadas para los diferentes parámetros estudiados (X=dosis)

Consumo diario:	$Y = 2.50765 - 0.00016 X; r = 0.156$
Ganancia diaria:	$Y = 0.7340 + 0.0002 X; r = 0.866 **$
Eficiencia de Conversión	$Y = 3.4559 - 0.0014 X; r = -0.824 **$
Días al peso final:	$Y = 49.1892 - 0.0114 X; r = -0.958 **$

Al realizar la partición de la suma de cuadrados en el análisis de varianza para detectar si había efectos lineales o cuadráticos, se encontró que solamente hay un efecto lineal significativo en la eficiencia de conversión.

Con la división del período de prueba en dos fases, de acuerdo al peso de los cerdos (Fase I y Fase II) se puede llegar a un estudio más

detallado del comportamiento frente a la ingestión de un suplemento de sulfato de cobre.

Para esto se volvieron a ajustar rectas de regresión para cada parámetro, en cada una de las fases.

CUADRO 5. Mediciones promedio para cada tratamiento y cada parámetro correspondiente a la Fase I.

ppm sulfato cobre	0	100	150	200	250
No.de cerdos	8	8	8	8	8
Peso inicial	25 $\pm$ 0.187	25 $\pm$ 0.250	25 $\pm$ 0.312	25 $\pm$ 0.563	25 $\pm$ 0.375
Peso final	40 $\pm$ 1.000	40 $\pm$ 0.125	40 $\pm$ 1.500	40 $\pm$ 2.500	40 $\pm$ 1.188
Consumo/día	2.264 a	1.972 a	2.053 a	2.139 a	2.226 a
Ganancia diaria	0.742 a	0.786 a	0.704 a	0.792 a	0.770 a
Efic.de conv.	3.060 a	2.521 b	2.919 b	2.663 b	2.915 b
Días	23 a	20 a	23 a	22 a	22 a

En base a este cuadro, se ajustaron las rectas para conocer el comportamiento de los cerdos frente a incremento de las dosis:

CUADRO 6. Rectas de regresión ajustadas para los diferentes parámetros (X=dosis)

Consumo diario:	$Y = 2.1388 - 0.000057 X; r = 0.0455$
Ganancia diaria:	$Y = 0.7439 + 0.00011 X; r = 0.283$
Efic.de Convers.:	$Y = 2.8898 - 0.0005 X; r = -0.234$
Días al peso final	$Y = 22.1892 - 0.0014 X; r = -0.106$

En este período la eficiencia de conversión de los testigos es diferente a la de los tratados, y no se encuentran diferencias entre los distintos niveles de cobre. Cuando se realizó el análisis de varianza y se hizo la partición de la misma, se detectó un efecto lineal significativo en el consumo diario.

En el cuadro 7, ninguno de los parámetros presenta diferencias significativas entre el testigo y las distintas dosis, así como tampoco entre ellas.

CUADRO 7. Mediciones promedio para cada tratamiento y cada parámetro, correspondientes a la Fase II.

ppm sulfato cobre	0	100	150	200	250
No. de cerdos	8	8	8	8	8
Peso inicial	40+1.000	40+0.125	40+0.500	40+2.500	40+1.188
Peso final	60+0.938	60+2.188	60+1.500	60+2.000	60+1.875
Consumo/día	2.831 a	2.751 a	3.056 a	2.462 a	2.806 a
Ganancia diaria	0.754 a	0.751 a	0.824 a	0.742 a	0.838 a
Efic.de conv.	3.818 a	3.667 a	3.718 a	3.538 a	3.334 a
Días	26 a	28 a	25 a	25 a	24 a

Pese a que cuando se realizó la partición de la varianza no se encontraron efectos lineales ni cuadráticos significativos, igual se ajustaron las rectas a los efectos de tener una idea del comportamiento productivo de los cerdos.



CUADRO 8. Rectas de regresión para los diferentes parámetros estudiados (X=dosis)

---

Consumo diario:	$Y = 2.85476 - 0.000525 X;$	$r = 0.237$
Ganancia diaria:	$Y = 0.7465 + 0.0003 X;$	$r = 0.535$
Efic.de conv.	$Y = 3.8609 - 0.001757 X;$	$r = -0.905 *$
Días al peso final	$Y = .27 - 0.01 X;$	$r = -0.634$

---

En el análisis de los cuadros del Apéndice, se observa que:

Consumo diario: En el período de 25 a 40 kilos (Fase I), se observa que no hay una diferencia significativa entre los sexos y que tampoco hay interacción entre las dosis y los sexos.

El efecto dosis es significativo al 10% y se presenta una significativa correlación lineal entre las dosis (Cuadro 15).

Para la Fase II (40 a 60 kilos de peso vivo), únicamente se presenta significación en los sexos (Cuadro 17), consumiendo más los machos.

Al considerar la totalidad de la prueba (Cuadro 13), se repite lo apreciado en la Fase II, presentando los sexos diferencias significativas.

Ganancia diaria: en la fase I, no aparecen diferencias significativas (Cuadro 21), pero en la fase II sí aparecen diferencias significativas entre los sexos a un nivel de 10% (Cuadro 23).

En todo el período de prueba se vuelven a dar las diferencias entre los sexos ( $P < 10\%$ ). (Cuadro 19).

Eficiencia de Conversión: En la fase I se encontraron diferencias significativas entre las dosis, y cuando se compararon los testigos versus tratados (Cuadro 27).

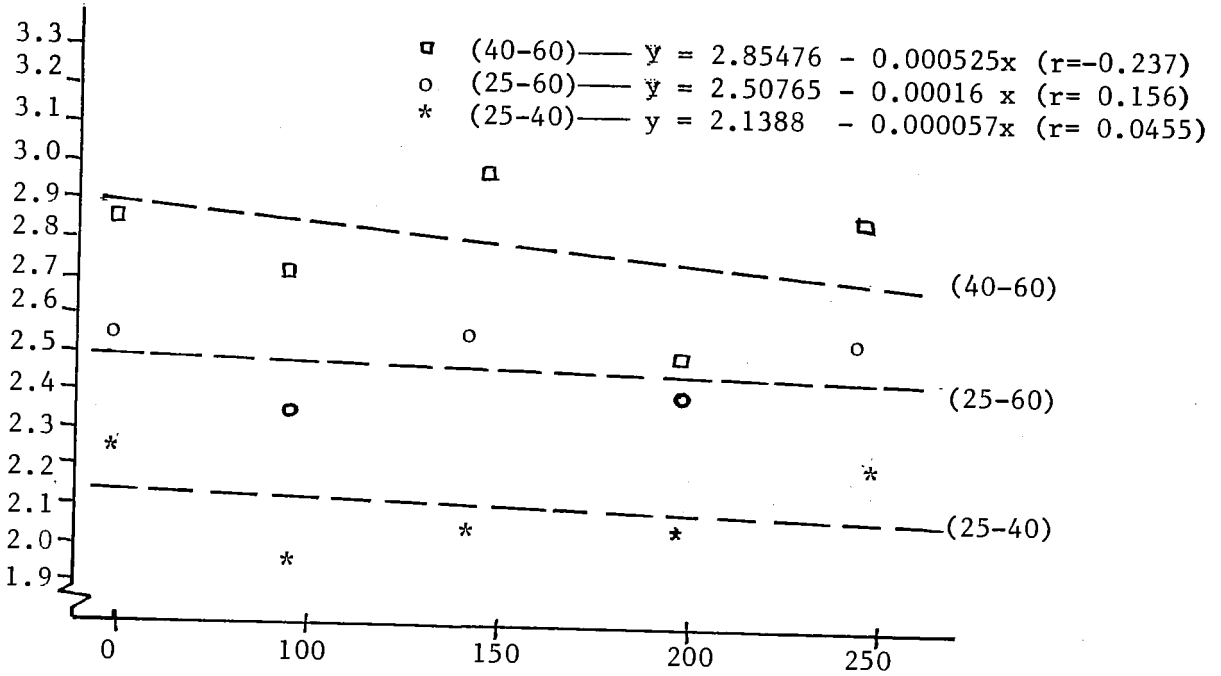
Para la fase II, las diferencias se dan entre los sexos (Cuadro 29).

Al considerar el período total de prueba, se hallaron diferencias significativas entre los sexos, y al comparar testigos con tratados con sulfato de cobre (Cuadro 25).

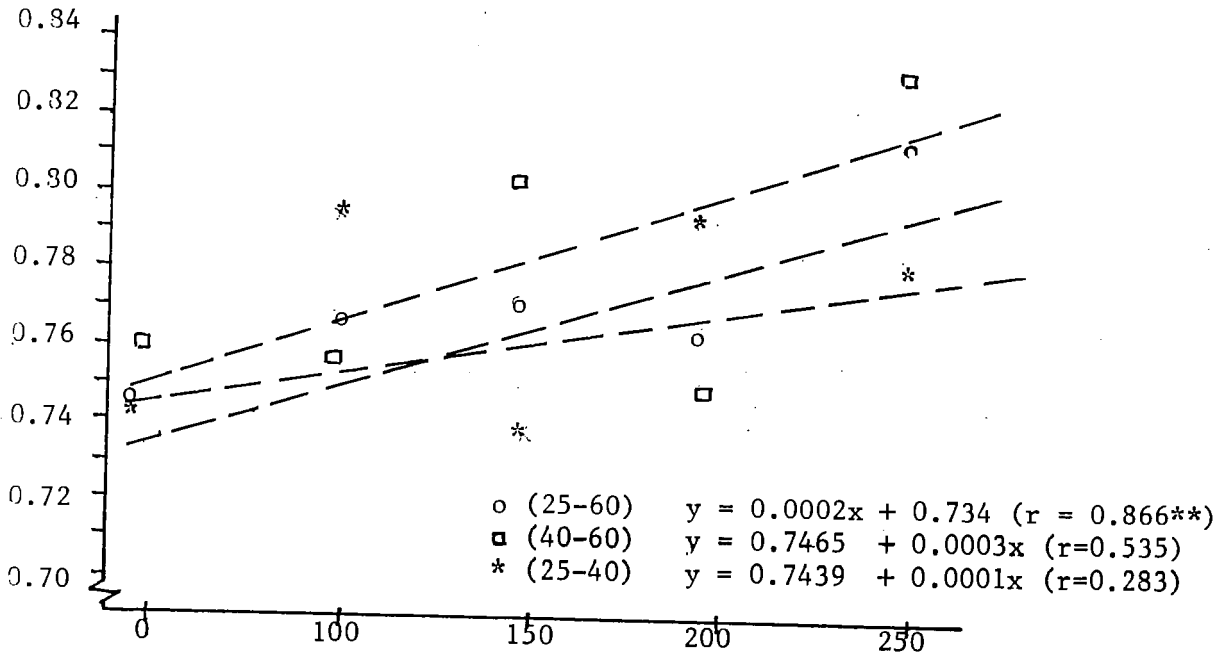
Días al peso final: al analizar este parámetro, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres períodos.

En cuanto a las pruebas de contrastes de medias, ni por la prueba de Tukey ni por la de Duncan, se encontraron diferencias entre los diferentes niveles de cobre y entre estos y el testigo.

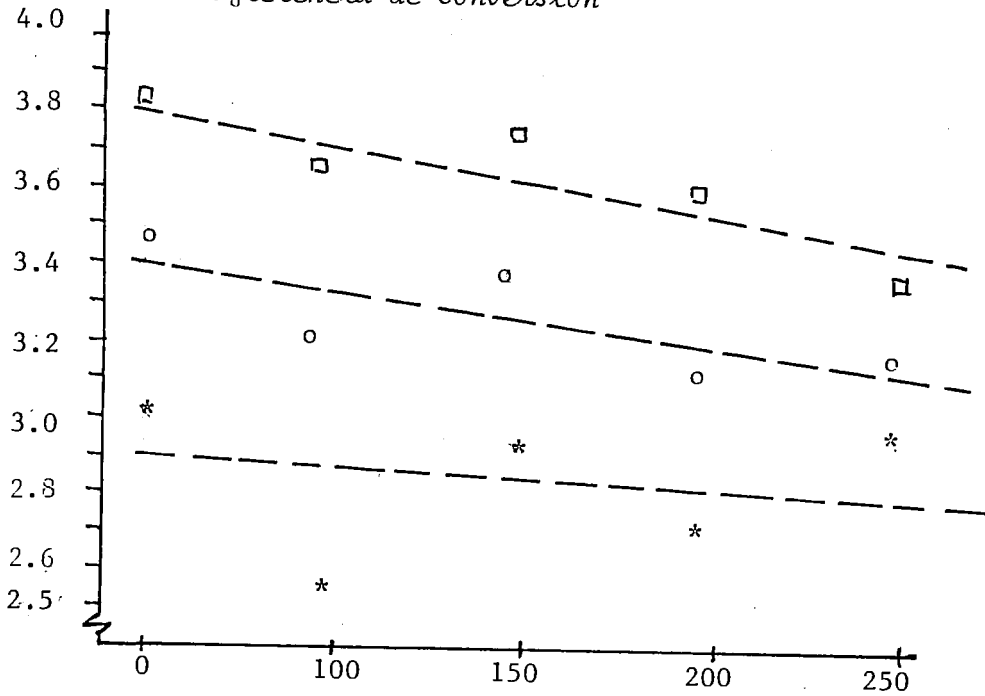
GRAFICA 1. Consumo/día



GRAFICA 2. Ganancia diaria

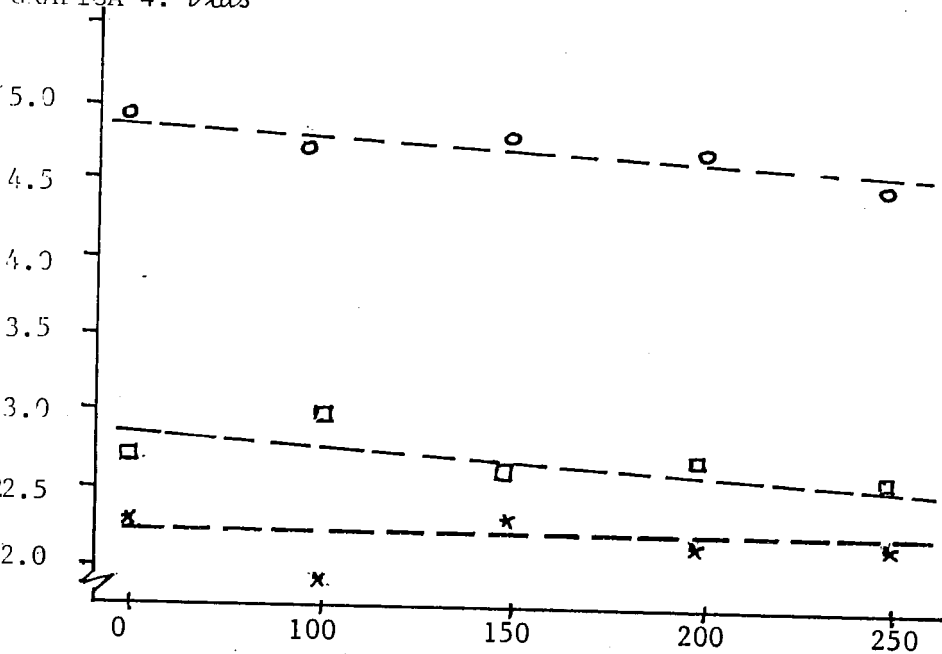


GRAFICA 3. Eficiencia de Conversión



\* (25-40)  $y = 2.8898 - 0.0005 x$  ( $r = -0.234$ )  
□ (40-60)  $y = 3.8609 - 0.001757x$  ( $r = -0.905^{**}$ )  
○ (25-60)  $y = 3.4559 - 0.0014 x$  ( $r = -0.824^{**}$ )

GRAFICA 4. Días



○ (25-60)  $y = 49.1892 - 0.0114x$  ( $r = -0.958^{**}$ )  
□ (40-60)  $y = 27 + 0.01 x$  ( $r = -0.634$ )  
\* (25-40)  $y = 22.1892 - 0.0014x$  ( $r = -0.106$ )

## 4.2 DISCUSION

Este trabajo experimental fue resumido con el objeto de poder observar claramente la influencia del sulfato de cobre sobre la performance de los cerdos. Se procedió de la siguiente manera: partiendo de los cuadros ya presentados (Cuadros 3, 5 y 7) y resumiendo los datos allí mostrados, se reunieron las diferentes dosis y se promediaron formándose un solo tratamiento (el de los tratados con sulfato de cobre). Los cuadros a los que se hace referencia son los 9, 10 y 11, en los cuales se comparan los cerdos testigos con los cerdos tratados con sulfato de cobre.

El criterio para la construcción y análisis de los datos de estos cuadros no ha cambiado, sigue siendo el mismo que para los ya mostrados en la parte de "Resultados", pero se ha agregado el cálculo de la diferencia en porcentaje y el cálculo de las diferencias estadísticas respectivas, ya que, al no existir diferencias significativas entre las distintas dosis y sí entre tratados y no tratados con sulfato de cobre, se pasó a estudiar el efecto de agregar o no este promotor del crecimiento.

Comenzando con el análisis de los cuadros y partiendo con el correspondiente al período total de prueba (Cuadro 9), en el mismo se puede apreciar una cierta superioridad de los cerdos tratados, a pesar de que únicamente un solo parámetro muestra significación estadística, el cual es la eficiencia de conversión.

CUADRO 9 Mediciones promedios para cerdos testigos y cerdos tratados con cobre, correspondiente a todo el período de la prueba.

	TRATADOS	NO TRATADOS	DIFERENCIA EN % (1)
Consumo diario	2,466 a	2,563 a	3,93
Ganancia diaria	0,772 a	0,736 a	-4,66
Efic.de conversión	3,204 a	3,489 b	8,90
Días	47 a	49 a	4,26

CUADRO 10 Mediciones promedios para cerdos testigos y cerdos tratados con cobre, datos correspondientes a la fase I.

	TRATADOS	NO TRATADOS	DIFERENCIA EN % (1)
Consumo diario	2,098 a	2,264 a	7,91
Ganancia diaria	0,763 a	0,742 a	-2,75
Efic.de conversión	2,755 a	3,060 b	11,07
Días	22 a	23 a	4,55

CUADRO 11 Mediciones promedios para cerdos testigos y cerdos tratados con cobre, datos correspondientes a la fase II.

	TRATADOS	NO TRATADOS	DIFERENCIA EN % (1)
Consumo diario	2,769 a	2,831 a	2,24
Ganancia diaria	0,788 a	0,754 a	-4,31
Eficiencia de conv.	3,564 a	3,818 b	7,13
Días	25 a	26 a	4,00

(1) La diferencia en porcentaje se calcula como la diferencia entre no tratados y tratados, dividido por los tratados por cien.

En el Cuadro 10 sucede lo mismo que en el cuadro anterior, el parámetro que muestra significación es la eficiencia de conversión, viéndose la superioridad de tratar los cerdos con sulfato de cobre.

Para la fase II no se encuentran diferencias en ninguno de los parámetros, pero la relativa superioridad del cobre ya vista en los cuadros anteriores, se observa en este caso.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto que provocaba en el crecimiento de los cerdos la utilización o no del agregado de sulfato de cobre.

Este objetivo fue parcialmente alcanzado, ya que como se vio en los cuadros y gráficas presentados anteriormente, en todos los casos los cerdos suplementados con sulfato de cobre tuvieron una performance superior a los no tratados. Se puede objetar que solamente dentro de un parámetro hay diferencias significativas, pero la literatura consultada establece una gran variabilidad en las respuestas, no sólo al sulfato de cobre, sino a los promotores del crecimiento en general.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con los obtenidos por Braude (1973) que establece una variación en las respuestas de entre un 3% y un 10%, variando de un experimento a otro el parámetro que presenta significación, pero en todos los casos la superioridad del cobre es manifiesta.

Del análisis de los datos, se puede apreciar que los cerdos tratados con sulfato de cobre presentan un menor consumo diario, una mayor ganancia diaria, una mejor eficiencia de conversión y requieren menos días para alcanzar el peso final.

Con la división del período de prueba en las dos fases ya mencionadas, fase I y fase II, se deduce el comportamiento diferencial de los

cerdos suplementados con sulfato de cobre, según el período en que se produce la suplementación.

Del estudio conjunto de los cuadros 10 y 11, se puede llegar a asumir que la influencia del sulfato de cobre, se da en las primeras etapas del experimento (Fase I); se llega esta conclusión porque solamente en el período en que los cerdos pesaron entre 25 y 40 kilos, hay diferencias significativas en las eficiencias de conversión, mientras que en la Fase II se sigue observando un mejor comportamiento, pero sin las diferencias estadísticas.

Agregándole a todo esto lo deducido para el Cuadro 9, se concluye que las diferencias en el comportamiento productivo de los cerdos suplementados con sulfato de cobre, no sólo se dan en las primeras etapas del experimento, sino que esta influencia es tan importante que se mantiene durante toda la recría (25 a 60 kilos), por esto se puede asumir un efecto acumulativo en la mejora provocada por el sulfato de cobre.

Es importante tener en cuenta la regresión lineal significativa que presenta este parámetro, lo que permite suponer una respuesta lineal al aumento de las dosis.

En cuanto a los demás parámetros, hay que resaltar que el consumo diario, si bien no tiene significación al nivel de probabilidad utilizada (5%), presenta significación a un nivel inferior (10%). Los demás parámetros no son mayormente influenciados por el agregado de sulfato de cobre, a pesar de que los cerdos que lo ingirieron presentan una mejor performance si se los compara con los que no lo hicieron.

El efecto sexo generalmente se expresa durante la Fase II y cuando se considera todo el período de prueba; con esto se confirma lo ya suficientemente conocido de que los machos tienen un comportamiento productivo diferente al de las hembras. Tampoco tiene interacción con las dosis.

Todo lo deducido aquí se puede explicar como lo han hecho muchos



autores, a través de un efecto quimioterapéutico atribuído al cobre. Se cree que el efecto es similar al de los antibióticos, y la eficacia parece estar relacionada con la cantidad de cobre soluble que se encuentra en el intestino.

Al igual que en la bibliografía, en este trabajo las raciones con elevado nivel de cobre (250 ppm) no fueron tóxicas para los animales y fueron realmente beneficiosas, particularmente reduciría el stress post-destete, como se observa en el análisis de los efectos cuadráticos de la regresión, que en todos los casos fue no significativa. Con este nivel es donde el consumo es menor, lo que concuerda con que los cerdos autolimitan el consumo al tener en su alimento un exceso de cobre, esto se puede ver al analizar las rectas ajustadas para los tres períodos, en las que se aprecia una pendiente negativa, lo que se visualiza mejor en la fase I, donde el consumo diario presenta una regresión lineal significativa.

Este nivel es en nuestro trabajo donde se da la mayor influencia del sulfato de cobre, hay un mejor desarrollo y una mayor ganancia diaria, a pesar de que con 100 ppm ya se obtuvieron resultados positivos.

## 5. CONCLUSIONES

- . No se encontraron diferencias significativas para el consumo diario, ganancia diaria y días necesarios para obtener el peso final.
- . Se observó una significativa mejora en la eficiencia de conversión en el total de la prueba. Se puede afirmar que los cerdos se vuelven más eficientes al ser suplementados con sulfato de cobre.
- . La influencia de la suplementación es mayor en la fase I (25 a 40 kg) por lo que convendría llevarla a cabo en ese período.
- . No hay diferencia entre dar o no sulfato de cobre en la fase II, por lo cual se puede prescindir de una suplementación después de los 40 kg.
- . No se puede individualizar la dosis ideal de sulfato de cobre, porque no se aprecian diferencias entre los tratamientos, pero con 100 ppm ya se encontraron resultados positivos.
- . No se observaron efectos tóxicos con el agregado de sulfato de cobre, aún con la dosis más alta (250 ppm).
- . Se confirma la respuesta diferencial del sexo frente al crecimiento, los machos castrados crecieron más y fueron más eficientes que las hembras.
- . Se recomendaría realizar trabajos experimentales con cerdos de menos de 25 kilos y probar dosis más altas de sulfato de cobre.

## 6. RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en la Estación de Pruebas de Reproductores Porcinos de la Facultad de Agronomía. Se evaluó el agregado de sulfato de cobre en la ración sobre consumo diario, eficiencia de conversión y días necesarios para llegar al peso final (60 kilos).

Se dividió el experimento en dos períodos: 25-40 kg y 40-60 kg.

Se evaluó el suministro de 0, 100, 150, 200 y 250 ppm de sulfato de cobre.

Se realizó alimentación ad-líbitum.

Se utilizaron 20 machos castrados y 20 hembras Large White por Duroc Jersey.

El diseño experimental fue parcelas al azar. El único parámetro que resultó significativo fue la eficiencia de conversión en la fase I (25 a 40 kilos) y durante toda la prueba (25 a 60 kilos).

De este trabajo se concluye que con el agregado de sulfato de cobre las raciones son más eficientemente utilizadas, efecto que parece darse en los primeros momentos y permanece por todo el período estudiado.

## 7. SUMMARY

Twenty barrows and twenty gilts (Large White x Duroc Jersey) fed ad libitum, were used in a study to evaluate the effect of 0, 100, 150, 200 and 250 ppm of Copper Sulphate on daily consumption, average daily gain, feed/gain ratio and days to reach the final weight (60 kilograms from 25 kilograms).

The experiment were divided in two periods: 25/40 kilograms and 40/60 kilograms periods. The diets supplemented with Copper Sulphate are efficiently utilized. This effect is important in the first moment and remain all along the experiment.

## 8. LITERATURA CITADA

1. ALLEN, M.M. et al. Further studies on various aspects of the use of a high copper supplements for growing pigs. British Journal of Nutrition 15(4):507 1961.
2. BARBER, R.S., BRAUDE, R. and MITCHELL, K.G. Antibiotics and copper supplements for fattenings pigs. British Journal of Nutrition. 49(4):378 1955.
3. \_\_\_\_\_ et al. Further studies on antibiotics and copper supplements for fattening pigs. British Journal of Nutrition 11(1):70-1957,
4. \_\_\_\_\_. and BOWLAND, J.P. Copper sulphate and copper sulphide (CuS) as supplements for growing pigs. British Journal of Nutrition 15(2):189 1961.
5. \_\_\_\_\_ . et al. The value of Virginia mycin (Eskalin) as a feed additive for growing pigs in diets with or without a high copper supplements. Animal Production 26(2):151 1978
6. BELLIS, D.B. Supplementation of bacon pigs rations by aureomicin and two levels of copper sulphate. Animal Production 3(1):174 1961.
7. BRAUDE, R., MITCHELL, K.G. and PITTMAN, M.J. Feed additive augments responses to copper. Pig Farming 20(6):34 1972.
8. \_\_\_\_\_. and RYDER, K. Copper levels in diets for growings pigs. Journal of Agricultural Science 80(3):276 1973.
9. \_\_\_\_\_. and HOSKING, Z.D. Feeds additives to diets supplemented with copper for growing pigs. Journal of Agricultural Science 85(2):263 1975.

10. BOWLAND, J.P., BRAUDE, R. and CHAMBERLAIN, A.G. The absorption distribution and excretion of labelled copper in young pigs given different quantities, as sulphate or sulphide, orally or intravenously. *British Journal of Nutrition* 15(1):59 1961.
11. BOWLER, R.J. et al. High copper mineral mixtures for fattening pigs. *British Journal of Nutrition* 49(4):358 1955.
12. BUNCH, R.S., SPEER, V.C. and HAYS, V.W. Effects of copper sulphate, copper oxide and chlortetracycline on baby pig performance. *Journal of Animal Science* 19(4):1252 1960.
13. \_\_\_\_\_ . et al. Effect of the supplementation of copper in the metabolism and protein and mineral store. *Journal of Animal Science* 21(4):989 1962.
14. CARROL, W.E., KRIDER, J.L. y ANDREWS, F.N. *Explotación del cerdo*. Zaragoza. Acribia. 1967. 475 p.
15. CARTER, J.H., MILLER, R.F. and BROOKS, C.C. Effect of copper and calcium in the performance of growing pigs. *Journal of Animal Science* 18(4):524 1959.
16. CASTELL, A.G. and BOWLAND, J.P. Supplemental copper for swine: growth, digestibility and carcass measurements. *Canadian Journal of Animal Science* 48(7):403-413. 1968.
17. CRONWELL, G.L., HAYS, V.W. and CLARK, T.L. Effect of the copper sulphate, copper sulphide and sodium sulphide in the performance and storage of copper in pigs. *Journal of Animal Science* 46(3): 629 1978.
18. CUNHA, T.J. *Alimentación del cerdo*. Zaragoza, Acribia, 1960. 278 p.

19. CUNHA, T.J. Recientes avances en nutrición del cerdo. Zaragoza, Acribia, 1968. 95 p.
20. DUNNE, H.H. Enfermedades del cerdo. México, UTEHA, 1967. 877 p.
21. ENSMINGER, M.E. Producción porcina. Buenos Aires, Ateneo, 1973 540 p.
22. GIPP, W.F. and POND, W.G. Influence of level of dietary copper on weight gain, hematology and liver copper and iron storage of young pigs. Journal of Nutrition 103(5):713 1973.
23. GOIHL, J.B. Effects of copper in swine rations. Feedstuffs 50(24): 26 1978.
24. HAYWOOD, S. The effect of sex of weaned rats on the accumulation of dietary copper in their livers. Journal of Comparative Pathology 89(4):481-487. 1979 (Original no consultado; compendiado en Nutrition Abstracts and Reviews 50(7):3555. 1980).
25. HAWBAKER, J.A. et al. Effect of copper sulphate and antibiotics on growth rate, feed conversion and fecal flora of growing pigs. Journal of Animal Science 18(4):328 1959.
26. HOEFER, J.A. et al. Interrelationships between calcium, zinc, iron and copper in swine feeding. Journal of Animal Science 19(1):179 1960.
27. LILLIE, R.J. et al. Effect of dietary copper and Tylosin and subsequent withdrawal on growth, hematology and tissue residues of growing-finishing pigs. Journal of Animal Science 45(1): 100-107. 1977.
28. LITTLE, T.M. y HILLS, F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas, 1976. 270 p.

29. LUCAS, I.A.M. et al. The early weaning of pigs, copper sulphate as a growth. *Journal of Agricultural Science* 58(2):243 1962.
30. MEYER, H., KROGER, H. and VON BENTEN, K. Tolerance and residue formation of different copper compounds. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 83(9):401 1976 (Original no consultado; compendiado en *Nutrition Abstracts and Reviews* 47(4):2140. 1977).
31. MILLER, R.F. et al. The effect of dietary calcium and copper level upon the Cu, Fe, Zn, Mn and Mo concentration of certain organs and tissues of swine. *Journal of Animal Science* 18(4):424 1959.
32. MORRISON, F.B. *Alimentos y alimentación del ganado*. México. UTEHA. 1965. 2 v.
33. NADAZIN, M. et al. Interdependence of copper concentration in the feed and in liver parenchyma of pigs. *Veterinaria Yugoslavia* 26(1):49-58. 1977.
34. O'DELL, B.L. Biochemistry of copper. *Medicine Clinics of Nutrition* 60(4):687-703. 1976 (Original no consultado; compendiado en *Nutrition Abstracts and Reviews* 48(1):127. 1978).
35. OMOLE, T.A., ILORI, J.O. and LEIGH, A.O. Effects of dietary copper and zinc on performance carcass characteristics and tissue copper stores of market pigs. *Malaysian Agricultural Research* 5(1):67-73. 1976. (Original no consultado; compendiado en *Nutrition Abstracts and Reviews* 47(4):2140. 1977).
36. PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estadística experimental*. Piracicaba, Universidad de Sao Paulo, 1966. 384 p.
37. PINHEIRO MACHADO, L.C. *Los cerdos*. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 1976. 528 p.



38. POND, W.G. et al. Effect of dietary Ca, Cu and Zn level on body weight gain and tissue mineral concentrations of growing pigs and rats. *Journal of Animal Science* 47(5):1128-1134. 1978.
39. PRAKASH, S. and SHARDA, D.P. Effect of feed additives in the diet on organ growth and some liver and blood constituents of pigs under tropical conditions. *Haryana Agriculture University Journal of Research* 6(2):155-161. 1976.
40. PRINCE, T.J., HAYS, V.W. and CRONWELL, G.L. Effects of copper sulphate and ferrous sulphide on performance and liver copper and iron stores of pigs. *Journal of Animal Science* 49(2):507-513. 1979.
41. RITCHIE, H.D. et al. Copper and zinc interrelationships in the pigs. *Journal of Nutrition* 79(2):117 1963.
42. TABLAS de composición de alimentos de América Latina. Gainesville, Universidad de Florida, 1974. 49 p.
43. TEAGUE, H.S. and CARPENTER, L.E. The demonstration of a copper deficiency in young growing pigs. *Journal of Nutrition* 43(3): 389 1951.
44. WALLACE, H.D. et al. High levels of copper for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 19(4):1153-1163. 1960.
45. \_\_\_\_\_ . COMBS, G.E. and SHIRLEY, R.L. Influence of high dosis and sources of copper on the pigs performance. *Journal of Animal Science* 21(4):1016 1962.
46. WINTROBE, M.M., CARTWRIGHT, G.E. and GLUBER, C.J. Studies on the function and metabolism of copper. *Journal of Nutrition* 50(4): 395 1953.
47. ZERT, P. *Vademecum del productor de cerdos*. Zaragoza, Acribia, 1969. 423 p.

## 9. APENDICE

CUADRO 12

CONSUMO DIARIO - Promedio individual  
(25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,258	2,370	2,527	2,204	2,194	
2,4372	2,576	2,290	2,653	2,181	HEMBRAS
2,519	2,470	2,508	2,158	2,167	
2,587	1,706	2,334	2,759	2,759	
2,318	2,316	2,523	2,375	2,598	
2,302	2,014	2,990	2,376	2,893	MACHOS
3,295	2,782	2,687	2,626	2,879	
2,781	2,699	2,713	2,416	2,568	

Promedios de los diferentes tratamientos  
(25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,453	2,281	2,419	2,337	2,325	HEMBRAS
2,674	2,453	2,728	2,448	2,735	MACHOS
2,563	2,367	2,574	2,393	2,530	TOTAL

CUADRO 13

CONSUMO DIARIO - Análisis de la Varianza  
(25-60 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	0,5983	0,5983	7,96**
DOSIS	4	0,3083	0,0771	1,03
S x D	4	0,1098	0,0275	0,37
ERROR	30	2,2556	0,0752	
TOTAL	39	3,2720		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	0,5983	0,5983	7,96**
DOSIS	4	0,3083	0,0771	1,03
T vs. TRAT.	1	0,0610	0,0610	0,81
LINEAL	1	0,0382	0,0382	0,51
CUADRATICA	1	0,0098	0,0098	0,13
CUBICA	1	0,1993	0,1993	2,65
S x D	4	0,1098	0,0275	0,37
ERROR	30	2,2556	0,0752	
TOTAL	39	3,2720		

CUADRO 14

CONSUMO DIARIO - Promedio individual  
(25-40 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,072	2,059	2,066	2,050	2,243	
2,187	2,213	2,034	2,282	2,196	HEMBRAS
2,223	1,961	1,905	2,052	2,071	
1,961	1,775	2,120	2,081	2,261	
2,497	1,826	2,310	1,977	2,245	
2,130	1,545	2,306	2,199	2,439	MACHOS
2,729	2,161	1,549	2,288	2,448	
2,310	2,238	2,238	2,135	1,903	

Promedios de los diferentes tratamientos  
(25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,111	2,002	2,031	2,116	2,193	HEMBRAS
2,417	1,943	2,075	2,162	2,259	MACHOS
2,264	1,972	2,053	2,139	2,226	TOTAL

CUADRO 15

CONSUMO DIARIO - Análisis de la Varianza  
(25-40 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	0,0646	0,0646	1,42
DOSIS	4	0,4632	0,1158	2,54
S x D	4	0,1462	0,0366	0,80
ERROR	30	1,3676	0,0456	
TOTAL	39	2,0416		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	0,0646	0,0646	1,42
DOSIS	4	0,4632	0,1158	2,54
T.vs TRAT.	1	0,1765	0,1765	3,87
LINEAL	1	0,2867	0,2867	6,29*
CUADRATICA	1	0,0000661	0,0000661	0,0014
CUBICA	1	0,0000081	0,0000081	0,00018
S x D	4	0,1462	0,0366	0,80
ERROR	30	1,3676	0,0456	
TOTAL	39	2,0416		

CUADRO 16

CONSUMO DIARIO - Promedios individuales  
(40-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,499	2,554	2,887	3,351	2,157	
2,613	2,881	2,537	1,824	2,169	HEMBRAS
2,649	2,862	2,924	2,257	2,263	
3,262	1,674	2,529	2,517	3,211	
2,093	2,627	2,687	2,850	2,894	
2,435	3,210	3,613	2,524	3,275	MACHOS
3,731	3,259	3,872	2,777	3,272	
3,362	2,939	3,400	2,594	3,208	

Promedios de los diferentes tratamientos  
(40-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,756	2,493	2,719	2,237	2,450	HEMBRAS
2,905	3,009	3,393	2,686	3,162	MACHOS
2,831	2,751	3,956	2,462	2,806	TOTAL

## CUADRO 17

CONSUMO DIARIO - Análisis de Varianza  
(40-60 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	2,5010	2,5010	13,73 **
DOSIS	4	1,4529	0,3632	1,99
S x D	4	0,4019	0,1005	0,55
ERROR	30	5,4660	0,1822	
TOTAL	39	9,8218		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	2,5010	2,5010	13,73 **
DOSIS	4	1,4529	0,3632	1,99
T. vs. TRAT.	1	0,02445	0,02445	0,13
LINEAL	1	0,07336	0,07336	0,40
CUADRÁTICA	1	0,003042	0,003042	0,02
CUBICA	1	1,35203	1,35203	7,42
S x D	4	0,4019	0,1005	0,55
ERROR	30	5,4660	0,1822	
TOTAL	39	9,8218		

CUADRO 18

GANANCIA DIARIA - Promedio individual  
 (25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
0,783	0,755	0,702	0,817	0,826	
0,755	0,848	0,765	0,787	0,750	HEMBRAS
0,739	0,739	0,704	0,655	0,740	
0,704	0,563	0,739	0,750	0,821	
0,713	0,722	0,837	0,719	0,826	
0,728	0,745	0,845	0,772	0,848	MACHOS
0,793	0,826	0,786	0,857	0,810	
0,672	0,882	0,750	0,717	0,814	

Promedio de los diferentes tratamientos  
 (25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
0,745	0,726	0,728	0,752	0,784	HEMBRAS
0,727	0,794	0,805	0,766	0,825	MACHOS
0,736	0,760	0,766	0,759	0,804	PROMEDIO



CUADRO 19

GANACIA DIARIA - Análisis de la Varianza  
(25-60 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	12960,4	12960,4	3.43
DOSIS	4	19661,75	4915,44	1,30
S x D	4	12345,35	3086,34	0,82
ERROR	30	113292,5	3776,42	
TOTAL	39	158260		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	12960,4	12960,4	3,43
DOSIS	4	19661,35	4915,34	1,30
T.vs.TRAT.	1	8541,0	8541,5	2,26
LINEAL	1	6388,26	6388,26	1,69
CUADRATICA	1	3061,53	3061,53	0,81
CUBICA	1	1670,56	1670,56	0,44
S x D	4	12345,35	3086,34	0,82
ERROR	30	113292,5	3776,42	
TOTAL	39			

CUADRO 20

GANACIA DIARIA - Promedio individual  
(25-40 kilos peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
0,769	0,816	0,660	0,725	0,925	
0,810	0,857	0,740	0,643	0,700	HEMBRAS
0,962	0,750	0,700	0,732	0,750	
0,625	0,725	0,700	0,810	0,700	
0,667	0,714	0,775	0,661	0,857	
0,750	0,763	0,675	0,976	0,810	MACHOS
0,825	0,700	0,680	0,962	0,775	
0,531	0,962	0,700	0,825	0,640	

Promedios de los diferentes tratamientos  
(25-40 kilos de pso vivo)

TEST	100	150	200	250	
0,792	0,787	0,700	0,728	0,769	HEMBRAS
0,693	0,785	0,708	0,856	0 771	MACHOS
0,742	0,786	0,704	0,792	0,770	TOTAL

CUADRO 21

GANANCIA DIARIA Análisis de la Varianza  
(25-40 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	555,25	555,25	0,054
DOSIS	4	41889,375	10472,344	1,02
S x D	4	51904,125	12976,031	1,26
ERROR	30	308798,25	10293,275	
TOTAL	39	403147		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	555,25	555,25	0,054
DOSIS	4	41889,15	10472,287	1,02
T.vs.TRAT.	1	2656,9	2656,9	0,26
LINEAL	1	616,225	616,225	0,06
CUADRATICA	1	7200	7200	0,7
CUBICA	1	31416,025	31416,025	3.05
S x D	4	51904,125	12976,031	1,26
ERROR	30	308798,25	10293,275	
TOTAL	39	445035,92		

CUADRO 22

GANANCIA DIARIA - Promedio individual  
(40-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
0,800	0,719	0,734	0,905	0,750	
0,717	0,840	0,788	0,904	0,788	HEMBRAS
0,652	0,731	0,707	0,583	0,731	
0,788	0,488	0,769	0,707	0,932	
0,750	0,727	0,885	0,788	0,800	
0,712	0,734	1,000	0,600	0,880	MACHOS
0,769	0,923	0,896	0,810	0,841	
0,846	0,840	0,810	0,635	0,981	

Promedios de los diferentes tratamientos  
(40-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
0,739	0,695	0,750	0,775	0,800	HEMBRAS
0,769	0,806	0,898	0,708	0,876	MACHOS
0,754	0,751	0,824	0,742	0,838	TOTAL

GANANCIA DIARIA - Análisis de la Varianza  
(40-60 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	35640,9	35640,9	3,69
DOSIS	4	66174,25	16543,56	1,71
S x D	4	55149,35	13787,34	1,43
ERROR	30	289653,5	9655,12	

TOTAL 39 446618

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	35640,9	35640,9	3,69
DOSIS	4	66174,25	16543,56	1,71
T.vs. TRAT.	1	7425,625	7425,625	0,77
LINEAL	1	13068,225	13068,225	1,35
CUADRATICA	1	1058	1058	0,11
CUBICA	1	44622,4	44622,4	4,62
S x D	4	55149,35	13787,34	1,43
ERROR	30	289653,5	9655,12	

TOTAL 39 446618

CUADRO 24

EFICIENCIA DE CONVERSIÓN - Promedio individual  
(25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,885	3,139	3,601	2,698	2,656	
3,229	3,038	2,995	2,899	2,908	HEMBRAS
3,421	3,342	3,562	3,293	2,927	
3,676	3,027	3,181	3,112	3,359	
3,252	3,206	3,014	3,302	3,145	
3,161	3,476	3,538	3,078	3,413	MACHOS
4,153	3,367	3,419	3,063	3,557	
4,137	3,062	3,617	3,367	3,156	

Promedios de los diferentes tratamientos  
(25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
3,303	3,137	3,335	3,001	2,963	HEMBRAS
3,676	3,278	3,397	3,203	3,318	MACHOS
3,489	3,207	3,366	3,102	3,140	TOTAL

EFICIENCIA DE CONVERSION - Análisis de la Varianza  
(25-60 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	514155,62	514155,62	6,15 *
DOSIS	4	848400,85	212100,21	2,54
S x D	4	145768,73	36442,18	0,44
ERROR	30	2507673,8	83589,13	
TOTAL	39	40159,99		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	514155,62	514155,62	6,15*
DOSIS	4	848400,85	212100,21	2,54
T. vs. TRAT.	1	522008,26	522008,26	6,24*
LINEAL	1	86629,56	86629,56	1,04
CUADRATICA	1	28860,03	28860,03	0,35
CUBICA	1	210903,01	210903,01	2,52
S x D	4	145768,73	36442,18	0,44
ERROR	30	2507673,8	83589,13	
TOTAL	39	40159,99		

EFICIENCIA DE CONVERSION - Promedio individual  
(25-40 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,694	2,524	3,130	2,828	2,424	
2,702	2,582	2,749	2,837	3,138	HEMBRAS
2,312	2,615	2,721	2,802	2,762	
3,137	2,448	3,029	2,571	3,230	
3,139	2,557	2,981	2,989	2,619	
2,840	2,024	3,417	2,252	3,013	MACHOS
3,308	3,088	2,278	2,380	3,158	
4,349	2,328	3,050	2,647	2,973	

Promedios de los diferentes tratamientos  
(25-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
2,711	2,542	2,907	2,760	2,889	HEMBRAS
3,409	2,499	2,932	2,567	2,941	MACHOS
3,060	2,521	2,919	2,663	2,915	TOTAL



CUADRO 27

EFICIENCIA DE CONVERSION - Análisis de la Varianza  
(25-40 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	116100,62	116100,62	0,87
DOSIS	4	1524117,8	381029,45	2,86 *
S x D	4	942056,23	235514,06	1,77
ERROR	30	3990516,8	133017,23	
TOTAL	39	6572791,4		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	116100,62	116100,62	0,87
DOSIS	4	1524117,8	381029,45	2,86 *
T.vs.TRAT.	1	597802,5	597802,5	4,49 *
LINEAL	1	342620,1	342620,1	2,58
CUADRATICA	1	43365,13	43365,13	0,33
CUBICA	1	540330,03	540330,03	4,06
S x D	4	942056,24	235514,06	1,77
ERROR	30	3990516,9	133017,23	
TOTAL	39	6572791,4		

CUADRO 28

EFICIENCIA DE CONVERSION - Promedio individual  
(40-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
3,123	3,553	3,931	2,599	2,877	
3,645	3,430	3,217	2,935	2,751	HEMBRAS
4,066	3,916	4,137	3,869	3,097	
4,137	3,427	3,288	3,561	3,446	
3,329	3,613	3,037	3,615	3,618	
3,422	4,371	3,613	4,207	3,722	MACHOS
4,850	3,530	4,322	3,427	3,891	
3,973	3,499	4,200	4,088	3,271	

Promedio de los diferentes tratamientos  
(40-60 kilos de peso vivo)

TEST	100	150	200	250	
3,743	3,582	3,643	3,241	3,043	HEMBRAS
3,894	3,753	3,793	3,834	3,626	MACHOS
3,818	3,667	3,718	3,538	3,334	TOTAL

CUADRO 29

EFICIENCIA DE CONVERSION - Análisis de la Varianza  
(40-60 kilos de peso vivo)

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	1086691,2	1086691,2	5,11 *
DOSIS	4	1116122,4	279030,6	1,31
S x D	4	445692,4	111423,1	0,52
ERROR	30	6378466,8	212615,56	

TOTAL 39 9026972,8

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	1086691,2	1086691,2	5,11 *
DOSIS	4	1116122,4	279030,6	1,31
T vs. TRAT.	1	412293,03	412293,03	1,94
LINEAL	1	557196,03	557196,03	2,62
CUADRATICA	1	129286,13	129286,13	0,61
CUBICA	1	17347,23	17347,23	0,08
S x D	4	445692,4	111423,1	0,52
ERROR	30	6378466,8	212615,56	

TOTAL 39 9026972,8

CUADRO 30

DIAS ENTRE 25 a 60 KILOS DE PESO VIVO

Promedio individual

TEST	100	150	200	250	
46	51	54	41	43	
51	44	51	47	46	HEMBRAS
46	46	49	58	52	
54	63	46	47	42	
47	52	46	54	46	
46	49	42	46	46	MACHOS
46	44	49	40	42	
57	38	46	46	48	

Promedio de los diferentes tratamientos

TEST	100	150	200	250	
49,25	51	50	48,25	45,75	HEMBRAS
49	45,75	45,75	46,5	45,5	MACHOS
49,125	48,375	47,875	47,375	45,625	TOTAL PROM.

## DIAS ENTRE 25 a 60 KILOS DE PESO VIVO

## Análisis de la Varianza

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	55,225	55,225	1,95
DOSIS	4	55,4	13,85	0,25
SEXO x DOSIS	4	42,4	10,6	0,25
ERROR	30	851,75	28,392	
TOTAL	39	1004,775		

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	55,225	55,225	1,95
DOSIS	4	55,4	13,85	0,25
T.vs. TRAT.	1	21,025	21,025	0,74
LINEAL	1	30,625	30,625	1,08
CUADRATICA	1	3,125	3,125	0,11
CUBICA	1	0,625	0,625	0,02
SEXO x DOSIS	4	42,4	10,6	0,25
ERROR	30	851,75	28,392	
TOTAL	39			

CUADRO 32

DIAS ENTRE 25 a 40 KILOS DE PESO VIVO

Promedio individual

TEST	100	150	200	250	
26	19	25	20	20	
21	21	25	21	20	
13	20	20	28	26	HEMBRAS
28	20	20	21	20	
21	21	20	31	21	
20	19	20	21	21	MACHOS
20	20	25	13	20	
32	13	25	20	25	

Promedio de los diferentes tratamientos

TEST	100	150	200	250	
22	20	22,5	22,5	21,5	HEMBRAS
23,25	18,25	22,5	21,25	21,75	MACHOS
22,625	19,125	22,5	21,875	21,625	PROMEDIO

CUADRO 33

DIAS ENTRE 25 a 40 KILOS DE PESO VIVO

Análisis de la Varianza

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	0,9	0,9	1
DOSIS	4	64,4	16,10	0,84
SEXO x DOSIS	4	11,6	2,90	0,25
ERROR	30	575	19,17	

TOTAL 39 651,9

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	0,9	0,9	1
DOSIS	4	64,4	16,10	0,84
T.vs.TRAT.	1	11,6	11,6	0,6
LINEAL	1	18,9	18,9	0,98
CUADRATICA	1	26,3	26,3	1,37
CUBICA	1	7,7	7,7	0,4
SEXO x DOSIS	4	11,6	2,90	0,25
ERROR	30	575	19,17	

TOTAL 39

CUADRO 34

DIAS ENTRE 40 a 60 KILOS DE PESO VIVO

Promedio individual

TEST	100	150	200	250	
20	32	29	21	23	
30	23	26	26	26	HEMBRAS
33	26	29	30	26	
26	43	26	26	22	
26	31	26	23	25	
26	30	22	25	25	MACHOS
26	24	24	27	22	
25	25	21	26	26	
Promedio de los diferentes tratamientos					
TEST	100	150	200	250	
27,25	31	27,5	25,75	24,25	HEMBRAS
25,75	27,5	23,25	25,25	24,5	MACHOS
26,5	29,25	25,375	25,50	24,375	PROMEDIO



CUADRO 35

DIAS ENTRE 40 a 60 KILOS DE PESO VIVO

Análisis de la Varianza

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	36,1	36,1	2,35
DOSIS	4	111,15	27,788	1,81
S x D	4	29,65	7,412	0,48
ERROR	30	461,5	15,383	

TOTAL 39 638,4

F.de V.	GL	SC	CM	F
SEXO	1	36,1	36,1	2,35
DOSIS	4	111,15	27,788	1,81
T.vs.TRAT.	1	0,9	0,9	0,06
LINEAL	1	84,1	84,1	5,47
CUADRATICA	1	15,125	15,125	0,98
CUBICA	1	11,025	11,025	0,72
S x D	4	29,65	7,412	0,48
ERROR	30	461,5	15,383	

TOTAL 39