

EFFECTO DEL ENFRIAMIENTO POR GOTEÓ EN EL
COMPORTAMIENTO DE CERDAS LACTANTES
Y SUS CAMADAS

MICROISIS:	4392
FECHA:	27/10/92
ENCARGADO:	3041

POR

Joaquín Romero Ortez

T E S I S

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

El Zamorano, Honduras
Abril, 1991

EFEECTO DE EL ENFRIAMIENTO POR GOTEADO EN EL
COMPORTAMIENTO DE CERDAS LACTANTES
Y SUS CAMADAS

Joaquín Romero Ortiz

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso 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.

Joaquín Romero Ortiz

Abril de 1991.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
C.A. - C.R. - C.R.
R. GUAYMAS, C.R.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Jorge y Rosario, así como
Auxiliadora, Jorge Antonio, Hector y Carlos, a ustedes gracias
por apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTO.

A) Dr. Marco A. Esnaola, asesor principal, por sus valiosas enseñanzas, así mismo al Dr. Antonio Flores por su ayuda y apoyo brindado en todo momento, al D.M.V. Guillermo Torres Yufra por la corrección de este texto y amistad.

A doña Gladys de Flores, gracias por su hospitalidad, a las familias Jiménez-Torres y Gallardo-Ponce por su apoyo y amistad.

A los Ingenieros Miguel Talavera, Armando Calidonio, Oscar Diaz, Jacobo Puerto, José Melgar, Roque Barrientos, David Moreira, Juan Carlos Andrade, Rommel Hernández, Roberto Andino y Ricardo Pérez.

A) Ingeniero Martin Losen Wieman, por sus consejos, ayuda y amistad.

A la Lic. Amalia Gallardo y Luis Restrepo.

A la empresa CONTEC S.A., por haber financiado mis estudios.

INDICE GENERAL

	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
1. Importancia general de la temperatura ambiental para los cerdos.....	3
1.1. Pérdida de calor por radiación.....	4
1.2. Pérdida de calor por convección.....	4
1.3. Pérdida de calor por conducción.....	5
1.4. Pérdida de calor por evaporación.....	6
2. Efectos de los cambios de temperatura en el comportamiento de los cerdos.....	6
2.1. Lechones.....	6
2.2. Cerdos en crecimiento y engorde.....	8
2.3. Cerdosreproductores.....	9
2.3.1. Hembras en pubertad.....	9
2.3.2. El verraco.....	11
2.3.3. Cerdas lactantes.....	12
3. Sistema de enfriamiento para cerdas lactantes.....	13
III. MATERIALES Y METODOS	18
1. Localización y fecha del estudio.....	18
2. Tratamientos y diseño experimental.....	18
3. Características de la maternidad y de las jaulas.....	19
4. Sistema de enfriamiento.....	19
5. Animales y su manejo.....	20
6. Controles experimentales.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	21
1. Efectos sobre el comportamiento de la camada.....	24
1.1. Peso promedio al destete por lechón.....	25
1.2. Consumo de alimento de la camada.....	25
1.3. Muertes totales de lechones durante lactación.....	26
2. Efectos del enfriamiento por goteo en el comportamiento de cerdas lactantes.....	27
2.1. Consumo de alimento de la cerda.....	27
2.2. Ganancia de peso de la cerda durante lactancia.....	28
2.3. Parámetros fisiológicos.....	29
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	34

VII. RESUMEN	35
VIII. BIBLIOGRAFIA	36
IX. ANEXOS	38

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Efectos de temperatura sobre características reproductivas en chanchillas.....	10
Cuadro 2. Efectos del enfriamiento por goteo en el comportamiento de cerdas lactantes.....	15
Cuadro 3. Efectos del enfriamiento por goteo en el comportamiento de cerdas lactantes y sus camadas.....	16
Cuadro 4. Arreglo de los tratamientos experimentales con cerdas lactantes enfriadas por goteo.....	18
Cuadro 5. Resultados generales del comportamiento de las camadas de las cerdas lactantes con y sin sistema de enfriamiento (datos no corregidos).....	23
Cuadro 6. Datos corregidos de los efectos del sistema enfriamiento sobre el comportamiento de los lechones.....	24
Cuadro 7. Consumos de alimento y ganancia de peso de peso de las cerdas con y sin sistema de enfriamiento.....	28
Cuadro 8. Parámetros fisiológicos de cerdas lactantes..	29

INDICE DE GRAFICOS

	Pag.
Gráfico 1. Temperaturas mínimas y máximas de agosto a enero (1990-1991).....	22

MINISTERIO DE AGRICULTURA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APANAGUÉS
TEGUCIGALPA HONDURAS

INDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Ración de lactación con 15% de proteína cruda.....	39
Anexo 2. Ración de preinicio para lechones con 20% de proteína.....	39
Anexo 3. Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de agosto de 1990.....	40
Anexo 4. Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de septiembre 1990.....	40
Anexo 5. Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de octubre 1990.....	41
Anexo 6. Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de noviembre 1990.....	41
Anexo 7. Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de diciembre 1990.....	42
Anexo 8. Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de enero 1991.....	42
Anexo 9. Cuadrados medios de los tratamientos y error para el ANDEVA de peso promedio de lechones al destete (PPLD), consumo de alimento por camada (CALCA) y muertes totales de lechones (MTL).....	43
Anexo 10. Ecuación de regresión múltiple usada para corregir los pesos promedios por lechón al destete.....	43
Anexo 11. Ecuación de regresión múltiple usada para corregir el número de lechones muertos por camada.....	43
Anexo 12. Cuadrados medios de tratamientos y error para el ANDEVA de consumo de alimento de la cerda (CAC) y ganancia de peso de la cerda (GPC).....	44
Anexo 13. Ecuación de regresión múltiple utilizada para el ajuste de ganancias de peso de la cerda.....	44

Anexo 14. Cuadrados medios de tratamientos y error para el ANDEVA de diferentes medias en las variables ritmo respiratorio de la cerda (RRC) y temperatura rectal de la cerda (TRC)..... 45

I. INTRODUCCION

En cualquier tipo de explotación ganadera el logro de una máxima eficiencia productiva representa la principal meta a obtener.

La eficiencia productiva de los animales no está basada solamente en las funciones internas que suceden dentro de cada organismo, ya que también existen factores externos que actúan directamente sobre el funcionamiento de éstos y afectan el desarrollo normal en una explotación. Estos factores pueden ser deficiencias nutricionales, enfermedades, cambios en el medio ambiente etc.

En la producción porcina la temperatura es el factor ambiental de mayor influencia. Este problema es de particular relevancia en el trópico.

Los productores están muy conscientes de los efectos negativos que ejerce la tensión causada por el calor en sus cerdos. La tensión por calor incide en todas las etapas de la producción porcina.

Durante las temporadas calurosas todos los cerdos comen menos, independientemente de la edad que tengan, deprimiendo el aumento de peso y producción de leche durante estas temporadas. En cuanto a la monta o servicio, las olas de calor disminuyen la fertilidad en los verracos y minan la supervivencia de los embriones.

BIBLIOTECA DE LA ESCUELA
ESUELA AGROPECUARIA Y MEDICINA
CARRERA DE ZOOTECNIA
CARRERA DE VETERINARIA

El efecto de calor en los lechones es de menos importancia que en la cerda ya que los lechones, en realidad, necesitan una temperatura considerablemente más alta que la de la madre.

Debido a las diferencias en los requerimientos de temperatura existentes entre la cerda y su camada, sería conveniente enfriar o refrescar a la cerda localmente sin afectar su camada.

Basado en estos antecedentes el presente estudio se plantea con los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto que tiene el uso de un sistema de enfriamiento evaporativo por goteo para cerdas lactantes sobre el comportamiento de éstas y sus camadas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Comparar el consumo de alimento y pérdidas de peso de cerdas lactantes con y sin sistema de enfriamiento.
2. Evaluar el efecto que tiene el enfriamiento evaporativo sobre las camadas en cuanto a mortalidad, consumos de alimentos y pesos al destete.
3. Comparar el efecto del estrés por calor en hembras enfriadas y no enfriadas sobre algunos parámetros fisiológicos como ritmo respiratorio y temperatura rectal.

II. REVISION DE LITERATURA

1. Importancia general de la temperatura ambiental para los cerdos.

El aparato termorregulador de los cerdos es menos desarrollado que el de los bovinos, caprinos y ovinos. La temperatura rectal varia entre 37 y 40 °C dependiendo de la temperatura ambiental (Pinheiro, 1973).

Los cerdos tienen muy pocas glándulas sudoríparas y están envueltos literalmente en una gruesa capa de grasa que actúa a modo de aislante, por lo que son animales de extraordinaria susceptibilidad a las temperaturas elevadas (Carroll y Krider, 1960).

En condiciones de altas temperaturas los cerdos no pueden cambiar su patrón de respiración de rápido y poco profundo a lento y profundo, por lo que la pérdida de calor por el tracto respiratorio ocurre por el calentamiento del aire inspirado cuando la temperatura del ambiente es menor a la temperatura del cuerpo del cerdo (Murphy y col., 1987).

Según Cole (1971), hay 4 métodos por los cuales el cerdo puede eliminar calor de su cuerpo: radiación, convección, conducción y evaporación.

1.1. Pérdida de calor por radiación.

Este método consiste en la emisividad de calor de un cuerpo hacia el ambiente que comprende pisos, paredes y cielo.

La pérdida de calor por radiación entre el animal y su ambiente está sujeta a la ley de Stefan-Boltzmann, que dice que la radiación total de un cuerpo perfectamente negro, es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura superficial. La capa de cambio de radiación entre 2 cuerpos negros es entonces proporcional a la diferencia entre la cuarta potencia de sus temperaturas superficiales.

1.2. Pérdida de calor por convección.

La pérdida de calor por convección depende de la temperatura superficial de un cuerpo y de las características de la superficie y el tamaño, así como del movimiento del aire que choca contra el cuerpo.

La convección de calor depende de la redistribución de moléculas en un fluido, lo cual es diferente a la pérdida de calor por conducción donde no ocurre translocación de moléculas.

La convección natural ocurre como resultado de la diferencia de temperatura en un fluido; mientras que convecciones forzadas toman parte como un resultado de la aplicación de una fuerza externa, como en el uso de un ventilador.

El cambio de calor convectivo en una situación dada es

determinado por el coeficiente de convección, que es el calor transferido por la diferencia de temperaturas entre la superficie de un cuerpo y el aire. Sin embargo, dicho coeficiente depende de la velocidad del aire, la presión de vapor y, en el caso de un cerdo, de las características superficiales de tamaño y posición en que se encuentre el animal con respecto a algún flujo de aire. Entre más pequeño es el animal mayor es el coeficiente de convección y menor la capa de aislamiento térmica.

Se ha demostrado que a velocidades bajas de aire hay mayor pérdida de calor del animal, contrario a lo que ocurre a velocidades altas (Cole, 1971).

1.3. Pérdida de calor por conducción.

La pérdida de calor por conducción depende del área de contacto y la diferencia en temperatura de esta área con el animal.

En el caso de un piso frío, el flujo de calor del cerdo está en función de la conductividad térmica y la capacidad de conducción de calor del material del piso. Si el cerdo cambia de posición constantemente es como si no hubiera pérdida de calor por conducción.

Se ha medido la pérdida de calor entre el cerdo y el suelo por medio de un medidor de flujo de calor; encontrándose que el flujo de calor del animal hacia el suelo era mayor con una temperatura del suelo de 27 °C que cuando la temperatura

Al nacimiento la temperatura corporal es de 39 °C, pero

completamente desarrollado (Devendra y Fuller, 1979).
Además, su aparato termorregulador no está
poca grasa subcutánea y escaso pelo que lo recubre en esta
frio que las ovejas y otro tipo de ganado. Esto se debe a la
El cerdo recién nacido está menos protegido contra el

2.1. Lechones.

de los cerdos.

2. Efectos de los cambios de temperatura en el comportamiento

respiratorio triplicada (Cole, 1971).
de agua a través de la piel fue doblada, y la del tracto
que al subir la temperatura ambiental de 16 a 29 °C la pérdida
Se probó en chanchillas de 90 kg equipadas con máscaras,
60% a temperaturas superiores de 34 °C.

de 8% a una temperatura de 9 °C, 10 a 20% a 30 °C, y de 30 a
La pérdida de calor evaporativo en cerdos destetados es
temperatura y la presión de vapor en el ambiente.

respiratorio. La pérdida evaporativa depende de la humedad, la
evaporación del agua de la superficie de la piel o del tracto
La pérdida de calor por evaporación ocurre por la

1.4. Pérdida de calor por evaporación.

vasodilatación a temperaturas más altas.
del suelo era de 21 a 18 °C. Este efecto puede deberse a la

en el transcurso de 2 a 3 horas puede descender a 37 °C. Este descenso tan rápido de temperatura se debe a que las aguas fetales se evaporan y aumentan el enfriamiento. Sin embargo, el lechón recupera la temperatura normal de 39 °C a las 48 horas si las condiciones le son favorables (Concellón, 1970).

El descenso térmico puede producirle la muerte o retrasar el desarrollo posterior, puesto que hace movilizar reservas energéticas que el lechón debería utilizar para crecimiento (Pinheiro, 1973).

Una solución para evitar el enfriamiento en esta etapa es el uso de lámparas térmicas y materiales aislantes en el piso. Los cerdos menores de 7 semanas de edad pueden tolerar temperaturas superiores a 32 °C. Los cerdos menores de 10 semanas de edad, son particularmente susceptibles a diarreas y enfermedades respiratorias provocadas por frío. Por esta razón no se recomienda refrescar a los cerdos jóvenes (McGlone, 1989).

Mc Connell y col. (1987) llevaron a cabo un experimento con 278 cerdos de un peso promedio de 6 kg, durante el invierno de 1982 a 1983, con el objeto de determinar el efecto de la temperatura sobre su comportamiento. Se compararon 2 grupos: el primero sometido a una temperatura de 29 °C con una variación de más o menos 2.8 °C por 4 semanas postdestete y el segundo sometido a 29 °C durante la primera semana postdestete y 24 °C por las 3 semanas siguientes, con un rango de

variación similar al del primer grupo.

Los cerdos sometidos a temperaturas bajas redujeron la ganancia de peso diaria en un 24%, consumieron menos alimento y fueron menos eficientes en la conversión de alimento.

2.2. Cerdos en crecimiento y engorde.

En estas etapas el cerdo es muy sensible a las temperaturas altas extremas, más aún si éstas son permanentes. Esto se debe a que el cerdo ya ha acumulado mayor capa de grasa aislante, posee un número reducido de glándulas sudoríparas, el orificio que comunica sus cavidades nasales con la faringe es de poco diámetro, y a que su organismo no puede refrescarse por una evaporación intensa de agua en la superficie del pulmón mediante la aceleración de los movimientos respiratorios (Concellón, 1961).

Los cerdos en crecimiento y especialmente los que están en fase de terminación necesitan refrescarse durante los periodos de máximo calor. Para refrescar los cerdos eficazmente se pueden usar rociadores de agua o corrales sombreados. El principal efecto causado por el exceso de calor es la reducción en el consumo de alimento y consecuentemente la disminución del aumento de peso (McGlone, 1989).

En Taiwán, colocaron cerdos en etapa de crecimiento a una temperatura de 30 °C separados en dos grupos: un control sin ningún sistema de enfriamiento, y el segundo con aspersores de agua. Los aspersores funcionaron por 2 minutos cada 45

minutos, obteniéndose mayores consumos de alimento, ganancia de peso y mejor eficiencia de conversión en los cerdos tratados con aspersores (Devendra y Fuller, 1979).

En Davis, California, demostraron que los cerdos de 45 kg lograron mejor resultado cuando la temperatura era de 22 °C. Los cerdos a tal temperatura consumieron 250 kg de alimento por cada 100 kg de aumento. Cuando la temperatura fue de 33 °C se requirieron 450 kg de alimento para producir el mismo aumento. Cerdos de 91 kg dieron mejor resultado cuando la temperatura era de 15.5 °C (Bundy y Diggins, 1967).

2.3. Cerdos reproductores.

2.3.1. Hembras en pubertad.

La entrada a la pubertad en cerdos está determinado por factores genéticos, pero eventos culminantes (hormonales) en ésta pueden ser influenciados por factores ambientales. Ha sido informado que la entrada a la pubertad es una función más de la edad que del peso. En cerdas, la entrada a la pubertad ocurre cerca de los 200 días de edad, habiendo una considerable variación entre 135 y 251 días. Esta variación está determinada por varios factores, entre otros, los ambientales (Hughes y Valery, 1980).

Flowers y col. (1989), realizaron un estudio en el cual utilizaron 2 grupos de 20 chanchillas cada uno en ambientes controlados. A los 140 días de edad después de 10 días de

aclimatación a una temperatura de 20 °C y 35% de humedad relativa, 12 horas luz y 12 de oscuridad, se colocó un grupo control a 15 °C, 35% de humedad relativa, y otro a 33.3 °C, 35% de humedad relativa, ambos a 12 horas luz y 12 horas oscuridad. Los cerdos fueron mantenidos en corrales de 5 animales (2.43 x 3.66 m), recibieron una ración de soya y maíz a razón de 2.8 kg/día/animal. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Efectos de temperaturas sobre características reproductivas en chanchillas.

Característica	Temperatura	
	15°C	33.3°C
# de cerdas que alcanzan pubertad antes de 230 días.	8/20 (P<0.03)	4/20
Promedio de edad a pubertad días.	204.5	213.3
Rango de ovulación a pubertad.	12.1	9.3
Incidencia de folículos quísticos.	0/12	8/16

Fuente: Flowers y col. (1989).

Se observa entre los animales sometidos a 33 °C, que menos hembras alcanzaron la pubertad antes de los 230 días, presentando un rango menor de ovulación y una mayor incidencia de folículos quísticos respecto a las hembras sometidas a 15 °C. Asimismo, se encontraron aumentos de la temperatura rectal y el ritmo respiratorio en las cerdas sometidas a altas

temperaturas. La alta temperatura rectal es debida a la alta temperatura a que fueron sometidas. El aumento del ritmo respiratorio es una respuesta del animal para compensar la alta temperatura corporal.

Las bajas y altas temperaturas extremas pueden perjudicar a la hembra reproductora en la fase de gestación. No obstante, en casos extremos las temperaturas elevadas plantean más problema que las temperaturas frías. El efecto de la temperatura es particularmente importante en la fase de fecundación e implantación. Parece ser que la temperatura ideal para esta fase oscila entre 12 y 16 °C (Buxadé, 1984).

El mismo autor indica que la tensión causada por el calor (más de 29.4 °C) provoca la muerte precoz del embrión y esto es particularmente importante cuando los embriones empiezan a implantarse en la pared uterina. Por esta razón se recomienda proteger a las cerdas particularmente en los primeros 30 días de gestación.

A medida que las cerdas progresan hacia la etapa final de su preñez, el utero se llena de fetos metabólicamente activos. El calor excesivo durante la preñez puede ser causa de que nazcan lechones muertos y las cerdas pueden morir si están sometidas a la tensión por calor durante el parto (McGlone, 1989).

2.3.2. El verraco.

Cuando la temperatura del aire sube a más de 29.5 °C se

ha demostrado que empiezan a morir los espermatozoides inmaduros del verraco y dos a ocho semanas más tarde, el eyaculado de éste contendrá muchos espermatozoides muertos. Si la tensión por calor dura varios días o semanas el verraco puede quedar estéril por igual periodo de tiempo, pero con una diferencia de varios días entre la exposición a la ola de calor y la aparición de los espermatozoides muertos. Si el calor es severamente agobiante entonces el eyaculado del verraco puede quedar afectado inmediatamente (McGlone, 1989).

El calor excesivo también influye en el comportamiento sexual del verraco. Cuando la temperatura del aire supera los 37.6 °C el verraco por lo general no monta. Sin embargo, es más importante determinar el efecto de altas temperaturas sobre la fertilidad del semen, ya que el verraco puede continuar montando aunque su eyaculado no tenga la capacidad de engendrar; especialmente si tuvo que soportar calor por periodos prolongados (McGlone, 1989).

Las bajas temperaturas no parecen tener ningún efecto negativo sobre la calidad del semen, por el contrario facilitan su expulsión (Buxadé, 1984).

2.3.3. Cerdas lactantes.

Los principales efectos que producen las altas temperaturas en cerdas lactantes son una reducción en el consumo de alimento, un aumento en la pérdida de peso durante el periodo de lactancia, que puede en ciertos casos traducirse

en una baja en el vigor físico de la cerda, reduciéndose con ello la expresión de estro después del destete. También disminuye la secreción láctea produciendo camadas con menos peso al destete (Maxwell y col., 1989).

3. Sistema de enfriamiento para cerdas lactantes.

Según Murphy y col.(1989), existen 2 métodos básicos para reducir la tensión por calor en cerdos. Uno es incrementando la pérdida de calor reduciendo la temperatura ambiental; el otro consiste en incrementar la pérdida de calor por aumento en la evaporación de la superficie de la piel y tracto respiratorio del cerdo.

El primero se puede lograr mediante el uso de acondicionadores de aire, lo cual ha demostrado ser impráctico debido a su alto costo. El segundo, se puede lograr mediante el enfriamiento periódico por goteo de las hembras. Este último es más económico y está dirigido a la cerda evitando un exceso de frío para los lechones.

El enfriamiento evaporativo de cerdas lactantes por goteo provoca, según McGlone y col. (1988), un aumento en el consumo de alimento, lo que a su vez disminuye la pérdida de peso durante la lactancia, aumenta la producción de leche y consecuentemente, permite obtener un mayor peso al destete de los lechones. También, el mismo autor indica que se ha observado mayor tranquilidad en el comportamiento de las cerdas.

Maxwell y col.(1989), colocaron un sistema de enfriamiento por goteo sobre las jaulas de 98 cerdas lactantes y compararon el efecto de éste contra 112 cerdas sin el sistema de enfriamiento.

El sistema fue regulado para que funcionara a partir de 26 °C de temperatura ambiental por un periodo continuo de un minuto, con intervalos de 10 minutos; cada gotero tenia un flujo de 330 cc. por hora. Las cerdas tuvieron libre disposición de alimento. En el Cuadro 2, se observa que no hubo efecto del enfriamiento sobre el número de lechones destetados por camada, si se presentó efecto significativo sobre el peso al destete para los lechones del grupo de hembras enfriadas. Asimismo, las hembras con el sistema de enfriamiento mostraron mayor comfort, reduciendo su ritmo respiratorio. Es importante resaltar en este sentido que el efecto del sistema de enfriamiento fue mayor a temperaturas más elevadas.

Murphy y col.(1987), llevaron a cabo otro experimento con enfriadores por goteo para determinar los efectos de éste sobre el comportamiento de cerdas lactantes y su camada.

Cuadro 2. Efectos del enfriamiento por goteo en el comportamiento de cerdas lactantes.

Característica	C/goteros	S/goteros
# de cerdas	98	112
# de lechones nacidos vivos por camada.	10.8	10.7
# de lechones destetados por camada.	8.7	8.7
Peso al destete por lechón. (kg).	7.2 (P<0.001)	6.8
Edad al destete (Días).	28.2	27.7
Ganancia diaria de peso por lechón (kg).	0.196 (P<0.001)	0.181
Ritmo respiratorio /minuto de la cerda a:		
27°C	22	40
31°C	38	68
35°C	73	105

Fuente: Maxwell y col. (1989).

Sometieron a prueba 29 cerdas que dividieron en 2 grupos, uno con goteros y otro sin goteros. Los goteros fueron colocados a 0.5 m de la parte frontal de la jaula de maternidad sobre la cerda, para que humedecieran la región comprendida entre el cuello y los hombros de la cerda. Los goteros funcionaban a partir de 28 °C a un flujo de 4 l/hora.

Los resultados se incluyen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Efectos del enfriamiento por goteo en el comportamiento de cerdas lactantes y sus camadas.

Característica	C/goteo	S/goteo
# de lechones nacidos vivos.	11	10.8
# de lechones destetados	10.6	10.1
Peso camada al destete (kg).	56.21	50.91
Pérdida de peso de la cerda durante lactación (kg).	3.79	17.48
Consumo diario de la cerda (kg).	5.74	4.79
Ritmo respiratorio /min. cerda	28.5	63.6

Fuente: Murphy y col. (1987).

Todos estos datos fueron significativos a $P < 0.05$ en la separación de medias de la prueba de Duncan.

En el Cuadro 3, se observa que el enfriamiento por goteo produjo un efecto significativo en todas las variables medidas: número de lechones destetados, pérdida de peso y consumo diario de la cerda durante la lactancia, así como ritmo respiratorio. Particularmente importantes son los efectos sobre la cerda en cuanto a menor pérdida de peso y mayor consumo, que son precisamente los principales efectos negativos que se observan en cerdas lactando bajo condiciones tropicales.

En resumen los antecedentes anteriores, indican que las altas temperaturas constituyen un problema que merece especial atención en la producción porcina. Si se quiere mejorar la productividad y la eficiencia económica se deben buscar los medios adecuados para proporcionar a los cerdos un mejor habitat. En los trópicos donde las temperaturas altas son comunes, el entramiento por goteo puede desempeñar un papel importante para mejorar dichos parámetros.

III. MATERIALES Y METODOS

1. Localización y fecha del estudio

El presente experimento se realizó en la Sección de Cerdos de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicada a 36 Km al este de Tegucigalpa, Honduras; en el periodo comprendido entre agosto de 1990 y enero de 1991.

2. Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos experimentales empleados se describen esquemáticamente en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Arreglo de los tratamientos experimentales con cerdas lactantes enfriadas por goteo.

Tratamiento principal.	I Con goteo		II Sin goteo	
Tratamiento secundario.	1	2	3	4
(tipo de jaula de parición)	Jaula con dedos	Jaula barra desplazada	Jaula con dedos	Jaula barra desplazada

Como se observa los tratamientos fueron arreglados como un diseño factorial de 2x2, ya que la maternidad usada para el experimento posee jaulas de parición de dos tipos. Se usó esta variable como tratamiento secundario para poder apreciar su posible importancia o efecto sobre los tratamientos principales, que fueron los de hembras lactantes con goteo (I) y sin goteo (II). Las hembras fueron asignadas a los distintos

tratamientos en forma progresiva y considerando para esta asignación su número ordinal de parto.

3. Características de la maternidad y de las jaulas

La maternidad usada consta de 14 jaulas de parición distribuidas en dos hileras con siete jaulas del tipo barra con dedos y siete con barra desplazada. Cada jaula tiene 2 m de largo x 0.75 m de ancho x 1 m de alto, tienen un área frontal para los lechones de 1 x 1.8 m. El piso de la jaula es ranurado con malla de hierro plastificada. La sala de maternidad consta de dos pasillos laterales de 1 m de ancho cada uno, y un pasillo central de 1.3 m de ancho que separa las dos hileras de jaula.

4. Sistema de enfriamiento

Se usó un sistema por goteo marca "Edstrom". Los goteros fueron colocados en la parte superior de la jaula a 0.5 m del área frontal para evitar un exceso de humedad en los comederos y descargar su flujo directamente sobre el área comprendida entre el cuello y los hombros de la cerda. Los goteros se regularon a un flujo de tres litros de agua por gotero por hora y funcionaban cuando la temperatura ambiental sobrepasaba los 27 °C por periodos de tres minutos con lapsos de descanso de 10 minutos.

5. Animales y su manejo

Se utilizó para el estudio un total de 36 cerdas mestizas (Landrace x Duroc x York). Las cerdas eran introducidas a la maternidad una semana antes de el parto y separadas de sus camadas a los 35 días de lactación. Se alimentó las cerdas con una ración de lactación de 15% de proteína cruda (Anexo 1), la que se ofreció a libre consumo. A la edad de 10 días los lechones tuvieron acceso a una ración de preinicio con 20% de proteína cruda (Anexo 2) a libre consumo.

6. Controles experimentales

Los controles experimentales tomados a lo largo del experimento se describen a continuación:

- Número y peso de los cerdos nacidos.
- Número y peso de los cerdos destetados.
- Consumo de alimento de las camadas.
- Consumo de alimento diario de la cerda durante lactación.
- Pérdida o ganancia de peso de la cerda durante lactación.
- Ritmo de respiración y temperatura rectal de la cerda, tomadas dos veces a la semana durante el período de lactación.
- Rango de temperaturas ambientales mínimas y máximas durante el período de ensayo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

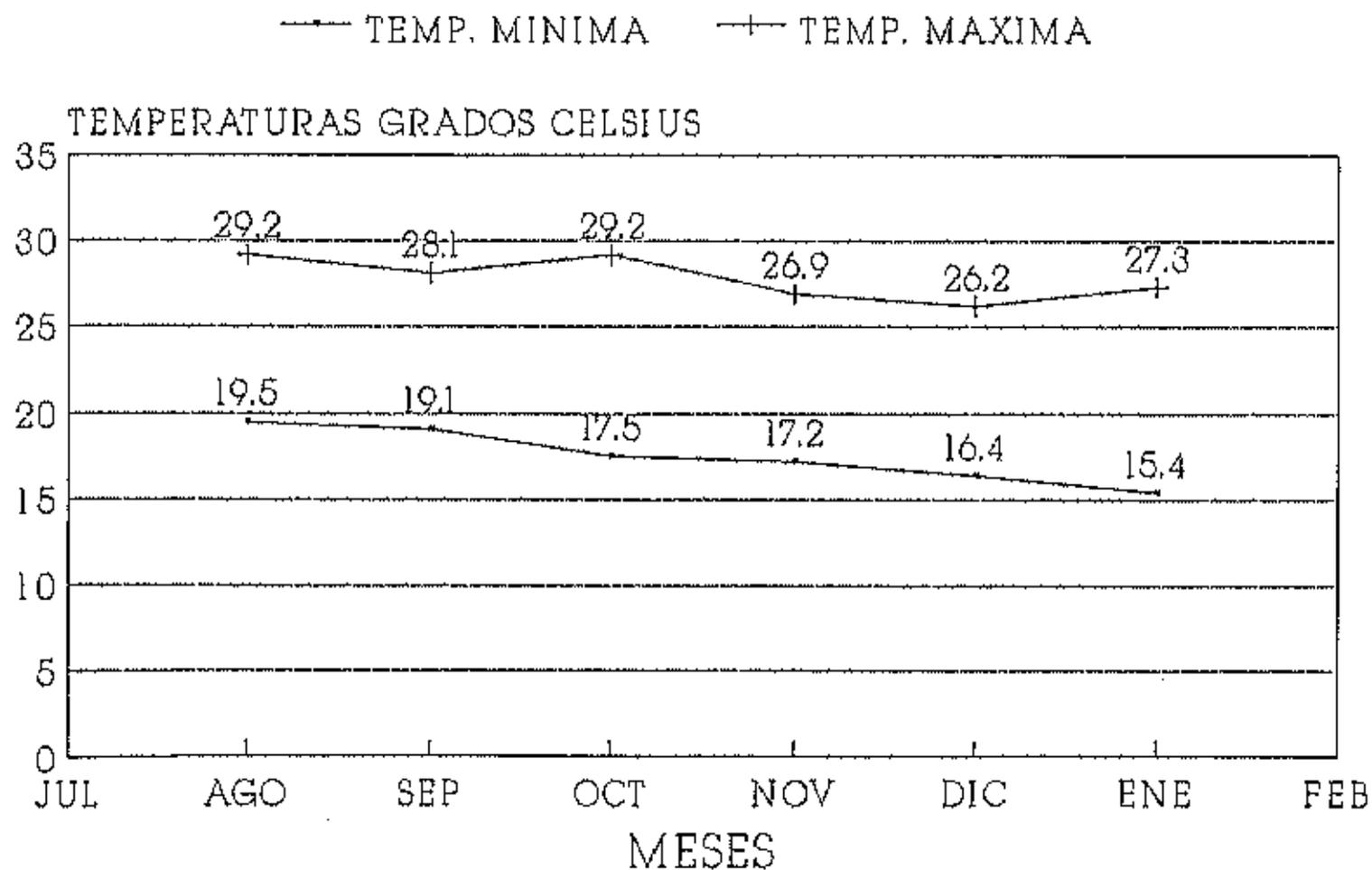
Durante el período experimental las temperaturas mínimas y máximas registradas entre los meses de agosto a enero fueron de 17.47 ± 1.63 y $27.94 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1.36$, respectivamente (Ver Anexos del 3 al 8). Las temperaturas mínimas y máximas mensuales se muestran en la gráfica 1. Se observa que el promedio de temperaturas máximas entre los meses de noviembre y diciembre fueron inferiores a $27 \text{ }^\circ\text{C}$, por lo que el sistema de enfriamiento funcionó en pocas ocasiones.

Debido a que no se encontró interacciones entre el enfriamiento y el tipo de jaula, los datos obtenidos se analizaron como un Diseño Completamente al Azar con dos tratamientos: Hembras con enfriamiento (I) y Hembras sin enfriamiento (II).

En el Cuadro 5, se puede observar que las hembras del grupo II, en promedio tienen más lechones nacidos vivos que el grupo I ($P=0.045$). Este aumento es un efecto debido al azar y al alto grado de variación que tiene el parámetro de lechones nacidos vivos y no está directamente relacionado con los tratamientos de enfriamiento.

El efecto de mayor número de lechones nacidos vivos en el grupo II sobre el grupo I (11.65 y 10.26) se mantuvo al destete (9.85 vrs. 8.75), indicando que los tratamientos de enfriamiento y no enfriamiento no modificaron la supervivencia de los lechones en el grupo I y II (14.7 y 15.5% de mortalidad).

Gráfica 1. Temperaturas mínimas y máximas de agosto a enero (1990-1991).



Fuente: Estación climatológica E.A.P.

Cuadro 5. Resultados generales del comportamiento de las camadas de cerdas lactantes con y sin sistema de enfriamiento (datos no corregidos).

Característica	TRATAMIENTO		Error Estándar
	I Con goteo	II Sin goteo	
# de cerdas	19	17	--
# de parto promedio	5.2	4.2	--
Promedio de lechones nacidos vivos por cerda.	10.26	11.65	0.32*
Promedio de lechones destetados por cerda.	8.75	9.85	0.28*
% de mortalidad nacimiento al destete.	14.70	15.50	--
Peso promedio del lechón al destete (kg).	7.78	6.67	0.23*

* Significancia = $P < 0.05$

Al contrario, en cuanto al peso promedio al destete por lechón se puede observar que existió una diferencia ($P=0.039$) a favor de los lechones de hembras enfriadas (7.78 vs. 6.67 kg/lechón), lo que podría indicar un posible efecto positivo del enfriamiento. Sin embargo, como se observa más adelante al corregir estos datos por regresión múltiple este efecto no es significativo.

Con el objeto de asegurar que los efectos producidos por el tratamiento principal eran reales, los datos obtenidos fueron corregidos por regresión de tal manera de aislar el efecto de otras variables que podrían estar afectando los resultados.

Los datos corregidos se presentan a continuación divididos en lo que corresponde al comportamiento de los lechones y al que corresponde al comportamiento de la hembra.

1. Efectos sobre el comportamiento de la camada

En el Cuadro 6, se presentan los resultados corregidos correspondientes al comportamiento de la camada.

Cuadro 6. Datos corregidos de los efectos del sistema de enfriamiento sobre el comportamiento de los lechones.

Característica	TRATAMIENTO		Error Estándar
	I Con goteo	II Sin goteo	
# de camadas	19	17	--
Peso promedio al destete por lechón (kg).	7.34	7.16	0.12 ns
Consumo de alimento camada por día (kg).	0.247	0.214	0.03 ns
# promedio de lechones muertos por camada.	1.28	2.10	0.19 *

ns= no significativo

* = significancia $P < 0.05$

1.1. Peso promedio al destete por lechón.

En el Cuadro 6, se observa que los pesos promedios corregidos por lechón al destete de camadas de cerdas enfriadas y no enfriadas no fueron estadísticamente diferentes (Ver Anexo 9). La corrección de este parámetro se hizo en base a los pesos promedios al nacimiento por lechón, consumo de alimento y consumo de alimento por camada (Ver Anexo 10). Por lo tanto bajo las condiciones del presente estudio, el enfriamiento por goteo no tuvo un efecto en el desarrollo de los lechones al destete. Esto es contrario a los resultados de Murphy y col. (1987), quienes informaron diferencias entre los pesos de los lechones de cerdas enfriadas y no enfriadas (5.34 vrs 5.05 kg, respectivamente) destetados a los 24.3 días en promedio. El número promedio de lechones destetados fue de 10.6 en cerdas con el sistema de enfriamiento y de 10.1 en cerdas sin sistema de enfriamiento. De la misma forma Maxwell y col. (1989) en otro estudio informaron diferencias en el peso promedio de los lechones de cerdas enfriadas (7.2 kg) y lechones de cerda no enfriadas (6.8 kg). Ellos atribuyen esta diferencia a un aumento en la producción láctea de las cerdas con el sistema de enfriamiento.

1.2. Consumo de alimento de la camada.

Entre los consumos de alimento de camadas de cerdas enfriadas y no enfriadas (0.247 y 0.214 kg respectivamente) no se encontró diferencias (Ver Anexo 9). Los consumos fueron

extremadamente variables (C.V 81%) y por lo tanto ningún ajuste por regresión resultó estadísticamente significativo. Esta gran variación observada concuerda con la información presentada por Hardy (1991), quien informó una gran variación en los consumos de alimento entre camadas (0 a 0.671 kg por camada/día), y entre los cerdos de una misma camada. El mismo autor informa consumos de 0.225 kg/día para nueve lechones destetados hasta los 28 días.

1.3. Muertes totales de lechones durante lactación.

El número de lechones muertos por camada hasta el destete fueron corregidos por una regresión simple considerando sólo el parámetro de número de lechones nacidos vivos. Los valores encontrados indican diferencias ($P=0.029$; Ver Anexo 9) entre las muertes de lechones de camadas de cerdas con enfriamiento (1.28 lechones muertos) y las muertes de camadas de cerdas sin enfriamiento (2.10 lechones muertos). Este efecto podría deberse a que las cerdas enfriadas mostraron en general mayor confort que las cerdas no enfriadas particularmente en lo que se refiere a más tranquilidad, lo que disminuyó las muertes por aplastamiento. Similar efecto fue presentado por McGlone (1988), quien observó que cerdas sometidas a enfriamiento por goteo tenían 12.1% de mortalidad de lechones, mientras que las sin goteo mostraban una mortalidad de 21.8% al destete. Concellón (1970) al respecto indica que un exceso de agitación en las cerdas provoca un mayor número de muertes por

aplastamiento. Sin embargo, Murphy y col. (1987) en otro estudio no encontraron diferencias en cuanto a mortalidad entre camadas de cerdas enfriadas y no enfriadas.

2. Efectos del enfriamiento por goteo en el comportamiento de cerdas lactantes.

2.1. Consumo de alimento de la cerda.

En el Cuadro 7, se observa que para la variable consumo de alimento de la cerda no se encontró diferencias entre tratamientos. Los intentos de ajuste de esta variable por regresión tampoco fueron significativos. El consumo de alimento promedio por cerda fue muy similar, no encontrándose diferencias (Ver Anexo 12) para cerdas enfriadas (6.41 kg/día), con respecto a las que estuvieron sin enfriamiento (6.31 kg/día). Esto puede deberse a que las temperaturas de la maternidad durante la noche, bajaron lo suficiente como para compensar y permitir un consumo adecuado de las cerdas que no estuvieron bajo el sistema de enfriamiento. Murphy y col. (1987), encontraron diferencias en el consumo de alimento de cerdas enfriadas y no enfriadas, pero esto se determinó a temperaturas constantes en la maternidad de 28 °C. McBlone y col. (1988), también encontraron diferencias entre cerdas enfriadas y no enfriadas manteniendo la temperatura de la maternidad a 29 °C con una desviación de ± 2.4 °C.

Cuadro 7. Consumo de alimento y ganancia de peso de las cerdas con y sin enfriamiento.

Variable	TRATAMIENTO		Error Estándar
	I Con goteo	II Sin goteo	
# de cerdas	19	17	---
Consumo de alimento de la cerda (kg/día).	6.41	6.31	0.14 ns
Ganancia de peso de la cerda durante lactación (kg).	7.64	1.95	2.17 ns

ns= no significativo

2.2. Ganancia de peso de la cerda durante lactancia.

Existió una gran variabilidad entre los dos grupos experimentales, así como para cerdas dentro de cada grupo experimental. El ajuste hecho de los datos por regresión múltiple se hizo en base al número de lechones nacidos en la camada, número ordinal de parto de la cerda, consumo de alimento de la cerda y días en lactación de la cerda (Ver Anexo 13) y a pesar de que fue significativo ($P=0.002$), no permitió reducir la variabilidad de los valores ajustados a niveles aceptables (C.V. 265%).

Los promedios para ambos tratamientos 7.64 kg/hembra vrs. 1.95 kg/hembra (Ver Cuadro 7), no son por lo tanto estadísticamente diferentes (Ver Anexo 12), indicando que tanto las hembras enfriadas como las no enfriadas tienen aumentos de peso durante la lactancia.

El hecho de que las cerdas no perdieran peso durante la lactancia, confirma nuevamente que el factor ambiental (altas temperaturas) no fue lo suficientemente intenso como para provocar una reducción del consumo de alimento de la cerda. Murphy y col. (1987), informaron tanto para hembras enfriadas (-2.75 kg) y no enfriadas (-9.43 kg) pérdidas de peso durante la lactancia, que fueron estadísticamente superior para las no enfriadas. Sin embargo los consumos de alimento por cerda en este estudio fueron inferiores (5.74 kg para cerdas enfriadas y 4.79 kg para cerdas sin enfriamiento) a los determinados en este estudio (6.41 kg para cerdas enfriadas y 6.31 kg para cerdas no enfriadas).

2.3. Parámetros fisiológicos.

Los parámetros de ritmo respiratorio y temperatura rectal se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Parámetros fisiológicos de cerdas lactantes.

Variable	TRATAMIENTO		Error Estandar
	I Con goteo	II Sin goteo	
# de cerdas	19	17	--
Ritmo respiratorio de la cerda/minuto.	54.54	75.84	2.68***
Temperatura rectal de la cerda (°C).	39.15	39.57	0.07**

***= significancia $P < 0.001$ ** = significancia $P < 0.01$

Se debe recordar que ambos parámetros fueron medidos dos veces por semana a las 2:00 pm, coincidiendo con la hora en que normalmente la temperatura diaria es más alta.

En cuanto al ritmo respiratorio se encontró diferencias ($P=0.001$) entre las cerdas enfriadas, con 54.54 respiraciones por minuto, y las no enfriadas con 75.84 respiraciones por minuto (Ver Anexo 14). Esto está indicando que efectivamente durante las horas de más calor el sistema de enfriamiento por goteo fue efectivo en reducir la tensión momentánea de calor de las cerdas y también apoya la tesis de que por ello las cerdas enfriadas estaban menos agitadas y consecuentemente aplastaron menos lechones. Estos datos de ritmo respiratorio coinciden con los resultados presentados por Murphy y col. (1987) y Maxwell y col. (1989), que determinaron que el ritmo respiratorio por minuto en cerdas bajo enfriamiento por goteo es reducido, cuando la temperatura ambiental se encuentra en el rango de 27 a 35 °C.

Las temperaturas rectales fueron también estadísticamente menores ($P=0.003$; Ver Anexo 14) en las hembras enfriadas con respecto a las no enfriadas (39.15 y 39.57 respectivamente) indicando nuevamente que existe un efecto de reducción de la tensión de calor a altas temperaturas cuando se usa el sistema de enfriamiento por goteo. Al respecto Devendra y Fuller (1979), señalan que los cerdos mantiene su temperatura corporal en una zona termoneutral de 39 °C y que si esta temperatura interna sube los cerdos tratan de disipar el

exceso de calor aumentando el flujo sanguíneo hacia la piel.

V. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones experimentales en que se desarrollo el presente trabajo y de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que:

1. Bajo las condiciones ambientales del valle del Zamorano, el efecto del sistema de enfriamiento por goteo usado en cerdas lactantes durante los meses de agosto a enero no produjo diferencias significativas en los parámetros de peso promedio de lechones al destete, consumo de alimento por camada, consumo de alimento de la cerda y ganancia de peso de la cerda durante la lactancia.
2. El único parámetro productivo que fue afectado significativamente fue el de número de lechones muertos por camada, el cual se redujo significativamente ($P=0.029$) en el grupo de cerdas enfriadas por goteo. Esto se atribuye a que las hembras enfriadas permanecieron menos agitadas durante los periodos de más calor y por lo tanto aplastaron menos lechones.
3. Las variables fisiológicas de ritmo respiratorio y temperatura rectal de las hembras fueron también afectadas significativamente por el enfriamiento por goteo. Por lo tanto el goteo fue efectivo en reducir la tensión por calor que se produce en ciertos periodos del día, contribuyendo con ello a que la hembras enfriadas se encuentren menos agitadas durante los periodos de calor

extremo.

4. Es posible que los efectos positivos del enfriamiento por goteo sobre el comportamiento de las cerdas y sus camadas sean más notorios, para las condiciones de la E.A.P., si la evaluación se realiza durante los meses de marzo a agosto.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda repetir esta investigación para las condiciones del valle del Zamorano, entre los meses de marzo a agosto, que es la época en que se presentan las condiciones de temperatura más altas.
2. De acuerdo a los resultados del presente estudio, durante los meses de noviembre, diciembre y enero, las condiciones de temperatura no ameritarían el uso de este sistema de enfriamiento, ya que las temperaturas máximas promedio solo ocasionalmente sobrepasaron los 27 °C.
3. Se recomienda en futuros trabajos, evaluar el sistema de enfriamiento en condiciones más extremas, como sería en la costa norte de Honduras y también por la gran variabilidad que presentan algunos parámetros, aumentar significativamente el número de cerdas en experimento.

BIBLIOTECA VICENTE FERRER
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
AMERICANOS
TEGUCIGALPA HONDURAS

VII. RESUMEN

Con el objeto de obtener información acerca del efecto que tiene el uso de un sistema de enfriamiento evaporativo por goteo para cerdas lactantes sobre el comportamiento de éstas, y sus camadas, se montó un experimento en la Escuela Agrícola Panamericana, durante los meses de agosto (1990) a enero (1991). Se utilizó un total de 36 cerdas con sus respectivas camadas divididas en dos tratamientos: 19 cerdas con enfriamiento y 17 cerdas sin enfriamiento. Para el análisis estadístico se usó un Diseño Completamente al Azar. Los resultados obtenidos fueron corregidos por medio de una regresión simple y múltiple, con el objeto de disminuir la influencia de otras variables. No se encontró diferencias en los consumos de alimento y pesos promedios de lechones al destete entre los dos tratamientos. El número de lechones muertos por camada fue menor en las cerdas que estuvieron con enfriamiento ($P=0.029$) respecto a las que no tuvieron acceso a él. Los consumos de alimento y ganancias de peso de las cerdas hasta el destete fueron similares en los dos tratamientos. Los parámetros fisiológicos ritmo respiratorio y temperatura rectal de la cerda fueron menores en las cerdas con el sistema de enfriamiento ($P=0.001$ y $P=0.003$, respectivamente).

VIII. BIBLIOGRAFIA

- BUNDY, C.E. y R. V. DIGGINS. 1967. Producción porcina. Trad. de la 1era ed. en Ingles por Humberto Anchondo. Compañía Editorial Continental S. A., Barcelona, España. 379 pp.
- BUXADE, C. 1984. Ganado porcino. Ediciones Mundi-Prensa 640 pp.
- CARROLL, W. y J. KRIDER. 1960. Explotación del cerdo. Trad. por Andrés Suárez y Suárez y Julio Marcos Fernández. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 526 pp.
- COLE, J. 1971. Pig production. Page Bros Ltd. Norwich, England. 457 pp.
- CONCELLON, A. 1961. Porcinocultura, explotación del cerdo y sus productos. Editorial Aedos. Barcelona, España. 399 pp.
- CONCELLON, A. 1970. La cerda y su camada. Editorial Aedos. Barcelona, España. 330 pp.
- DEVENDRA, C. y M. F. FULLER. 1979. Pig production in the tropics. Oxford University. England. 172 pp.
- FLOWERS, B.; M. J. MARTIN.; T. C. CANTLEY y B. N. DAY. 1989. Effect of elevated ambient temperatures on puberty in gilts. J. Animal Sci. 67:779-784.
- HARDY, B. 1991. Food for thought in the nursery. Pig Improver. 11:8
- HUGHES, P. y M. VALERY. 1980. Reproduction in the pig. Butterworth & Co Ltd. England. 241 pp.
- MAXWELL, R.C.; R. S. CUTLER y A. P. L. CALLINAN. 1989. Drip cooling lactating sows improves performance and comfort. Department of Agriculture on Rural Affairs. Bendigo, Australia. 3 pp.
- McCONNELL, J.C.; J.C. EARGLE y R.C. WALDORF. 1987. Effects of weaning weight, co-mingling, group size and room temperature on pig performance. J. Animal Sci. 65(5)1201-1206.
- McGLONE, J. 1989. Disminuya la tensión por calor. Industria Porcina, 9:15-17.

- McGLONE, J.; W. STANSBURY y L. TRIBBLE. 1988. Management of lactating sows during heat stress: effects of water drip, snout coolers, floor type and a high energy density diet. *J. Animal Sci.* 66:885-891.
- MURPHY, J.; D. NICHOLS y F. ROBBINS. 1987. Drip cooling of lactating sows. *Applied Engineering in Agriculture*, 3(2):200-202.
- MURPHY, J.; D. NICHOLS y F. ROBBINS. 1989. Drip cooling of lactating sows. *Pigs*, 5 (3):13-15
- PINHEIRO, L. 1973. *Los cerdos*. Editorial Hemisferio Sur S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 498 pp.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Ración de lactación con 15% de proteína cruda.

INGREDIENTE	PORCENTAJE
Sorgo/maíz	71.40
Harina de soya	12.40
Harina de carne	5.70
Sal	0.50
Vitamelk cerdos	0.13
Melaza	10.00

Anexo 2. Ración de preinicio para lechones con 20% de proteína.

INGREDIENTE	PORCENTAJE
Maíz	64.50
Harina de soya	23.00
Harina de carne	3.00
Leche descremada	5.00
Sal	0.50
Carbonato de Calcio	0.50
Fósforo 18	0.50
Vitamelk cerdos	0.30
Mecadox	0.30
Aceite de palma	3.00

Anexo 3 Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de agosto de 1990

FECHA	MIN.	MAX.	FECHA	MIN.	MAX.
1	17.7	30.0	17	19.8	25.4
2	21.3	30.2	18	20.0	27.0
3	17.7	30.0	19	20.2	29.2
4	19.2	32.6	20	20.5	28.0
5	18.2	32.2	21	19.5	28.0
6	18.7	30.8	22	20.2	24.8
7	16.5	30.0	23	19.0	28.3
8	15.2	31.2	24	20.3	28.8
9	20.7	30.2	25	18.7	29.0
10	20.8	31.1	26	19.5	29.0
11	19.5	27.7	27	19.2	28.4
12	20.5	29.8	28	20.2	29.9
13	20.0	28.6	29	20.2	30.0
14	19.8	28.2	30	20.2	29.2
15	20.0	28.2	31	20.2	29.5
16	20.0	29.9			

Anexo 4 Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de septiembre 1990.

FECHA	MIN.	MAX.	FECHA	MIN.	MAX.
1	18.2	27.4	16	19.5	29.6
2	17.2	28.4	17	19.7	29.4
3	17.3	28.4	18	20.2	29.8
4	17.2	28.2	19	18.0	28.4
5	19.5	28.8	20	18.0	29.6
6	19.5	26.8	21	18.9	29.8
7	17.5	29.0	22	19.0	28.8
8	16.0	29.8	23	18.5	26.5
9	19.0	29.2	24	19.3	28.0
10	18.7	30.4	25	21.1	29.4
11	20.0	30.5	26	20.0	30.0
12	19.8	30.9	27	20.0	28.6
13	19.0	30.6	28	20.2	29.4
14	19.2	28.4	29	20.0	27.2
15	19.5	28.6	30	19.7	29.2

Anexo 5 Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de octubre de 1990.

FECHA	MIN.	MAX.	FECHA	MIN.	MAX.
1	21.2	29.8	17	18.7	30.5
2	20.5	29.4	18	17.3	30.0
3	25.5	29.6	19	18.2	27.8
4	17.7	29.2	20	17.5	28.2
5	17.7	29.4	21	19.2	28.6
6	17.0	29.5	22	19.5	30.2
7	17.0	29.8	23	18.0	30.4
8	18.2	30.2	24	18.0	30.6
9	16.7	29.4	25	16.7	30.7
10	16.0	30.4	26	17.0	26.0
11	16.0	30.2	27	12.7	25.4
12	16.0	31.2	28	11.3	27.0
13	19.8	30.4	29	12.7	27.6
14	19.3	29.0	30	12.5	27.4
15	20.2	29.9	31	13.0	28.4
16	19.0	29.6			

Anexo 6 Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de noviembre de 1990.

FECHA	MIN.	MAX.	FECHA	MIN.	MAX.
1	17.3	29.4	16	18.2	26.0
2	18.0	28.4	17	18.0	27.4
3	17.5	27.6	18	17.5	27.5
4	18.2	25.6	19	17.3	25.9
5	19.0	26.5	20	17.8	26.3
6	18.7	30.0	21	18.7	25.8
7	18.5	29.6	22	17.7	25.6
8	17.7	28.8	23	16.0	27.2
9	15.7	30.0	24	13.5	26.8
10	18.5	28.9	25	13.2	27.0
11	17.5	24.6	26	17.0	26.4
12	15.3	23.2	27	17.0	26.4
13	14.0	25.0	28	17.0	27.7
14	16.7	26.8	29	17.7	24.8
15	18.0	24.3	30	18.0	27.9

Anexo 7 Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de diciembre de 1990.

FECHA	MIN.	MAX.	FECHA	MIN.	MAX.
1	17.5	26.5	17	17.0	27.0
2	17.2	25.8	18	15.5	25.8
3	18.0	26.8	19	15.2	28.1
4	18.5	26.7	20	15.2	27.0
5	17.8	26.4	21	17.2	27.6
6	17.5	26.5	22	18.2	26.6
7	16.5	27.2	23	16.1	27.0
8	17.0	25.8	24	16.2	26.9
9	15.2	23.9	25	15.7	25.4
10	10.8	21.9	26	16.7	27.0
11	13.7	25.0	27	14.0	24.5
12	16.5	25.6	28	17.0	26.2
13	16.7	27.0	29	16.5	26.0
14	16.5	26.8	30	16.1	25.9
15	18.5	24.9	31	16.1	26.2
16	18.0	26.8			

Anexo 8 Temperaturas mínimas y máximas durante el mes de enero de 1991.

FECHA	MIN.	MAX.	FECHA	MIN.	MAX.
1	16.1	27.0	17	14.0	28.8
2	17.0	25.0	18	16.2	27.0
3	16.1	24.6	19	15.0	27.5
4	17.0	26.4	20	10.8	29.0
5	17.2	25.1	21	14.0	29.2
6	16.1	26.7	22	12.0	29.0
7	16.0	26.5	23	15.0	26.6
8	15.7	27.2	24	14.3	28.4
9	17.5	26.5	25	15.0	27.6
10	17.0	27.2	26	14.3	23.6
11	17.0	27.3	27	14.3	25.8
12	15.0	27.0	28	17.7	28.5
13	16.0	27.6	29	14.2	28.8
14	16.7	26.4	30	16.7	28.6
15	17.5	28.4	31	14.0	29.0
16	12.5	29.0			

Anexo 9. Cuadrados medios de tratamientos y error para el ANDEVA de peso promedio lechones al destete (PPLD), consumo de alimento por camada (CALCA) y muertes totales de lechones (MTL).

DESCRIPCION	G.L.	PPLD	CALCA	MTL
Tratamientos	1	0.297	0.010	6.115
Error	34	0.526	0.035	1.189
Probabilidad		ns	ns	0.029
C.V.		10%	81%	65.42%

ns= no significativo

Anexo 10. Ecuación de regresión múltiple usada para corregir los pesos promedios por lechón al destete.

$$Y = 0.3818 + 2.4451x_1 + 2.335x_2 + 0.08189x_3$$

Variables independientes:

X_1 = Peso promedio lechón al nacimiento (kg).

X_2 = Consumo de alimento camada día (kg).

X_3 = Días en lactancia de la camada.

Coefficiente de regresión múltiple: $r = 0.52$

Anexo 11. Ecuación de regresión múltiple usada para corregir el número de lechones muertos por camada.

$$Y = -4.8457 + 5.967 \times 10^{-4}x$$

Variable independiente:

X = Número de lechones nacidos vivos por camada

Coefficiente de regresión múltiple: $r = 0.38$

$P = 0.001$

Anexo 12. Cuadrados medios de tratamientos y error para el ANDEVA de consumo de alimento de la cerda (CAC) y ganancia de peso de la cerda (GPC).

DESCRIPCION	G.L.	CAC	GPC
Tratamientos	1	0.083	302.467
Error	34	0.715	165.587
Probabilidad		ns	ns
C.V.		13.28%	264.81%

ns= no significativo

Anexo 13. Ecuación de regresión múltiple utilizada para el ajuste de ganancias de peso de la cerda.

$$\begin{aligned}
 Y = & -285.56 + 4.89 \times 10^{-1} x_1 - 4.75 x_2 + 2.79 \times 10^{-1} x_3 - 5.059 x_4 \\
 & - 2.18 x_1^2 + 9.048 \times 10^{-2} (x_2)^2 - 9.30 \times 10^{-2} (x_3)^2 + \\
 & 6.15 \times 10^{-2} (x_4)^2 - 1.886 x_1 x_2 x_3 x_4.
 \end{aligned}$$

Variables independientes:

- x_1 = # de lechones nacidos vivos.
- x_2 = # ordinal de parto.
- x_3 = Consumo de alimento de la cerda.
- x_4 = Días en lactación.

Coefficiente de regresión múltiple: $r = 0.59$
 $P = 0.002$

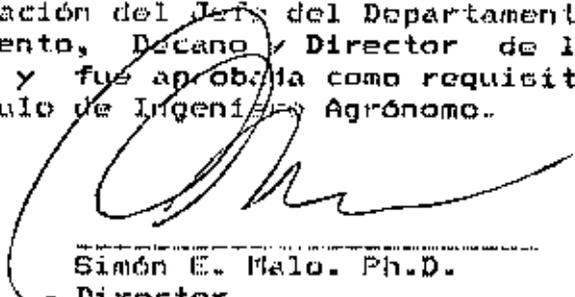
Anexo 14. Cuadrados medios de tratamientos y error para el ANDEVA de diferentes medias en las variables ritmo respiratorio de la cerda (RRC) y temperatura rectal de la cerda (TRC).

DESCRIPCION	G.L.	RRC	TRC
Tratamientos	1	4087.00	1.537
Error	34	143.68	0.155
Probabilidad		0.001	0.003
C.V.		18.63%	1.00%

Esta Tesis fue preparada bajo la dirección del Consejero Principal del Comité de Profesores que asesoró al candidato y ha sido aprobada por todos los miembros del mismo.

Fue sometida a consideración del Jefe del Departamento y Coordinadores del Departamento, Decano y Director de la Escuela Agrícola Panamericana y fue aprobada como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo.

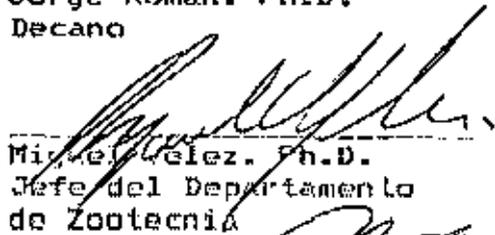
Mayo de 1991



Simón E. Malo. Ph.D.
Director



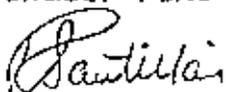
Jorge Román. Ph.D.
Decano



Miguel Velaz. Ph.D.
Jefe del Departamento
de Zootecnia

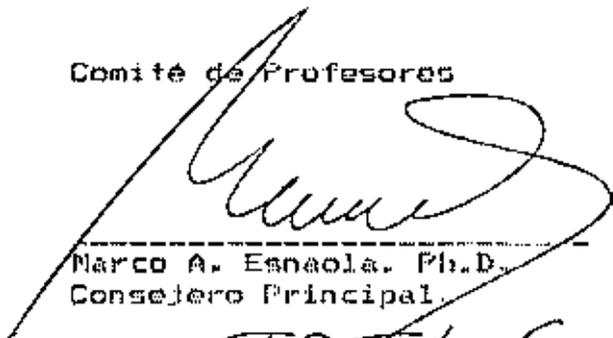


Beatriz Arillo, M.S.A.
Coordinador PIA.

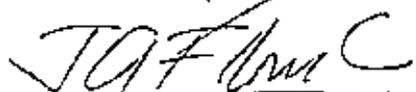


Raúl Santillán. Ph.D.
Coordinador PIA.

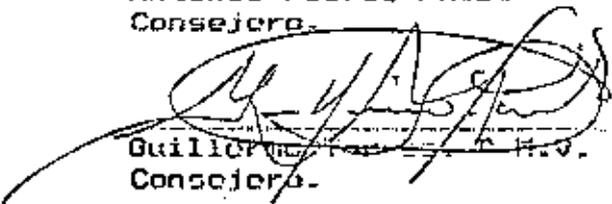
Comité de Profesores



Marco A. Esnaola. Ph.D.
Consejero Principal.



Antonio Flores Ph.D.
Consejero.



Guillermo... Ph.D.
Consejero.