

01674

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

22



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL  
SOBRE EL BIENESTAR DE LECHONES DESTETADOS  
A 14 DIAS DE EDAD

207749

**T E S I S**

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
PRODUCCION Y DE LA SALUD ANIMAL  
PRESENTADO POR:

**MVZ. EPA. LUIS FELIPE RODARTE COVARRUBIAS**



TUTOR PRINCIPAL: DR. FRANCISCO GALINDO MALDONADO

COMITE TUTORIAL

MSc JOSE MIGUEL DOPORTO DIAZ

DRA. MARIA DE LOURDES ALONSO SPILSBURY

MEXICO, D. F.,

ABRIL DE 2001.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DECLARACIÓN

En mi carácter de autor, doy consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que la tesis esté disponible, para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

MVZ. EPA. Luis Felipe Rodarte Covarrubias.

## DEDICATORIAS

A Dios.

Por darme la oportunidad de vivir esta vida plena de satisfacciones.

A mis padres.

Miguel Angel Rodarte Cabrera y Yolanda Covarrubias de Rodarte.

Por su gran amor y dedicación para conmigo.

A mis hermanos.

María Angélica, por su apoyo y consejos.

Miguel Ángel, por cuidarme desde el cielo.

A mis sobrinos.

Christian, Giselle e Ilse.

Por darme su alegría y amor, cada vez que estoy con ellos.

A mis amigos y compañeros.

Por cada momento de apoyo para la realización de mi tesis.

A mis cerdos.

Porque me permitieron conocerlos un poco más y me enseñaron a pensar como ellos.

A Malinalli.

Por darme su amor y la inspiración para terminar de escribir esta tesis.

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor y amigo el Dr. Francisco Galindo Maldonado, por su paciencia, apoyo y dedicación en la realización de mi maestría.

Gracias Pancho.

Al comité tutorial,

MSc. José Miguel Doporto Díaz.

Dra. María de Lourdes Alonso Spilsbury.

A los miembros del jurado,

Dr. Sergio Gómez Rosales.

Dr. María Elena Trujillo Ortega.

A todos mis amigos y compañeros, en especial a Claudia y Andrés

Por su apoyo para la realización del trabajo de campo.

A la Dra. Marta Romano y al Biol. Ricardo Váldez y todos los miembros del Laboratorio de Fisiología del CINVESTAV.

A CONACyT, por su apoyo económico.

A la granja "Tepetlixpa" del rancho Cobadonga,

En especial al MVZ Angel y todo su equipo de trabajo.

Incluyendo a los cerdos.

A mis tíos.

Oscar y Meche, que sin su apoyo no hubiera concluido mi trabajo.

A Armando Rabasa.

Por su amistad y preocupación durante la realización de este trabajo.

## RESUMEN

El destete temprano en cerdos es una práctica cada vez más común, sin embargo este manejo puede relacionarse a serios problemas de bienestar en esos individuos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de enriquecimiento ambiental sobre el nivel de bienestar de cerdos destetados a los 14 días de edad. Se utilizaron 112 cerdos híbridos divididos en cuatro grupos o tratamientos: Grupo testigo (T1), grupo con barrera (T2), grupo con cuerdas y cámara de llanta (T3) y grupo con barrera, cuerdas y cámara de llanta (T4). Se observaron a los lechones durante 200 horas totales usando una combinación de muestreos focal y de barrido. Además, se obtuvieron tres muestras de saliva de la mitad de los cerdos para determinar niveles de cortisol (RIA). De acuerdo a los tiempos de los muestreos de saliva se dividió el estudio en tres etapas. Se compararon entre tratamientos y etapas la proporción del tiempo en conductas de mantenimiento (TM), las frecuencias relativas de agresión (FA), y de conductas redirigidas (FR), y las latencia de reactividad al humano (LR), así como niveles promedio de cortisol salival. Además se consideró la ganancia diaria de peso (GDP) en los cuatro tratamientos. FA, FR y LR fueron significativamente mayores en T1 ( $p < 0.05$ ). No se encontraron diferencias en los promedios de cortisol salival entre tratamientos. Con respecto a la comparación entre etapas se observó que LR disminuyó significativamente en todos los tratamientos ( $p < 0.05$ ). La FA disminuyó significativamente en T3 y T4 ( $p < 0.05$ ). En los cuatro tratamientos se encontró una diferencia en los niveles de cortisol entre el segundo y el tercer muestreo de saliva. En T1 y T2 los niveles de cortisol aumentaron en el tercer muestreo con respecto al segundo muestreo, mientras que en T3 y T4 el cortisol disminuyó del segundo al tercer muestreo ( $p < 0.05$ ). El grupo T4 presentó la mejor GDP ( $p < 0.05$ ). El enriquecimiento ambiental en lechones destetados tempranamente disminuye la incidencia de conductas indeseables y puede tener un efecto positivo sobre el desarrollo de la actividad adrenal. Es importante realizar más trabajos que permitan incluir otro tipo de indicadores de bienestar.

## SUMMARY

Early weaning in piglets is an increasingly common practice, however this management procedure can relate to serious welfare problems. The aim of this study was to assess the effect of environmental enrichment on the welfare of piglets weaned at 14d of age. A total of 112 hybrid piglets divided into four treatments were used. Control (T1), group with barrier (T2), group with ropes and tires (T3) and a group with barriers, ropes and tires (T4). The pigs were observed for 200h using a combination of focal and scan samplings. In addition, three saliva samples were obtained from half of the piglets in order to determine salivary cortisol (RIA). According to the saliva samples, the study was divided in three periods. The variables compared between treatments and periods were the proportion of time in maintenance behaviours (TM), the frequencies of aggression (FA), and of redirected behaviours (FR), as well as the reactivity latency to human presence (RL). Average cortisol levels were also compared. Daily weight gain (DWG) was considered in the four treatments. FA, FR y RL were significantly higher in T1 ( $p < 0.05$ ). No differences were found in the average salivary cortisol levels between treatments. With respect to the comparison between periods the RL significantly decreased in all treatments ( $p < 0.05$ ). The FA decreased in T3 y T4 ( $p < 0.05$ ). A difference between cortisol levels from the second and third sampling was found in all treatments. In T1 and T2 average cortisol levels increased from the second to the third samplings, while in T3 and T4, cortisol levels decreased in the third sampling with respect to the second sampling ( $p < 0.05$ ). T4 had the higher DWG ( $p < 0.05$ ). Environmental enrichment in early weaned piglets decreases the incidence of behaviour abnormalities and may be having a positive effect on the development of the adrenal activity. It is important to carry out more studies which include other indicators of welfare.

## CONTENIDO

Declaración.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Resumen.....	IV
Summary.....	V
Contenido.....	VI
Lista de cuadros y figuras.....	IX
Introducción.....	1
1. Antecedentes.....	1
1.1. Destete temprano o precoz y su efecto sobre el bienestar de los lechones.....	1
1.2. Fisiología del estrés y su relación con la conducta.....	4
1.3. Importancia de la medición del cortisol salival.....	6
1.4. Manipulación del ambiente para el enriquecimiento conductual.....	7
2. Hipótesis.....	10
3. Objetivo general.....	11
3.1. Objetivos específicos.....	11
4. Material y métodos.....	12
4.1. Animales y localización.....	12
4.2. Tratamientos.....	13
4.3. Procedimiento para la obtención de datos.....	14
a) Estudio conductual.....	14
b) Estudio sobre la actividad de la corteza adrenal.....	15
c) Evaluación de la productividad.....	16
4.4. Análisis estadístico.....	17



5. Resultados.....	18
5.1. Comparación de conducta entre tratamientos de enriquecimiento ambiental.....	18
5.1.1. Conducta individual.....	18
5.1.2. Conducta social.....	19
5.1.3. Conducta de reactividad.....	20
5.2. Comparación de conductas entre etapas de enriquecimiento ambiental en los diferentes tratamientos.....	21
5.2.1. Tratamiento 1: Testigo.....	21
a) Conducta individual.....	21
b) Conducta social.....	22
c) Conducta de reactividad.....	22
5.2.2. Tratamiento 2: Barreras visuales.....	23
a) Conducta individual.....	23
b) Conducta social.....	23
c) Conducta de reactividad.....	24
5.2.3. Tratamiento 3: Cuerdas y cámara de llanta.....	24
a) Conducta individual.....	24
b) Conducta social.....	25
c) Conducta de reactividad.....	26
5.2.4. Tratamiento 4: Combinación.....	26
a) Conducta individual.....	26
b) Conducta social.....	27
c) Conducta de reactividad.....	28
5.3. Comparación de los niveles de cortisol salival entre grupos y entre etapas del enriquecimiento.....	28
5.3.1. Relación entre variables de conducta individual y social con niveles de cortisol salival.....	29
5.4. Parámetros de producción.....	30

6. Discusión y Conclusiones.....	31
6.1. Conducta individual.....	31
6.2. Conducta social.....	32
6.2.1. Agresión.....	33
6.2.2. Comportamientos redirigidos.....	34
6.3. Conducta de reactividad.....	35
6.4. Cambios de la conducta durante la fase del destete.....	36
6.5. Valores de cortisol salival.....	39
6.6. Parámetros de producción.....	41
7. Literatura citada.....	42
8. Cuadros y figuras.....	51

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1 Proporción de tiempo para locomoción, descanso y comportamiento trófico para los cuatro tratamientos (Testigo, Barrera física, Cuerda/Cámara de llanta 3 y Combinado 4).....	51
Cuadro 2 Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Testigo (T1).....	52
Cuadro 3 Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Barrera física (T2).....	53
Cuadro 4 Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Cuerda/Cámara de llanta (T3).....	54
Cuadro 5 Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Combinación (T4).....	55
Cuadro 6 Niveles promedio de cortisol salival en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera T2, Cuerda/Cámara de llanta T3 y Combinado T4) y en las tres etapas experimentales.....	56
Cuadro 7 Valores promedio de ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y porcentaje de eficiencia alimenticia (EA) en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera física T2, Cuerdas/Cámara de llanta T3 y Combinación T4).....	57

Cuadro 8 Parámetros de producción; ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y porcentaje de eficiencia alimenticia (EA), en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera física T2, Cuerda/Cámara de llanta T3 y Combinación T4), en las tres etapas.....	58
Figura 1 Frecuencia relativa de agresión en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera T2, Cuerda/Cámara de llanta T3 y Combinado T4).....	59
Figura 2. Proporción de tiempo del contacto físico en los cuatro tratamientos (Testigo 1, Barrera 2, Cuerda/Cámara de llanta 3 y Combinado 4).....	60
Figura 3. Proporción de tiempo de las conductas redirigidas en los cuatro tratamientos (Testigo 1, Barrera 2, Cuerda/Cámara de llanta 3 y Combinado 4).....	61
Figura 4. Latencia de respuesta de los cuatro tratamientos (Testigo 1, Barrera 2, Cuerda/Cámara de llanta 3 y Combinado 4).....	62
Figura 5. Valores promedio de cortisol salival en los cuatro tratamientos durante las tres etapas.....	63

## INTRODUCCIÓN.

### 1. ANTECEDENTES.

En los sistemas intensivos de producción porcina, se ha alterado la forma en que los cerdos interactúan con su medio social y físico con respecto a su entorno natural. (Stolba y Wood-Gush, 1989; Thornton, 1990). Los cerdos confinados se enfrentan a cambios en su organización social tales como: sobrepoblación, grupos separados por sexos, rangos de edad cortos (tres días en destete), aislamiento, la ruptura del vínculo materno, entre otras (Broom, 1986; Broom y Johnson, 1993). Además se enfrenta a cambios del entorno físico en el que viven, como la limitación de espacio, y la falta de substrato natural, dando como resultado que los animales no puedan expresar patrones de conductas heredables que son necesidades biológicas para la especie. Esto da como resultado que el nivel de bienestar sea pobre, lo que se refleja en implicaciones importantes desde el punto de vista productivo (Bøe, 1991; Broom y Johnson, 1993; Gonyou *et al.*, 1998; Pajor *et al.*, 1999; Worobec *et al.*, 1999).

#### **1.1. Destete temprano o precoz y su efecto sobre el bienestar de los lechones.**

En condiciones naturales, el proceso de destete en los cerdos se da gradualmente, disminuyendo la frecuencia del cuidado de la madre y aumentando poco a poco el consumo de alimento sólido (Newberry y Wood-Gush, 1985; Jensen y Recén, 1989; Bøe, 1991). En condiciones seminaturales, los cerdos disminuyen el consumo de leche y aumentan el de comida sólida, pero ocasionalmente continúan mamando hasta que tienen tres o más meses de edad (Jensen y Recén, 1989; Babbitt y Packard, 1990; Jensen y Stangel, 1995). Bajo condiciones comerciales, el destete es súbito y los lechones son separados de la cerda a temprana edad entre 2 y 6 semanas (Dybkjær, 1992), provocando un estado de estrés (Fraser, 1978; Aherne, 1982; Pajor *et al.*, 1999).

Un argumento para aplicar comercialmente el destete temprano en cerdas, es el de mejorar el estado sanitario de la piara, controlando con ello la transmisión vertical de enfermedades infecciosas causadas por enfermedades bacterianas, virales e inclusive parasitarias (Alexander *et al.*, 1980; Castro, 1995; Harris y Alexander, 2000). Se ha determinado que las enfermedades pueden ser transmitidas desde la etapa de lactancia, por ello se prefiere acortar esta etapa para disminuir el riesgo de infección (Alexander *et al.*, 1980). La reducción en la edad a la cual los lechones son separados de la madre, ha sido lograda gracias a avances en el control de la genética, la nutrición y del ambiente (Miller, 1994), con lo cual se puede llegar a obtener un mayor número de lechones destetados por hembra por año (Koketsu *et al.*, 1997; Koketsu y Dial, 1998). Esta práctica, sin embargo, tiene también efectos negativos ya que puede reducir la eficiencia reproductiva, disminuyendo el porcentaje de fertilidad, y el tamaño de la camada siguiente, además de incrementar los días de destete a la presentación del estro (Moore, 1992; Trujillo, 1998).

El destete temprano de los lechones afecta significativamente su desarrollo, crea problemas digestivos y respiratorios (Alexander *et al.*, 1980), así como de comportamiento (Weary *et al.*, 1999), lo cual dió paso al desarrollo de las actuales dietas especializadas que se adaptan al sistema digestivo inmaduro del lechón, por ello se realizan destetes entre los 10 y 21 días de vida, logrando así un crecimiento satisfactorio (Weary *et al.*, 1999). Los factores que influyen en el metabolismo y la salud de los lechones al destetarse de forma temprana son: características de la dieta, temperatura ambiente, ventilación y velocidad del aire, humedad relativa, tipos de suelos, aclimatación, sistema inmune (Le Dividich, 1994), tipo de alojamiento y presencia de substrato (Schouten, 1986; McKinnon *et al.*, 1989; Bøe, 1993).

Por otro lado, el destete temprano, así como el manejo inadecuado en la movilización, reagrupación, pesaje y la administración de tratamientos, puede

afectar al desarrollo conductual del cerdo, alterando su bienestar (Van Putten y Elshof, 1978; Grandin, 1982). En este sentido, se ha observado que la separación prematura de la madre, es causa de estrés, evidenciada por una vocalización prolongada, intranquilidad, y efectos claros sobre el comportamiento (Weary *et al.*, 1997). Los lechones al estar motivados a realizar conductas orales como mamar, desarrollan conductas no deseadas como mamar prepucio, ombligos y colas (Fraser, 1975; Metz y Gonyou, 1990; Weary y Fraser, 1995), así como el aumento en la agresión (Wood-Gush y Csermely, 1981; Weary *et al.*, 1999).

En años recientes se han realizado estudios acerca de las relaciones entre el comportamiento y respuestas fisiológicas para medir el bienestar animal, así como identificar las causas de estrés en los cerdos mantenidos en confinamiento (Broom, 1988). En estos estudios se ha comprobado que la etapa del destete es uno de los eventos que más estrés causa a los lechones debido a las condiciones en las que los cerdos interactúan con el medio (Stolba y Wood-Gush, 1989). A la vez, es importante considerar los cambios en los espacios y los nuevos compañeros de su grupo (Dybkaer, 1992), así como la separación de la madre (Gonyou, 1994; Pajor *et al.*, 1999) y el cambio en el tipo de alimento (Brouns y Edwards, 1994; Young *et al.*, 1994). Estos factores en combinación, pueden afectar negativamente la productividad, el metabolismo y la salud de los lechones.

Las respuestas fisiológicas de estrés crónico para enfrentar los cambios ambientales ocasionados por los sistemas intensivos de producción del cerdo, consisten principalmente en la activación del eje Hipotálamo – Hipófisis - Corteza Adrenal (H-H-A) (Barnett *et al.*, 1983; Hemsworth *et al.*, 1986; Hemsworth y Barnett, 1991). Durante el destete, al experimentar cambios conductuales relacionados con los cambios del entorno, los lechones, pueden reflejar una mayor activación del eje H-H-A, de manera que la medición de glucocorticoides es una herramienta para cuantificar el estrés que experimentan durante esa etapa. Ésta respuesta, puede evaluarse a través de los perfiles temporales del cortisol, el

glucocorticoide más importante en mamíferos (Barnett y Hemsworth, 1990), y que está presente en forma libre en la circulación periférica y en saliva, de donde se obtienen los niveles promedio de dicho glucocorticoide de forma no invasiva (Parrott y Misson, 1989; Parrott *et al.*, 1989; Mendl *et al.*, 1992).

El bienestar animal se ha definido como el estado de un individuo con relación a los intentos para enfrentar el ambiente (Broom, 1986; Broom, 1996). Éste se puede medir objetivamente y ser cuantificable utilizando una serie de indicadores biológicos como sería una vida reducida, presencia de enfermedades, inmunosupresión, patologías del comportamiento, y respuestas fisiológicas de estrés (Broom y Johnson, 1993). Como resultado de los sistemas intensivos de producción, el cerdo ha desarrollado para enfrentar estos cambios ambientales, alteraciones con respecto a la conducta "normal" tales como: comportamientos agonísticos; por ejemplo, mordida de cola, orejas y otras partes del cuerpo (Samraus, 1985); conductas redirigidas, mamar ombligos o prepucio (Day *et al.*, 1996); estereotípicas (secuencia de movimientos repetidos sin cambios y sin un fin obvio) como morder barrotes o cadenas, restregar hueso nasal y nariz y enrollar la lengua (Samraus, 1985) y reactividad al humano (Gonyou, 1986; Giroux, 2000). Estas respuestas de conducta se relacionan a la vez con la actividad adrenal.

## **1.2. Fisiología del estrés y su relación con la conducta.**

Cannon, citado por López-Calderon, (1999) introdujo en 1929 el término homeostasis como el conjunto de procesos que tienden a mantener el medio interno estable, en contra de los estímulos ambientales que tienden a desestabilizarlo. Si se producen situaciones que hacen peligrar la vida del individuo, éste puede oponerse a ella mediante la lucha con el agresor o la huida del mismo. En esta respuesta, Cannon asignó un papel preponderante al sistema nervioso autónomo y a la médula suprarrenal. Selye (1973), reúne lo que describió como el "síndrome general de adaptación" como un conjunto de cambios orgánicos



que entraban en juego como respuesta del organismo a toda una variedad de estímulos nocivos y que consiste en un aumento del tamaño de la glándula adrenal, involución del timo, disminución de la masa de los órganos linfoides y úlceras gastrointestinales. La palabra estrés fue introducida por el propio Selye para indicar la respuesta del organismo; denominó al estímulo o agente nocivo "estresante".

La respuesta al estrés, aunque inespecífica, depende de varios factores, como la intensidad del estímulo, su duración, su predicción y su control. Es más, un mismo estímulo estresante produce diferentes respuestas en dos individuos, o incluso en un mismo individuo en distintas ocasiones. Esto se debe a que la relación de estrés depende de la valoración que el animal tiene de sus recursos para afrontar la situación estresante, existiendo dos tipos de estrés, el físico y el psicológico (Mason, 1971; Knol, 1991). Los estímulos estresantes incluyen tanto los cambios del medio interno (lesión tisular, hipoglucemia, hemorragia, infección, etc.) como del medio externo (frío, calor, agresión, etc.), alteraciones psicológicas (miedo, enojo, ansiedad, sorpresa, etc.) o la combinación de varios estímulos simultáneamente, como por ejemplo, agresión, lesión tisular, dolor y ansiedad (Broom y Johnson, 1993).

La respuesta fisiológica al estrés da lugar a una serie de ajustes a largo o corto plazo en el sistema cardiovascular y sistema neuroendócrino, que permiten que el organismo se adapte a una serie de estímulos tanto físicos como psicológicos.

Los procesos fisiológicos que no suponen un beneficio a corto plazo y no son esenciales para la supervivencia se inhiben, como la inflamación, la digestión, la reproducción y el crecimiento. Cuando la intensidad o la duración del estímulo excede ciertos límites, se pueden llegar a producir cambios patológicos o exacerbar enfermedades ya existentes como hipertensión, úlceras gástricas y alteraciones neurológicas (Broom y Johnson, 1993). Los indicadores del nivel de bienestar

pobre a largo plazo son: longevidad reducida, capacidad de crecimiento y/o reproducción reducida, daño corporal, inmunosupresión (susceptibilidad a enfermedad), respuestas fisiológicas de adaptación mediadas por el eje hipotalámico - pituitario - adrenocortical y por el sistema nervioso simpático, respuestas conductuales de adaptación, comportamiento anormal y autonarcotización por liberación de opioides (Broom y Johnson, 1993).

### **1.3. Importancia de la medición del cortisol salival.**

La medición de cortisol por vía sanguínea implica una manipulación del cerdo que genera estrés, y éste produce la secreción de cortisol. Estudios en humanos y cerdos han demostrado que el cortisol presente en saliva está relacionado con el cortisol presente en sangre (Parrott *et al.*, 1989). El cortisol presente en saliva (hormona libre), representa aproximadamente el 10% del que se encuentra en plasma, por lo que es un buen indicador de bienestar; esto es suficiente para determinar su concentración por Radio Inmuno Análisis (RIA) (Parrott *et al.*, 1989). La medición de cortisol salival puede ser un medio útil para evaluar concentraciones suprarrenales de varias prácticas de manejo en cerdos confinados de forma intensiva. La ventaja de utilizar la recolección de saliva, se genera en que no se tiene que manejar a los cerdos de forma invasiva. Ésta determinación de saliva en cerdos como una técnica no invasiva para evaluar estrés ha sido probada en el pasado (Blackshaw y Blackshaw, 1989; Parrott *et al.*, 1989; Mendi *et al.*, 1992; Ruis *et al.*, 1997; Ekkel *et al.*, 1997; Jarvis *et al.*, 1998). La disminución del estrés se puede deber a un factor de aprendizaje, debido a que desciende conforme el cerdo va adquiriendo experiencia (Parrott y Misson, 1989). El tiempo de recolección no puede ser mayor a 60 segundos, pues es el tiempo en que el cortisol tarda en pasar de sangre a saliva (de Jong *et al.*, 2000).

## **2. HIPÓTESIS.**

1. La manipulación del ambiente de lechones destetados a 14 días de edad, mediante la introducción de cuerdas, cámara de llanta y barreras estimulará conductas de exploración, disminuyendo la incidencia de agresión y de conductas redirigidas en el grupo.
2. La disminución en los niveles de agresión y conductas redirigidas se relaciona con menor actividad de la corteza adrenal y reactividad al humano, permitiendo que aumente el rendimiento productivo de los lechones.

### **3. OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar el efecto de diferentes tratamientos de enriquecimiento ambiental sobre el bienestar de lechones destetados a 14 días de edad.

#### **3.1. Objetivo específicos.**

3.1.1. Evaluar el efecto del enriquecimiento ambiental (cuerda, cámara de llanta y barrera) sobre la agresión, conductas redirigidas, conducta individual y reactividad al humano, en lechones destetados a 14 días.

3.1.2. Evaluar la relación entre la conducta individual y social con la actividad del eje Hipotálamo - Hipófisis - Corteza Adrenal (H-H-A), medida por los niveles de cortisol en saliva de lechones destetados a 14 días.

3.1.3. Evaluar la relación entre los cambios conductuales a través de técnicas de enriquecimiento ambiental sobre parámetros productivos como: ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA), así como la eficiencia alimenticia (EA) de lechones destetados a 14 días.

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS.**

### **4.1. Animales y localización.**

En este estudio se utilizaron 112 cerdos híbridos (línea Camborough 22 de PIC ®<sup>1</sup>), destetados a 14 días de edad y seleccionados al azar. Se formaron grupos aleatorios de 28 animales, que debido al manejo de la granja se tuvieron que separar por sexo, en ocho corrales. Los cerdos se identificaron del 1 al 14 con marca de crayón sobre el dorso, los flancos y las piernas.

Este trabajo se llevó a cabo en el "sitio dos" de una granja comercial con un sistema de producción de tres sitios, ubicada en el poblado de Tepetlixpa, municipio de Amecameca, Estado de México a 19°00' longitud este y 98°15' longitud norte, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 18°C (IEEM, 2001). En esta granja se albergan cerdos de 14 a 56 días de edad con un peso promedio al ingreso de 4.5 kg y a la salida de 20 Kg. Durante las seis semanas de estancia en el área de destete, los lechones se alojaron en la caseta No. 6 que mide 37.5 m de largo por 6.9 m de ancho y 3 m de altura del techo, un pasillo central de 0.9 m de ancho y dos fosas de 0.7 m de profundidad. La nave cuenta con 20 corrales a cada lado, de 3 m de largo por 1.5 m de ancho y una altura de 1 m cada uno. Los corrales y comederos son fabricados por IPASA®<sup>2</sup>; se les proporcionó alimento comercial de NUPIGSA ®<sup>3</sup>.

La caseta cuenta con ambiente controlado automáticamente por el sistema PHASON®<sup>4</sup>. La temperatura ambiental de la nave se fue regulando conforme iban

<sup>1</sup> Pig Improvement Company de México, S de RL de CV Marca registrada. (PIC).

<sup>2</sup> Implementos Porcinos Agropecuarios, SA de CV Marca registrada. (IPASA).

<sup>3</sup> NUPIGsew, NUPIGuno, NUPIGdos y NUPIGtres; alimentos con diferentes porcentajes de proteína y energía.

<sup>4</sup> L.B. White Guardian PHASON. Starged Environment Control. Mod. Sec-HD.

creciendo los cerdos. Cada semana se fue disminuyendo un grado centígrado, de manera que el experimento se inició con una temperatura de 32°C y terminó con 26°C.

Los cerdos se revisaron diariamente para detectar problemas digestivos y respiratorios, y de ser necesario, aplicar medicación a los animales que presentaran algún tipo de problema.

#### **4.2. Tratamientos.**

Se realizaron cuatro tratamientos:

- Tratamiento 1 (T1) del grupo testigo. Recibió el manejo de rutina de la granja, mencionado anteriormente.
- Tratamiento 2 (T2). Se colocó una barrera física de madera en el corral, de 1.2 x 0.8 m, separada a 0.45 m de la reja con espacio de 0.9 m a cada extremo de la tabla con respecto a la reja del corral.
- Tratamiento 3 (T3). Se colgaron dos cámaras de llanta y dos cuerdas, de 0.9 m, a una altura de 1 m sobre el nivel del piso del corral. Conforme fueron creciendo los lechones, se fue acortando la cuerda y la cámara de llanta hasta 0.6 m de longitud.
- Tratamiento 4 (T4). Se colocaron los implementos anteriores en combinación (cámaras de llanta, cuerdas y barrera).

### **4.3. Procedimiento para la obtención de datos.**

El estudio se dividió en tres etapas con la finalidad de tener la posibilidad de evaluar las variables de comportamiento, cortisol y producción a través del tiempo. La primera etapa fue de los 14 días de edad, momento en el que llegaron los lechones a la granja, hasta que cumplieron 28 días de edad; la segunda etapa fue de los 28 a los 42 días de edad, y la tercera etapa fue de los 42 a los 53 días de edad, momento en el que se embarcaron los cerdos para llevarlos al "sitio 3".

#### **a) Estudio conductual.**

Se utilizó un etograma modificado de Mendl *et al.* (1992), donde se identificaron conductas: a) individuales (exploración, trófico, cuidado corporal, locomotor, descanso, reactividad al humano) y b) sociales (afiliación y agonísticos). Se utilizó una combinación de muestreo conductual con registro continuo y de barrido con registro instantáneo (Martin y Bateson, 1991). Se observó a los lechones durante 25 días en la fase de destete. Cada día de observación consistió en realizar un muestreo de barrido a todos los corrales, a la hora de inicio. Posteriormente, se hizo un muestreo conductual en el primer corral hasta el siguiente barrido, 30 minutos después. Así sucesivamente, hasta realizar 16 barridos en total y 2 muestreos conductuales por corral. Al día siguiente se inició la observación en orden progresivo al siguiente corral de forma que no se empezara siempre a la misma hora en el mismo corral. Al final de los 25 días, se obtuvieron 200 horas totales de observación. Estas 200 horas se distribuyeron por etapas de la siguiente manera: Etapa 1 = 64 horas, Etapa 2 = 72 horas y Etapa 3 = 64 horas.

Con la información obtenida, se calculó la duración de estados de: conductas redirigidas (mamar prepucio, mamar ombligo, morder cola), y dirigidas a objetos (contacto con el objeto, aproximación al objeto, olfacción del objeto, manipulación del objeto, utilización de la barrera), así como la frecuencia de eventos de agresión

(amenazas, cabeceos, mordidas en flancos y orejas, persecución y evasión). Las fórmulas empleadas fueron:

$$\text{Proporción de Tiempo} = \frac{\text{No. de barridos de la conducta}}{\text{Total de barridos}}$$

$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{No. de eventos de la conducta}}{\text{Total de horas.}}$$

La reactividad al humano se midió calculando la latencia en segundos a la aproximación con contacto a la persona de cada lechón durante el primer minuto de permanencia en el corral. Asimismo, se determinó el porcentaje de cerdos que se aproximaron durante el primer minuto.

#### **b) Estudio sobre la actividad de la corteza adrenal.**

Se seleccionó al azar a la mitad de los lechones para ser muestreados. De cada lechón se obtuvieron tres muestras de saliva, recolectadas con hisopos, directamente de la glándula sublingual, la cual se sitúa debajo de la lengua (Sisson y Grossman, 1981). Se sujetó y levantó al lechón por el vientre y en el momento en que abrió la boca se aprovechó para introducir el hisopo durante 35 a 40 segundos. Siempre se empezó a la misma hora y se siguió el mismo orden de animales. Se obtuvieron tres muestras a lo largo del experimento. Cada muestra correspondió al final de cada una de las etapas, de manera que la primera muestra se tomó a los 28 días de edad; la segunda a los 42 días de edad y la tercera a los 53 días. El total de muestras de saliva obtenidas fue de 168 muestras, las cuales fueron mantenidas en congelación a -26°C hasta su evaluación posterior por medio de la prueba de RIA.

Se determinaron los niveles de cortisol salival a través de la prueba de RIA, modificada de Parrott *et al.*, (1989). Por el hecho de no contar con una técnica probada en animales de esta edad, se validó una nueva técnica.



Para cuantificar el cortisol, se utilizó un anticuerpo de cortisol 3-CMO de Chemicon. El anticuerpo se caracteriza por ser de alta especificidad y presenta reacción cruzada con hidrocortisona. El trazador fue Hidrocortisona [1,2,6,7-<sup>3</sup>H(N)] 70-100 Ci/mmol, 1 mCi/ml Etanol de NEN Life Science products, Inc. La curva estándar se realizó con Hidrocortisona, (200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 ng/ml de saliva).

Esto permitió tener un perfil hormonal durante el experimento para después comparar el efecto del método de enriquecimiento ambiental sobre el eje H-H-A, así como su relación con los cambios conductuales en cada una de las etapas y en promedio, durante todo el experimento.

### **c) Evaluación de la productividad.**

Los cerdos fueron pesados con una báscula de reloj (20 kg). al momento de recibirlos en la granja y a las 4 semanas de edad. A las 6 y 8 semanas de edad, cuando finalizó la prueba, se pesaron con una báscula de piso (140 kg).

Se determinó la ganancia diaria de peso ( $GDP = \text{peso final} - \text{peso inicial} / \text{número de días de la prueba}$ ). Asimismo, se determinó el consumo de alimento por tratamiento, por lo que el porcentaje de eficiencia alimenticia ( $\%EA = \text{ganancia total de peso} / \text{consumo total de alimento} \times 100$ ) y la conversión alimenticia ( $CA = \text{consumo total de alimento} / \text{ganancia total de alimento}$ ), sólo se podrá expresar de forma descriptiva debido a que no se tienen los datos del consumo de alimento individual de los cerdos en los cuatro tratamientos.

#### **4.4. Análisis estadístico.**

El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa de computo STATISTICA ©. Se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que asume que si el valor de "D" es significativo ( $p < 0.05$ ), la hipótesis sobre la distribución normal debe ser rechazada.

a) Las comparaciones de las variables conductuales y fisiológicas entre tratamientos se hicieron con la prueba de Kruskal-Wallis. En los casos en los que hubo una diferencia significativa se utilizó la prueba de Mann-Whitney para la comparación entre dos grupos.

b) Para comparar entre etapas se utilizó la prueba de Friedman, y en los casos en los que hubo diferencia se utilizó la prueba de Wilcoxon, para comparar por separado.

c) Para evaluar la asociación entre las variables de conducta, fisiología y producción, se utilizaron correlaciones de Spearman.

d) Para la GDP, se utilizó la prueba de ANDEVA.

## **5. RESULTADOS.**

### **5.1. Comparación de conducta entre tratamientos de enriquecimiento ambiental.**

#### **5.1.1. Conducta individual.**

Inicialmente, se realizó la comparación entre grupos de los presupuestos de tiempo de los estados de conducta individual. Las categorías de conducta consideradas fueron locomoción, descanso y comportamiento trófico. El promedio del tiempo dedicado a locomoción fue diferente entre tratamientos ( $H= 31.14$ ,  $p<0.05$ ; Cuadro 1), siendo mayor en el tratamiento con barreras (T2) y menor en el tratamiento con la combinación de objetos (T4). Al hacer las comparaciones por separado se detectaron diferencias significativas entre grupos ( $p<0.05$ ) a excepción de la comparación entre el grupo T3 y T4, que no fue significativamente diferente ( $p>0.05$ ; Cuadro 1).

No se encontraron diferencias entre grupos en la proporción del tiempo dedicado a descanso ( $p>0.05$ ), y en el tiempo dedicado al comportamiento trófico ( $p>0.05$ ; Cuadro 1).

Las conductas individuales dirigidas a los objetos de enriquecimiento no fueron comparadas estadísticamente entre todos los grupos, ya que esas mediciones son dependientes de los objetos que se introdujeron a los corrales de cada tratamiento. Por lo mismo, sólo se compararon las proporciones de tiempo dedicado a morder objetos (cámaras de llanta y cuerdas) entre T3 y T4. Las proporciones del tiempo en esas conductas, para ambos tratamientos, fueron respectivamente de 9% y 10% del tiempo observado ( $p>0.05$ ). Del total del tiempo dedicado a morder objetos, 63.5% fue dirigido a cuerdas en T3, y 52.9% en T4.

Al hacer la comparación de las frecuencias del uso de barreras entre T2 y T4, (0.001/h y 0.003/h, respectivamente), tampoco se encontró una diferencia estadística entre tratamientos ( $p > 0.05$ ).

### 5.1.2. Conducta social.

Posteriormente, se hizo una comparación de los promedios de las frecuencias relativas de conductas sociales. Como se mencionó en la metodología 5.5, para esta comparación se consideraron las frecuencias relativas de conductas agresivas (agresión con contacto físico y amenazas), así como el tiempo en contacto físico (contexto afiliativo) y el tiempo en conductas redirigidas a otros individuos del grupo (topeteo y mamado de vientre y cola).

Los promedios de las frecuencias de agresiones emitidas entre grupos fueron diferentes entre sí ( $H = 16.3$ ,  $p < 0.001$ ; Figura 1). Los valores de las frecuencias relativas promedio para los 4 grupos fueron respectivamente de: T1= 0.45/h, T2= 0.28/h, T3= 0.17/h, T4= 0.17/h. Al hacer las comparaciones entre grupos por separado, se detectaron diferencias significativas entre todos los grupos ( $p < 0.05$ ) a excepción de la comparación entre T3 y T4, los que tuvieron el mismo valor ( $p > 0.05$ ; Figura 1).

Al comparar las proporciones del tiempo en contacto físico, se observó una diferencia significativa entre grupos ( $H = 24.4$ ,  $p < 0.001$ ; Figura 2). Cuando se realizaron las comparaciones por separado, se detectaron diferencias entre T1, T3 y T4 con respecto a T2, tratamiento en el cual siempre fue mayor la proporción en contacto físico, que en los demás tratamientos (T1,  $U = 174$ ,  $p < 0.001$ ; T3,  $U = 142$ ,  $p < 0.001$ ; T4,  $U = 149$ ,  $p < 0.001$ ). Entre los demás tratamientos no se observaron diferencias ( $p > 0.05$ ).

Cuando se realizaron las comparaciones de los promedios del tiempo en conductas redirigidas, también se observaron diferencias estadísticas entre grupos. El T1 tuvo un promedio de 11.3% del tiempo dedicado a conductas redirigidas a otros individuos del grupo, mientras que los valores para T2, T3 y T4 fueron de 7.2%, 5.3% y 7.8%, respectivamente ( $H= 19.1$ ,  $p<0.01$ ; Figura 3). Al realizar las comparaciones entre grupos por separado, se pudo observar que existieron diferencias entre T1 y todos los demás tratamientos ( $U= 202$ ,  $p<0.001$  con T2;  $U= 144$ ,  $p<0.001$  con T3;  $U= 235$ ,  $p<0.01$  con T4). Al hacer las comparaciones por separado entre T2, T3 y T4, no se encontraron diferencias entre ellos ( $p>0.05$ ).

Debido a las diferencias morfológicas de ambos sexos, se hizo también una comparación de los tiempos promedio mamando vientre y cola entre sexos, sin encontrar diferencias significativas entre ellos (mamar vientre y mamar cola,  $p>0.05$ ).

### 5.1.3. Conductas de reactividad.

Como se mencionó en el capítulo de metodología, al momento de realizar los muestreos de saliva durante el experimento, se midió la latencia de respuesta de acercamiento durante el primer minuto, a la presencia de la persona que realizaría el muestreo. Además, se calculó el porcentaje de lechones que se acercaron durante el primer minuto a partir de que la persona se metió al corral. Los promedios del tiempo de latencia de respuesta fueron: T1= 20.52 segundos, T2= 14.43 segundos, T3= 8.01 segundos, T4= 8.5 segundos, (Figura 4). Al hacer las comparaciones de estos valores, se encontró una diferencia entre grupos ( $F= 71.08$ ,  $p<0.001$ ). Posteriormente se hicieron comparaciones por separado entre todos los grupos. Todas estas comparaciones fueron diferentes entre sí (T1-T2,  $t= 5$ ,  $p<0.001$ ; T1-T3,  $t= -16.1$ ,  $p<0.001$ ; T1-T4,  $t= 14.7$ ,  $p<0.001$ ; T2-T3,  $t= -10.9$ ,  $p<0.001$ ; T2-T4,  $t= 9.6$ ,  $p<0.001$ ), a excepción de la comparación entre T3 y T4 ( $p>0.05$ ).

El porcentaje de cerdos que se acercó en menos de 1 minuto, fue diferente entre tratamientos ( $F= 8.97$ ,  $p<0.001$ ) y la respuesta, en el caso particular de T1 con T2, T3 y T4 ( $t=-2.12$ ,  $t=-2.04$ ,  $t=2.04$ ) ( $p<0.05$ ).

## **5.2. Comparación de conducta entre etapas de enriquecimiento ambiental en los diferentes tratamientos.**

Como se ha mencionado antes, los intervalos de tiempo entre muestreos se usaron como diferentes etapas, con el fin de conocer más acerca de los cambios de la conducta y su relación con niveles de cortisol salival durante la fase del destete. Se compararon los patrones de conducta individual, social y de reactividad entre etapas de cada tratamiento.

### **5.2.1. Tratamiento 1: Testigo.**

#### **a) Conducta individual.**

Se encontraron diferencias significativas entre las proporciones del tiempo en locomoción ( $\chi^2= 23.91$ ,  $p<0.001$ ), descanso ( $\chi^2= 11.14$ ,  $p<0.01$ ) y comportamiento trófico ( $\chi^2= 17.25$ ,  $p<0.001$ ) entre etapas (Cuadro 2). Cuando se hicieron las comparaciones por separado para los tiempos en locomoción se detectaron diferencias en todas las combinaciones de comparaciones entre etapas ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ). Durante la etapa 2, fue cuando más tiempo dedicaron a locomoción, seguido por la etapa 3 y la etapa 1 (Cuadro 2). Este tipo de diferencias entre etapas también se encontraron cuando se compararon las medias del tiempo en descanso ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ) y del tiempo en comportamiento trófico ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ). Para la conducta de descanso, la proporción del tiempo fue mayor durante la etapa 2, seguido por la etapa 3 y la etapa 1, mientras que para comportamiento trófico fue mayor en la etapa 1 seguida por la etapa 2 y la etapa 3.

En este tratamiento, no se realizaron comparaciones entre etapas de las conductas exploratorias dirigidas a objetos, por la razón obvia de que no tuvieron esos elementos como substrato para poder expresar esas conductas.

#### b) Conducta social

Las frecuencias relativas de agresión, así como el tiempo dedicado a las conductas redirigidas se mantuvieron sin cambios a lo largo del experimento en el grupo testigo (agresión,  $p > 0.05$ ; conductas redirigidas,  $p > 0.05$ ). Los valores de las frecuencias relativas de agresión emitida para las tres etapas fueron de: 1) 0.5/h, 2) 0.46/h, 3) 0.39/h; mientras que las proporciones del tiempo en conductas redirigidas para las mismas etapas fueron respectivamente de: 12.6%, 11% y 10.3% (Cuadro 2).

En el tratamiento testigo se observó también una diferencia entre etapas para las proporciones del tiempo en contacto físico ( $\chi^2 = 35.6$ ,  $p < 0.001$ ), siendo menor el tiempo en esa conducta en la etapa 1 y mayor en la etapa 3. De hecho, todas las comparaciones por separado fueron estadísticamente significativas ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ , Cuadro 2).

#### c) Conductas de reactividad

También existieron diferencias significativas entre etapas, en los promedios de latencia de reactividad durante el primer minuto a la persona que hizo el muestreo ( $\chi^2 = 39.5$ ,  $p < 0.001$ ). El tiempo de reacción de los lechones que se acercaron fue significativamente mayor al primer muestreo, que en los dos muestreos subsecuentes. Los valores promedio para las tres etapas fueron: 1) 30.57 segundos, 2) 19.29 segundos y 3) 15.11 segundos. Las comparaciones entre la etapa 1 con las otras dos, por separado, fueron diferentes entre sí ( $z = 6.3$ ,

$p < 0.001$ , Cuadro. 2). El porcentaje de cerdos que se aproximaron durante ese minuto fue de 92.9%, 96.4% y 96.4% para las tres etapas, respectivamente.

### 5.2.2. Tratamiento 2: Barreras visuales.

#### a) Conducta individual

En este tratamiento también se encontraron diferencias significativas entre las proporciones del tiempo en locomoción ( $\chi^2 = 18.88$ ,  $p < 0.001$ ), descanso ( $\chi^2 = 10.75$ ,  $p < 0.01$ ) y comportamiento trófico ( $\chi^2 = 7.12$ ,  $p < 0.05$ ) entre etapas (Cuadro 3). Al igual que en el tratamiento testigo, las comparaciones por separado para locomoción, descanso y comportamiento trófico fueron diferentes ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ ). Durante la etapa 2 fue cuando más tiempo dedicaron a locomoción, seguido por la etapa 3 y la etapa 1 (Cuadro 3). El tiempo en descanso fue mayor durante la etapa 1, seguido por la etapa 3 y la etapa 2 ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ ). En el caso del tiempo en comportamiento trófico, el valor más alto se detectó en la etapa 1, después en la 2 y 3 ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ ).

En este tratamiento, fue posible comparar las frecuencias de uso de barreras entre etapas. Esta conducta fue significativamente mayor en la etapa 3, en comparación con las otras dos ( $p < 0.05$ ), entre las cuales no hubo diferencias ( $p > 0.05$ ).

#### b) Conducta social

Las frecuencias relativas de agresión no presentaron cambios a lo largo del experimento en el grupo con barreras ( $\chi^2 = 5.2$ ,  $p > 0.05$ ; Cuadro 3). Sin embargo, el tiempo dedicado a las conductas redirigidas sí presentó diferencias entre etapas ( $\chi^2 = 10.9$ ,  $p < 0.01$ ). Las proporciones de tiempo en conductas redirigidas para las tres etapas fueron de: 9.68%, 6.07% y 5.94% respectivamente (Cuadro 3). La



disminución en el tiempo dedicado a estas conductas de la etapa 1 a las etapas 2 y 3, explica las diferencias entre grupos ( $p < 0.05$ ; Cuadro 3).

En el tratamiento con barreras se observó también una diferencia entre etapas para las proporciones del tiempo en contacto físico ( $\chi^2 = 33.7$ ,  $p < 0.001$ ). Al igual que en el tratamiento testigo, el menor el tiempo en esa conducta se observó en la etapa 1 y el mayor en la etapa 3. Todas las comparaciones por separado fueron estadísticamente significativas ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ , Cuadro 3).

#### c) Conductas de reactividad.

En este tratamiento también existieron diferencias entre etapas en los promedios de latencia de reactividad ( $\chi^2 = 26.9$ ,  $p < 0.001$ ). El tiempo de reacción fue significativamente mayor al primer muestreo que en los dos muestreos subsecuentes. Los valores para las tres etapas fueron: 1) 21.66 segundos, 2) 16 segundos y 3) 13.89 segundos. Todas las comparaciones por separado fueron diferentes entre sí ( $z = 6.3$ ,  $p < 0.001$ , Cuadro 3). El porcentaje de cerdos que se aproximaron durante ese minuto fue de 75.0%, 82.14% y 100.0% para las tres etapas, respectivamente.

### 5.2.3. Tratamiento 3: Cuerda y cámara de llantas.

#### a) Conducta individual

En el tratamiento de cuerdas y llantas también se encontraron diferencias significativas entre las proporciones del tiempo en locomoción ( $\chi^2 = 14.79$ ,  $p < 0.001$ ), descanso ( $\chi^2 = 12.77$ ,  $p < 0.01$ ) y comportamiento trófico ( $\chi^2 = 12.5$ ,  $p < 0.01$ ) entre etapas (Cuadro 4). Al igual que en los tratamientos anteriores, las comparaciones por separado para locomoción, descanso y comportamiento trófico fueron diferentes entre etapas ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ ). Al igual que en el tratamiento

de barreras (T2), durante la etapa 2 fue cuando más tiempo dedicaron a locomoción, seguido por la etapa 3 y la etapa 1 (Cuadro 4). El tiempo en descanso fue mayor durante la etapa 1, seguido por la etapa 3 y la etapa 2 ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ). Para el caso del tiempo en comportamiento trófico, el valor más alto se detectó en la etapa 1, después en la 2 y 3, respectivamente ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ).

Al comparar las proporciones del tiempo en conductas dirigidas a los objetos de enriquecimiento, se encontró una diferencia entre etapas ( $\chi^2= 22.75$ ,  $p<0.001$ ). Esta conducta fue significativamente mayor en la etapa 2 ( $p<0.05$ ).

#### b) Conducta social

A diferencia de los tratamientos anteriores, las frecuencias relativas de agresión en este caso, mostraron diferencias entre etapas ( $\chi^2= 17.4$ ,  $p<0.001$ ; Cuadro 4). Cuando se hicieron las comparaciones por separado de los niveles de agresión por etapa, se encontraron diferencias en todos los casos ( $z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ). La frecuencia de agresión fue mayor en la etapa 1 en comparación con la etapa 2, que fue la de menor nivel de agresión.

El tiempo dedicado a las conductas redirigidas en este tratamiento presentó diferencias entre etapas ( $\chi^2= 11.21$ ,  $p<0.01$ ). Las proporciones del tiempo promedio en conductas redirigidas para las tres etapas en este tratamiento fueron de: 6.6%, 4.2% y 5.2% respectivamente. Todas las comparaciones por separado fueron diferentes entre sí ( $z= 6.5$ ,  $p<0.05$ ; Cuadro 4).

En el tratamiento con cuerdas y llantas, se observó también una diferencia entre etapas para las proporciones del tiempo en contacto físico ( $\chi^2= 21.6$ ,  $p<0.001$ ). Los valores promedio del tiempo en esta conducta para las tres etapas fueron respectivamente de: 1.84%, 4.59% y 4.05%. Todas las comparaciones por separado fueron estadísticamente significativas ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ , Cuadro 4).

### c) Conductas de reactividad

En este tratamiento también existieron diferencias entre etapas en los promedios de latencia de reactividad ( $p < 0.001$ ). El tiempo de reacción fue significativamente mayor al primer muestreo, que en los dos muestreos subsecuentes. Los valores para las tres etapas fueron: 1) 13.18 segundos, 2) 6.68 segundos y 3) 4.18 segundos. Todas las comparaciones por separado fueron diferentes entre sí ( $z = 6.3$ ,  $p < 0.001$ , Cuadro 4). El porcentaje de cerdos que se aproximaron durante ese minuto fue de 100% para las tres etapas, respectivamente.

Para el comportamiento dirigido a los objetos cuerda y cámara de llanta, se detectó una diferencia estadística ( $\chi^2 = 22.76$ ;  $p < 0.001$ ), siendo mayor en la etapa 2, después en la 3 y al final la 1.

#### 5.2.4. Tratamiento 4: Combinación.

##### a) Conducta individual

Con este tratamiento que reúne a las cuerdas y llantas junto con la barrera, también se encontraron diferencias significativas entre las proporciones del tiempo en locomoción ( $\chi^2 = 8.83$ ,  $p < 0.05$ ), descanso ( $\chi^2 = 11.14$ ,  $p < 0.01$ ) y comportamiento trófico ( $\chi^2 = 10.05$ ,  $p < 0.01$ ) entre etapas (Cuadro 5). Al igual que en los tratamientos anteriores, las comparaciones por separado para locomoción, descanso y comportamiento trófico fueron diferentes entre etapas ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ ). Al igual que en el tratamiento de barreras (T2), durante la etapa 2 fue cuando más tiempo dedicaron a locomoción, seguido por la etapa 3 y la etapa 1 (Cuadro 5). El tiempo en descanso fue mayor durante la etapa 1, seguido por la etapa 3 y la etapa 2 ( $Z = 6.5$ ,  $p < 0.001$ ). En el caso del tiempo en comportamiento

tráfico, el valor más alto se detectó en la etapa 1, después en la 2 y 3 ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ).

Al comparar las proporciones del tiempo en conductas dirigidas a los objetos de enriquecimiento se encontró una diferencia entre etapas ( $\chi^2= 9.96$ ,  $p<0.01$ ). Esta conducta fue significativamente mayor en la etapa 2, ( $p<0.05$ ).

#### b) Conducta social

A diferencia de los tratamientos anteriores, las frecuencias relativas de agresión en este caso mostraron diferencias entre etapas ( $\chi^2= 17.4$ ,  $p<0.001$ ; Cuadro 5). Cuando se hicieron las comparaciones por separado de los niveles de agresión por etapa, se encontraron diferencias en todos los casos ( $z= 6.5$ ,  $p<0.001$ ). La frecuencia de agresión fue mayor en la etapa 1 en comparación con la etapa 2 que fue la de menor nivel de agresión.

El tiempo dedicado a las conductas redirigidas en este tratamiento presentó diferencias entre etapas ( $\chi^2= 11.21$ ,  $p<0.01$ ). Las proporciones del tiempo promedio en conductas redirigidas para las tres etapas en este tratamiento fueron respectivamente de: 6.6%, 4.2% y 5.2%. Todas las comparaciones por separado fueron diferentes entre sí ( $z= 6.5$ ,  $p<0.05$ ; Cuadro 5).

En el tratamiento con cuerdas y llantas se observó también, una diferencia entre etapas para las proporciones del tiempo en contacto físico ( $\chi^2= 21.6$ ,  $p<0.001$ ). Los valores promedio del tiempo en esta conducta para las tres etapas fueron respectivamente de: 1.84%, 4.59% y 4.05%. Todas las comparaciones por separado fueron estadísticamente significativas ( $Z= 6.5$ ,  $p<0.001$ , Cuadro 5).

### c) Conductas de reactividad

En este tratamiento también existieron diferencias entre etapas en los promedios de latencia de reactividad ( $\chi^2= 26.9$ ,  $p<0.001$ ). El tiempo de reacción fue significativamente mayor al primer muestreo, que en los dos muestreos subsecuentes. Los valores para las tres etapas fueron: 1) 15 segundos, 2) 7.2 segundos y 3) 3.4 segundos. Todas las comparaciones por separado fueron diferentes entre sí ( $z= 6.3$ ,  $p<0.001$ , Cuadro 5). El porcentaje de cerdos que se aproximaron durante ese minuto fue de 100% para las tres etapas, respectivamente.

### **5.3. Comparación de los niveles de cortisol salival entre grupos y entre etapas del enriquecimiento.**

Se determinaron los niveles de cortisol de los lechones seleccionados en cada tratamiento. Los valores promedio de cortisol salival para los 4 grupos fueron: T1= 1.48 ng/ml, T2= 1.59 ng/ml, T3= 1.50 ng/ml, T4= 1.52 ng/ml (Cuadro 6). Estos valores no fueron diferentes entre sí ( $F= 0.14$ ,  $p>0.05$ ). Asimismo, al hacer comparaciones por separado entre todos los tratamientos no se encontró ninguna diferencia entre ellos ( $p>0.05$ ).

Cuando se compararon los niveles de cortisol a través del tiempo, entre etapas, tampoco se encontraron diferencias: Testigo ( $\chi^2=1.07$ ,  $p=0.5$ ), Barreras ( $\chi^2=3.85$ ,  $p=0.14$ ), y Combinación ( $\chi^2=4$ ,  $p=0.13$ ). En cambio en el grupo cuerdas/cámara de llantas, sí se detectó una diferencia entre etapas. La etapa 1 tuvo un valor promedio de cortisol significativamente mayor (1.80 ng/ml), que el del muestreo 3 (1.28 ng/ml; Cuadro 6).

Al hacer todas las comparaciones entre etapas por separado para cada tratamiento, no se observaron diferencias entre el segundo y tercer muestreo (T1,

$z=3.9$ ,  $p<0.05$ ; T2,  $z=4.1$ ,  $p<0.05$ , T3,  $z=4.5$ ,  $p<0.05$ , T4,  $z=4.4$ ,  $p<0.05$ ). En este sentido es importante destacar que tanto en el tratamiento de cuerdas/cámara de llantas, como en el de la combinación de elementos, esta diferencia se explicó con una disminución en los niveles de cortisol en el tercer muestreo con respecto al muestreo anterior. En el tratamiento testigo y en el de barreras, la diferencia fue explicada por un aumento en los niveles promedio de cortisol con respecto a la muestra anterior (Cuadro 6).

Cuando se compararon los cambios registrados entre los valores iniciales y finales de cortisol entre grupos, no se observaron diferencias. Aunque en el grupo testigo se registró un aumento en el tercer muestreo de 0.04 ng/ml con respecto al primero. Y en los tratamientos T2 (barreras) y T4 (combinación), se registró una disminución en el tercer muestreo con respecto al primero, de 0.07 ng/ml y 0.28 ng/ml, respectivamente; estas diferencias no fueron significativas ( $p>0.05$ ). Sin embargo, para T3 (cuerdas/cámara de llantas) disminuyó 0.51 ng/ml en el tercer muestreo con respecto al primero observándose una diferencia ( $p<0.05$ ).

### 5.3.1. Relación entre variables de conducta individual y social con niveles de cortisol salival.

Cuando se relacionaron los valores promedio de las variables de conducta individual y social en cada etapa con los niveles de cortisol salival, se encontró una correlación positiva entre cortisol y la frecuencia de agresión en T2 ( $R=0.41$ ,  $p<0.01$ ) y T4 ( $R=0.36$ ,  $p<0.05$ ). No se detectó ninguna otra correlación significativa entre los valores promedio de conducta y valores promedio de cortisol ( $p>0.05$ ).

Cuando se correlacionaron variables de conducta entre sí, se encontraron correlaciones negativas entre el tiempo de conductas dirigidas a los objetos del

enriquecimiento y la frecuencia de agresión ( $R=-0.28$ ,  $p<0.001$ ), así como con tiempo de reactividad ( $R=-0.59$ ,  $p<0.001$ ) en los tratamientos T2, T3 y T4.

#### **5.4. Parámetros de Producción.**

Al comparar la GDP entre grupos se encontró que T4 (barrera, cuerda y cámara de llanta) tuvo un valor significativamente mayor que los otros tratamientos ( $F=9.76$ ,  $p<0.001$ ) (Cuadro 7).

Aunque no fue posible comparar estadísticamente los valores de CA y %EA, en el Cuadro 7 se pueden observar también los valores obtenidos para esos dos parámetros en los cuatro tratamientos.

Como esperado, se observaron diferencias entre etapas en la GDP para los cuatro tratamientos ( $p<0.05$ ; Cuadro 8). En los cuatro casos, la GDP fue mayor en la etapa tres.

De forma descriptiva, se pueden observar los valores para CA y %EA en las diferentes etapas para los cuatro tratamientos (Cuadro 8).

## 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 6.1. Conducta individual.

En este trabajo no se detectaron diferencias entre los tratamientos en los tiempos que dedican los cerdos a los diferentes estados de la conducta individual, a excepción de la diferencia detectada en locomoción que fue mayor para el grupo de barreras en comparación al grupo de la combinación de elementos. Blackshaw (1981), correlacionó el uso de barreras con conductas individuales, y no encontró diferencias entre grupos. En ese estudio, el grupo de cerdos sin barrera descansó 55% del tiempo, mientras que el grupo con barreras dedicó el 60% del tiempo a esa conducta. En este estudio se encontraron valores muy similares y al igual que en el trabajo de Blackshaw, no se encontraron diferencias entre grupos. Si bien, puede haber un efecto del enriquecimiento sobre los tiempos en los estados de conducta (Brousset *et al.*, 2000), el hecho de que no se hayan detectado diferencias en este estudio puede responder a que el diseño experimental fue hecho con fines de medir los efectos de las manipulaciones sobre los eventos de conducta. De acuerdo con esto, se propone que a futuro, si se quiere conocer la manera en que diferentes formas de manipulación del ambiente influyen sobre los tiempos totales en estados de conducta individual, será necesario contemplar diseños de experimentos que permitan obtener información de 24 horas. En este trabajo se seleccionaron etapas o períodos de observación dirigidos a muestrear los eventos de conducta hacia los objetos y los eventos de conducta entre individuos (Hemsworth *et al.*, 1999) y por lo mismo no fue posible medir cambios en 24 horas. En este sentido existe suficiente información que apoya la importancia de observar 24 horas, a diferencia de un lapso de día para saber cómo distribuyen el tiempo los individuos en diferentes actividades (Martin y Bateson, 1991; Lehner, 1996).



Con respecto a los eventos de las conductas individuales, como ya se mencionó anteriormente, no se hicieron comparaciones estadísticas entre tratamientos, ya que las conductas registradas eran dependientes de las manipulaciones de cada grupo, y por lo tanto no correspondían a un etograma común. Sin embargo, se sabe que existen diferencias en la conducta de cerdos en ambientes enriquecidos con respecto a ambientes no enriquecidos (Wood-Gush y Beilharz, 1983; Schaefer *et al.*, 1990, de Jong *et al.*, 2000). En este trabajo esto se pudo corroborar, ya que los lechones usaron en muchas formas los diferentes implementos introducidos. En el caso de los cerdos del tratamiento de cuerdas y llantas (T3), las frecuencias de mordidas que dirigieron a estos implementos es del 9% del tiempo activo. Lo mismo sucede al ver cómo los cerdos utilizaron las barreras físicas en el T2. Sobre este aspecto es interesante notar que en trabajos previos, en donde se ha evaluado el efecto de barreras sobre la conducta (Waran y Broom, 1993) se hace referencia al efecto de disminuir agresión, sin embargo, la función que pueden tener estas barreras puede ser más amplia. En este estudio se observó que los animales usan las barreras para recargarse cuando están echados, e incluso parecería que las usan como resguardo. Si esto es así, este tipo de manipulaciones podría tener un efecto de termorregulación. Hasta ahora no existe evidencia de esto, por lo que se sugiere que en el futuro se puedan considerar experimentalmente este tipo de observaciones.

## 6.2. Conducta social.

Como se ha mencionado en la sección de introducción (Weary *et al.*, 1999), uno de los efectos obvios del destete temprano (10-21 días), es el aumento de la frecuencia de conductas de agresión y de las conductas redirigidas entre los individuos, tales como morderse o mamarse prepucio, ombligos y colas. Esto queda confirmado en este estudio al haber encontrado que el grupo testigo fue el que presentó la mayor frecuencia de este tipo de conductas.

### 6.2.1. Agresión.

Se sabe que la agresión es una conducta con una función biológica muy clara, que es el de establecer jerarquías. El que los animales se agredan entre sí, es necesario para que se puedan establecer las relaciones de dominancia - subordinación entre todos los individuos del grupo, y así éstos puedan predecir la manera en que van a interactuar con el resto de los individuos. Para ello, es indispensable que los animales del grupo se reconozcan individualmente. En el caso de grupos de lechones destetados, vemos que la agresión es constante. Esto en parte puede ser un reflejo de que no se han podido establecer las jerarquías del grupo y que por lo tanto los individuos estén tratando de establecer una posición social en forma constante. Esto en gran medida se debe al entorno físico, ya que las características de los corrales, facilita que los lechones terminen una agresión siempre con contacto físico.

Es de destacar que en todos los tratamientos de enriquecimiento de este estudio la agresión fue menor con respecto al grupo testigo. Con relación al grupo de barrera, esto se puede deber a que los animales usan el substrato como una forma de evitar encuentros de contacto físico, al utilizarlo como una barrera visual. Esto se ha visto antes en lechones (Blackshaw, 1981; Waran y Broom, 1993) y en otras especies (Chamove, 1989; primates; Cassaigne, 1999; tigres). Por otro lado, el que la agresión fuera mayor en el grupo con barreras que en los grupos con cuerdas y cámaras de llantas, además del de combinación de substratos, e incluso no haya habido diferencias entre éstos últimos, podría implicar que el efecto de poder redirigir conductas orales a los objetos de enriquecimiento que cuelgan, podría a la vez estar disminuyendo la posibilidad de agresión entre ellos. Schaefer *et al.*, (1990) encontraron sólo una tendencia a que la agresión disminuyera al introducir objetos no colgantes (carnaza) y atribuyen la agresión a competencia por recursos como agua o alimento. Asimismo, Blackshaw *et al.*, (1997) encuentran un efecto significativo de objetos colgantes sobre la disminución de la agresión, lo que

concuerta con los resultados aquí presentados. Podríamos confirmar que la agresión no necesariamente se da por competencia por esos recursos, y que por el contrario, el hecho de que los objetos introducidos cuelguen, pueda tener un efecto positivo, a diferencia de que estén esparcidos por el piso de los corrales. Junto con esto, otro aspecto que podría estar influyendo y que a futuro se deberá investigar, es la textura de los mismos, y que ésta no cause habituación de los animales y por ende, falta de interés eventual.

#### 6.2.2. Comportamientos redirigidos.

En el marco teórico se hace referencia a la forma en que los cambios del ambiente físico y social, particularmente, la falta del substrato natural y de la retroalimentación negativa incompleta de la conducta, puede ser causante de anormalidades del comportamiento, como estereotípias y conductas redirigidas. Aunque algunas conductas redirigidas pueden tener un patrón estereotipado, se prefiere clasificarlas por separado, ya que no responden de manera estricta a la definición que se usa en este caso para estereotipia. En este trabajo, se categorizaron las conductas redirigidas como conductas de succión a cualquier parte del cuerpo del otro animal, a diferencia de la agresión que se expresó como una mordida rápida después de la cual se retira el emisor de dicha conducta. Wood-Gush y Beilharz (1983), Stolba y Wood-Gush (1989) y Svendsen y Svendsen (1997), ya habían comentado la importancia de un ambiente natural para el buen desarrollo de los cerdos, mencionando la importancia de cuidar a estos animales en sistemas intensivos, debido a que están limitados por el mismo tipo de instalaciones tan diferentes a las condiciones naturales.

En este estudio se pudo detectar un efecto positivo del enriquecimiento sobre la disminución de la frecuencia de conductas redirigidas entre lechones. Al igual que con la agresión, el grupo testigo fue el grupo con la frecuencia más alta de conductas redirigidas. Esto permitiría confirmar el efecto positivo de las cuerdas y

llantas sobre la conducta y a la vez podría dar una herramienta para entender mejor la posible relación entre la agresión y dominancia como resultados de la misma, y la conducta redirigida. Es decir, que si en el grupo con barreras disminuyó la agresión con respecto al testigo y también disminuyó la frecuencia de conductas redirigidas, el hecho de que los lechones se hayan agredido menos en ese grupo, pudo haber permitido menor frecuencia de conductas redirigidas, aún cuando no contaban con substratos colgantes hacia donde poder redirigir conductas orales. Otros autores, han mencionado que la frecuencia de conductas redirigidas disminuye con una serie de substratos novedosos como paja (de Jong *et al.*, 1998), cuerdas (Moore *et al.*, 1994), juguetes de hule para perro (Schaefer *et al.*, 1990; Blackshaw *et al.*, 1997), entre otros.

Es importante mencionar que puede haber otros factores del ambiente que pudieran afectar la incidencia de conductas redirigidas, como la calidad de la dieta. Aunque no hay una evidencia clara en lechones, se sabe que en cerdas en gestación, las dietas altas en fibra pueden relacionarse con un aumento de estereotipias (Brouns y Edwards, 1994). Convendría prestar atención a la posible influencia del tipo de dieta sobre las anomalías de conductas en lechones.

### 6.3. Conductas de reactividad.

Otro efecto positivo del enriquecimiento sobre la conducta de los animales se relacionó con la reactividad de los cerdos hacia el humano, usando como medición el tiempo de reacción a la persona que hizo los muestreos de saliva. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que lechones que están en ambientes de mayor estimulación sensorial se aproximan más rápido y con mayor confianza que cerdos de ambientes no enriquecidos. Aunque la idea de que animales que provienen de ambientes enriquecidos disminuyen la zona de reacción al humano y se aproximan a la gente con mayor facilidad ha sido discutida en algunos foros, a la fecha existe poca evidencia al respecto (Hemsworth *et al.*, 1993). De esta manera, los

resultados que aquí se presentan podrían ser útiles para ampliar la información en este sentido.

Existe un trabajo previo de Pearce *et al.* (1989), en donde se compararon los niveles de cortisol salival de cerdos provenientes de ambientes enriquecidos y de ambientes no enriquecidos, al inicio y al final del transporte. Aunque los niveles promedio de cortisol de los cerdos de ambientes enriquecidos al inicio y al final del manejo fueron mayores, el incremento de los niveles de cortisol durante la prueba fue mayor en los cerdos de ambientes enriquecidos. Tanto los resultados de este estudio como los de Pearce *et al.* (1989), pudieran tener una explicación en la influencia de la manipulación ambiental positiva durante las fases sensibles de aprendizaje, sobre la capacidad de socializar con el humano. Hemsworth *et al.* (1986), mencionan que existe más estrés en los animales con un manejo inadecuado, y un mínimo de exposición al humano, en relación con los que tuvieron un manejo adecuado y gentil. También Hemsworth *et al.* (1993), sugieren que mientras más temprano sea el contacto del cerdo con el humano, mejor será su interacción con él. Mencionan también que existe un periodo sensible, que posiblemente sea antes de las 8 semanas de edad, que puede proveer a la gente la oportunidad de manejar y manipular cerdos con mayor facilidad en vida adulta. Esto por sí sólo sería insuficiente para explicar por qué los cerdos del grupo testigo tuvieron un tiempo de reactividad mayor que el resto de los grupos y que por lo tanto el enriquecimiento está teniendo un efecto positivo sobre esas conductas.

#### 6.4. Cambios de la conducta durante la fase del destete.

Como se mencionó en la metodología, el estudio se dividió en tres etapas durante la fase del destete. Al comparar las variables de respuesta entre las mismas, se observaron algunas diferencias. El comportamiento individual de los cerdos cambia durante la fase del destete. El hecho de que los tiempos en locomoción hayan sido mayores en la etapa 2 para todos los tratamientos, nos dice que el cambio de esa

conducta se pudo haber debido a los cambios de crecimiento que experimentan los cerdos, más que a algún efecto del ambiente. Desafortunadamente, no existe información disponible al respecto.

En el caso de los tiempos dedicados al descanso en las diferentes etapas, los cambios que se observaron varían entre tratamientos. El grupo testigo dedicó más tiempo a descansar en la última etapa, y los grupos de enriquecimiento invirtieron más tiempo en esa conducta en la primera etapa. Esto nos permite identificar un posible efecto de la manipulación del ambiente sobre esa conducta conforme pasa el tiempo. Si la exploración por la estimulación sensorial es constante, entonces podrán invertir menos tiempo echados conforme pasa el tiempo, a diferencia de un ambiente en donde por la falta de estimulación sensorial, los animales no se motiven igual y por lo mismo, permanezcan más tiempo echados (Blackshaw, 1981; Blackshaw y Blackshaw, 1994).

Las diferencias encontradas en el comportamiento trófico en las diferentes etapas coinciden también con la naturaleza de la especie. Es decir, que dedican más tiempo a comer conforme van avanzando en edad (Fraser y Broom, 1990). Conviene aclarar que en este estudio no se observaron a los cerdos durante 24h, y que la información de los presupuestos de tiempo en conductas individuales, se obtuvo a través de la proporción del tiempo observado. Para que los posibles efectos del enriquecimiento ambiental a través del tiempo se puedan notar con precisión es necesario contemplar otro diseño experimental que incluya observaciones de 24h.

Con respecto a los cambios que se dieron en el tiempo dedicado a la manipulación de cuerdas y cámara de llantas en los tratamientos 3 y 4, coincide con los cambios dados en locomoción y descanso, ya que el hecho de que haya habido mayor actividad general en la segunda etapa pudo haber reflejado el interés de los cerdos por dirigir conductas hacia ese tipo de objetos (Schaefer *et al.*, 1990).

Wood-Gush y Csermely (1981), dicen que la agresión va declinando conforme crece el cerdo. Sin embargo, en este trabajo se observaron resultados distintos a esa predicción. Es de destacar que en los tratamientos testigo y barrera, la frecuencia de agresión no cambió a lo largo del experimento, y que en los tratamientos cuerda/llanta y combinación de elementos, la agresión disminuyó con respecto a la primera etapa. Esto implicaría que efectivamente el tipo de manipulaciones hechas está teniendo un efecto positivo al poder evitar posibles consecuencias de daño y costo energético de las agresiones con contacto físico (Schaefer *et al.*, 1990). Asimismo, este hecho podría demostrar que en sí las agresiones constantes en lechones sin enriquecimiento puedan ser producto no de un conflicto social necesariamente, sino un reflejo de la falta del substrato natural y por lo tanto de motivación para expresar conductas orales. Es decir, que la agresión en este caso puede ser de consecuencia de una conducta redirigida (Schaefer *et al.*, 1990).

Lo anterior puede tener una relación directa con la forma en que las conductas redirigidas cambian en cada tratamiento. Para esta conducta al igual que en la anterior, no hubo diferencias en la frecuencia de mamarse entre sí en el grupo testigo a lo largo del experimento. Sin embargo, en todos los tratamientos de enriquecimiento sí se observaron diferencias a través del tiempo. En el caso del grupo con barreras, la disminución es gradual en las tres etapas; en el de cuerdas/llantas disminuye también, aunque se da un aumento en la tercera etapa con respecto a la segunda, y lo mismo sucede en el tratamiento de combinación. Esto nos puede indicar no sólo que los elementos de manipulación tienen un efecto positivo al disminuir la frecuencia de dichas conductas, consideradas indeseables (Broom y Johnson, 1993), sino que puede haber en los tratamientos que tienen cuerdas/llantas (objetos masticables), una especie de habituación o pérdida de interés gradual de esos objetos, ya que esas conductas aumentan de nuevo al final. Este aspecto es interesante para estudiarse con más detalle a futuro, ya que

la habituación al enriquecimiento, en cuanto deja éste de ser novedoso es un aspecto poco estudiado (Lawrence y Rushen, 1993).

Tanto los cambios observados en la agresión, como los de las conductas redirigidas, concuerdan con los resultados de los cambios en la latencia de respuesta de los animales al humano. En todos los grupos disminuyó la reactividad con respecto al primer muestreo, pero del segundo al tercer muestreo el tiempo de reacción disminuyó en todos los grupos, a excepción del grupo testigo, en el que los tiempos de reacción fueron iguales para el segundo y tercer muestreos. Si bien los lechones pudieron haber aprendido el tipo de manejo o sujeción, que pueda explicar la disminución de la latencia de respuesta en el grupo testigo entre el primer y segundo muestreo, las diferencias ya expuestas, aparentemente indican que los elementos de enriquecimiento efectivamente influyen en el tipo de interacción humano - animal con respecto a los ambientes no enriquecidos. (Grandin, 1997; Hemsworth *et al.*, 1994)

#### 6.5. Valores de cortisol salival.

Lo primero que es importante destacar con respecto a este trabajo, es que no existe información disponible sobre la determinación de cortisol salival en lechones de dos semanas de edad. De hecho, prácticamente la mayoría de la información proviene de animales adultos, o pre-púberes, y de muestras mucho menores a las usadas en este trabajo (Ruis *et al.*, 1997; Ekkel *et al.*, 1997; Jarvis *et al.*, 1998). Las concentraciones de cortisol en lechones tan jóvenes, resultaron ser menores a las reportadas en los animales adultos. En este sentido fue necesario validar un ensayo en el laboratorio para detectar concentraciones bajas de la hormona en saliva. Esto a la vez, puede contribuir a entender mejor el desarrollo de la actividad adrenal en esta especie. Existen datos acerca de cambios en cortisol por efecto de varios tipos de estresores, por ejemplo, transporte (Parrott y Misson, 1989), aislamiento (Ruis *et al.*, 1997), reagrupación (Ekkel *et al.*, 1997), peleas (Mendl *et*



*al.*, 1992), o cambios del ambiente físico (Gilbert *et al.*, 1997; Jarvis *et al.*, 1998; de Jong *et al.*, 2000). Sin embargo, no existen datos sobre el efecto de enriquecimiento en lechones destetados tan tempranamente.

No se detectaron diferencias en los niveles de cortisol salival promedio entre grupos para los diferentes muestreos, ni en los promedios totales. Sin embargo, es importante destacar el hecho de que haya habido diferencias al comparar los cambios a través del tiempo. Al observar que en los lechones del grupo testigo prácticamente no cambiaron las concentraciones de cortisol salival del primer muestreo con respecto del último, y que en los tratamientos con cuerda/cámara de llanta hubo una disminución real entre esos muestreos, podemos inferir que es posible que el enriquecimiento ambiental puede estar teniendo un efecto acumulativo sobre la actividad adrenal, y por lo tanto sobre su bienestar. Ruis *et al.*, (1997), mencionan que las concentraciones de cortisol basal disminuyen entre las 12 y 24 semanas de edad. Si este efecto de edad sobre la disminución de cortisol salival existiera también en las primeras semanas de vida (4-8 semanas para los lechones de este estudio), no podríamos descartar que los cambios que observamos en los lechones de los tratamientos enriquecidos se deban a un efecto de edad. Sin embargo, al no haber observado esos cambios en el grupo testigo, sugiere que esas diferencias en las concentraciones de cortisol salival, se pueden deber efectivamente al efecto del ambiente.

El hecho de que haya existido una correlación positiva entre la frecuencia de agresión y los niveles de cortisol salival en los grupos T2 y T4, nos indica que los cambios en la conducta debido a las manipulaciones realizadas en ambos tratamientos se pueden estar reflejando directamente en los niveles de actividad adrenal. Esto concuerda con de Jong *et al.* (2000), quienes observaron que en cerdos de mayor edad, a mayor aumento en la agresión, también mayor es la concentración de cortisol en saliva.

## 6.6. Parámetros de producción.

Los resultados que aquí se presentan pueden sugerir que entre más enriquecido esté el ambiente de los lechones mejor será la GDP, ya que el grupo que recibió la combinación barrera, cuerda y cámara de llanta (T4), presentó un 7.2% más de peso que el grupo testigo. Esto puede coincidir con Schaefer *et al.* (1990), quienes mencionan que los cerdos con enriquecimiento (cadenas y llantas) crecieron 4% más que los cerdos sin enriquecimiento, y que los que presentaron un comportamiento de columpio tuvieron un peso 8% mayor que los del grupo testigo. Sin embargo, es muy importante tomar en cuenta que el peso inicial de los lechones en los diferentes tratamientos no fue igual, y que por lo tanto pueda haber un sesgo estadístico debido a este factor. Por consiguiente es importante que en el futuro, si se quiere incorporar a este parámetro como un indicador confiable del efecto de la manipulación ambiental sobre el bienestar, se considere y ajuste la GDP de acuerdo al peso inicial de los sujetos experimentales. De igual forma, estudios posteriores deberán contemplar una forma confiable de evaluar la CA y %EA obteniendo el consumo diario de alimento en forma individual.

## 7. LITERATURA CITADA.

1. Aherne FX. Manejo y nutrición del lechón al destete. Memorias de IV Reunión Proteínas Aminoácidos; 1982 septiembre 3; México (DF): 1982:31-37.
2. Alexander TJL, Thornton K, Boon G, Lysons RJ, Gush AF. Medicated early weaning to obtain pigs free from pathogens endemic in the herd of origin. *Vet Rec* 1980;106:114-119.
3. Babbitt KJ, Packard JM. Parent-offspring conflict relative to phase of lactation. *Anim Behav* 1990;40:765-773.
4. Barnett JL, Hemsworth PH. The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. *Appl Anim Behav Sci* 1990;25:177-187.
5. Barnett JL, Hemsworth PH, Hand AM. The effect of chronic stress on some blood parameters in the pig. *Appl Anim Behav Sci* 1983;9:273-277.
6. Blackshaw JK. Environmental effects on lying behaviour and use of trough space in weaned pigs. *Appl Anim Ethol* 1981;7:281-286.
7. Blackshaw JK, Blackshaw AW. Limitations of salivary and blood cortisol determinations in pigs. *Vet Res Communicat* 1989;13:265-271.
8. Blackshaw JK, Blackshaw AW. Shade-seeking and lying behaviour in pigs of mixed sex and age, with access to outside pens. *Appl Anim Behav Sci* 1994;39:249-257.
9. Blackshaw JK, Thomas FJ, Lee JA. The effect of a fixed or free toy on the growth rate and aggressive behaviour of weaned pigs and the influence of hierarchy on initial investigation of the toys. *Appl Anim Behav Sci* 1997;53:203-212.
10. Bøe K. The process of weaning in pigs: when the sow decides. *Appl Anim Behav Sci* 1991;30:47-59.
11. Bøe K. The effect of age at weaning and post-weaning environment of the behaviour of pigs. *Acta Agr Acad Sec A Anim Sci* 1993;43:173-180.
12. Broom DM. Indicators of poor welfare. *Br Vet J* 1986;142:524-526.
13. Broom DM. The scientific assessment of animal welfare. *Appl Anim Behav Sci* 1988;20:5-19.

14. Broom DM. A review of animal welfare measurement in pigs. *Pig News and Information* 1996;17:109N-114N.
15. Broom DM, Johnson KG. *Stress and Animal Welfare*. first ed. London: Chapman & Hall, 1993.
16. Brouns F, Edwards SA. Social rank and feeding behaviour of group-housed sows fed competitively or ad libitum. *Appl Anim Behav Sci* 1994;39:225-235.
17. Brousset DM, Galindo F, de Aluja AS. Comparación de resultados entre observaciones de 8 y 24 horas en felinos pequeños mantenidos en cautiverio. *Memorias del IV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Etología Veterinaria (SOMEV AC)*; 2001 febrero 1 y 2; México DF: Sociedad Mexicana de Etología Veterinaria, AC. 2001:28-30.
18. Cassaigne GI. Efecto del enriquecimiento ambiental sobre la incidencia de interacciones agresivas en un grupo de tigres (*Panthera tigris*) en confinamiento (tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1999.
19. Castro G. Isowean multi-sitios. *Proceedings of the 7th Pig International Company International Seminar*; 1995 June 8th; Des Moines, Iowa, USA. USA: Pig International Company, 1995: 8-24.
20. Cesaria RST. Destete precoz de lechones y utilización digestiva de los alimentos. *Memorias de XIX Simposium de ganadería tropical. Tópicos relevantes en porcicultura*; 1995 mayo 3; México (DF) INIFAP. 1995.
21. Chamove AS. Environmental enrichment: A review. *Anim Technol* 1989;40:155-178.
22. Day JEL, Kyriazakis I, Lawrence AB. The effect of food deprivation on the expression of foraging and exploratory behaviour in the growing pig. *Appl Anim Behav Sci* 1995;42:193-206.
23. Day JEL, Kyriazakis I, Lawrence AB. An investigation into the causation of chewing behaviour in growing pigs: the role of exploration and feeding motivation. *Appl Anim Behav Sci* 1996;48:47-59.

24. de Jong IC, Ekkel ED, Van de Burgwal JA, Lambooij E, Korte SM, Ruis MAW, Koolhaas JM, Blokhuis HJ. Effects of strawbedding on physiological responses to stressors and behavior in growing pigs. *Physiol Behav* 1998;64(3):303-310.
25. de Jong IC, PELLE IT, Van de Burgwal JA, Lambooij E, Korte SM, Blokhuis HJ, Koolhaas JM. Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. *Physiol Behav* 2000;68:571-578.
26. Dividich J Le, Herpin P. Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned piglets: a review. *Livest Prod Sci* 1994;38:79-90.
27. Dybkaer L. The identification of behavioural indicators of "stress" in early weaned piglets. *Appl Anim Behav Sci* 1992;35:135-147.
28. Ekkel ED, Savenije B, Schouten WGP, Wiegant VM, Tielen MJM. The effects of mixing on behavior and circadian parameters of salivary cortisol in pigs. *Physiol Behav* 1997;62:181-184.
29. Fraser AF, Broom DM. *Farm Animal Behaviour and Welfare*. 3th ed. London: Baillière Tindall, 1990:358-369.
30. Fraser D. The effect of straw on the behaviour of sows in tether stalls. *Anim Prod* 1975;21:59-68.
31. Fraser D. Observations on the behavioural development of suckling and early-weaned piglets during the first six weeks after birth. *Anim Behav* 1978;26:22-30.
32. Galindo MF. Enriquecimiento ambiental en zoológicos. *Memorias de XIV Simposio sobre fauna silvestre; 1996 septiembre 11-13; México (DF): FMVZ UNAM* 1996:235-242.
33. Gilbert CL, Boulton MI, Forsling ML, Goode JA, McGrath TJ. Restricting maternal space during parturition in the pig. Effects on oxytocin, vasopressin and cortisol secretion following vagino-cervical stimulation and administration of naloxone. *Anim Reprod Sci* 1997;46:245-259.

34. Giroux S, Martineau GP, Robert S. Relationships between individual behavioural traits and post-weaning growth in segregated early-weaned piglets. *Appl Anim Behav Sci* 2000;70:41-48.
35. Gonyou HW, Beltranena E, Whittington DL, Patience JF. The behaviour of pigs weaned at 12 and 21 days of age from weaning to market. *Can J Anim Sci* 1998;78:517-523.
36. Gonyou HW. Why the study of animal behaviour is associated with the animal welfare. *J Anim Sci* 1994;72:2171-2177.
37. Gonyou HW, Hemsworth PH, Barnett JL. Effects of frequent interactions with humans on growing pigs. *Appl Anim Behav Sci* 1986;16:269-278.
38. Grandin T. Pig behavior studies applied to slaughter-plant design. *Appl Anim Ethol* 1982;9:141-151.
39. Grandin T, Curtis SE. Toy preferences in young pigs. *J Anim Sci* 1984;59:(suppl. 1),85, Abstract.
40. Grandin T. Assessment of stress during handling and transport. *J Anim Sci* 1997;75:249-257.
41. Harris DL, Alexander TJL. Methods of disease control. In: Straw BE, D'Allaire S, Mengeling WL, Taylor DJ, editors. *Diseases of swine 8<sup>th</sup> edition*. Iowa State University Press / AMES, IOWA USA, 2000: 1077-1110.
42. Hemsworth PH, Barnett JL. The effects of aversively handling pigs either individually or in groups on their behaviour, growth and corticosteroids. *Appl Anim Behav Sci* 1991;30:61-72.
43. Hemsworth PH, Barnett JL, Coleman GJ. The human-animal relationship in agriculture and its consequences for the animal. *Anim Welf* 1993;2:33-51
44. Hemsworth PH, Barnett JL, Hansen C. The influence of handling by humans on the behaviour, reproduction and corticosteroids of male and female pigs. *Appl Anim Behav Sci* 1986;15:303-314.
45. Hemsworth PH, Coleman GJ, Cox M, Barnett JL. Stimulus generalization: the inability of pigs to discriminate between humans on the basis of their previous handling experience. *Appl Anim Behav Sci* 1994;40:129-142.

46. Hemsworth PH, Pederson V, Cox M, Cronin GM, Coleman GJ. A note on the relationship between the behavioural response of lactating sows to humans and the survival of their piglets. *Appl Anim Behav Sci* 1999;65:43-52.
47. Hughes BO, Duncan IJH. The notion of ethological "need", models of motivation and animal welfare. *Anim Behav* 1988;36:1696-1707.
48. IEEM, Tepetitixa (2001 enero 30): (1 hoja). Disponible en: URL: <http://www.ieem.org.mx/Ppol/mapa/fichass/tepetlix.htm1>
49. Jarvis S, Lawrence AB, McLean KA, Chirnside J, Deans LA, Calvet SK. The effect of environment on plasma cortisol and  $\beta$ -endorphin in the parturient pig and the involvement of endogenous opioids. *Anim Reproduction Sci* 1998;52:139-151.
50. Jensen P, Recén B. When to wean: observations from free-ranging domestic pigs. *Appl Anim Behav Sci* 1989;23:49-60.
51. Jensen P, Stangel G. Behaviour of piglets during weaning in a semi-natural enclosure. *Appl Anim Behav Sci* 1992;33:227-238.
52. Knol BW. Stress and the endocrine hypothalamus-pituitary-testis system: a review. *Vet Quart* 1991;13:104-114.
53. Koketsu Y, Dial GD. Interactions between the associations of parity, lactation length, and weaning-to-conception interval with subsequent litter size in swine herds using early weaning. *Prev Vet Med* 1998;37:113-120.
54. Koketsu Y, Dial GD, Pettigrew JE, King VL. Influence of feed intake during individual weeks of lactation on reproductive performance of sows on commercial farms. *Livest Prod Sci* 1997;49:217-225.
55. Koomans P. Open front piggeries with and without straw. In *The welfare of pigs*. Sybesma W. (ed). The Hague, Martinus Nijhoff. 1981.
56. Lawrence AB, Rushen J. Stereotypic animal behaviour: fundamentals and applications to welfare. CAB International. Wallingford UK, 1993.
57. Lehner PN. *Handbook of ethological methods*. 2<sup>nd</sup> edn. Cambridge University press. 1996.

58. López-Calderon BA. Estrés. En: Tresguerres JAF, Aguilar E, Cachofeiro MV, Cardinali D, Gil-Loyzaga P, Lahera V, Martínez J, Mora F, Rodríguez R, Romano M, Tamargo J, Zarco P, editores. *Fisiología humana* 2da. ed. McGraw-Hill Interamericana, 1999: 1111-1120.
59. Martin P, Bateson PFRS. *La Medición del Comportamiento*. Versión española de: Fernando Colmenares. Madrid: Alianza editorial, S.A., 1991.
60. Mason JW. A re-evaluation of the concept of "non-specificity" in stress theory. *J Psychiat Res* 1971;8:323-333.
61. McKinnon AJ, Edwards SA, Stephens DB, Walters DE. Behaviour of groups of weaned pigs in three different housing systems. *Br Vet J* 1989;145:367-372.
62. Mendl M, Zanella AJ, Broom DM. Physiological and reproductive correlates of behavioural strategies in female domestic pigs. *Anim Behav* 1992;44:1107-1121.
63. Metz JHM, Gonyou HW. Effect of age and housing conditions on the behavioural and haemolytic reaction of piglets to weaning. *Appl Anim Behav Sci* 1990;27:299-309.
64. Miller M. Early weaning: A way to expand. *Pork* 1994;14:32-35.
65. Moore C. Biosecurity and animal disease herds. *Vet Clin North Am Food Anim Pract Swine Reprod* 1992;8:451-474.
66. Moore AS, Gonyou HW, Stookey JM, McLaren DG. Effect of group composition and pen size on behaviour, productivity and immune response of growing pigs. *Appl Anim Behav Sci* 1994;40:13-30.
67. Newberry RC. Environmental enrichment. Bringing nature to captivity. Proc. of the 28th International Congress of the ISAE. Research Centre Foulum; 1994 Denmark: International Society for Applied Ethology, 1994:51-67.
68. Newberry RC, Wood-Gush DGM. The suckling behaviour of domestic pigs in a semi-natural environment. *Behav* 1985;95:11-25.



69. Pajor EA, Weary DM, Fraser D, Kramer DL. Alternative housing for sows and litters. 1. Effects of sow-controlled housing on responses to weaning. *Appl Anim Behav Sci.* 1999;65:105-121.
70. Parrott RF, Misson BH. Changes in pig salivary cortisol in response to transport simulation, food and water deprivation, and mixing. *Br Vet J* 1989;145:501-505.
71. Parrott RF, Misson BH, Baldwin BA. Salivary cortisol in pigs following adrenocorticotrophic hormone stimulation: comparison with plasma levels. *Br Vet J* 1989;145:362-366.
72. Pearce GP, Paterson AM, Pearce AN. The influence of pleasant and unpleasant handling and the provision of toys on the growth and behaviour of male pigs. *Appl Anim Behav Sci* 1989;23:27-37.
73. Rodarte LF, Barragán A, Trujillo ME, Doporto JM, Galindo F. Assessment of post-weaning biting and licking behaviour and its relationships with production in piglets between 14 and 56 days of age. Proceedings of the 34<sup>th</sup> International Congress of the ISAE; 2000 October 17-20; Florianópolis, Brasil: International Society for Applied Ethology, 2000:187.
74. Ruis MAW, te Brake JHA, Engel B, Ekkel ED, Buist WG, Blokhuis HJ, Koolhaas JM. The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: effects of age, gender, and stress. *Physiology and Behavior* 1997;62(3):623-630.
75. Sambraus HH. Pigs. In: Mouth-Based Anomalous Syndromes. In: Fraser AF, editor. *Ethology of Farm Animals*. Netherlands: Elsevier Science Publishers BV, 1985:408-417.
76. Schaefer AL, Salomons MO, Tong AKW, Sather AP, Lepage P. The effect of environment enrichment on aggression in newly weaned pigs. *Appl Anim Behav Sci* 1990;27:41-52.
77. Schouten WGP. Rearing conditions and behaviour in pigs. (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy) Wageningen, The Netherlands. 1986.
78. Selye H. The evaluation of the stress concept. *Anim Sci* 1973;26:901-946.

79. Sisson S, Grossman JD. Anatomía de los animales domésticos. Salvat Editores, S.A. 4ta. edición, 1981.
80. Stolba A, Wood-Gush DMG. The behaviour of pig in a semi-natural environment. *Anim Prod* 1989;48:419-425.
81. Svendsen J, Svendsen LS. Intensive (commercial) systems for breeding sows and piglets to weaning. *Lives Prod Sci* 1997;49:165-179.
82. Thornton K. Producción a la intemperie: ¿retorno al futuro?. *Industria Porcina* 1990;ene/feb:6-9.
83. Trujillo OME. Efecto del destete precoz sobre la eficiencia reproductiva de cerdas de diferente número de partos. (Tesis de doctorado). México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 1998.
84. Van Putten G, Dammers J. A comparative study of the well-being of piglets reared conventionally and in cages. *Appl Anim Ethol* 1976;2:339-356.
85. Van Putten G, Elshof WJ. Observations on the effect of transport on the well-being and lean quality of slaughter pigs. *Anim Reg Stud* 1978;1:247-271.
86. Waran NK, Broom DM. The influence of a barrier on the behaviour and growth of early-weaned piglets. *Anim Prod* 1993;56:115-119.
87. Weary MD, Fraser D. Calling by domestic piglets: reliable signals of need?. *Anim Behav* 1995;50:1047-1055.
88. Weary MD, Ross S, Fraser D. Vocalizations by isolated piglets: a reliable indicator of piglet need directed towards the sow. *Appl Anim Behav Sci* 1997;53:249-257.
89. Weary MD, Appleby CM, Fraser D. Responses of piglets to early separation from the sow. *Appl Anim Behav Sci* 1999;63:289-300.
90. Wood-Gush DGM, Beilharz RG. The enrichment of a bare environment for animals in confined conditions. *Appl Anim Ethol* 1983;10:209-217.
91. Wood-Gush DGM, Csermely D. A note on the diurnal activity of early-weaned piglets in flat-deck cages at 3 and 6 weeks of age. *Anim Prod* 1981;33:107-110.
92. Worobec EK, Duncan IJH, Widowski TM. The effects of weaning at 7, 14 and 28 days on piglet behaviour. *Appl Anim Behav Sci* 1999;62:173-182.

93. Young RJ, Carruthers J, Lawrence AB. The effect of a foraging device (The "edinburgh football") on the behaviour of pigs. *Appl Anim Behav Sci* 1994;39:237-247.

Cuadro 1

Proporción de tiempo para locomoción, descanso y comportamiento trófico para los cuatro tratamientos (Testigo, Barrera física, Cuerdas/Cámara de llanta y Combinación)

Tratamiento	Locomoción	Descanso	Comportamiento trófico
Testigo	0.10 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.62 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.02 <sup>a</sup>
Barrera Física	0.11 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.10 ± 0.02 <sup>a</sup>
Cuerda/Cámara de llanta	0.09 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.63 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.02 <sup>a</sup>
Combinación	0.08 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.61 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.02 <sup>a</sup>
	p < 0.05	p > 0.05	p > 0.05

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas (p<0.05).

Cuadro 2

Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Testigo (T1)

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Locomoción (% t)	0.08 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.09 ± 0.03 <sup>c</sup>
Descanso (% t)	0.64 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.64 ± 0.10 <sup>c</sup>
Comp. Tráfico (% t)	0.11 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.02 <sup>c</sup>
Agresión (F / h)	0.50 ± 0.30 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.26 <sup>a</sup>
Cond. Redirigidas (% t)	0.13 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.10 ± 0.07 <sup>a</sup>
Contacto Físico (% t)	0.02 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.05 ± 0.02 <sup>c</sup>
Latencia de reactividad (seg.)	30.6 ± 7.4 <sup>a</sup>	19.3 ± 5.8 <sup>b</sup>	15.1 ± 3.2 <sup>c</sup>

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas (p<0.05).

% t = proporción de tiempo.

F / h = frecuencia por hora.

Cuadro 3

Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Barrera física (T2)

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Locomoción (% t)	0.08 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.03 <sup>c</sup>
Descanso (% t)	0.67 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.08 <sup>c</sup>
Comportamiento Tráfico (% t)	0.10 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.03 <sup>c</sup>
Agresión (F / h)	0.37 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.18 <sup>a</sup>
Conductas Redirigidas (% t)	0.10 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.06 <sup>c</sup>
Contacto Físico (% t)	0.02 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.03 <sup>c</sup>
Latencia de reactividad (seg.)	21.7 ± 6.4 <sup>a</sup>	16 ± 6.3 <sup>b</sup>	13.9 ± 7.1 <sup>c</sup>

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

% t = proporción de tiempo.

F / h = frecuencia por hora.

Cuadro 4

Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Cuerda/Cámara de llanta (T3)

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Locomoción (% t)	0.07 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.10 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.03 <sup>c</sup>
Descanso (% t)	0.66 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.64 ± 0.08 <sup>c</sup>
Comportamiento Tráfico (% t)	0.11 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.10 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.03 <sup>c</sup>
Agresión (F / h)	0.24 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.13 <sup>b</sup>	0.18 ± 0.22 <sup>c</sup>
Conductas Redirigidas (% t)	0.07 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.04 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.05 ± 0.05 <sup>c</sup>
Contacto Físico (% t)	0.02 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.04 ± 0.02 <sup>c</sup>
Latencia de reactividad (seg.)	13.2 ± 2.6 <sup>a</sup>	6.7 ± 1.3 <sup>b</sup>	4.2 ± 1.2 <sup>c</sup>
Enriquecimiento ambiental (% t)	0.06 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.10 ± 0.05 <sup>c</sup>

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

% t = proporción de tiempo.

F / h = frecuencia por hora.

## Cuadro 5

Comparación de patrones conductuales entre las tres etapas para el tratamiento Combinación (T4)

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Locomoción (% t)	0.06 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.09 ± 0.03 <sup>c</sup>
Descanso (% t)	0.64 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.62 ± 0.09 <sup>c</sup>
Comportamiento Tráfico (% t)	0.09 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.02 <sup>c</sup>
Agresión (F / h)	0.26 ± 0.23 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.16 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.10 <sup>c</sup>
Conductas Redirigidas (% t)	0.10 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.06 <sup>c</sup>
Contacto Físico (% t)	0.01 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.04 ± 0.03 <sup>c</sup>
Latencia de reactividad (seg.)	15 ± 3.4 <sup>a</sup>	7.2 ± 1.3 <sup>b</sup>	3.4 ± 1 <sup>c</sup>
Enriquecimiento ambiental (% t)	0.07 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.06 <sup>c</sup>

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

% t = proporción de tiempo.

F / h = frecuencia por hora.



Cuadro 6

Niveles promedio de cortisol salival en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barreras T2, Cuerda/Cámara de llanta T3 y Combinación T4) y en las tres etapas experimentales

	T 1	T 2	T 3	T 4	
Etapa 1	1.54 ± 1.05 <sup>a</sup>	1.83 ± 1.24 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.59 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.62 <sup>a</sup>	
Etapa 2	1.48 ± 0.26 <sup>b</sup>	1.19 ± 1.24 <sup>b</sup>	1.80 ± 0.59 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.44 <sup>a</sup>	
Etapa 3	1.58 ± 1.41 <sup>a</sup>	1.76 ± 1.08 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.32 <sup>b</sup>	1.36 ± 0.53 <sup>b</sup>	
	p < 0.05	p < 0.05	p < 0.05	p < 0.05	
Promedio	1.48 ± 0.61	1.59 ± 0.59	1.50 ± 0.22	1.52 ± 0.47	p > 0.05

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas (p<0.05).

Cuadro 7

Valores promedio de ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y porcentaje de eficiencia alimenticia (EA) en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera física T2, Cuerdas/Cámara de llanta T3 y Combinación T4)

Tratamiento	GDP	CA *	%EA *
T1	0.3087 ± 0.0525 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.19	89.2 ± 15.17
T2	0.3090 ± 0.0512 <sup>a</sup>	0.97 ± 0.22	107.25 ± 20.08
T3	0.2573 ± 0.0505 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.26	89.16 ± 18.83
T4	0.3309 ± 0.0569 <sup>c</sup>	1.09 ± 0.19	94.65 ± 16.28

p < 0.05

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas (p<0.05).

\* Estos valores se expresan en forma descriptiva.

Cuadro 8

Parámetros de producción; ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y porcentaje de eficiencia alimenticia (EA), en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera física T2, Cuerda/Cámara de llanta T3 y Combinación T4), en las tres etapas

		GDP	CA *	% EA *
T1	Etapa 1	0.17 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.57	88.56 ± 29.92
	Etapa 2	0.37 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.22	114.09 ± 24.80
	Etapa 3	0.39 ± 0.14 <sup>b</sup>	1.58 ± 0.95	76.36 ± 27.69
T2	Etapa 1	0.16 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.25 ± 1.21	108.80 ± 44.20
	Etapa 2	0.35 ± 0.13 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.42	188.7 ± 67.96
	Etapa 3	0.44 ± 0.18 <sup>c</sup>	1.40 ± 0.55	80.52 ± 26.57
T3	Etapa 1	0.10 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.25 ± 1.61	60.45 ± 28.49
	Etapa 2	0.26 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.88 ± 0.25	121.97 ± 31.78
	Etapa 3	0.45 ± 0.10 <sup>c</sup>	1.14 ± 0.34	93.58 ± 23.22
T4	Etapa 1	0.14 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.80 ± 1.05	69.02 ± 27.76
	Etapa 2	0.30 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.94 ± 0.45	117.78 ± 29.48
	Etapa 3	0.61 ± 0.19 <sup>c</sup>	1.07 ± 0.37	103.61 ± 33.34

Diferentes literales <sup>a, b, c</sup> de valores para cada conducta representa diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

\* Estos valores se expresan en forma descriptiva.

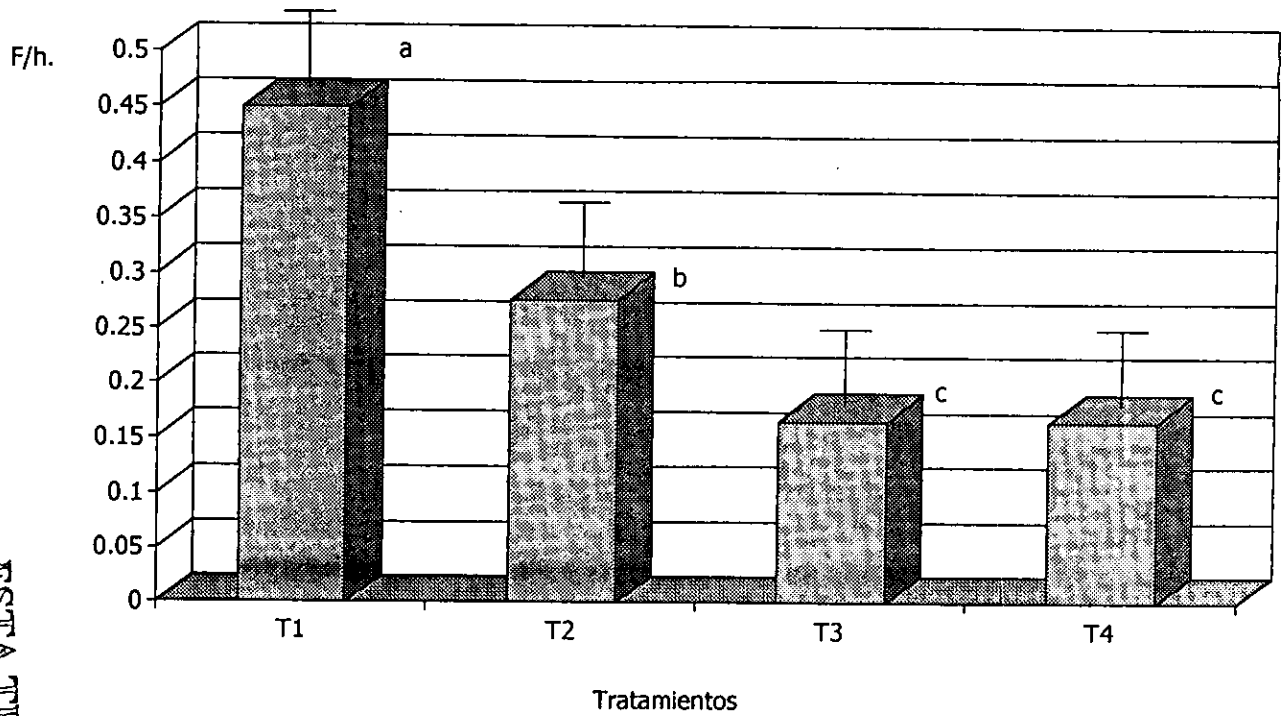


Figura 1 Frecuencia relativa de agresión en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera T2, Cuerda / Cámara de llanta T3 y Combinación T4)

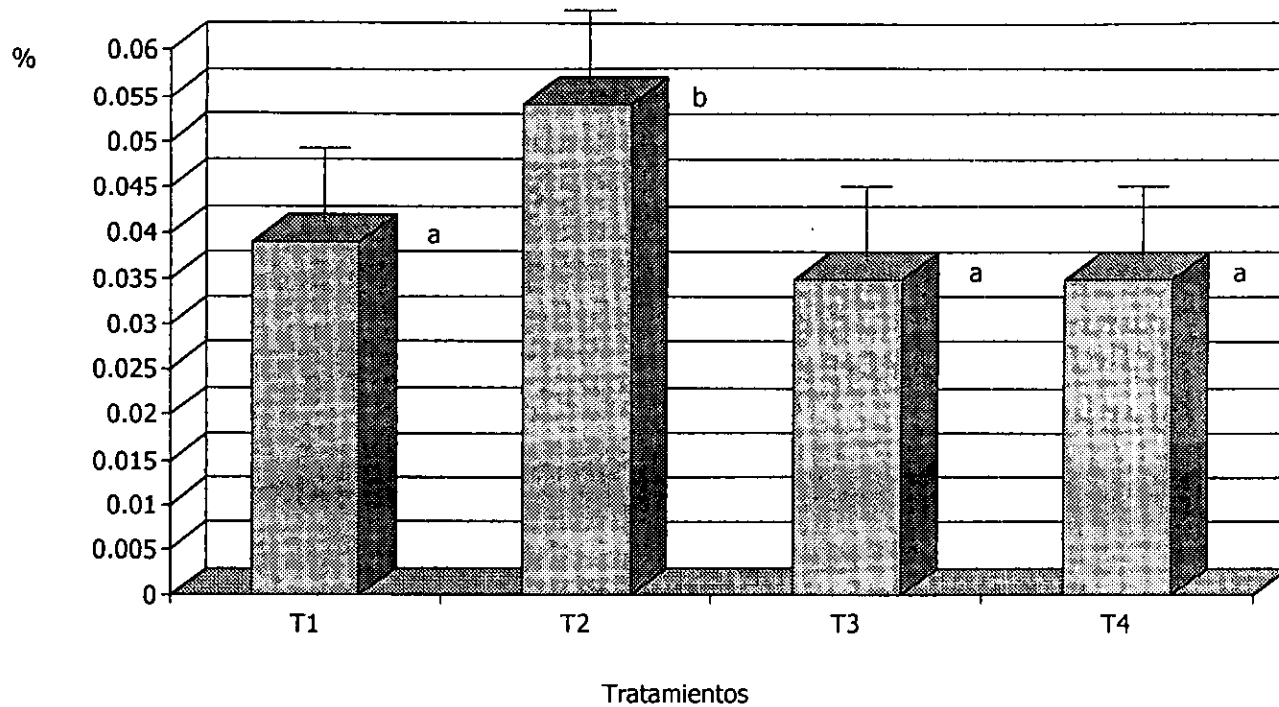


Figura 2 Proporción de tiempo del contacto físico en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera T2, Cuerda / Cámara de llanta T3 y Combinación T4)

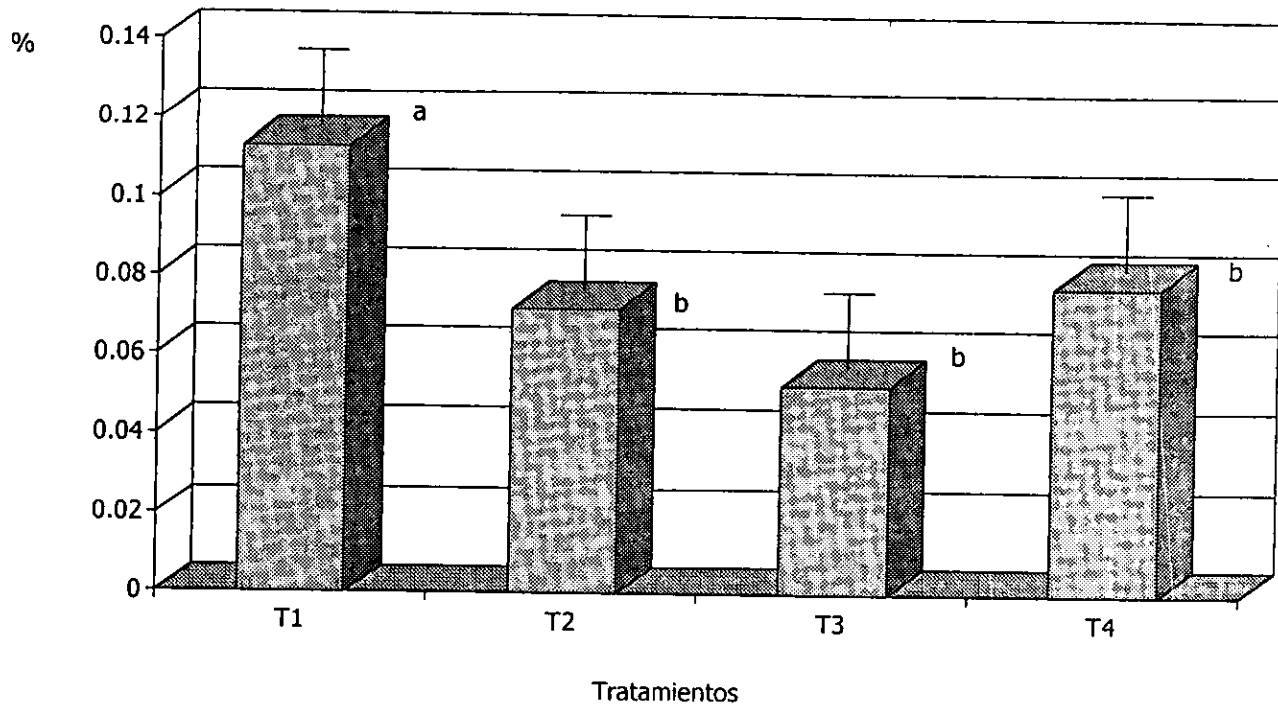


Figura 3 Proporción de tiempo de las conductas redirigidas en los cuatro tratamientos (Testigo T1, Barrera T2, Cuerda / Cámara de llanta T3 y Combinación T4)

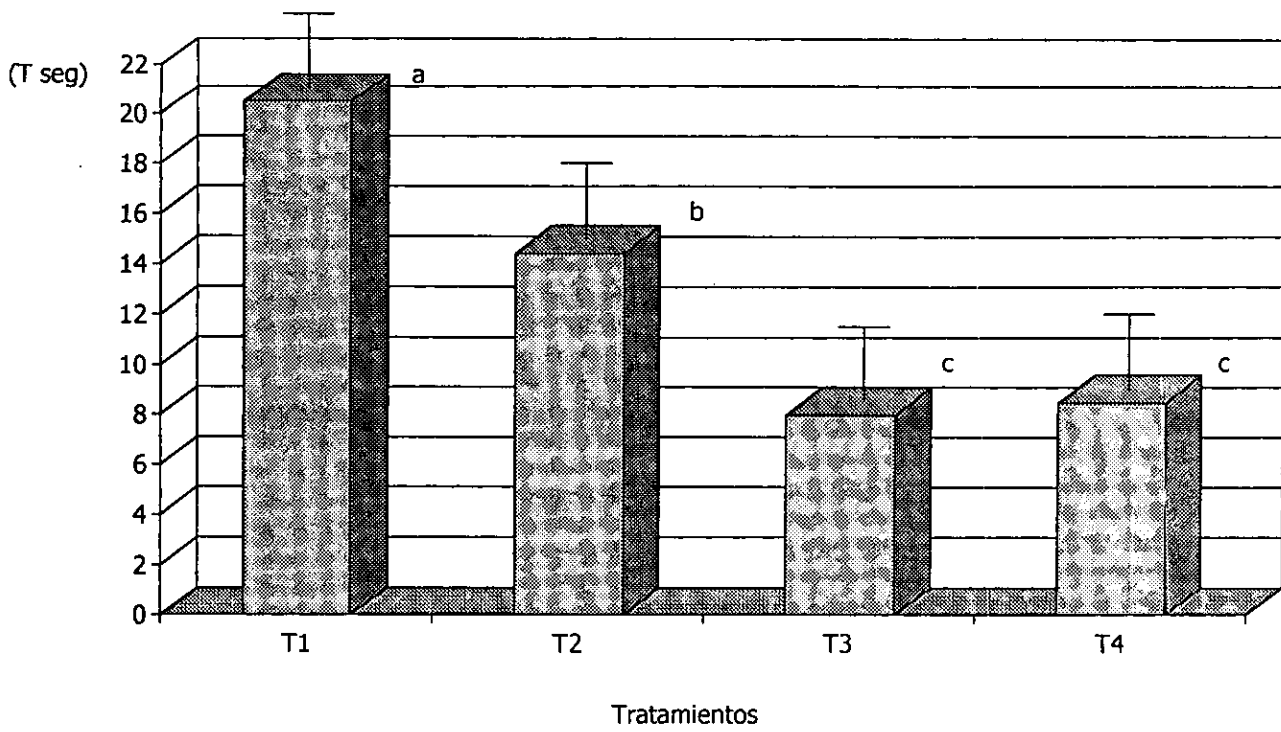


Figura 4 Latencia de respuesta de los cuatro tratamientos  
 (Testigo T1, Barrera T2, Cuerda / Cámara de llanta T3 y Combinación T4)

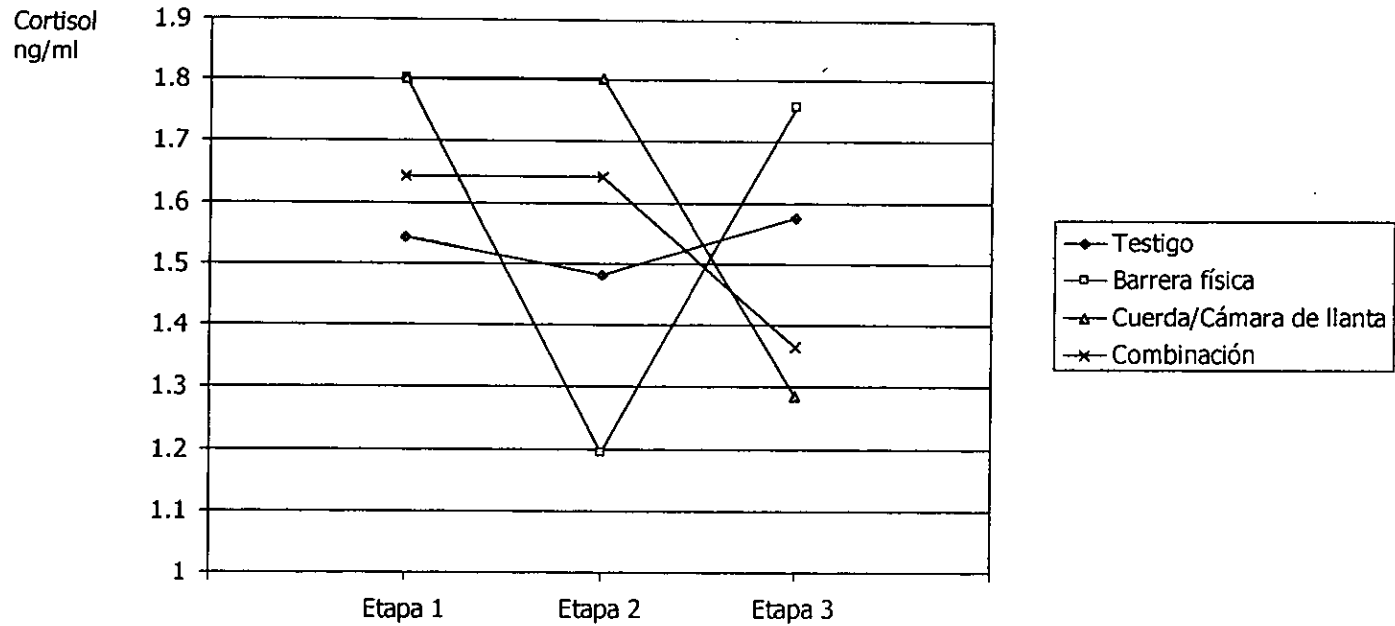


Figura 5 Valores promedios de cortisol en los cuatro tratamientos durante las tres etapas