UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
Y DE LA SALUD ANIMAL

EFECTO DEL MANEJO NATURAL EN EL EMBARQUE DE CABALLOS WARM BLOOD SOBRE LA FRECUENCIA CARDIACA Y PARÁMETROS CONDUCTUALES.

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS

P R E S E N T A :

LUCÍA PÉREZ MANRIQUE

TUTOR: MVZ. MSc. ALEJANDRO RODRÍGUEZ MONTERDE
COMITÉ TUTORAL: MVZ. PhD. ANNE MARIE SISTO BURT
VMD. KATHERINE ALBRO HOUPT

MÉXICO, D.F. 2008.

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

Dedicatorias.

A mi Gral. Div. Jorge Pérez Toledo, a quien le debo la vida en todos los sentidos y en cada segundo; mi Dragón favorito, mi eterno orgullo y ejemplo…no hay trabajo suficiente que pueda yo hacer para compensar todo lo que has hecho por mi…¡Dragones siempre leales!

A mi mami, la mujer más valiente e inteligente del mundo.

A mis tias Maru y Lucha, mis "segundas madres".

A mis amigos y compañeros de vida, que si bien Dios no me otorgó hermanos, me los dio a ustedes para compartir en las buenas y en las malas.

Al personal del Deportivo del Estado Mayor Presidencial, sobre todo al Gral. de Bgda. Mario Marco Antonio González Barreda, Cor. Maldonado, Tte. Cor. Pinto, Tte. Sta. María, Tte. Galindo, Sub. Tte. Rabling por su paciencia, cooperación y sobre todo por su valiosísima amistad.

A José Francisco Guinchard por enseñarme que las cosas salen mejor cuando se hacen con calma y una sonrisa en la cara.

A los caballos participantes en este estudio, a quienes les estaré eternamente en deuda por enseñarme siempre algo.

A mis tutores: Dr. Rodríguez Monterde y Anne Sisto por leer y leer mis ensayos por compartir su sabiduría y amistad. A la Dra. Katherine Houpt por abrirme las puertas de su hogar, familia y corazón; gracias por ser todo un ejemplo de integridad y profesinalismo.

Al Dr. Alfonso Aguilar, a Karin Aguilar y a mis compadres Sebastián, Vale y Luis Quintanilla por ser maravillosos amigos, maestros y tener más fe en mi de lo que yo misma creo; gracias por compartir tanto conmigo, por enseñarme a ser paciente, a ver las estrellas, a soñar, a reír todo lo que se pueda en un día y que vivir consiste en realizar cuanta locura llegue a la mente.

Al Dr. Carlos Vazquez por su paciencia, interés, amistad y enorme sabiduría.

A mi charro Mariano Hernandez Gil, por tanto y tanto amor.

A Julie Albright, Marta Castellano, al "famoso" Dr. De Matos, Mike Greenberg y Briana Harris, piedras angulares de la Universidad de Cornell.

Agradecimientos.

Al Dr. Carlos Vazquez por su ayuda con la estadística.

A mis tutores: Dr. Rodríguez Monterde, Dra. Katherine Houpt, Dra. Aline Schunemann de Aluja, Dr. Alberto Tejeda Perea, Dra. Anne Marie Sisto Burt y Dr. Alfonso Aguilar.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por ser fuente inagotable de conocimiento y lealtad.

Al Programa de Posgrado de la FMVZ-UNAM.

A CONACYT por todo su apoyo a mi y a la FMVZ-UNAM.

Al Dpto. de Medicina, Cirugía y Zootecnia para Equidos por todo su apoyo.

Resumen.

Efecto del Manejo Natural en el Embarque de Caballos Warm Blood Sobre la Frecuencia Cardiaca y Parámetros Conductuales.

MVZ Lucía Pérez Manrique, MVZ MSc Alejandro Rodríguez Monterde, MVZ PhD Anne Marie Sisto Burt, VMD PhD Katherine Albro Houpt.

Se ha demostrado que el embarque es uno de los eventos más estresantes y problemáticos para los caballos y sus manejadores. El objetivo del presente trabajo fue observar los efectos de un protocolo de entrenamiento de piso con conceptos de doma natural sobre el tiempo de embarque, frecuencia cardiaca, cantidad de conductas evasivas y el éxito de embarque en caballos tipo Warm Blood. Se utilizaron 28 animales divididos en 3 grupos según el éxito al embarque de una primera prueba (PE1) pre-entrenamiento con duración de cinco minutos. Los grupos fueron: "*caballos que si embarcaron*" (n=11), "*caballos que no embarcaron*" (n=10), y "*caballos con poco manejo*"(n=7). Las instalaciones y el manejo diario fue el mismo para todos los animales utilizados. En la primer prueba de embarque (PE1), se obtuvieron los parámetros control para su comparación con otras tres pruebas post-entrenamiento que se realizaron después de dos (PE 2), 10 (PE 3) y 30 (PE 4) días de haber concluido el periodo de entrenamiento. La comparación se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA) para grupos desbalanceados y un nivel de significancia del 5%. Para el estimado de éxito de embarque se realizó una regresión logística múltiple y momios. Los resultados obtenidos revelaron diferencia significativa ($p<0.05$) entre PE1 y las pruebas post-entrenamiento en el tiempo de embarque del total de los caballos (PE1 registró 191.42 $\pm$ 14.18 seg, PE2 124.82 seg; PE3 128 $\pm$ 14.18 seg y PE4 87.98 $\pm$ 14.18) sin haber diferencia estadística entre PE2, PE3 y PE4. La frecuencia cardiaca también disminuyó significativamente ($p<0.05$) para el total de los caballos por efecto del entrenamiento: de 90.13 $\pm$ 3.42 l/m en la PE 1, a 62.30 $\pm$ 3.48 en la PE 2, 59.57 $\pm$ 3.42 l/m en PE3 y 70.40 $\pm$ 3.56 en PE4, sin haber diferencia entre las pruebas post-entrenamiento. El éxito de embarque del grupo "*caballos que no embarcaron"* en PE1 fue de 0%, 60% en PE2, PE3 y PE4; para el grupo "*caballos que si embarcaron"* fue de 100% en PE1, 72.72% en PE2, 63.63% en PE3 y 90.90% en PE4; para el grupo "*caballos con poco manejo*" 42.85% en PE1, 100% en PE2 y PE4, y 85.71% en PE3. El estimado de éxito al embarque (tratada como variable binaria) se obtuvo mediante un análisis de regresión logística múltiple y fue de 10.33% bajo el supuesto de este experimento. Los momios indican que por cada prueba de embarque que se realice, el éxito de embarque aumenta .046 veces, y que caballos bajo el supuesto del grupo "*caballos que no embarcaron*" tienen 0.18 veces menos estimación de embarcar con éxito en comparación a aquellos bajo el supuesto *"caballos que si embarcaron".* El total de los caballos incrementó su estimado de éxito al embarque durante las pruebas realizadas: 60.82% $\pm$ 0.2145 en PE1, 62.54% $\pm$ 0.2124 en PE2, 69.08% $\pm$ 0.199 en PE3, y 82.58% $\pm$ 0.1401 en PE4. La cantidad de frecuencias evasivas registradas por el total de los caballos en la PE 1 disminuyó de 612 a 172 en la PE 2, 87 en PE3 y 91 durante PE4.

Los resultados de este estudio sugieren este método como una herramienta útil en el mejoramiento del nivel de bienestar durante el embarque en caballos de condiciones similares a los de este experimento.

Palabras clave: Doma natural, entrenamiento, embarque, transporte, remolque.

Abstract.

Effect of Natural Horsemanship Techniques On the Heart Rate and Behavior of Warm Blood Horses Loading Into a Trailer.

MVZ Lucía Pérez Manrique, MVZ MSc Alejandro Rodríguez Monterde, MVZ PhD Anne Marie Sisto Burt, VMD PhD Katherine Albro Houpt.

Several studies have shown that loading is one of the most stressful and problematic events for horses and handlers. The aim of this study is to evaluate the effects of a floor training protocol based on natural horsemanship techniques on the loading time, heart rate, evasive conducts and loading success of Warm Blood horses. 28 animals were used for this study, which were divided in three groups according to the success of a first loading test (LT1) pretraining, which lasted 5 minutes. The groups were: "*horses who loaded*" (n=11), "*horses who did not load*" (n=10), and "*horses with little handling*" (n=7). The facilities and daily handling of the horses was the same for all of the animals used in this experiment. During the first loading test (LT1), the control parameters were obtained to be compared with the three post-training tests, which were performed after two (LT2), ten (LT3), and 30 (LT4) days after finished the training period. The comparison was done with analysis of variance (ANOVA) for unbalanced groups, and a 5% of significance. The loading success estimates and odds ratio were obtained through a multinomial logistic regression. The results revealed statistical difference ($p<0.05$) between LT1 and the post-training tests in the loading time of horses (191.42 $\pm$ 14.18 sec in LT1, 124.82 $\pm$ 14.18 sec in LT2, 128 $\pm$ 14.18 sec in LT3, and 87.98 $\pm$ 14.18 in LT4), there was no significant difference between the post-loading tests registered time. The heart rate (HR) over all the horses also had a significant decrease ($p<0.05$) after the training (90.13 $\pm$ 3.42 b/m in LT1, 62.30 $\pm$ 3.48 b/m in LT2, 59.57 $\pm$ 3.42 b/m in LT3, and 70.40 $\pm$ 3.56 b/m in LT4) as well as loading time, there was no statistical difference between the post-loading analyzed HRs.

The loading success of the "*horses who did not load*" increased from 0% in LT1 to 60% in LT2, LT3 and LT4; for *"horses who loaded,* decreased from 100% in LT1 to 72.72% in LT2, 63.63% in LT3 and 90.90% in LT4; *"horses with little handling"* had 42.85% of loading success during LT1 and increased to 100% in LT2 and LT4, and 85.71% in LT3. The loading success estimate (treated as a binary variable) was 10.33% under the experimental circumstances. The odds ratio showed that for every loading test performed, the loading success of horses increases .046 times, and under the conditions of "*horses who did not load",* the animals decrease 0.18 times the loading odds compared to "*horses who loaded".* The amount of evasive conducts in LT1 decreased from 612 to 172 in LT2, 87 in LT3 and 91 in LT4.

These results suggest this method as a useful tool for the improvement of the welfare level of horses during loading under similar conditions of those used in this study.

Key Words: Natural horsemanship, training, loading, transport, trailer.

CONTENIDO **Página**

I. Introducción…… 1

II. Revisión de literatura
1. Sistemas de Manejo Vs. *Equus caballus* …… 4
1.1. Sistemas Motivacionales …… 5
1.2 Sensopercepción …… 6
1.2.1 Visión …… 7
1.2.2 Oido …….. 12
1.2.3 Olfato …… 15
1.2.4 Gusto …… 18
1.2.5 Tacto …… 19

2. Estrés y Bienestar ……... 23
2.1 Bienestar Animal ……... 23
2.2 Homeostasis y el Concepto de Alostasis …… 25
2.3 Definiciones de Estrés …… 26
2.4 Fisiología del Estrés ……... 30
2.5 Evaluación de Bienestar y Estrés de Caballos en Transporte Terrestre …. 32
2.5.1 Evaluación de Bienestar y Estrés de Caballos
Durante el Embarque …… 35

3. Aprendizaje y Entrenamiento en Caballos …… 38
3.1 Definiciones …… 38
3.1.1 Aprendizaje Asociativo …… 39
3.1.1.1 Condicionamiento Clásico o Pavloviano ……... 39
3.1.1.2 Condicionamiento Operante o Instrumental …… 40
3.1.2 Aprendizaje no Asociativo ……... 41
3.1.2.1 Habituación …… 42
3.1.2.2 Sensibilización ……..… 42
3.1.2.3 Desensibilización y Contracondicionamiento …… 42

3.2 Entrenamiento y Bienestar ……... 43
3.3 Aprendizaje y Estrés…… 46
3.4 Doma Natural …….. 47

III. Material y Métodos
3.1 Caballos …….. 52
3.2 Formación de Grupos …… 53
3.3 Prueba de Embarque Pre-entrenamiento o Control (PE1) …….. 53
3.4 Entrenamiento…… 54
3.4.1 Entrenamiento a la Cuerda …….. 54
3.4.2. Entrenamiento en Obstáculos …….. 56
3.5 Pruebas de Embarque Post-entrenamiento (PE2, 3 y 4)..... 59
3.6 Análisis Estadístico ……..….. 59

IV. Resultados
4.1 Tiempo de Embarque (seg.)…… 61
4.2 Frecuencia Cardiaca (l/m) ……..…… 61
4.3 Éxito de Embarque …….. 62
4.4 Conductas Evasivas ……... 63

V. Discusión y Conclusiones ……... 64
VI. Literatura Citada ……..... 73
VII. Cuadros y Figuras ……. 79

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, y bajo los sistemas de producción y manejo en que se tiene a los equinos, difícilmente se considera qué es (en esencia) un caballo. En la mayoría de las ocasiones, el interés del estudio del comportamiento en caballos, comienza cuando se enfrenta con un problema: — *"¿porqué el caballo no hace lo que se pide?, ¿cómo hacer que haga lo deseado?"*— [1], sin embargo, al tomar en cuenta el diseño evolutivo (anatómico, fisiológico y conductual) de esta especie, lejos de resultar sorprendente porque se comportan "incorrectamente", sorprendería la gran capacidad que tienen para adaptarse a vivir bajo condiciones totalmente ajenas a su naturaleza, y que obviamente están pensadas para la comodidad del manejador, no del caballo.

Este trabajo se diseñó para tratar uno de los problemas que muchos propietarios y manejadores de todo el mundo reportan: la renuencia del caballo a subir a un remolque para transporte terrestre. Mediante una encuesta se encontró que el 53.4% de los caballos con problemas durante el transporte, lo presentan solamente al embarcar [2]. Usando el incremento en la frecuencia cardiaca; otro estudio concluyó que el embarque es la etapa más estresante del transporte para caballos y otras especies [3]; posteriormente, Waran y Cuddeford (1995) realizaron un estudio cuyos resultados de la medición de frecuencia cardiaca y conductas evasivas durante el embarque demostraron que a pesar de que los caballos embarca aparentemente sin problema, éste evento sigue siendo estresante para animales con y sin experiencia [4]. En 2003, Shanahan comprobó que después de un método de entrenamiento de piso con obstáculos y con el método "Conocimiento Equino del Toque Wellington", mejor conocido como "The Wellington-Touch Equine Awareness" en inglés, se redujo el tiempo de embarque, frecuencia cardiaca y cortisol en saliva en caballos con historia de presentar problemas al embarcar[5].

El transporte de caballos es un evento complejo con muchos componentescomo manejo, separación de un ambiente familiar, cambios de piso, aislamiento, confinamiento, contención, entrada y restricción en un espacio reducido y oscuro, cambios medioambientales (temperatura, exposición a gases del combustible, orina y heces), movimientos del transporte, privación de alimento y agua [6,7,8], entre otros, que pueden provocar que los animales reaccionen evasiva o aversivamente durante el embarque. Después de muchos años de observaciones y experiencia en manejo e instalaciones, Grandin (2000) concluye que buenas instalaciones de transporte y un manejo

humanitario son las herramientas clave para facilitar el transporte, de manera que es necesario entrenar también al personal que esté encargado de los animales [8].

Es difícil determinar cuál(es) de los estímulos antes mencionados hace que los caballos rehúsen a embarcar, pero sí se sabe que es una especie con gran capacidad de aprendizaje o fácilmente condicionable.

La hipótesis del experimento aquí descrito, es que después de seguir un protocolo de entrenamiento basado en conceptos de doma natural, los caballos: a) reducirían el tiempo de embarque, b) reducirían la cantidad de conductas evasivas, c) aumentaría la probabilidad de éxitos de embarque, y c) subirían con frecuencias cardiacas menores en comparación a las mediciones previas al entrenamiento. Al disminuir la evasión de los caballos para subir al remolque, no sólo se mejora el nivel de bienestar, sino también reduciendo el riesgo de lesiones para el manejador. Un estudio realizado en 99 salas de emergencia de Estados Unidos de Norteamérica entre 2001 y 2003, estimó que 102,904 personas fueron admitidas por lesiones no fatales relacionadas a actividades en contacto directo con caballos, en su mayoría fracturas y traumatismos craneoencefálicos. El reporte menciona que el 39.9% de las lesiones fueron infringidas mientras el manejador no estaba montado; los autores de este estudio concluyen que las lesiones infringidas por caballos son materia de salud pública no sólo para los jinetes, sino para cualquier persona que esté en contacto con esta especie. Comparando la incidencia años anteriores, se reporta un aumento de accidentes no fatales entre 2001 y 2003, lo cual es indicativo de la necesidad de establecer programas preventivos mediante educación y entrenamiento sobre comportamiento equino y métodos seguros de manejo [9].

El protocolo de entrenamiento para los caballos que a continuación se propone requiere disciplina, tiempo y dedicación por parte del personal, sin embargo los resultados indican que a largo plazo vale la pena haciendo más seguro y menos estresante el embarque tanto para los animales como para el manejador. Es importante considerar implementar un método de entrenamiento para este fin, ya que, aunque el fin del caballo no sea mantenido con fines competitivos, nunca estará exento de ser transportado, por ejemplo, durante emergencias que requieran su referencia a algún centro médico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. SISTEMAS DE MANEJO Vs. EL *Equus caballus*

En muchas partes del mundo, el caballo continúa siendo una especie de trabajo, por lo cual puede considerarse como "animal de granja", sin embargo, no es una especie que se mantenga con fines productivos —como bovinos, cerdos, ovinos o caprinos—. Por esta razón, se le considera como una especie "de compañía". Tampoco encaja perfectamente en esta categoría, pues difícilmente puede mantenerse en estrecho contacto con el humano y su entorno como los perros o gatos, sino que la interacción se ve limitada a ser acicalado, alimentado y montado eventualmente. Independientemente de la forma en que se clasifique, a lo largo de su domesticación (hace 6,000 años aproximadamente), el caballo ha sufrido cambios que el hombre ha influenciado mediante la selección de individuos para obtener mayores capacidades atléticas y conductuales que permitan cumplir con su fin zootécnico [10]. La variación genética que se da durante la domesticación conlleva a muchas mutaciones que en un ambiente natural serían no-adaptativas. Sin embargo, bajo el cuidado del hombre esta especie ha podido sobrevivir y reproducirse indefinidamente. Es importante tomar en cuenta bajo todo sistema de manejo, que el hecho de que esta especie esté bien *adaptada*[*] en su "nuevo nicho" doméstico [11], no elimina su necesidad de cumplir con el repertorio de conductas de mantenimiento y sociales que realizan en libertad.

La mayoría de los sistemas de manejo están pensados para comodidad y provecho del hombre y no del caballo, y a pesar de proveerle las mejores condiciones —económicamente hablando—, muy posiblemente se está alterando negativamente su bienestar; por ejemplo: comparando los tiempos de alimentación en libertad, un caballo adulto pasa cerca del 70% de su tiempo alimentándose con pastos que él mismo selecciona de acuerdo a sus necesidades [12], contra un caballo en estabulación que tiene horarios establecidos (generalmente 2 ó 3 veces por día, que en total representa cerca del 10% de su tiempo) y sin oportunidad de seleccionar su alimento. El comportamiento ingestivo en estado libre, se combina con otros patrones de comportamiento como locomoción, exploración y descanso, lo cual difícilmente se satisface en estabulación.

---

[*] Adaptación: Ajuste al cambio, normalmente a través del tiempo y frecuentemente relacionado a cambios ambientales. En individuos, puede requerir aprender a aceptar cambios o habituación fisiológica o sensorial para ajustarse a las variaciones sensoriales [94].

De esta manera, resulta fácil entender que al truncar con la naturaleza del caballo, éste llegue a presentar alteraciones conductuales [13]. Igualmente, al seleccionar individuos para su crianza, se rompe con factores sociales relacionados con el apareamiento y la selección natural, ya que por estar al cuidado del hombre, logran sobrevivir individuos que no lo harían en estado libre. [1]

La mayoría de las actividades que realizan los caballos (por lo menos en nuestro País) pueden resumirse en: trabajo y fines deportivos o recreativos. Sea cual sea el fin zootécnico y la raza del animal, debe de tomarse en cuenta la naturaleza de esta especie para los aspectos de su manejo y mantenimiento, esto es, aplicar la *etología*[†].

1.1. SISTEMAS MOTIVACIONALES

Para identificar las causas de cualquier pauta de comportamiento es necesario entender la combinación del estado interno del organismo con los estímulos externos percibidos a través de los sentidos, lo cual implica conocer los centros nerviosos y las vías de comunicación entre procesos sensoriales y motores relacionados con el comportamiento. Lo anterior se engloba en la *Teoría de la Motivación.* [14] En este capítulo, se tocarán los sistemas motivacionales y la percepción del caballo con el Los animales tienen que tomar decisiones a tiempo y en el lugar correcto sobre sus actividades, no basta con hacerlo aleatoriamente pues de esto depende su éxito de supervivencia [15]. Todo comportamiento, debe de ser eficiente, lo que significa que debe de tener un objetivo cuya realización represente un costo mínimo para el animal, lo cual requiere la existencia de un balance entre las necesidades a corto plazo y una estrategia a largo plazo. [1]

La *motivación* es lo que determina que el animal se comporte de una u otra manera. [15] Galindo (2004) define este término como "los procesos cerebrales que controlan cuál comportamiento y cambio fisiológico se presenta y cuándo", o bien, "la tendencia a realizar un comportamiento", y a los *sistemas motivacionales*, como "acciones regulatorias del comportamiento que igual que muchos procesos fisiológicos, son regulados por retroalimentación positiva o negativa". Para su estudio, los sistemas motivacionales se han

[†] Etología: Estudio científico de los patrones conductuales realizados en el ambiente natural de la especie estudiada. Tradicionalmente, éste término se utiliza para especies animales salvajes, pero recientemente se ha utilizado para incluir el estudio de conductas de animales domésticas en su respectivo ambiente [94].

dividido en: *comportamiento individual o de mantenimiento, social y materno,* [14] aunque algunos autores consideran al materno dentro del social (Ver cuadro 1).

De esta manera, podemos entender que si un caballo esta "tomando la decisión de comer" para sobrevivir, de igual relevancia será cambiar este comportamiento por huída ante la amenaza de un predador; para hacer esto eficientemente, el cerebro debe de estar al tanto de la actividad que esta realizando, como del estado de su ambiente interno y externo, y priorizar de alguna manera el estatus de la misma.

Toda actividad tiene tres etapas:

a) Etapa de apetito: Fase inicial donde se busca el objetivo.
b) Etapa consumatoria: Fase en la cual se alcanza el objetivo.
c) Etapa refractaria: Una vez alcanzado el objetivo, el individuo pierde el interés. [1]

Cuando un caballo realiza una "tarea a", se debe de entender que los factores de motivación para realizar esta actividad son más fuertes que la motivación para realizar otra "tarea b", por lo tanto, con fines de entrenamiento y para lograr que un caballo haga algo, se deberá:

a) Reducir la motivación de la actividad actual y permitir que se exprese su siguiente prioridad.
b) Incrementar la motivación por la conducta deseada. [1]

No todos los programas de entrenamiento toman en cuenta estos puntos para disuadir y enseñar al caballo a realizar las tareas deseadas, que muchas veces van en contra de la conducta propia del animal, como entrar a un remolque. Muchos entrenadores e investigadores reportan que incluso es posible disminuir la presentación de conductas provocadas por miedos y fobias removiendo el estímulo asociativo [1], lo cual es sólo un ejemplo de la enorme capacidad que tiene esta especie para ser entrenado o re-entrenado (Ver capítulo 4 sobre aprendizaje y entrenamiento).

1.2 SENSOPERCEPCIÓN

Para lograr un buen manejo, hay que entender que ante todo, el caballo es un animal presa, por lo tanto, su principal mecanismo de defensa es la huída. Analizando su anatomía, entenderemos que sus características atléticas no son accidentales: miembros largos y

ágiles, gran capacidad pulmonar. Igualmente, su agudeza sensorial le permite estar al tanto del mínimo cambio en su entorno y reaccionar eficazmente ante los estímulos externos.

Antes de manejar un caballo, debe de atenderse la actitud, disposición y temperamento del animal, así como su grado de respuesta ante ciertos estímulos. Se piensa que ciertos gestos pueden ser indicativos del temperamento y estado de ánimo de un caballo, por ejemplo: alto grado de exposición y movilidad de la órbita puede indicar ansiedad, mientras que la órbita fija puede ser signo de angustia, dolor o *sufrimiento*[‡].

El movimiento y orientación de las orejas permite que durante el manejo se pueda identificar hacia dónde está concentrada la atención del animal; [13] igualmente, un animal agresivo, normalmente desplaza sus orejas hacia atrás pegándolas a su cabeza. Si todos estos gestos se interpretan en conjunto, es fácil predecir e incluso prevenir conductas no deseadas o reforzar las deseadas oportunamente.

Otro punto importante a tomar en cuenta durante el entrenamiento y manejo de caballos, es que generalmente son neofóbicos, [17] de manera que al presentarles un estimulo nuevo, se les debe permitir explorar y valorar la situación, así como evitar sorprenderlos y tranquilizarlos si esto sucediera. Esto puede disminuir el nivel de reactividad y facilitar el proceso de aprendizaje, [18] ya que si por el contrario, el caballo se siente amenazado ante cierto estimulo, intenta huir y se le infringe un castigo injusto, lejos de facilitar el aprendizaje puede desencadenar temor[§] e inducir aversión[**] a este estímulo, evento o situación. [19]

1.2.1 VISIÓN

Comprender la visión del caballo es esencial para un manejo correcto: considerar la capacidad y habilidades visuales para entender las reacciones y movimientos que los caballos deben hacer para incorporar los objetos a de sus campos visuales, analizarlos y

---

[‡] Sufrimiento: Sensaciones desagradables y subjetivas de presentación aguda o prolongada que suceden porque el animal no es capaz de actuar de la manera en que normalmente lo haría para reducir los riesgos en su vida y reproducción. [44]

[§] Temor: Sensación de aprensión resultante ante la proximidad de algunas situaciones u objetos.Cuando el grado de temor es excesivo, se le llama fobia.[94]

[**] Aversivo: Describe a un estímulo que causa evasión o huída. [44]

poder desempeñar las tareas que se le soliciten. [20] En múltiples ocasiones el Médico Veterinario deberá realizar exámenes oftalmológicos para asegurar el desempeño de los caballos en sus diferentes funciones zootécnicas. [21] En este trabajo, sólo se mencionan las particularidades del ojo del equino y la relevancia que éstas tienen en la sensopercepción.

Los ojos del caballo están entre los más grandes de los mamíferos (5 X 6.5 cm), lo cual es indicativo de cuán importante es este sentido para la especie. La localización lateral de los globos oculares y la forma ovalada con la que se contrae la pupila, amplían el campo visual horizontalmente a un ángulo de aproximadamente 350°, [22] mismo que está compuesto por el *ángulo visual monocular* (área captada con un solo ojo) de aproximadamente 142.5° y el *binocular* (área percibida por ambos ojos), de 70-80°.

Este último es el único campo con visión estereoscópica (3D) que permite juzgar distancias y profundidad con precisión, contrario a lo que antiguamente se pensaba. [13, 23]

A la altura de la cola tienen un punto ciego de aproximadamente 5°, que puede modificarse con el movimiento de la cabeza (Ver figura 1). El otro punto ciego, se extiende hasta 2 metros bajo su nariz. [1, 13]

El hecho de que el campo visual está más desarrollado en un plano horizontal, provee mayor rango panorámico pero es más angosto sobre el plano vertical (178-180°) en comparación al humano [1,13] (Ver figura 2).

Para analizar su entorno, es necesario que el caballo mueva los ojos y la cabeza, y así hacer uso de los diferentes campos visuales para ver diferentes zonas (Ver figura 3). Por ejemplo: con la cabeza levantada y la nariz apuntando hacia adelante, usa el campo binocular en el plano horizontal (Ver figura 4); con la cabeza apuntando hacia abajo, el campo binocular se concentra en el suelo y el monocular en el horizonte, de manera que mientras está pastando y algo en el ambiente llama su atención, es necesario que levante la cabeza en dirección al estímulo para hacer uso de su campo binocular hacia el frente y a mayor distancia, pero al mismo tiempo pierde la habilidad de ver hacia atrás y a los lados con el campo monocular. [13, 23]

El caballo tiene poca elasticidad en los *músculos ciliares*, por lo tanto, poca *acomodación*[††], sin embargo su óptica los hace capaces de enfocar bien a mas o igual de un metro de distancia con poca necesidad de variar la acomodación del cristalino. La proximidad de los objetos y los ojos se ve limitada por lo largo de su nariz, de manera que objetos localizados a corta distancia son detectados por la piel y vibrisas de los belfos, y no mediante la vista. [13]

La *retina* o porción nerviosa del ojo, es en realidad parte del sistema nervioso central. Es la estructura más interna constituida por 10 capas. El circuito neural de la retina convierte la energía luminosa transducida en los fotorreceptores en potenciales de acción que se dirigen hacia el encéfalo a través de los axones de las células ganglionares, que forman al *nervio óptico*. Los *fotorreceptores retinianos* son de dos tipos: [24, 25]

1) Bastones: Son los fotorreceptores mas abundantes en la retina del equino. Contienen un pigmento dependiente de vitamina A llamado rodopsina, que al activarse envía información al sistema nervioso central produciendo imágenes a blanco y negro. Estos fotorreceptores detectan movimiento y responden a intensidades tenues de luz y, es decir, brindan visión *escotópica* (luz-oscuridad). [26] Gracias a estas células, el caballo tiene buena visión en condiciones de luz tenue, pero no permiten el reconocimiento de color. [1]

2) Conos: Poseen pigmentos que responden a distintas ondas de luz, de manera que brinda visión *fotópica* (brillo-luz). [26] Cada color visible en el ambiente, produce una combinación de actividades eléctricas específicas en los pigmentos que el cerebro reconoce como determinado color. Estos fotorreceptores son menos abundantes que los bastones, por lo cual se requiere de niveles mas

[††] Acomodación: Cambios dinámicos en la refracción del cristalino. La forma del cristalino esta determinada por dos fuerzas opuestas: 1) su propia elasticidad, que tiende a mantenerlo redondeado, y 2) la tensión ejercida por las fibras de la *zónula*, que son bandas de tejido conectivo de disposición radial fijadas al músculo ciliar, de manera que para la visión cercana, el cristalino se torna más grueso y redondeado (tiene mayor poder de refracción) como resultado de la actividad del *músculo ciliar* que se localiza en el cuerpo ciliar. La relajación de la tensión en las fibras de la zónula permite que la elasticidad intrínseca del cristalino aumente su curvatura. Durante la visión lejana, el músculo ciliar se encuentra relajado, bajo esta situación las zónulas ejercen tensión sobre el cristalino manteniéndolo extendido [25].

elevados de iluminación para su funcionamiento. Los conos permiten apreciación a detalle y brindan visión a color. [1,13]

Con base en el movimiento hacia arriba y abajo que realizan los caballos para localizar objetos cercanos (Ver figura 5), existe la teoría sobre la existencia de la *rampa de la retina*, que indica que la distancia del punto nodal del ojo a la retina es mayor en la porción dorsal que en la céntrica y ventral del ojo, de manera que el equino tiene que mover su cabeza hacia arriba y abajo para poder enfocar objetos cercanos, mientras que los objetos lejanos son mas fáciles de enfocar en la porción dorsal de la retina. De esta manera, se explica por qué movimientos repentinos y objetos cercanos al caballo pueden provocar que el animal sobre-reaccione si éstos no están dentro de su área focal; [22] sin embargo, en 1999 Harman *et al* concluyeron mediante mediciones de los ojos de 6 caballos que la diferencia en la distancia del cristalino a la retina si existe, pero de forma inversa a la antes pensada, por lo cual, la rampa de la retina no existe. La razón por la cual el caballo tiene que subir su nariz para ver objetos distantes es porque el campo binocular se localiza frente a su cabeza con un punto ciego directamente bajo la nariz. [23]

La disposición de las células ganglionares en el equino es horizontal y con menor concentración en la porción dorsal y ventral de manera que en las áreas dorsal y ventral su concentración es menor. Esta organización celular ha llevado a concluir que la *agudeza visual* en los caballos es relativamente pobre, [27] y que los movimientos que tiene que hacer con la cabeza para poder enfocar, se deben a la necesidad de acomodar el objeto de interés dentro del plano horizontal (donde existe mayor concentración celular). Cuando el caballo percibe que algo se está moviendo entre sus extremidades, debajo de ellas o fuera del eje horizontal, es necesario que éste se mueva rápidamente para poder distinguir el objeto; es entonces natural pensar que movimientos repentinos fuera del área de mejor visibilidad alerten a los caballos y los vuelvan ansiosos aunque se trate de personas u objetos familiares, sin embargo, con entrenamiento se puede modificar la tolerancia a ciertos movimientos y situaciones. [26]

Los axones de las células ganglionares se reúnen caudalmente formando el *nervio óptico*, cuyas fibras se cruzan (*decusación)* en el *quiasma óptico* en la base del diencéfalo, tálamo y

mesencéfalo. Este entrecruzamiento permite procesar en el cerebro la información de los puntos correspondientes de ambas retinas (derecha e izquierda). [25]

Los primates poseen un área de concentración de conos y células ganglionares en relación 1:1 denominada *fovea*, que produce visión a color *tri cromática.* Al localizarse en el centro del campo binocular, también provee precisión respecto a la percepción de profundidad. El caballo no posee fovea y tiene menos rango de movimiento sobre la órbita ocular que el primate, añadiendo a estas características las proporciones celulares antes mencionadas, se cree que la visión del caballo es similar a la visión periférica del humano (Ver figura 2). [26]

Por poseer menor proporción de conos que bastones y no tener un área especifica de concentración de conos, la visión del equino esta dominada por los bastones, lo cual significa que tienen mayor influencia de *visión escotópica*[‡‡] y brinda mejor apreciación de movimiento que detalle. [26] A pesar de que la visión escotópica funciona con menores cantidades de luz, Houpt encontró que los caballos trabajan para mantener su caballeriza iluminada, [28] lo cual puede explicar que la falta de iluminación del remolque sea uno de tantos factores que contribuyan a la renuencia del embarque.[29]

El *tapetum lucidum* es una estructura característica del ojo del caballo localizada el la mitad superior del fondo ocular, que aumenta las propiedades de concentración lumínica de los bastones al reflejar la luz hacia la retina cuando esta topa con el *fundus*. De esta manera, hace mejor uso de la luz disponible en el ambiente que el ojo humano, sin embargo también puede reducir la capacidad de discriminación visual por consecuencia de la dispersión lumínica. [1, 13, 21, 27] Se cree que para reducir la dispersión lumínica, los herbívoros poseen la *corpora nigra* (o *granula iridica*), estructura localizada en la porción dorsal del iris. [21, 30]

Respecto a la percepción de color, se han realizado diversos estudios, cuyos resultados son contradictorios, pero actualmente se piensa que el caballo es *di cromata*, y contrario a lo que se pensaría (por ser un animal herbívoro), no distinguen bien tonos verdes ni amarillos (Ver figura 6).[31]

La *pupila* del caballo posee una característica forma ovalada y es particularmente grande. Su dilatación se controla neuralmente para reducir las aberraciones ópticas aumentar al

---

[‡‡] Visión escotópica: Percepción visual que se produce con niveles muy bajos de iluminación. La recepción de luz se da principalmente por los bastones de la retina. La visión escotópica da poca agudeza visual baja y no permite discriminar colores pues es monocromática [25,26].

máximo la profundidad del campo en la medida en que lo permiten los diferentes niveles de iluminación. [24,25]

1.2.2 OIDO

El sentido auditivo tiene tres funciones primarias en animales: detectar sonidos, determinar la localización de la fuente del sonido y proveer información sensorial que permita al animal reconocer la identidad de estas fuentes. [27]

En términos físicos, el *sonido* se refiere a las ondas de presión generadas por las moléculas de aire que vibran. Las ondas sonoras se propagan en tres direcciones y tienen cuatro características principales: *forma, fase, amplitud* (expresada en decibeles, dB) y *frecuencia* (expresada en ciclos por segundo o Hertz, Hz). [25]

Las diferencias conductuales se reflejan en la abundancia de especializaciones anatómicas y funcionales en todo el sistema auditivo. [24, 25]

Respecto a las diferencias auditivas entre especies, se ha concluido que entre mas pequeña sea la cabeza del animal, existe mayor capacidad para detectar frecuencias altas, como es el caso de los caballos. [27]

Heffner y Heffner realizaron un estudio con audiogramas conductuales en caballos, determinando un umbral auditivo de 60 dB y un rango de frecuencia entre 55 Hz y 33.5 kHz, con una sensibilidad máxima entre 1 y 16 kHz; más allá de los 16 kHz, la sensibilidad auditiva disminuyó rápidamente.[32] La sensibilidad del oído del caballo puede aprovecharse durante el entrenamiento usando comandos y refuerzos con la voz,[13] ya que el rango auditivo cubre la voz humana, incluso mejor que el perro; Saslow sostiene que por esta razón, al entrenar caballos la voz del manejador es más efectiva que el uso de silbatos y clickers, [26] sin embargo, el problema que puede haber al usar la voz es que también expresa emoción y aumenta en volumen y frecuencia, cambios perceptibles fácilmente por el caballo, por lo cual el manejador debe de practicar para mantener un tono de voz calmado aunque en realidad no lo esté. [1]

Se presume que los caballos pueden detectar sonidos a 4400 metros de distancia. [13] A diferencia de los humanos, los equinos usan la movilidad de sus orejas para dirigir la aurícula hacia la fuente de sonido. Mientras el humano posee 3 vestigios musculares para

controlar este movimiento, el caballo posee 10 músculos que permiten un rango de movimiento de hasta 180° de manera individual.[27] Específicamente durante el entrenamiento, la posición de las orejas es clave para el manejador, pues para dar un comando es necesario saber que el animal está concentrado y poniendo su atención en el manejador. El tejido que envuelve a la cabeza bloquea sonido, por lo tanto, es necesario que la oreja esté dirigida hacia la fuente del sonido para que se pueda detectar con precisión. [1] La flexibilidad de las orejas facilita la localización de la fuente de sonido dentro de un arco de 25° aproximadamente, a diferencia del humano, que sólo puede localizar con precisión la fuente del sonido a 1°. [13]

La localización del sonido depende de dos características de la señal auditiva:

1) El tiempo que lleve a la señal llegar a cada oído, (que dependerá de la localización de la fuente). La habilidad del sistema nervioso para detectar la localización sonora, es dependiente de la habilidad para detectar pequeñas diferencias temporales en la llegada de la señal, lo que significa que los animales con más *distancias interaurales*[§§] tienen más facilidad para localizar el sonido, ya que sus cabezas generan mayor rango de *retardos interaurales*[***].

2) El espectro frecuencia-intensidad de los sonidos que alcancen el oído: la cabeza forma una sobra acústica que disminuye la intensidad del sonido cuando llega al oído en el lado opuesto a la fuente de origen. Este efecto es frecuencia-dependiente: las frecuencias altas inducen más atenuación, mientras las frecuencias bajas casi no se ven modificadas.[27]

Es importante tomar en cuenta que los caballos pueden detectar sonidos de alta frecuencia que el humano no detecta, de manera que parte de "la eventual e inexplicable agitación" puede deberse a la detección de sonidos que están fuera del rango del humano, por lo cual, el buen entrenador debe de aprender a leer a su caballo antes de infringir un castigo ilógico e incluso aprender a usar su voz para tranquilizar al animal. Cuando el sistema auditivo capta las ondas sonoras, las transforma en distintos patrones de actividad neural que luego se integran con la información proveniente de otros sistemas sensitivos para guiar el

---

[§§] Distancia interaural: Distancia que deben de viajar los sonidos en la cabeza desde la apertura de uno de los canales auditivos hasta el otro. La evaluación de las diferencias de tiempo interaural proporciona información fundamental ara la localización del sonido. [25]

[***] Retardo interaural: Diferencia en el tiempo interaural. [25]

comportamiento, incluyendo los movimientos de orientación hacia estímulos acústicos y la comunicación propia de la especie.

El sistema auditivo es tan sensible en el caballo, que incluso se reporta la existencia de detectores acústicos en el corazón capaces de transducir fielmente vibraciones del diámetro de un átomo y de respuesta mil veces más rápido que los fotorreceptores visuales, las cuales facilitan la orientación de la cabeza y el cuerpo hacia los estímulos sonoros cuando la fuente no se encuentra dentro del campo visual. [24]

Para la mayoría de los animales, la respuesta normal ante un sonido es dirigir su cabeza y ojos hacia la fuente sonora para incorporar al objeto de interés en el campo visual. Esta conducta provee de información crucial sobre la actividad predador-presa. Heffner y Heffner examinaron la correlación entre la localización del sonido y factores visuales como ángulo binocular, agudeza visual y campo visual total, encontrando pobre correlación entre agudeza visual y localización del sonido, y entre campo binocular y localización del sonido, pero una alta correlación entre agudeza de localización y el campo visual más predominante: los caballos tienen gran cantidad de células ganglionares sobre el eje horizontal de la retina, por lo que el origen de un sonido puede ser visto sin que ésta información llegue al centro auditivo. [27,33] Por otro lado, ante sonidos prolongados el equino puede detectarlos bien haciendo uso del movimiento de sus orejas, hacia donde dirigirá la vista, pero si el sonido es corto (ej. el sonido de un látigo), y no puede localizar su origen, entonces puede responder con mecanismos reflejos de defensa, usualmente la huída. [26]

Algunas neuronas de *colículo inferior*[†††] responden sólo a sonidos modulados por frecuencias, mientras otras lo hacen sólo a sonidos de duraciones específicas, lo cual es biológicamente relevante para detectar sonidos emitidos por predadores o de comunicación intra-específica. [24,25]

La mayoría de las aferencias del colículo inferior llegan al *complejo geniculado medial del tálamo*, aunque algunas otras fibras auditivas desde el tronco del encéfalo inferior no pasan por el colículo inferior y llegan directamente al *tálamo*[‡‡‡]. Las neuronas del complejo

---

[†††] Colículo inferior: centro auditivo del cerebro donde se analiza de manera detallada la fuente del sonido. [25]

[‡‡‡] Tálamo: Porción del diencéfalo cuya función integraradora es relacionar las futas de y desde la médula y centros nerviosos superiores en el cerebro. Con excepción del olfato, todos los impulsos que

geniculado medial reciben aferencias convergentes desde vías separadas de modo espectral y temporal. En virtud de sus aferencias convergentes, media la detección de combinaciones espectrales y temporales específicas de sonidos, que son variables características especialmente en los sonidos de la comunicación [24.]

La estructura diana final de la información auditiva es la *corteza auditiva,* donde se procesa el orden superior de los sonidos naturales, es decir los utilizados para la comunicación y a las diferentes combinaciones espectrales que caracterizan ciertas vocalizaciones. [25] En el caballo, se ha observado que a las tres semanas de edad los potros son capaces de reconocer los relinchidos de su madre. Igualmente, los miembros de una manada responden a llamados de sus compañeros después de separarlos por cierto tiempo. Por otro lado, se han realizado monogramas de las diferentes frecuencias de comunicación verbal en equinos y se piensa que las diferentes frecuencias corresponden a determinada intención (llamados de madre a su potro, cortejo, encuentros afiliativos, encuentros antagonistas, etc.) importantes para la comunicación entre los miembros del grupo. [13] Algunas neuronas de la corteza auditiva también tienen el propósito de sintonizarse a más de una frecuencia y reconocer sonidos específicos para extraer información fundamental para la supervivencia. [24]

1.2.3 OLFATO

El sentido del olfato es el principal sentido que los mamíferos desarrollaron para percibir información a distancia. [26]

Anatómicamente, los ollares del equino están dispuestos lateralmente y opuestos el uno del otro, lo cual permite la estereolfación y la localización de la fuente del olor. [34] La superficie de la cavidad nasal del caballo es muy larga, proveyendo una gran área de mucosa olfatoria que se amplía aún más por poseer estructuras plisadas en la parte caudal de la cavidad recubriendo a las *conchas etmoidales* (Ver figura 7). Estas estructuras se encuentran en estrecho contacto con la *lamina cribosa,* que es una placa finamente perforada entre la cavidad nasal y craneal por la cual pasan los *nervios olfatorios*. [1, 26, 35]

---

llegan al cerebro tienen sinapsis en el tálamo. Esta estructura también se encarga de la percepción a conciencia de algunas sensaciones, mantenimiento de conciencia, mantenimiento de atención y fase inicial del sueño. [13]

Los quimiorreceptores especializados en la olfacción son neuronas distribuidas sobre el epitelio de la mucosa nasal que, según Fraser se localizan en el techo de la cavidad nasal, [11] y según De Lahunta se encuentran en la porción caudal de la cavidad nasal del equino. [37] De cada célula olfatoria protruyen cilios hacia la superficie epitelial, donde interactúan con la secreción mucosa y se estimulan con los químicos de las sustancias disueltas en ésta. Las neuronas codifican la estimulación de la sustancia odorífera y la traducen en señales eléctricas para trasmitirlas a los centros de orden superior. Los axones de los quimiorreceptores tienen dos procesos, el principal origina al *nervio olfatorio* (par craneal I), que pasa por la placa cribosa del hueso etmoidal y llega directamente hasta los *bulbos olfatorios* (Ver figura 8),[11,37] que a su vez envían proyecciones hacia la *corteza piriforme del lóbulo temporal* y otras estructuras del *sistema límbico*[§§§] como el *hipotálamo y la amígdala* (ambos en el encéfalo anterior). Este primer proceso hace único al sistema olfatorio (neuralmente hablando), ya que a diferencia de los demás sistemas sensitivos, no implica un relevo talámico desde los receptores primarios hacia la región neocortical para procesar la información. El segundo proceso se extiende a lo largo de la mucosa olfatoria, y también llega a la *corteza piriforme*, pero éste si transmiten información a través del tálamo hacia las áreas asociativas especializadas en olfato. El procesamiento adicional que se relaciona con los núcleos del sistema límbico se denomina *vía refleja olfatoria*, y es responsable de identificar la sustancia odorífera e inicia reacciones motoras, viscerales y emocionales apropiadas para los estímulos percibidos. [24, 25, 37]

Presumiblemente las neuronas receptoras olfatorias son selectivas a cierto estímulo químico en particular, mientras que otras son activadas por moléculas odoríferas diferentes. La codificación de la información olfatoria también tiene una dimensión temporal; la *aspiración*, es un acontecimiento periódico que desencadena potenciales de acción y actividad sincrónica en poblaciones neuronales: [25] al inspirar rápido y con poca profundidad, aumenta la carga de moléculas percibidas por el epitelio nasal, al resoplar se

[§§§] Sistema Límbico: Formado por la conexión de varias estructuras cerebrales: corteza frontal, lóbulo temporal, tálamo e hipotálamo Sus múltiples conexiones con otras partes del sistema nervioso central proveen información sobre rutas aferentes. Su actividad da resultado a respuestas autonómicas y corporales que constituyen el comportamiento emocional. [13]

limpian las áreas sensitivas para que en la siguiente inhalación se obtenga una impresión más real del nuevo ambiente u olor. [1, 26]

Mientras el epitelio de los bulbos olfatorios responde a moléculas volátiles pequeñas, el *órgano vomeronasal* u *órgano de Jacobson*, (Ver figura 9) responde mejor a moléculas de mayor tamaño no volátiles y más específicas de la especie, como las presentes en secreciones corporales. [26] El órgano vomero nasal es una estructura cartilaginosa tubular altamente vascularizada, recubierta de membrana mucosa localizada en la mayoría de los mamíferos, pero en el humano es muy pequeña a diferencia del caballo, donde mide cerca de 12 cm. Corre por ambos lados del septo nasal dentro del paladar duro hacia la parte anterior de la cavidad nasal, con la cual se comunica vía el ducto naso-palatino. Su función fue descrita por Whitten, [38] quien indica que la luz del órgano vomeronasal se contrae y expande ante su estimulación, actuando como una bomba para detectar feromonas. [11]

La presencia de éstos químicos específicos se detecta primero por el epitelio olfativo y posteriormente, el caballo realiza el *signo de flehmen*, que consiste en elevar la cabeza, enrollar el labio superior y presionar la lengua contra el paladar duro para forzar la entrada de las partículas olfatorias hacia el órgano vomeronasal y detectar el olor. La principal fuente de detección de feromonas es a través de orina, heces, y ante la exposición con sabores novedosos, olores irritantes; es sumamente común en garañones al detectar hembras en celo, lo cual significa que juega un papel importante en el control y coordinación de actividad sexual. Por la inervación directa mediante fibras que llegan al sistema límbico, también se piensa que controla conductas emocionales, posiblemente relacionadas con conductas específicas muy notables en caballos y otros ungulados, como ansiedad, miedo o alarma. [12]

Algunos autores reportan que el órgano vomeronasal puede ser el responsable de disparar ciertos cambios de madurez sexual en el caballo, pues en grupos de machos en otras especies la ausencia de orina femenina resulta en bajo peso corporal y pobre desarrollo de características sexuales secundarias; igualmente, la ausencia de machos durante el desarrollo de hembras retrasa la pubertad en éstas. [1,13]

Con esta información, es posible entender la gran relevancia del sentido del olfato para el caballo, que confía más en la información olfatoria que los humanos para el reconocimiento

de objetos e individuos, de hecho, cuando dos caballos se encuentran, lo primero que hacen es olerse inhalando profundamente para muestrear moléculas y así reconocerse.[13] Es importante tomar en cuenta que mediante el olfato es básico durante la exploración, sin embargo, rara vez se les da tiempo para que los animales puedan reconocer al manejador o ambientes extraños, como podría ser el remolque por ser un espacio encerrado donde se concentra un sinnúmero de olores, probablemente de otros animales y/o sus desechos.

1.2.4 GUSTO

El gusto y el olfato son resultado de la interacción de moléculas con receptores sobre una membrana mucosa; en el caso del gusto, estos receptores son *papilas* localizadas sobre la lengua, en la porción anterior del paladar blando, faringe, laringe, labios, cachetes y superficie oral de la epiglotis. Las papilas tienen pequeños poros que proyectan micro vellosidades con las que interactúan las sustancias gustativas. Una vez que las *células gustativas* traducen este estímulo y proporciona información sobre la identidad, concentración y cualidad (agradable o desagradable) de la sustancia. Esta información también prepara al sistema gastrointestinal para recibir alimentos al provocar salivación y deglución. [25]

En el humano, las células gustativas hacen sinapsis con axones sensitivos primarios que inervan las papilas gustativas de la lengua, paladar, epiglotis y esófago respectivamente. Los axones de estas neuronas sensitivas primarias en los ganglios de los nervios craneales respectivos, se proyectan hasta el *núcleo del tracto solitario* en el *bulbo raquídeo*, también conocido como *núcleo gustativo del complejo del tracto solitario*. La porción caudal del núcleo del tracto solitario recibe información de *ramas subdiafragmáticas del nervio vago*, que controlan la motilidad gástrica.

Algunas proyecciones recíprocas conectan al núcleo del tracto solitario a través de la protuberancia con el *hipotálamo y la amígdala*, presumiblemente estas ramas influyen en el apetito, saciedad y otras respuestas relacionadas con la ingesta y con memoria para la asociación de sabores con experiencias pasadas. [25,37]

La estrecha relación de la información gustativa y visceral es muy importante, pues el animal debe reconocer rápidamente si está comiendo algo que lo enferme. [24,25] Se ha

observado que tanto sabores novedosos como familiares pueden asociarse positiva o negativamente hasta producir aversión en un futuro, lo cual se sabe importante en potros, quienes aprenden de sus madres a seleccionar el alimento y evitar plantas tóxicas. [40]

Otra función del gusto es proveer información sobre el valor nutricional del alimento, aparentemente, existen receptores específicos para detectar ciertos nutrientes y así asegurar su ingesta, como es el caso de la sal. La regulación alimenticia depende de factores de aprendizaje asociados con familiaridad, por ejemplo, se ha observado que algunos animales rehúsan beber agua que no proviene del lugar donde acostumbra hacerlo o en contenedores diferentes. [1]

Presumiblemente, la percepción del sabor en el caballo son grados de saladez, amargura o dulzura que poseen los alimentos. [13] Randall *et al* realizaron un estudio sobre la respuesta a sabores dulces, salados, agrios y amargos en solución con agua a diferentes concentraciones, concluyendo que: los potros prefieren sabores dulces y rechazan soluciones saladas (con NaCl), agrias (con ácido acético) y amargas (con hidrocloro de quinolona), sin embargo, las preferencias de sabor pueden variar entre individuos y al combinarse con otros componentes orgánicos en plantas y lípidos que llegan a alterar la palatabilidad y olor. [41] La importancia de la preferencia de sabores es tomada en cuenta para la manufactura de alimentos y premios usados para reforzar positivamente al animal durante el entrenamiento.

1.2.5 TACTO

Es la principal vía de comunicación entre manejador y caballo. [26]

Los receptores del sistema *somatosensitivo* son terminaciones nerviosas y células no neurales asociadas. Cada sensación está asociada a un receptor específico que responde a calor y frío, (*termoreceptores*) tacto, presión y vibración (*mecanoreceptores*), y dolor (*nocioceptores*). [1,11] La percepción somática se da principalmente por tacto y presión mecánica en piel y tejido subcutáneo. El tacto activa los *corpúsculos de Pacini*, que son neuronas receptoras localizadas en la piel. La terminación nerviosa del corpúsculo está rodeada por capas celulares y fluido extracelular, que al ser alterados, activan al receptor y se produce un potencial de acción que viaja hacia el centro nervioso central vía neuronas

aferentes periféricas cuyo soma se halla en los ganglios anexos a los nervios espinales o craneales de los que forman parte, para llegar a la medula espinal o al tallo cerebral. [11, 25]

Los nervios espinales conducen la sensibilidad cutánea al *asta dorsal de la médula espinal*, donde se integra la información (excitación o inhibición). Una vez procesada la información en la médula, es proyectada a niveles superiores por medio de fibras hasta llegar al tálamo. Dependiendo del tipo de información, toma una u otra vía, por ejemplo, dolor y temperatura asciende a través del *haz espinotalámico lateral*, mientras que información sobre presión, asciende por el *cordón ventral medular*. Después de procesarse a nivel talámico, la información es proyectada a las áreas somatosensoriales de la *corteza cerebral* por *fibras tálamocorticales*. En esta proyección existe un orden espacial organizado de manera que se establece una relación muy precisa entre las diferentes regiones de los núcleos talámicos y zonas específicas de la corteza sensorial. En estudios con mamíferos, Adrian demostró que cada superficie o territorio de representación cortical varía según las diferentes partes del cuerpo, es decir, hay regiones que poseen una zona cortical más amplia que otra. [42] En el caballo, las narinas tienen una gran representación, a diferencia del gato; esto parece indicar que cuanto mayor es la capacidad de discriminación sensorial de una región del cuerpo, más extensa es la zona cortical en la que está representada. Parte de la información que llega al tálamo, llega a los llamados *núcleos inespecíficos*, que constituyen parte de un sistema activador de la corteza cerebral, sobre la que provocan un mecanismo de "alertamiento"; este sistema poco discriminativo tiene como función informar sobre el estado general de los tejidos, y según la información que reciba, dar respuestas de defensa adecuadas. A éste sistema, también se le conoce como *nocioceptivo*. Se ha postulado que la secuencia espacio temporal en que los impulsos arriban a la corteza y el número de los mismos por unidad de tiempo son importantes para poder analizarlos y procesarlos a nivel cortical. [24]

Ante estímulos dolorosos, generalmente se liberan "mediadores de dolor" (bradiquininas y prostaglandinas) que actúan sobre receptores de dolor específicos. La interacción con éstos receptores causa un potencial eléctrico, lo cual aumenta según la severidad e intensidad del estímulo (daño tisular, calor intenso, sustancias irritantes, abrasiones de piel, etc.). Las vías específicas neurales para el dolor llegan a centros también específicos que la corteza

percibe y recrea, provocando que el animal localice el origen e intensidad del estímulo doloroso. Por la vía no específica, el dolor también es percibido en el cerebro y provoca reactividad, a lo cual responden vías integradoras autonómicas, endocrinas y conductuales (agresividad y defensa).

En este esquema, el sistema límbico también juega un papel importante, pues el dolor también involucra un factor emocional como temor, ansiedad e incomodidad. [11] Mediante la memoria, debe de tomarse en cuenta que el caballo puede estar asociando cierto manejo con experiencias pasadas, de manera que no es raro que reaccionen defensivamente antes de percibir estímulos, por lo cual, deberá de tomarse en cuenta el lenguaje corporal de éste antes de hacer cualquier aproximación.

Entre caballos, la estimulación táctil sirve para la formación de vínculos sociales y se ha demostrado que el acicalar a un caballo es uno de los refuerzos positivos más usados y más efectivos. [26]

Las áreas sensibles del cuerpo son variables dependiendo del grosor del pelaje y de la piel, el grado de innervación de los folículos pilosos y de la cantidad de receptores en diferentes partes de la piel. La cruz, boca, flancos y hombros son zonas altamente sensibles; el cuello y de la mitad del tronco hacia caudal son las zonas que más comúnmente se acicalan; mientras que muchos animales evitan que les toquen las orejas, ojos, ingles y bulbos de los talones (Ver figura 10). [13]

Feh y De Mazieres realizaron un estudio donde se imitó el acicalamiento social en el sitio de preferencia (según sus previas observaciones) en la base del cuello y se comparó la frecuencia cardiaca cuando se acicalaba el hombro. [43] Las autoras encontraron que la frecuencia cardiaca disminuyó un 11.4% en todos los individuos adultos, y 13.5% respecto a la frecuencia que mostraron en descanso. Otro hallazgo fue que el acicalamiento aumenta en época de apareamiento, cuando hay mayor tensión social. El hecho de que la mayoría de los animales encuentren reconfortante el acicalamiento, y el tomar en cuenta las áreas de preferencia puede ser un arma valiosa para premiar a los animales durante el entrenamiento. Igualmente, estimular otras áreas, como la porción baja de las costillas es usada para hacer que el caballo se desplace durante la monta y trabajo de piso (Ver figura 11).

Las vibrisas localizadas alrededor de los ojos y de los belfos están altamente inervadas por ramas aferentes, en el potro, su disposición desorganizada sobre la barba puede servir para localizar de la ubre. Estas vellosidades informan al caballo respecto a la distancia que hay con superficies y objetos, incluso se piensa que detectan vibraciones sonoras. Se ha observado que en el ratón, cada vibrisas estimula una región de la corteza sensitiva, lo cual indica que deben de ser un instrumento sensorial sumamente importante que no debe de removerse con fines cosméticos. Algunas personas reportan que por consecuencia de su remoción, los caballos pueden sufrir traumatismos durante el transporte. [13]

2. ESTRÉS Y BIENESTAR

Para sobrevivir, todos los organismos deben de mantener un equilibrio dinámico entre su medio interno y externo: obtener de nutrientes, tener mecanismos para procesarlos y eliminar deshechos, etc. Estos procesos requieren de sistemas de control, de cuya eficiencia depende la homeostasis del organismo y el bienestar del individuo. [44]

2.1 BIENESTAR ANIMAL

Una de las principales tareas del MVZ es formular una filosofía válida y congruente para las opiniones extremas sobre el trato y manejo de los animales, de manera que se pueda garantizar su bienestar. Para esto, debe entenderse que el bienestar es una característica del individuo y no algo que se le otorgue. [44]

Broom define *bienestar* como el estado de un individuo en relación a los intentos que éste haga para enfrentar su ambiente, [45] lo cual resulta confuso con otros términos como *respuesta de estrés, homeostasis* y *alostasis*, pues todos ellos hablan de un *estado* para conseguir el *equilibrio* del organismo con su ambiente. Es necesaria una definición clara para poder tener indicadores y por lo tanto, establecer rangos medibles que permitan hacer evaluaciones objetivas. Mills y Nankervis, indican que evaluar bienestar es encontrar cómo un animal se siente respecto a lo que está pasando, [1] lo cual resulta subjetivo e incluso puede conducir a antropomorfismos.

Blackshaw cita Murphy (1978, 1981) donde comenta que el bienestar no es unitario, [46] es decir, no existe una entidad absoluta medible para valorar bienestar, sino factores que ayuden a establecer un rango, como: disponibilidad de alimento, agua, temperatura ambiental, relaciones sociales, salud, frustración y alojamiento; cada uno de estos parámetros tiene una variante positiva o negativa en términos de bienestar. En este sentido, Murphy coincide con Fraser y Broom, [47] quienes indican que no se puede decir que un animal “tiene” o “carece” de bienestar, sino que goza de un rango que varia entre “muy pobre” a “muy bueno” respecto a otro animal de la misma o diferente especie. De esta manera, existirán ocasiones en que un animal se enfrente a un ambiente variado y adverso pero que no presente problemas para adaptarse a él, en este caso el individuo presentará ocasionales aumentos de actividad adrenal, pero al lograr adaptarse, se considera que su

bienestar es “bueno” (Ver figura 12); en cambio, el bienestar de un animal es pobre o reducido cuando presenta dificultades para enfrentar a su ambiente y reduce su *capacidad inclusiva*[****], lo cual puede darse por falta o sobre exposición a estímulos por periodos prolongados o de muy fuerte intensidad que requieran esfuerzos energéticos extra en búsqueda de la adaptación (Ver figura 13). Dichos esfuerzos extra por lograr la adaptación, de manera crónica predispondrán a sufrir cambios patológicos (Ver figura 14) e incluso a la muerte (Ver figura 15). [48,49]

El bienestar siempre deberá de ser medido en términos científicos e independientes de toda consideración moral, de forma que la medición tendrá que basarse en el conocimiento de la biología y comportamiento propios de la especie en cuestión. [44] Es necesario usar *indicadores fisiológicos y conductuales* (Ver cuadro 2), y someter a los individuos en cuestión a pruebas repetidas, pues tomando en cuenta que el medio interno y externo del organismo jamás son estáticos, un resultado incrementado en los parámetros (fisiológicos o conductuales) no necesariamente indica que el animal tiene un nivel pobre de bienestar (Ver figura 16), sino que puede estar tratando de adaptarse a la situación. [44,50]

Mills y Clarke indican que un método efectivo para evaluar el bienestar en animales domésticos que viven en confinamiento, es valorar la provisión de las *cinco libertades,*[51] incluidas en el Consejo de Bienestar de Animales de Granja (FAWC por sus siglas en inglés: Farm Animal Welfare Council, 1992), que son: 1) libertad de padecer hambre, sed y desnutrición, 2) libertad de padecer incomodidad, 3) libertad de padecer dolor, lesiones y enfermedad, 4) libertad de miedo y sufrimiento, y 5) poder expresar patrones de conductas naturales.

El transportar caballos implica que éstos deben de entrar a un sitio encerrado y aislado donde no puede realizar sus conductas naturales, y además tienen alto riesgo de lesionarse (por un manejo o diseño inadecuado del transporte, sufrir de incomodidad, hambre, sed, miedo y padecimiento de enfermedades principalmente respiratorias, digestivas y locomotoras) y deshidratación por efecto de del transporte.

A lo largo de la historia, el diseño de transporte de caballos ha mejorado mucho y probablemente aumente el nivel de bienestar respecto a los remolques más antiguos, sin

[****] Capacidad Inclusiva: El éxito que tiene un individuo para pasar sus genes a futuras generaciones. [48,49]

embargo, un manejo incorrecto puede disminuir suficientemente la mejoría ganada por el diseño del vehículo, de manera que es importante complementar un buen diseño con un manejo no aversivo que disminuya el temor al transporte.

2.2 HOMEOSTASIS Y EL CONCEPTO DE ALOSTASIS

Por *homeostasis* se entiende el estado de un organismo que puede variar dentro de límites tolerables para mantener su control y función correcta. Ante cualquier alteración en el medio ambiente o exposición a *estresores*, que son cualquier *e*stímulo o amenaza física o mental que genera estrés en el animal. [52,53] el organismo genera respuestas fisiológicas y conductuales apropiadas para mantener la homeostasis. Los cambios ambientales son percibidos a través de la *sensopercepción* (ver sección 2.2), sin embargo, el cerebro por sí solo puede producir la respuesta de estrés mediante factores psicológicos y perturbar también al estado homeostático. [54]

Varios científicos concuerdan con que el término *homeostasis* no es correcto, ya que: 1) implica la *estabilidad* del organismo, mismo que jamás se encuentra "estático", y 2) se refiere sólo a los sistemas fisiológicos "que mantienen la vida", por lo tanto, aplica a un número limitado de sistemas como pH, temperatura, niveles de glucosa y oxígeno. [54] Para suplir al término homeostasis, McEwen y Wingfield proponen el término *alostasis*. Estos autores argumentan que las rutinas diarias de los animales incluyen obtención de nutrientes para poder mantener sus actividades normales y reservas para requerimientos adicionales (ej. reproducción), y así mantener la estabilidad fisiológica *dentro de un ambiente fluctuante*. Los autores denominan *alostasis* al logro de alcanzar la estabilidad mediante el *cambio* fisiológico y conductual, con lo que incluyen a cualquier sistema que participe para lograr el balance y equilibrio correcto del organismo con su medio.

Como *estado alostático* se entiende a la actividad alterada sostenida de los mediadores primarios que integran la fisiología y conductas asociadas como respuesta a ambientes cambiantes, retos o amenazas, como interacciones sociales, clima, enfermedad, predadores, contaminación, etc. Los estados alostáticos pueden ser mantenidos por periodos limitados de tiempo siempre y cuando la ingesta de alimento y/o reserva energética puedan mantenerlos, pero si el desbalance continúa por periodos prolongados, comienza a haber

signos de *sobrecarga alostática*. Para entender la sobrecarga, primero se define a la *carga alostática*, que son los costos acumulados que tiene que hacer el organismo para la alostasis.

Cuando la demanda energética para mantener la alostasis sobrepasa su disponibilidad, existe una *sobrecarga alostática*, que es la expresión de un estado patofisiológico emergente donde se ve amenazada la sobre vivencia del individuo, pues se alteran los procesos fisiológicos y por lo tanto, su bienestar. Dicha sobrecarga puede ser de dos tipos: *tipo I*, cuando la demanda energética excede a su ingreso y a la que puede ser movilizada a partir de reservas; y *tipo II*: cuando la demanda energética no excede a la disponible y el organismo continúa almacenándola como reserva (principalmente como grasa). [54,55]

De esta manera, al hablar de alostasis se habla de una forma de homeostasis más compleja que implica alcanzar un equilibrio *mediante cambios en un ambiente constantemente fluctuante*, pues ni el organismo vivo ni el ambiente son estáticos jamás.

2.3 DEFINICIONES DE ESTRÉS

El término estrés comenzó a usarse en física y se definió como la *presión física ejercida* sobre un objeto, pero también en ésta rama de la ciencia se define como la *tensión provocada* por una carga o peso; de manera que por un lado, estrés es una *causa* (la presión ejercida), y por otro lado se define también como una *consecuencia* (la tensión). Posteriormente, el término "estrés" y sus definiciones se adoptaron ciencias médicas y biológicas: en 1936 Selye la definió como una *adaptación biológica* a ambientes adversos, [56] pero posteriormente, el mismo autor sugirió que era una *consecuencia biológica* por la exposición a ambientes adversos. [44]

Otra discusión sobre el término estrés surge respecto a su valor adaptativo o no adaptativo, dicho sea: ¿el estrés es necesario para la supervivencia o no?, ¿implica algo positivo o negativo para el organismo? Tanto Selye como Sapolsky concuerdan en que a corto plazo, la respuesta de estrés es adaptativa, pues ayuda al individuo a sobrellevar situaciones emergentes, de manera que ayuda a mantener la homeostasis; [56,57,58] pero a largo plazo, la respuesta de estrés tiende a perder su valor adaptativo y tornarse patológico. Lo que se ha demostrado es que tanto a corto y largo plazo, el estrés altera la interacción hormonal-conductual. [44,54]

Chorosus *et al* , y Morberg y Mench, señalan que estrés "es el reconocimiento de un estresor por el organismo y su respuesta biológica provocada *cuando la homeostasis se ve amenazada"*. [59,60] Morberg y Mench propusieron que para diferenciar una respuesta de estrés no adaptativa, (es decir, que ya resulta negativa en el bienestar del individuo), es correcto utilizar el término *"distress"* (en inglés, o "sufrimiento, angustia" en español), que es el contenido emocional de experiencias nocivas que generan respuestas fisiológicas de estrés en animales. Los estímulos nocivos pueden ser predominantemente emocionales (ej. miedo o temor) o físicos (ej. ejercicio vigoroso), o una combinación de ambos. En el último estudio citado, los autores comentan que mientras no exista "distress", el estrés sí tiene valor adaptativo. [60]

Todas estas definiciones tienen sentido dentro de su contexto: en ciertas circunstancias, el estrés es necesario: es una reacción que activa sistemas neuroendócrinos y conductuales para asegurar la supervivencia del individuo, lo cual indicaría que es un mecanismo adaptativo, pero igualmente puede ser suficientemente dañino para provocar la muerte por exceso de exposición o intensidad. Para McEwen y Wingfield, estrés es "cualquier evento que sea amenazante para un individuo y que genere respuestas fisiológicas y conductuales *alostáticas extra* a las que requiere el ciclo de vida

normal”,[55] de manera que la respuesta de estrés la incluyen como parte del proceso de alostasis con carga concomitante y los dos tipos de sobrecarga.

Para Broom, estrés puede definirse como un “efecto ambiental sobre un individuo que *sobrepasa* sus sistemas de control y reduce su habilidad inclusiva, o tiene alta probabilidad de hacerlo”. [45] De esta manera, existe una relación coherente entre bienestar y estrés: mientras que el *bienestar* se refiere a un *rango del estado* del animal desde muy bueno hasta muy malo, siempre que hay estrés, el bienestar es pobre; por lo cual, el estrés sólo se refiere a situaciones donde se *fracasa* en sobrellevar un cambio ambiental, pero el pobre nivel de bienestar se refiere al estado del animal cuando éste fracasa en sobrellevarlo o cuando tiene problemas para hacerlo. [14]

En una discusión sobre el tema, Rushen cuestiona si los estímulos desagradables por sí solos son responsables del incremento de glucocorticoides, ya que se ha estudiado que ante situaciones difícilmente caracterizables como desagradables (por ejemplo coito en humanos, al predecir alimentación y después de hacer ejercicio en distintas especies animales) también hay incremento en los niveles plasmáticos y salivales de glucocorticoides. [61] Respecto a la inespecificidad de la respuesta del estrés, Nelson define al término estrés como “la suma de los *efectos no específicos* de los factores que pueden actuar sobre el cuerpo aumentando el consumo energético *significativamente sobre* valores de descanso o basales”. [54] En este contexto, el autor no refiere la duración ni intensidad del estresor, tampoco si el evento es agradable o no, o si tiene efectos adversos o no, pero sí un esfuerzo extra al requerido para el mantenimiento.

La mayoría de las definiciones de estrés no toman en cuenta variaciones individuales en la percepción de los estresores: un mismo estímulo puede resultar sumamente estresante y desagradable para unos, y para otros tan agradable incluso procuren la exposición a éstos. Por lo tanto, la respuesta de estrés varía entre individuos y estados emocionales.

Mason, y Hennessey *et al* mostraron evidencia sobre el incremento de glucocorticoides en animales expuestos a un ambiente nuevo, de manera que estas hormonas pueden estar también relacionadas con *aprendizaje* y no solo con el grado de aversión al estímulo; [62,63] por ejemplo: si se dan choques eléctricos en intervalos regulares, se ha observado que una vez que el animal puede predecir cuándo va a recibir la descarga, hay una respuesta adrenocortical menor que cuando éstos no la pueden predecir. La asociación entre la respuesta adrenocortical y las demandas que requiere el proceso de aprendizaje se fortalecen con el descubrimiento de que inyecciones sistémicas de ACTH y glucocorticoides incrementan la capacidad de aprendizaje en animales, teniendo un

probable efecto sobre el proceso de memoria, [61] tesis que en estudios posteriores fue comprobada (ver sección 4 sobre aprendizaje).

En la búsqueda de una definición fisiológica más adecuada del término estrés, Edward J. Calabrese *et al* propusieron una nueva terminología basada en la respuesta celular, y en general del organismo a dosis de ciertos fármacos o agentes químicos. Los autores ejemplifican que ante algunas situaciones estresantes (médicamente hablando), como hipoxia o isquemia, los efectos varían según la *dosis* del estresor (peroxidasas, calor, radiación, ejercicio, tóxicos o incluso factores psicológicos), de manera que a dosis bajas, la respuesta puede ser opuesta a la obtenida a dosis alta, por ejemplo: una subdosis de algún agente que a dosis alta es sumamente tóxico, puede provocar una respuesta celular u orgánica benéfica, de manera que cuando el organismo es expuesto nuevamente al mismo agente, éste ya está condicionado y no se produce el mismo efecto tóxico por que la subdosis activa o provoca una regulación hacia arriba de los sistemas celulares permitiendo que la célula u organismo soporte un estrés más severo posteriormente. A éste fenómeno dosis-respuesta se le conoce en ciencias biológicas como *precondicionamiento*, sin embargo, existen numerosos términos para describirlo, como *respuesta adaptativa* y *autoprotección*. *Precondicionamiento o condicionamiento* también se ha usado para describir niveles iniciales de estés que protegen contra un nivel más intenso, [64] Murry *et al* demostraron que después de producir ligeros episodios de hipoxia coronaria, se reduce la magnitud y severidad de infartos al miocardio. [65]

Calabrese *et al* adoptaron el término de toxicología conocido como *hormesis*[14] para uniformar y clasificar el grado y consecuencia de la exposición a ciertos estímulos estresantes. Ellos proponen llamar *hormesis fisiológica condicionante* a una condición donde el organismo se protege contra un daño mayor. Los autores mencionan que éstas teorías de toxicología pueden usarse también para definir la respuesta del estrés, por ejemplo, la activación de los receptores glutamaérgicos por subdosis que provoca que las neuronas de ésta vía sobrevivan, pero una activación excesiva de las mismas es neurotóxica, por lo cual, bajo este contexto *la clasificación de adaptativo o no adaptativo es dosis dependiente*. [64]

---

[14] Hormesis: Término usado en toxicología para describir el fenómeno de respuesta a dosis caracterizado por una estimulación por dosis baja y una inhibición a dosis altas, que resulta en una curva de respuesta a nuevas dosis en forma de J o de U invertida. Un contaminante o toxina que produzcan el efecto de hormesis tiene, pues, a dosis bajas el efecto contrario al que tiene en dosis más elevadas. [64]

Como se intenta demostrar con esta revisión, ha sido difícil para la ciencia ponerse de acuerdo respecto al significado de estrés aunque coloquialmente se sepa de qué se está hablando. Científicamente resulta difícil y necesario establecer una definición universal pues eliminarlo del vocabulario (coloquial o científico) resulta difícil de creer.

2.4 FISIOLOGÍA DEL ESTRÉS

Cuando un estresor es detectado (por ejemplo, ante un susto, miedo o dolor), descargan al mismo tiempo grandes porciones del sistema nervioso simpático (a lo que se le llama *descarga en masa*). De 3 a 5 segundos de que se percibe el estresor o estímulo, se da el primer mensaje químico de la respuesta de estrés, que es la secreción de *epinefrina* por la médula adrenal. [54, 66, 67] Al mismo tiempo, la estimulación simpática generalizada llega a diferentes órganos a través de sus ramas nerviosas; de esta forma, los órganos son excitados por dos vías simultáneas: 1) directamente desde los nervios simpáticos, y 2) indirectamente por las hormonas de la médula adrenal. Este mecanismo de doble estimulación somática brinda un factor de seguridad por el cual una vía sustituye a otra cuando falta.

La secreción adrenal de epinefrina y norepinefrina estimula estructuras del organismo no inervadas directamente por las fibras simpáticas, de hecho, se ha observado que la tasa metabólica de cada célula corporal se activa por influencia de estas hormonas. Las *catecolaminas* (epinefrina y norepinefrina) son las responsables de incrementar el *estado de alerta*, se ha demostrado que doble de niveles basales de epinefrina provoca cambios en respiración y tono cardiaco, en cambio, la norepinefrina debe de aumentar cerca de cinco veces para producir efectos similares. Actualmente se sabe también que las catecolaminas facilitan el aprendizaje y la memoria (ver sección 4.2 sobre aprendizaje y estrés). [54]

El objetivo de la descarga simpática en masa, es aumentar la capacidad del cuerpo para ejecutar una actividad muscular vigorosa, a lo cual se le llama respuesta de *lucha o huída*, porque el animal en este estado decide casi instantáneamente si permanece y lucha o huye. En cualquier caso, la reacción simpática de lucha o huída potencia las acciones ulteriores del animal, lo cual se logra de varias formas:

1. Aumento de la presión arterial.

2. Aumento del flujo sanguíneo a los músculos activos con disminución simultánea de la perfusión de órganos como el tubo digestivo o vías urinarias, no necesarios para la actividad motora emergente.
3. Aumento de las tasas del metabolismo celular en todo el organismo.
4. Aumento de la concentración sanguínea de glucosa.
5. Aumento de la glucólisis en el hígado y en el músculo.
6. Aumento de la fuerza muscular.
7. Aumento de la actividad mental.
8. Aumento de la coagulación sanguínea. [66]

En 1948, Harris añadió al hallazgo de la actividad adrenal y subsecuente secreción de adrenalina y noradrenalina por exposición a un estresor, la influencia previa por estimulación del *hipotálamo*, que secreta *CRH (hormona estimulante de corticotropinas)*, regulando así la secreción de *ACTH* (*hormona adenocorticotrópica*) y de péptidos de la *pituitaria anterior* (*B-endorfina, lipotropina y melanotropina.* [68] La ACTH es producida a partir de la pro-opiomelanocortina (POMC), los péptidos hipofisiarios (o de la pituitaria) se sintentizan en células especializadas denominadas *corticotropos*. La ACTH estimula la síntesis y liberación de esteroides de la corteza adrenal al promover la captación de colesterol y su conversión enzimática a *cortisol* y *corticosterona*, que son las hormonas *glucocorticoides* (Ver figura 16).

Cuando el organismo logra responder al estímulo, se activa una retroalimentación negativa en la cual los niveles sanguíneos de cortisol provocan que deje de secretarse ACTH y CRH, que a su vez detienen la producción de catecolaminas. [69]

Los glucocorticoides actúan por lo menos de dos formas en el SNC: 1) en la percepción y coordinación de los ciclos circadianos: consumo de alimento y sueño, y 2) en procesos metabólicos y de estrés. [69] Estas hormonas juegan un papel importante en la gluconeogénesis al estimular al hígado para transformar lípidos y proteína de reserva en metabolitos intermedios que son convertidos en glucosa para obtener energía, y poder responder a la actividad de lucha o huída de manera física y conductual, lo cual se ha confirmado por que las hormonas esteroidales: 1) son secretadas inespecíficamente ante cualquier estresor o estímulo, 2) traspasan fácilmente la barrera hematoencefálica (a diferencia de las catecolaminas), de manera que pueden actuar directamente en el cerebro modificando la conducta, y 3) existen receptores a glucocorticoides en el cerebro. [54]

El mantener una concentración suficiente (pero no excesiva) de los niveles de glucocorticoides es necesario para mantener el funcionamiento óptimo y normal de individuo, pero una elevación crónica de éstas hormonas resulta en catabolismo proteico, hiperglucemia, inmunosupresión, así como disminución de la función cognitiva hipocampal. [60,70]

2.5 EVALUACIÓN DE BIENESTAR Y ESTRÉS DE CABALLOS EN TRANSPORTE TERRESTRE.

Como ya se mencionó, bajo el esquema de este trabajo se considera al estrés como algo negativo que obviamente indica un detrimento en el nivel de bienestar del individuo; sin embargo, existe literatura donde se miden parámetros fisiológicos y conductuales para valorar *estrés agudo o crónico*, entendiendo este término como la reacción inespecífica que busca mantener el equilibro entre el organismo y los cambios de su ambiente externo.

Los diseños experimentales durante el transporte de caballos son muy variables, pero coinciden en que es uno de los eventos más "estresantes" que puede sufrir un caballo, lo cual no es difícil de creer si se considera la gran cantidad de estímulos (o "estresores") que éste involucra: cambios reales o preceptúales (por sombras y diferentes sustratos) de piso; [8] entrar a espacios encerrados; [71] expectación de llegada a ciertos lugares asociados con manejo diferente (sobre todo en animales de concurso); el manejo en sí; embarque; desembarque; separación de un ambiente familiar; aislamiento o agrupación incorrecta; confinamiento; vibración; pérdida de balance; ruidos; exposición a temperaturas y humedad extrema; ventilación inadecuada; exposición a gases, orina y heces; privación de agua y alimento; experiencia del chofer; entre otros, de manera que es difícil evaluar cuál(es) de estos estímulos en particular sea(n) el(los) generador(es) de los cambios fisiológicos y conductuales relacionados con estrés, [4,72,73] sobre todo porque los caballos que ya han tenido experiencia previa pueden estar asociando el embarque o cualquier otro evento del proceso de transporte con alguna experiencia pasada, independiente del tipo de remolque o situación presente.

El diseño del remolque es un factor importante en el proceso del transporte, uno de los más usados en México es el de dos caballos con acceso trasero en rampa o escalón. La mayoría de estos remolques se une al vehículo (generalmente camionetas de carga tipo "pick up") mediante un brazo que termina articulándose con una "bola". En este tipo de transporte (que fue el utilizado en el estudio aquí descrito), los animales viajan con la

cabeza hacia el frente. Las desventajas que presenta éste tipo de remolques son varias: al unirse en la parte posterior del vehículo, es difícil para el chofer verificar la condición del caballo durante el viaje, y el espacio dentro del remolque puede ser tan reducido que dificulta el manejo del (los) caballo(s).[72] Para caballos de talla grande, puede resultar muy difícil entrar y mover la cabeza dentro de éste tipo de vehículos; Stull y Grandin reportan una mayor incidencia de lesiones en la cabeza de los caballos en este tipo de transportes. [4, 74] Una ventaja de los remolques con entrada de escalón respecto a los de rampa, es que mientras el caballo pisa con sus miembros anteriores el interior del remolque, el escalón hace que tenga que bajar la cabeza, [74] a diferencia de los de rampa, en los cuales la cabeza del caballo llega a quedar bastante cerca del techo y fácilmente se pueden lesionar (Ver figura 17).

El material de los muros (fibra de aluminio) es muy ligero, lo cual hace que durante el viaje y embarque el remolque se mueva mucho, por lo tanto, el caballo tiene que hacer mayor esfuerzo para coordinar sus movimientos y mantener el balance; aunado al tipo de unión con el vehículo y a la dirección en la que viaja el caballo, éstos quedan más susceptibles a perder el equilibrio durante el frenado y vueltas, por lo cual es importante tomar en cuenta la experiencia y competencia del chofer, [73] y acojinar los muros en el interior. Otro punto importante sobre el diseño es el piso, mismo que puede causar conductas evasivas y miedo al provocar sonidos huecos cuando el caballo lo pisa, así como resbalones en el embarque o durante el viaje. Por seguridad, es importante usar pisos antiderrapantes (sobre todo en la rampa),[72,75] así como cama que proporcione comodidad durante el viaje y que absorba orina para evitar resbalones y/o caídas. Para el embarque, también se recomienda orientar el remolque de manera que se eviten efectos de luz-sombra, e igualmente, permitir que el caballo explore el piso sobre el que se apoyará (Ver figura 18).

Houpt menciona que los tipos de problemas relacionados al transporte en caballos son: 1) que el caballo no embarque, 2) que el caballo embarca pero comienza a asustarse cuando el vehículo empieza a andar, 3) que el caballo viaje bien durante parte del viaje y súbitamente entre en pánico, 4) que el caballo embarque y viaje bien pero no tolere que el transporte permanezca estático. [17] Años después, Waran y Cuddeford, y Lee *et al* demostraron en sus respectivos estudios que el embarque es el evento más estresante para caballos durante el transporte. [2, 4] Houpt menciona que los caballos temen a entrar a sitios cerrados y a la altura del escalón o rampa de la entrada, así como a la inestabilidad de la misma. [17]

Los parámetros y resultados que se han reportado en diversos experimentos durante el transporte varían en relación a la duración, tipo de remolque, y condición de los caballos evaluados. Uno de los medidores más comunes es la frecuencia cardiaca (FC), misma que se reporta elevada en animales con y sin experiencia en transporte. [76,77] Ohomura *et al.* compararon la frecuencia cardiaca, el modo de alta frecuencia (MAF=0.07-0.06 Hz), modo de baja frecuencia (MBF= 0.01-0.07 Hz), y la razón MAF-MBF mediante electrocardiografía en caballos transportados durante 21 horas *versus* en reposo por 24 horas. En su estudio, los autores encontraron que durante el reposo, el modo de alta y baja frecuencia presentan un patrón diurno, no así durante el transporte. Mientras los caballos viajaban en el remolque, su FC se elevó y disminuyó gradualmente después de una hora de transporte, siendo significativamente más alta que en reposo. [78]

A diferencia de otras especies, los caballos presentan una particularidad de alto tono parasimpático durante el descanso, lo cual coincide con la alta incidencia de observaciones clínicas de arritmias no patológicas (en descanso, por ejemplo, bloqueo cardiaco de segundo grado). La administración de *propanolol*[15] aumenta el MBF sin tener efecto sobre la FC, opuesto a lo que se esperaría con un bloqueo simpático; lo anterior sugiere que el tono simpático no determina fuertemente a la FC en caballos durante el reposo. En el experimento de Ohomura *et al*, mientras los caballos estaban el transporte, el MAF y el MBF fueron disminuyendo linealmente hasta ser más baja que durante el reposo; ninguna de estas mediciones tuvo correlación con la razón MAF-MBF durante el reposo, pero sí durante el transporte, lo cual se asocia al efecto de estrés.

El estudio concluye que la FC del caballo está controlada por diferentes mecanismos durante el reposo y durante el transporte: el modo de alta frecuencia está fuertemente asociado a efecto parasimpático, mientras que la actividad simpática y parasimpática (juntas) influencian al modo de baja frecuencia, de manera que los índices de variabilidad de FC durante un periodo de estrés prolongado asociado al transporte indican que la taquicardia y la disminución gradual de MAF se dan por disminución de la actividad parasimpática, y la disminución del MBF en el transporte se da por predominio de actividad parasimpática en reposo con poco o nulo efecto simpático

[15] Propanolol: Bloqueador de receptores adrenérgicos β1 y β2 del miocardio, bronquios y músculo liso. Su acción es disminuir la frecuencia cardiaca.[79]

sobre la FC. [78] Con el método de evaluación de este estudio, es posible determinar si los caballos están sufriendo de estrés a pesar de tener la misma FC.

Existen estudios que, además de la frecuencia cardiaca refieren otros parámetros para evaluar la respuesta de los caballos durante el transporte: Friend *et al* reportaron aumento de cortisol plasmático, [84] Shanahan encontró un incremento de cortisol salival y conductas aversivas en caballos solo durante el embarque;[5] incremento de progesterona; [81,82,83] elevación de niveles sanguíneos de sodio y glucosa en caballos conducidos al matadero [80,84] y en caballos de carreras con experiencia en transporte; [83] incremento en concentraciones de AST y CK; [85] hiperlipemia; [86] reactivación de infección de *Salmonella,* [87] muerte embrionaria temprana [81], y problemas respiratorios post-transporte. [88,89,90] Los parámetros fisiológicos reportados ya sea a corto o a mediano plazo, son medidores indirectos de la reducción de bienestar durante y posterior al proceso del transporte.

2.5.1 EVALUACIÓN DE BIENESTAR Y ESTRÉS DE CABALLOS DURANTE EL EMBARQUE

Tanto en caballos como en otras especies de producción, se ha demostrado que solo el embarque representa un gran impacto sobre ellos, ya que es en este momento donde se registra mayor frecuencia cardiaca, incluso mayor que con el vehículo en movimiento. [4,91,92] Dicha taquicardia puede atribuirse al esfuerzo para subir la rampa, sin embargo éste parámetro también se encontró taquicardia no asociada a actividad motora durante el embarque. [78,93] Houpt indica que los caballos pueden temer a entrar a sitios encerrados, igualmente influencia la altura del escalón hacia el interior o hacia la rampa (según sea el caso del remolque), la inestabilidad, material y la inclinación de la rampa (Ver figura 19). [17] Waran y Cuddeford realizaron un estudio con caballos de diferente edad y experiencia en el transporte dividido en dos partes: 1) el embarque y 2) estancia dentro del transporte estático; en dicho estudio, encontraron que los caballos jóvenes (de un año) registraron mayor tiempo para embarcar, más conductas evasivas y mayores frecuencias cardiacas que los caballos con experiencias previas, mismos que también registraron la frecuencia cardiaca más alta (dentro de su grupo) durante el embarque, concluyendo que el embarque es el evento más “estresante” del proceso de transporte tanto para caballos sin experiencia, como para aquellos que si tienen experiencia.[4]

Durante el embarque, se reporta también como un factor importante el efecto de luz y sombra, pues aparentemente hay mas disposición para entrar de un espacio oscuro a otro

luminoso que viceversa, sin embargo no hay suficiente evidencia científica para descartar si al permitir explorar (olfateando y rascando) los caballos embarcan exitosamente a pesar del cambio de iluminación. [72]

En su estudio, Shanahan midió la frecuencia cardiaca, tiempo de embarque y niveles de cortisol salival durante el embarque de caballos con historia de presentar problemas durante el embarque antes y después de someterlos a un método de entrenamiento de piso con obstáculos y al "Método Equino de Conocimiento Toque-Tellington" ("Tellington-Touch Equine Awareness Method ó TTEAM"). Los resultados los comparó con los parámetros de caballos con historia de ser buenos embarcadores, encontrando que después de su protocolo de entrenamiento, el cortisol salival, la FC, el éxito y tiempo de embarque disminuyeron significativamente en los caballos con historia de tener problemas para embarcar. [5]

Existe controversia respecto a la validez de la medición de cortisol para evaluar bienestar, ya que los niveles de cortisol varían por múltiples factores como: ritmo circadiano, traumatismos, miedo, temperatura intensa, manejo, contención, enfermedades, condición corporal, ejercicio, ambiente nuevo, agresión y estado reproductivo, entre otros, por lo cual es necesario hacer varias mediciones de forma regular, en diferentes condiciones o ante diferentes estímulos, y de preferencia sin que el método de muestreo provoque respuesta de estrés en el animal. Como son tantos los factores que pueden alterar los niveles de los glucocorticoides, es importante tener el mayor control de manejo sobre la población experimental para poder interpretar los resultados correctamente, así como considerar que la corteza adrenal no responde a todos los estímulos adversos crónicos siempre de la misma manera, ya que los animales pueden habituarse al estímulo y el mecanismo de retroalimentación tiende a disminuir los valores hormonales. Para evitar que el método de muestreo en sí (venopunción, aproximación del humano, manejo) provoque estrés, se han ideado formas no invasivas de muestreo en salival, heces y orina; sin embargo, la interpretación de estos valores se torna aún más difícil ya que hay diferencias por especie animal (particularidades en la ruta metabólica de la hormona, metabolitos finales y acción bacteriana), es necesario identificar la ruta de excreción más importante en la especie de interés. En caso de animales domésticos, el muestreo se obtiene comúnmente de sangre y saliva. En sangre, se sabe que la captura y manejo provoca una elevación en 5-10 minutos y alcanza su nivel máximo en 30-60 minutos; en saliva, el cortisol presente representa aproximadamente 10% del presente en plasma y tarda menos de un minuto en pasar de

sangre a saliva, por lo que se recomienda que el tiempo de recolección de muestra sea menor a un minuto, tener control sobre el manejo, horarios de alimento, ejercicio y posibles contaminaciones de la muestra como heces en caso de animales coprófagos. [69]

Para evaluar correctamente bienestar, es necesario tomar en cuenta parámetros fisiológicos y conductuales, mismos que se realizan mediante la estandarización previa de un *etograma*[16]. Con ambos parámetros, es posible deducir el carácter aversivo o agradable de un estímulo; [44, 50, 69] de hecho, Blackshaw indica que el parámetro más obvio para evaluar bienestar en animales de producción es el comportamiento, pues un cambio mínimo en esta variable puede ser indicio de cambio en el nivel de bienestar. [46]

[16] Etograma: Inventario o catálogo de conductas que se usa para estudiar a una especie. [94]

3. APRENDIZAJE Y ENTRENAMIENTO EN CABALLOS

Bajo las condiciones de manejo actual, los caballos domésticos tienen que suprimir conductas de su repertorio natural y realizar tareas que para nada lo harían en estado de libertad, como entrar a espacios obscuros y encerrados (ej. el remolque), [20] o estar en contacto con el humano. Dada la "necesidad" de que el caballo realice tareas que además de ser ajenas a su comportamiento, van en contra de éste, se han realizado múltiples estudios sobre su capacidad de aprendizaje y entrenamiento. Por *entrenamiento,* se entiende cualquier proceso de aprendizaje controlado por el humano.[94] Es importante destacar que dicho entrenamiento puede ser dado consciente o inconscientemente, de manera que las personas que estén a cargo del manejo de los caballos deben de estar conscientes de que ante todo estímulo que apliquen, el caballo estará aprendiendo, y el no aplicarlos correctamente (en intensidad, frecuencia y tiempo), obviamente tiene repercusiones sobre el comportamiento del animal. [20]

3.1 DEFINICIONES

Cualquier cambio detectable en el ambiente de un animal es un *estímulo*; una *respuesta* es cualquier evento conductual o fisiológico. *Aprendizaje*, se define como cualquier cambio permanente en la probabilidad de que ocurra o se elimine una respuesta por resultado de experiencias previas.[1,13] Es importante destacar que se está hablando de una *respuesta*, no de una *consecuencia cognitiva*[17]. Igualmente, habrá que aclarar que no todos los cambios en el comportamiento son consecuencias de aprendizaje, por eso se habla de incrementar la *probabilidad* de un cambio conductual; de esta forma, se excluyen modificaciones conductuales por factores motivacionales como beber y comer (ver sección 2.1), que provocan cambios conductuales solamente observados cuando el individuo tiene sed y hambre. Los factores psicológicos también producen cambios conductuales no asociados a aprendizaje, por ejemplo: la fatiga, ya que la actividad física y mental resulta en debilidad gradual en el vigor de las respuestas. Este tipo de cambio también se produce por experiencia, sin embargo, no se considera aprendizaje

[17] Cognición: El significado en latín es "conocer o pensar", comúnmente se refiere a procesos de pensamiento. En su uso casual, pensamiento se refiere a reflecciones voluntarias, deliberadas y concientes sobre algún tema, usualmente con uso de lenguaje. Pensamiento, informalmente se considera como "hablar con uno mismo. En el estudio científico de comportamiento animal, la cognición animal no incluye reflecciones voluntarias o concientes. Cognición animal se define como el uso de representaciones neurales o modelos respecto a experiencias pasadas como base para realizar aguna acción. [95]

porque la disminución de respuesta desaparece después de que el individuo descansa,[13, 95]

El aprendizaje se clasifica como *no asociativo* y *asociativo*. [13]

3.1.1 APRENDIZAJE ASOCIATIVO

En este tipo de aprendizaje, se establece una relación entre mínimo dos estímulos y una reapuesta. Se subdivide en *condicionamiento clásico* y *condicionamiento operante*

3.1.1.1 CONDICIONAMIENTO CLASICO O PAVLOVIANO.

Es dar una respuesta ante un estímulo nuevo mediante la asociación con un estímulo viejo. Este tipo de condicionamiento involucra parear un estímulo con un comportamiento innato o respuesta fisiológica. Se le conoce también como "Pavloviano" por los experimentos de Ivan Pavlov, quien encontró que la salivación de sus perros experimentales aumentaba al escuchar una campana que sonaba cada vez que iban a ser alimentados. Posteriormente, remplazó el sonido de la campana con un timbre y luego por un metrónomo. Al principio, estos dos últimos estímulos eran *estímulos neutros* por ser irrelevantes. Lo que Pavlov hizo fue hacer que los animales asociaran al estímulo novedoso externo con un estímulo fisiológico y una respuesta. Una vez que hubo reconocimiento del estímulo externo causante de la respuesta (el sonido del timbre), a éste le llamó *estímulo condicionado*. La respuesta de salivación ante el estímulo condicionado se denomina *respuesta condicionada*. Antes de haber aprendizaje, sólo el alimento (*estímulo incondicionado*) producía salivación como *respuesta incondicionada.* Con condicionamiento clásico, el sonido del timbre anunciaba la alimentación independientemente de lo que el perro hiciera o estuviera haciendo al escucharla; de manera que este tipo de condicionamiento hace que el animal asocie eventos sobre los que no tiene control, pero incrementa la *predictibilidad* de su ambiente. Entre más frecuente y consistente se paree la respuesta y el estímulo incondicionado, más rápido se hará la asociación. [13,96]

Es importante tomar en cuenta durante el entrenamiento y evaluación del comportamiento de caballos a los estímulos neutros, ya que pueden ser los causantes de ciertas respuestas no deseadas, pues las asociaciones pueden formarse con una sola experiencia, o seguir presentes sin que el manejador lo note. Pavlov notó que sus perros se excitaban antes de entrar al área experimental sin esperar el estímulo que los hacía salivar, sino que comenzaban a realizar actividades que posiblemente les diera la

recompensa (alimento). Esto es resultado de aprendizaje por ensayo-error, lo cual entra en la otra categoría del aprendizaje: condicionamiento operante. [13]

3.1.1.2 CONDICIONAMIENTO OPERANTE O INSTRUMENTAL

Una *respuesta operante* es una actividad voluntaria que tiene como consecuencia una *recompensa*. En este tipo de condicionamiento, el estímulo condicionado (ej. el timbre) puede estar presente aún, pero el perro debe de dar la respuesta correcta antes de conseguir la recompensa (ej. el alimento), de manera que se crea una conexión entre una conducta en particular y la obtención de una recompensa. [13]

Thorndike estudió las respuestas conductuales de gatos encerrados en cajas de madera, que solo podían salir de ella para recibir alimento al manipular una manija. Thorndike llamó a esto *aprendizaje por ensayo-error*, pero posteriormente se cambió a *condicionamiento operante o instrumental*. Skinner continuó investigando el condicionamiento operante con ratas que debían realizar tareas dentro de su ambiente para ganar una recompensa.

Reforzar, es el proceso por el cual un refuerzo sigue a una conducta particular con objeto de que la frecuencia (o probabilidad) de realizar dicha tarea aumente en subsecuentes ocasiones. El *refuerzo positivo* se refiere a la recompensa o premio aplicada cuando el animal realizó una respuesta en particular (ej. caricias o dulces, en el caso de caballos). [13] *Refuerzo negativo* son aquellos estímulos negativos o aversivos que al ser removidos aumentan la probabilidad de que ocurra una respuesta en particular, por ejemplo dejar de causar dolor o miedo cuando el caballo da la respuesta deseada. Es importante no confundir los términos refuerzo negativo y *castigo*, que se define como "el uso de un estímulo negativo o aversivo, o retirar un estímulo agradable *después* de la presentación de un comportamiento en particular con el objeto de disminuir o eliminar su ocurrencia", por ejemplo: después de que un caballo patea, el entrenador usará un estímulo aversivo (castigo) intentando eliminar dicha conducta. [13,94]

Como se podrá observar, tanto el refuerzo negativo como el castigo usan de estímulos aversivos, la diferencia es el momento y el objetivo con que se aplican: en refuerzo negativo, el estímulo se aplica *antes* de que se presente la respuesta y busca *aumentar* la probabilidad de que ésta suceda, mientras que el castigo, es un estímulo aversivo que se aplica *después* de que el animal realizó una respuesta incorrecta y busca *disminuir* la probabilidad de su presentación. [20]

El condicionamiento operante consiste en la presentación u omisión de una recompensa o castigo ante una respuesta específica y permite crear la asociación ante eventos sobre los que el animal *tiene control*. A diferencia del condicionamiento clásico, la recompensa se asocia a un *estímulo*; mientras en condicionamiento operante, la recompensa se asocia con *respuestas particulares*. La probabilidad de asociación depende de la relación entre el primer evento y el segundo mediante una cadena estímulo-respuesta-recompensa. [13]

El caballo es muy hábil para discriminar estímulos, de manera que los entrenadores deben de ser específicos y consistentes al emitir los comandos y refuerzos. Si una orden no es emitida de manera constante en el método y/o el tiempo en dar el refuerzo difiere, el caballo se confundirá para responder a dicha orden correctamente, o incluso puede aprender a ignorarla por habituación (ver sección 4.1.2.1), lo cual es común en caballos usados para dar clases de equitación para principiantes, donde se vuelven menos o nada responsivos ante los comandos de la monta [20] o a la cuerda. Se ha observado en numerosos estudios que la falta de control sobre eventos aversivos pueden también traer cambios conductuales y fisiológicos, por ejemplo, después de ser expuestos a choques eléctricos incontrolables, las ratas tienen mayor incidencia de úlceras gástricas, aumenta su eliminación (defecación) y son más propensos a padecer enfermedades neoplásicas.[13]

3.1.2 APRENDIZAJE NO ASOCIATIVO

En este tipo de aprendizaje, el animal se expone a un solo estímulo, al cual puede *habituarse* o *sensibilizarse.* [13]

3.1.2.1 HABITUACIÓN

Se presenta cuando el estímulo se aplica constantemente y a la misma intensidad causando una disminución de la respuesta. Beaver lo considera un tipo de condicionamiento operante, en el cual se repite el estímulo-respuesta con o sin refuerzo positivo o negativo hasta que la respuesta deja de presentarse. [94] Es la forma más simple de aprendizaje y se usa mucho para entrenar caballos policía o de espectáculos al exponerlos a estímulos que potencialmente generan miedo como objetos en movimiento o sonidos fuertes. [13] La habituación es la base de la doma y manejo en caballos; Jeziersky *et al*. comprobaron que la habituación al manejo, reduce la reactividad de los

caballos, su frecuencia cardiaca, y hace más manejables a los caballos en comparación a aquellos que no tienen contacto con el humano. [97]

3.1.2.2 SENSIBILIZACIÓN

Su objetivo es el opuesto de la habituación, ya que se busca que la respuesta aumente cuando al presentar el estímulo, para lo cual éste deberá de ser aversivo o desagradable por naturaleza, y presentarse en una situación donde el animal no pueda escapar de él o evadirlo (por ejemplo al dar cuerda, el movimiento del ronzal busca que el caballo avance). La sensibilización puede anular a la habituación y, en situaciones extremas crear fobias y respuestas de huída en caballos, por ejemplo los caballos policías que son expuestos a accidentes de tráfico, comúnmente se sensibilizan al sonido de los motores, de manera que al escucharlos generan una respuesta de huída, [13] contrario a la respuesta deseada.

3.1.2.3 DESENSIBILIZACION Y CONTRACONDICIONAMIENTO

Desensibilización es el proceso mediante el cual se logra disminuir o anular la respuesta de un animal ante un estímulo. Según Beaver, este proceso a menudo involucra habituación. La desensibilización sirve para tratar miedos, fobias y reacciones aprendidas como cierto tipo de agresiones condicionadas (es decir, ante estímulos en particular); [94] sin embargo, existen autores que indican que si bien en habituación y en desensibilización el objetivo es eliminar la respuesta o reactividad a lo largo del tiempo, se diferencian por la manera en la que se aplica el estímulo y en la presentación de la respuesta: en habituación, el estímulo se aplica constantemente a la *misma intensidad* hasta lograr la extinción de la respuesta, en caso de que el animal realice la respuesta que se busca extinguir, ésta se ignora y se continúa aplicando el estímulo; mientras en desensibilización el estímulo se aplica *gradualmente* y va aumentando conforme el animal se va acostumbrando al mismo y teniendo cuidado de que el animal no presente la respuesta, o sea, se busca el punto donde lo tolere y de ahí va incrementando gradualmente, si en la elevación del estímulo el animal responde, se regresa al punto donde no exista reacción . Un ejemplo de desensibilización es el tratamiento que se da en animales domésticos con fobia a ruidos se usan cintas de audio a muy bajo nivel o a gran distancia y conforme los va tolerando, se incrementa el volumen o disminuye la distancia de la fuente del sonido. [94,95]

Contracondicionamiento, es el proceso mediante el cual se expone al animal a un estímulo aversivo pero con consecuencias placenteras con el objetivo de disminuir

respuestas aversivas; por ejemplo, solo al entrar a un lugar oscuro y con múltiples estímulos aversivos como el remolque, el caballo puede obtener alimento, agua y/o caricias. [13]

3.2 ENTRENAMIENTO Y BIENESTAR

Es importante familiarizarse con las definiciones y experimentos relativos a las habilidades mentales, aprendizaje y comportamiento de caballos para aplicar los métodos más adecuados de entrenamiento y manejo, ya que esto tiene un fuerte impacto sobre su nivel de bienestar. Al sub o sobre estimar las capacidades mentales de los animales se puede caer en antropomorfismos, abusos, o falta en la posibilidad de realizar el repertorio de conductas naturales necesarias para los caballos. [1,13] Por lo anterior, es importante tomar en cuenta la investigación observacional de caballos en su hábitat natural e intentar respetar lo más que se pueda su comportamiento.

Los textos antiguos sobre entrenamiento y manejo de caballos generalmente los refieren como animales que "entienden" las ordenes más que responder aleatoriamente. Como ya se ejemplificó, los problemas conductuales emergen cuando los comandos no se aplican adecuadamente en intensidad y tiempo. El no hacerlo crea confusión, conflicto, ambivalencia, "distress" (o sufrimiento), agresión, e incluso inutilidad aprendida ante situaciones o ambientes incontrolables por el caballo. Desgraciadamente, muchos manejadores y propietarios no se dan cuenta que la mayoría de las veces, el "mal comportamiento" de un caballo es reflejo de un mal entrenamiento o manejo creado por asociaciones y experiencias pasadas, y no necesariamente producto de su temperamento. Un estudio francés reveló que de 3000 caballos de carreras enviados al matadero, el 66.4% fue sacrificado por causas de comportamiento y no por causas clínicas. [13]

Inicialmente, los caballos aprenden por ensayo-error ante la aplicación de un estímulo, pero una vez establecida la asociación entre el estímulo y la respuesta correcta, es importante ceder al estímulo (cuando se está usando refuerzo negativo) y hacer clara la diferencia entre lo deseado y no deseado. [20] Cuando no se ha consolidado la respuesta por ensayo error y se añaden más estímulos al mismo tiempo, el caballo caerá en conflicto, de manera que es importante aplicar un estímulo a la vez, repetirlo, reforzarlo, y una vez que la respuesta correcta se da claramente, añadir nuevos estímulos paulatinamente. El aumentar estímulos debe de hacerse de manera fraccionada, por ejemplo: a la cuerda, el movimiento del ronzal significa "avanzar", y una vez que ésta respuesta está dominada, se añade "avanzar por un espacio reducido".

Igualmente, los castigos deben de aplicarse de ser justos y a tiempo, de otra manera, el caballo intentará huir o de no poder hacerlo, tenderá a responder agresivamente; si en este momento el manejador se retira y cede con el castigo, el caballo puede aprender a responder agresivamente para que la presión ceda.

En su libro, Mills y Nankervis indican que el castigo no es un método eficiente de entrenamiento, ya que no produce conductas o respuestas específicas, solo indica qué es lo que no se debe de hacer en cierto contexto, sin embargo si una conducta indeseada es intercambiada por una sí deseada, redirigiendo la motivación del caballo hacia esta, entonces se estará promoviendo la conducta deseada. Si se usa el castigo, el caballo también puede aprender a no realizar cierta actividad solo ante la presencia del manejador y no mientras éste se encuentre ausente. Igualmente, al castigar a un caballo se puede provocar aversión al manejador mediante condicionamiento clásico cuando el estímulo aversivo viene de una persona (o tipo de persona) en particular y no como consecuencia directa de la conducta. [1] Esto es muy común que suceda con veterinarios, ya que el caballo crea la asociación entre dolor y una persona en particular. Es común que los caballos se habitúen (dejen de responder) a cierto castigo, de manera que un mal manejador aumentará la intensidad de éste para que el caballo responda. El uso correcto del castigo implica que éste sea efectivo la primera vez que se use y que en subsecuentes ocasiones se aplique con menor intensidad pero siempre a tiempo. En conclusión, el castigo si es parte importante del entrenamiento, pero éste no debe de basarse en su uso pues fácilmente se puede caer en abuso y obviamente, disminuir considerablemente el bienestar y desempeño de los animales en cualquiera que sea su función zootécnica.

Los estudios de aprendizaje en caballos, han revelado que existen varios factores que interfieren o facilitan el aprendizaje. Fiske y Potter, encontraron que los caballos menos emotivos (reactivos) tienen mejor rendimiento en las pruebas de aprendizaje, dicha emotividad puede controlarse con sistemas de manejo y entrenamiento correctos. [98] Con esto en mente, el entrenador deberá de tomar en cuenta que un animal alterado difícilmente responderá correctamente a un comando, por lo tanto, el momento ideal para emitir la orden es mientras el caballo esté calmado, pues solo así aumentará la probabilidad de que responda correctamente a ésta. [99,100] Existen también estudios que indican que el grado de emotividad inherente influye más sobre la habilidad de aprendizaje que el manejo que ha recibido un caballo. [101] También se ha demostrado

que las experiencias tempranas de manejo tienen gran influencia en su habilidad de entrenamiento futura. [101, 102]

Otro factor que influye sobre el aprendizaje es la edad, Mader y Price reportaron que los caballos de mayor edad tienen un ritmo de aprendizaje más lento que los jóvenes, [103] probablemente porque los primeros son menos reactivos, porque las habilidades preceptúales o físicas disminuyen con la edad o porque tienen más experiencias mediante las cuales han aprendido a ignorar ciertos estímulos que se usan durante los experimentos de aprendizaje. [20] En el mismo estudio, los autores encontraron que los caballos cuarto de milla aprenden más rápido que los pura sangre inglés en pruebas de discriminación.

Un buen entrenador debe de programar los tiempos de entrenamiento tomando en cuenta el método que se esté usando y las características del caballo; al respecto, McCall reporta que si se usa refuerzo negativo, las sesiones de entrenamiento deberán de ser cortas y espaciadas durante el día, lo cual es relevante pues la mayoría del entrenamiento en equitación se basa en este método. [20] Otro punto importante es respetar la naturaleza del caballo como animal presa, entender que su percepción del ambiente es diferente a la del humano (Ver sección 2.2) y que su principal mecanismo de defensa es la huída, de manera que el entrenador debe de ser cauto y responder de manera justa ante situaciones que espanten o sorprendan al caballo. Antes se pensaba que los caballos no tiene habilidad de transferir la información percibida por un solo hemisferio de su cerebro hacia el otro, de manera que si se les presenta un estímulo, se les habitúa a él sólo de un lado, y luego se les presenta el mismo estímulo pero por el otro lado, los caballos actúan sorprendidos. Esta idea fue desechada posteriormente, pero se cree que la respuesta de sorpresa al cambiar al estímulo de lado, puede ser porque perceptualmente el objeto no parece igual al aproximarse desde la dirección contraria y no por déficit en el procesamiento de la información. [104] Esto también se puede atribuir a que los caballos son manejados más a una mano que a otra, de manera que pueden estar habituados a concentrar su atención más de un lado que del otro. Durante el entrenamiento, es importante también manejar a los animales a ambos lados para mejorar su coordinación tanto a la mano derecha como a la izquierda.

Respecto a la memoria de los caballos, Giebel reportó muy poca pérdida de memoria en 20 pares de patrones visuales después de 3, 6 y 12 meses de descanso. [105] Dixon encontró un 81% de retención de memoria en una prueba de discriminación después de

1 mes de que su caballo aprendió a discriminar 20 pares de patrones visuales; a los 3 meses hubo un 78% de retención y a los 6 meses, un 77.5% . [106]

3.3 APRENDIZAJE Y ESTRÉS

Experimentos con animales de laboratorio y humanos han demostrado que la respuesta de estrés también influye sobre el aprendizaje y la memoria. Dichos estudios revelan que periodos breves excitación o emotividad potencian la función de la memoria, mientras la exposición prolongada a estresores tiene impacto negativo sobre la cognición. Como se explicó en la sección 3.3.2 sobre fisiología del estrés, la secreción de catecolaminas se da durante los 3-5 segundos de la presentación del estímulo estresor, de manera que representan la "primer oleada" de la respuesta de estrés. El efecto de la memoria mediado por catecolaminas puede deberse al aumento de perfusión, por lo tanto, incrementa el aporte de oxígeno y glucosa al cerebro. La "segunda oleada" se da después de unos minutos de exposición al estresor, y está marcada por la secreción de glucocorticoides. Los efectos positivos del estrés a corto plazo sobre el aprendizaje probablemente se deben a cambios reversibles en la morfología de las neuronas del hipocampo (que es el centro del aprendizaje y memoria), sin embargo, la exposición extrema a estímulos estresantes puede causar pérdida irreversible de éstas neuronas, lo cual resulta en déficits cognitivos permanentes. Se ha demostrado que estadios severos de hipoglucemia y fluctuaciones en la disponibilidad de glucosa alteran la cognición.

El hipocampo es una de las pocas estructuras que tiene *receptores mineralocorticoides* o *tipo I* y *receptores glucocorticoides* o *tipo II*. Los tipo I se saturan con niveles basales de esteroides adrenales durante el ritmo circadiano, mientras que durante una elevación de estas hormonas inducida por estrés, hay mayor afinidad por los receptores tipo II, y se ha observado que la ocupación de éstos últimos receptores a largo plazo induce despotencialización sináptica. Se cree que ante la ocupación de los receptores tipo I (es decir, ante niveles basales de glucocorticoides) hay efecto estimulante a nivel sináptico que favorece la plasticidad neural, mientras la ocupación de los tipo II inhibe la transmisión sináptica. Ante estrés prolongado, otro efecto de los glucocorticoides (mediado por la ocupación de los receptores tipo II), es inhibir el transporte de glucosa al hipocampo. Coincidiendo con lo anterior, en estudios de resonancia magnética de individuos con pérdida de habilidades cognitivas se ha demostrado pérdida de ramas dendríticas con subsecuente atrofia hipocampal. [54, 70]

Aunque estos estudios no se han realizado en equinos, es bastante probable que también existan cambios hipocampales por estrés dado que en cuanta especie se ha experimentado, se ha comprobado que existen déficits cognitivos por estrés a largo plazo. Suponiendo que el caballo no sea la excepción, el buen entrenador deberá tomar en cuenta el medio ambiente en el que habita el caballo, ya que si éste vive bajo constante estado de estrés, su nivel y velocidad de aprendizaje no será normal, por lo tanto, las metas del manejador deben de ser fijadas basándose en las posibilidades del caballo.

3.4 DOMA NATURAL

A partir de la década de los 70 las técnicas de entrenamiento vaqueras ("western") se popularizaron en el mundo de la equitación. Entrenadores como Tom Dorrance comenzaron a dar pláticas sobre sus métodos y programas de trabajo de piso y montados. Posteriormente surgieron los programas de John Lyons, Monty Roberts y su alumna Kelly Marks, Dan Franklin, Michael Peace, Mark Rashid, Ross Simpson, Josh Lyons, Creig Cameron y Pat Parelli (entre otros) con el mismo concepto: usar el lenguaje corporal y refuerzo negativo para dar comandos, reforzar positivamente las conductas deseadas y "hacer difícil" lo no deseado. Cada entrenador nombra de distinta manera a su programa, por ejemplo: Monty Roberts le llama el "lenguaje Equus", Kelly Marks "doma inteligente", Dan Franklin "comunicación equina", etc. [75] En realidad, todos estos métodos comparten el uso de lenguaje corporal para emitir comandos, tacto, y condicionamiento operante; todos estos programas inician al caballo siempre desde el piso (es decir, no montados) para poder tener el control del caballo a la cuerda, en libertad, montando a pelo o con silla; igualmente, existe evidencia empírica sobre la efectividad de los métodos de estos entrenadores para corregir problemas conductuales. La popularidad de estas técnicas ha llamado la atención no sólo de propietarios y entrenadores ecuestres, sino actualmente de la comunidad científica preocupada de incrementar y asegurar un buen nivel de bienestar a los caballos.

El término de "doma natural" se le atribuye a Pat Parelli, quien sumó su experiencia entrenando caballos de rodeo con conceptos de artes marciales y el objetivo de que el manejador (y/o jinete) controle su cuerpo física, mental y emocionalmente para comunicarse óptimamente con el animal. El programa de este entrenador se conoce por todo el mundo como "Manejo Natural de Parelli", consta de tres niveles: sociedad, armonía y perfeccionamiento que se basan en siete juegos fundamentados en cómo los

caballos se relacionan entre sí (particularmente las yeguas y sus potros); según Parelli, al poco tiempo de parir, la yegua le enseña al potro a avanzar, retroceder y moverse de lado usando diferentes niveles de presión que van desde ligeros toques hasta mordizcos, (de ser necesario). Los siete juegos de Parelli se hacen con una gamarra de cuerda tipo vaquera ("western") y avanzan en grado de aproximación al caballo y dificultad. El juego uno se basa en el comportamiento de la yegua que lame todo el cuerpo del potro para crear un vínculo con él y tranquilizarlo. Según Parelli, la finalidad de este juego es consolidar la relación amistosa con el caballo mientras se toca todo su cuerpo con las manos, con la cuerda y con una vara. A lo largo del adiestramiento, este juego se sigue usando para tranquilizar al caballo cuando está confundido, nervioso o para hacerle saber que ha actuado correctamente. En los subsecuentes juegos se le enseña al caballo a moverse cediendo a la presión ejercida con la mano del manejador colocada en el tórax detrás del codo (región de la cinchera), posteriormente el caballo tendrá que moverse hacia delante, atrás o los lados cediendo al movimiento del ronzal, y en el último juego se pide que el caballo tolere reducciones de espacio mientras camina hacia adelante. [75, 107]

Como ya se ha demostrado, el embarque es uno de los problemas más comunes que reportan los propietarios de caballos. Las técnicas de entrenamiento de piso se han reportado efectivas para evitar o corregir la renuencia a entrar en el remolque. John Lyons indica que la mayoría de los caballos que tienen problemas para embarcar es porque no saben cabestrear correctamente de manera que para entrenar a los caballos a entrar al remolque, recomienda enseñarles primero un comando para avanzar y otro para bajar su cabeza. [71] El entrenador menciona que para enseñarles el comando de "avanzar", el caballo debe estar en un sitio tranquilo, amplio y sin el remolque presente. El entrenador se coloca paralelo a uno de los miembros anteriores del caballo viendo hacia éste y sujetándolo con un almartigón o gamarra; sobre la mano más próxima a la cabeza del caballo, el manejador sostiene el ronzal y hace ligera presión jalando hacia adelante al caballo mientras con la mano más próxima al anca del caballo, sostiene una fusta de adiestramiento (Ver figura 20). Con dicha fusta, se dan golpecillos en el anca (suficientemente fuertes para irritarlo pero sin causarle dolor) hasta que el caballo avance, una vez que lo logra, se recompensa con caricias. El objetivo es que el caballo domine el comando y se sensibilice al movimiento de la fusta, de manera que en algún momento ya no sea necesario tocarlo con ésta, sino que el caballo avance con el simple movimiento de la fusta.

Una vez que el caballo domina esta orden en un sitio tranquilo, Lyons recomienda practicarla en diferentes lugares y con diferentes tipos de piso, posteriormente frente al remolque permitiendo al caballo detenerse cuando así lo desee, con el objetivo de no forzarlo a entrar ni hacerlo sentir incómodo al respecto, al contrario: recompensarlo con caricias por estar cerca del transporte. Conforme el caballo esté tranquilo y relajado, se le dará muy gentilmente el comando de avanzar y así poco a poco hasta lograr que pise en la rampa o dentro del remolque, una vez logrado esto, se hace presión sobre la unión de la gamarra y ronzal hacia el encuentro del caballo para que éste retroceda. El entrenador recomienda repetir el proceso 200 veces, después hacer lo mismo pero esta vez permitiendo que el caballo ponga las dos manos en la rampa o remolque, y nuevamente hacerlo retroceder (Ver figura 21). [108]

De esta manera, se está reforzando el comando "avanzar" y también practicando el desembarque. Lyons no permite que los caballos entren totalmente al remolque sin tener suficiente práctica también en el desembarque, pues hacerlo incorrectamente también puede generar aversión al transporte. [99, 108]

Por su parte, Kelly Marks aplica un método donde se hace pasar al caballo con problemas para embarcar por diferentes sustratos de piso (plástico y madera). Igualmente les enseña a bajar la cabeza al pasar bajo un plástico suspendido en el aire. Una vez que el caballo domina éstos ejercicios básicos, los repite estando cerca del remolque con el objetivo de que éste se acostumbre a trabajar tranquilamente cerca de él. Cuando el caballo ya se aproxima al remolque sin problema, Marks presiona y suelta con el ronzal buscando que el caballo avance, y una vez que éste lo hace, deja de jalar el ronzal para que la presión desaparezca (Ver figura 22). La entrenadora remarca la importancia de tener órdenes específicas para mover cada miembro del caballo, controlar la cabeza del animal, permitirle explorar el sitio que va a pisar y premiarlo con alimento y caricias una vez que está adentro, ya que el caballo debe de tener una experiencia positiva durante el embarque.[75]

Michael Peace indica que el manejador y el caballo deben de mantener una relación 50/50, es decir, que ambas partes tienen que cooperar y realizar cambios constantes y diminutos porque ambos son especies sociales. El entrenador indica que si uno es claro y razonable en cuanto a las expectativas y comandos, éste debe de hacer un esfuerzo y cooperar, y si se niega, entonces se le debe de "molestar" o "ir por él" sin maltratarlo jamás. Para embarcar caballos, él utiliza ligeros movimientos de una cuerda atada sobre

las ancas del caballo, y en cuanto éste busca avanzar, cede con los movimientos (Ver figura 23). [109]

Existen también otros métodos de entrenamiento no aversivos que han sido probados científicamente para embarcar caballos, como el Método del Conocimiento del Toque Equino Tellington (Tellington-Touch Equine Awareness Method, TTEAM) que resultó tener efecto positivo para efectos del embarque. [5] Este método busca mejorar el equilibrio, coordinación y conciencia corporal del caballo usando obstáculos de madera y plástico (Ver figura 24), y técnicas de masaje para relajarlos. [75, 107]

Como ya se mencionó, las técnicas de entrenamiento conocidas como "doma natural" han mostrado resultados asombrosos de forma empírica, y lo poco que se ha hecho con método científico ha resultado prometedor como método de manejo que contribuye a mejorar el nivel de bienestar de los caballos.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 CABALLOS

Para este estudio se escogieron al azar treinta y dos caballos machos y hembras de tipo Warm Blood en buen estado de salud, con promedio de edad de 7.3 años (con un rango de 3 a 14 años), y con diferente nivel de entrenamiento. Todos los animales nacieron y crecieron en un criadero de Santa Gertrudis, Chihuahua, México, donde se mantuvieron en potrero hasta los 2½- 3 años de edad; posteriormente, los potros fueron transportados al Deportivo del estado Mayor Presidencial, en la Ciudad de México. En este sitio, los animales recibieron el mismo manejo: a los tres años de edad, se les enseñó a cabestrear y a caminar ensillados; a los 4½ años de edad comenzaron a ser montados y a saltar para empezar a competir en estas mismas instalaciones a la edad de 4½ ó 5 años.

Cuatro animales fueron excluidos de este experimento: uno por manifestar conductas agresivas hacia los experimentadores, dos por lesiones y uno por muerte.

La historia de embarque y transporte de los caballos mayores de 6 años (n=14) era desconocida, pero los caballos más jóvenes de dicha edad (n=14) no habían sido embarcados, excepto en la ocasión en que fueron transportados a la Ciudad de México en un camión para ganado. Ninguno de los caballos de este estudio había recibido entrenamiento especial para embarcar a ningún tipo de vehículo.

Para evaluar el efecto del entrenamiento, se realizaron cuatro pruebas de embarque (PE1 a 4) donde se obtuvo el *tiempo de embarque (seg.), frecuencia cardiaca* (*l/m*), *éxito de embarque y conductas evasivas*. Durante la primer prueba de embarque (PE1) o prueba pre-entrenamiento, se formaron los grupos y se obtuvieron los parámetros control para todos los caballos con objeto de compararlos con las pruebas post-entrenamiento (pruebas 2, 3 y 4), lo cual significa que cada grupo es su propio control.

En todas las pruebas de embarque, el tiempo de embarque y la FC se midió con un monitor de frecuencia cardiaca Polar Equine S810®. Las pruebas de embarque fueron video grabadas (muestreo focal) para cuantificar las *conductas evasivas* mostradas durante las pruebas. El etograma evasivo (Ver cuadro 3) se estableció durante un estudio piloto previo a este experimento y de acuerdo al reportado en el estudio de Waran y Cuddeford. [4]

3.2 FORMACIÓN DE GRUPOS

Los grupos formados en la prueba control (PE1), fueron: el grupo de los "*caballos que sí embarcaron"* (n=11) en un intento igual o menor a 5 minutos, y todos ellos eran ya montados por jinetes. El grupo de "*caballos que no embarcaron"* (n=10) eran animales que no lograron subir al transporte en 5 minutos y también eran ya montados por jinetes. El tercer grupo, de "*caballos con poco manejo"* (n=7) eran caballos menores de 4 años que sabían caminar con almartigón, toleraban el cincho pero no habían sido montados aún pues tenían menos de un año en estas instalaciones (Ver cuadro 4).
La razón de agrupar separadamente a los animales más jóvenes ("*caballos con poco manejo"),* fue analizar si la historia de manejo tiene algún impacto sobre el desempeño y resultado del embarque.

3.3 PRUEBA DE EMBARQUE PRE-ENTRENAMIENTO O CONTROL (PE1)

En esta prueba, todos los animales fueron manejados por el personal de las instalaciones, a quienes se les pidió intentar embarcar a los caballos por máximo cinco minutos usando cualquier método que ellos consideraran pero evitando la violencia.
El monitor para frecuencia cardiaca (Polar Equine S810®) se le colocó a cada caballo dentro de su caballeriza. Con el monitor puesto y grabando, cada caballo se llevó caminando hasta la entrada del remolque, donde se estableció un punto fijo que marcaba el inicio de la prueba. En este punto, la frecuencia cardiaca (FC inicial) y el tiempo (mostrado por el cronómetro del monitor) se registraron por escrito. Cuando el caballo logró embarcar, se les pidió bajar del transporte, y una vez abajo se volvió a anotar la frecuencia cardiaca (FC final) y el tiempo mostrado por el monitor, lo cual marcaba el final de la prueba de embarque. El caballo entonces era conducido de vuelta a su caballeriza donde se le retiró el monitor. La grabación continúa de la frecuencia cardiaca y del tiempo para embarcar, fueron registrados utilizando el programa de cómputo del monitor cardiaco, que permitió observar la FC registrada mientras el caballo se encontraba dentro del remolque o en cualquier otro momento (Ver figura 25).
Los caballos que no lograron embarcar durante esta primer prueba (los 10 del grupo "*no embarcaron"* y 4 de los "*caballos con poco manejo"*) fueron regresados a su caballeriza.

3.4 ENTRENAMIENTO

Todo el entrenamiento fue de piso y se realizó grupo por grupo comenzando por los caballos del grupo "*si embarcaron"*, después "*no embarcaron"*, y finalmente el grupo

"*poco manejo"*. Todos los caballos recibieron cuatro sesiones de *entrenamiento a la cuerda* y seis sesiones de *entrenamiento en obstáculos* (descritos en la sección 5.4.1 y 5.4.2 respectivamente). Durante el entrenamiento, todos los animales siempre fueron manejados por el mismo experimentador.

Durante todo el entrenamiento y las pruebas de embarque, los animales fueron manejados con una gamarra tipo vaquera ("western") (Ver figura 26), hecha de cuerda de algodón y poliester, y con alma de nylon. La cuerda de la cabezada es de 0.7 cm. de diámetro; cuenta con un par de nudos que se acomodan a los lados de la ternilla y presionan cuando el caballo jala su cabeza en oposición a la dirección indicada por el manejador. El ronzal es del mismo material pero de 1.5 cm. de diámetro y 4.3 m de longitud. En el extremo, el ronzal cuenta con unas tiras de cuero de 10 cm. de largo que ayudan a hacer ruido cuando se agita el ronzal en el aire.

3.4.1 ENTRENAMIENTO A LA CUERDA

El objetivo de esta etapa fue preparar a los caballos para la fase de entrenamiento en obstáculos, enseñándoles con refuerzo negativo y positivo (voz, caricias y premios) a moverse hacia delante, atrás, alto y cambiar de dirección usando lenguaje corporal y el movimiento del ronzal. Cada sesión tuvo una duración máxima de 20 minutos y cuatro ejercicios (que se explicarán posteriormente en este trabajo), cada uno de los cuales duró máximo 5 minutos dependiendo del criterio del manejador y el cumplimiento de metas, lo cual quiere decir que en las sesiones subsecuentes, el caballo debía mejorar su desempeño. Para determinar las metas, cada caballo fue calificado en una escala del 1 al 4 (Ver cuadro 5), de manera que existiera una referencia del mínimo desempeño que el caballo debía realizar. Las cuatro sesiones se realizaron en un corral redondo de 13 m de diámetro. En caso de que los caballos no hubieran sido trabajados antes en el día por el personal de las caballerizas (salto o cuerda), un segundo experimentador les dio de 10 a 15 minutos de paso, trote y galope en el mismo corral. Este segundo experimentador estuvo siempre presente durante el estudio llevando los registros por escrito.

Los cuatro ejercicios fueron:

1.- Ceder a la cuerda: El manejador se colocó frente al caballo empuñando el ronzal, al jalarlo lateralmente, la gamarra ejercía presión sobre la nunca haciendo que el caballo avanzara alrededor del entrenador (Ver figura 27). En cuanto el caballo avanzaba, se dejaba de jalar el ronzal. En la mano opuesta, el manejador sostuvo el ronzal, de manera que si el caballo no avanzaba con la presión de la gamarra, éste pudiera dirigir el ronzal

hacia los cuartos traseros. Si el caballo rehusaba a caminar hacia adelante, el ronzal se movía con más fuerza de manera gradual hasta que las terminaciones de la cuerda hicieran ruido o incluso tocaran el posterior del animal. En cuanto el animal cedía a la presión de la gamarra y del ronzal, éstas se dejaban de ejercer y se reforzaba positivamente con la voz. Este ejercicio se pidió al paso y al trote, a la mano derecha y a la mano izquierda (respetando el tiempo que antes se mencionó). Para la cuarta sesión, los caballos debían de dar cuerda con mayor facilidad, sin necesidad de aplicar más presión que en las primeras sesiones y dar tres vueltas seguidas alrededor del manejador.

2.- Paso atrás con presión directa: Con el caballo parado, el entrenador sostenía la parte más baja de la cabezada (en su unión con el ronzal) empujando hacia atrás y abajo de forma gradual con el propósito de hacer que el caballo inclinara su peso hacia atrás y retrocediera (Ver figura 28). En las primeras dos sesiones, el manejador podía ayudarse empujando al caballo en el encuentro con la mano que no sostenía la gamarra. En cuanto el caballo daba un paso atrás, el manejador dejaba de empujar y reforzaba con voz y caricias.

Para la última sesión, el objetivo fue hacer que el caballo diera entre 3 a 5 pasos seguidos en menos tiempo que la primera sesión.

3.- Paso atrás con el ronzal: El entrenador se paró frente al caballo moviendo el extremo del ronzal de lado a lado de manera gradual haciendo que los nudos de la gamarra golpearan ligeramente la ternilla del caballo; el animal, al tratar de evitar el estímulo inclinaba el peso de su cuerpo hacia atrás hasta retroceder un paso (Ver figura 29); en este momento, el entrenador dejaba de mover el ronzal y premiaba con voz. Para la última sesión, el objetivo fue hacer que los caballos retrocedieran de 3 a 5 pasos seguidos con menor movimiento de ronzal y en menor tiempo.

4.- Ceder a la cuerda con reducción de espacio: Como se describió en el primer ejercicio, pero en este caso, el manejador se encontraba parado a 2 m. de la pared del corral, desde donde pedía que el caballo diera cuerda en círculos caminando y trotando por el espacio delimitado con el cuerpo del entrenador y la pared del corral (Ver figura 30). El objetivo de la última sesión fue hacer que el caballo diera tres vueltas seguidas alrededor del manejador sin detenerse al pasar por la reducción de espacio al paso y al trote dentro del tiempo establecido o menor.

3.4.2. ENTRENAMIENTO EN OBSTÁCULOS

Después de haber recibido el entrenamiento a la cuerda, los caballos comenzaron la segunda etapa del entrenamiento, en obstáculos, mismo que se realizó en una pista rectangular. Por razones de seguridad, antes de cada sesión de obstáculos, el segundo experimentador dio cerca de 15 minutos de trote y galope en el corral redondo, después de 10 minutos de descanso, comenzó el trabajo en los obstáculos. En esta etapa, los caballos fueron manejados por el entrenador que trabajó en las sesiones a la cuerda, usando los mismos comandos para avanzar y con la gamarra. En cada sesión de obstáculos, se pidió que cada caballo pasara siete obstáculos a la mano derecha e izquierda al paso. El objetivo de las sesiones en obstáculos fue desensibilizar a los animales a los estímulos (táctiles, visuales, sonoros y reducciones de espacio) presentes durante el embarque.

Durante el entrenamiento en obstáculos, se estableció un límite de tres minutos para que cada caballo pasara a cada mano (comenzando por la izquierda) por cada obstáculo mínimo una vez y máximo tres veces. Si el caballo pasaba exitosamente una vez dentro de los tres minutos, se continuaba hasta que pasara tres veces en total dentro del tiempo límite e inmediatamente cambiaba de mano. Al cambiar a la mano derecha, el caballo tenía tres minutos para repetir el proceso. Si se vencía el tiempo límite a la mano izquierda y el caballo no lograba pasar por el obstáculo tres veces, se pedía que realizara el ejercicio a la mano derecha, y si tampoco se lograba a este lado, se continuaba con el siguiente obstáculo.

Si los caballos presentaban dificultad para pasar algún obstáculo, sólo durante las primeras tres sesiones, se permitió manipularlo para facilitar la tarea del caballo, por ejemplo, en el obstáculo de las cortinas de plástico éstas se podían separar más en el centro para permitir que el caballo viera mejor a través de él; igualmente, en el obstáculo de la manta colgando, éste se podía subir de la esquina para que el caballo viera al otro lado del obstáculo y no tuviera que bajar tanto la cabeza. Si el manejador lo consideraba, en estas tres primeras sesiones se permitía una sola vez por obstáculo pasar el obstáculo cabestreando al caballo. De la misma manera, sólo en las tres primeras sesiones el caballo podía pasar los obstáculos trotando, contando esto como acierto.

Durante las seis sesiones y para cada caballo, el segundo experimentador llenó hojas de registro sobre los tiempos para atravesar cada obstáculo y notas sobre los avances de cada caballo con el objetivo de establecer metas para la siguiente sesión.

El orden y objetivos de cada obstáculo fueron los siguientes:

1.- Caballete (paralelo al perímetro de la pista): Consistió en una barra de salto de aproximadamente 10 cm. respecto al suelo. El fin de este obstáculo fue trabajar en obediencia (pasar a la cuerda e idealmente sin ir cabestreando), y coordinación de movimientos, sobre todo flexión y elevación de miembros anteriores y posteriores. Por estar localizado sobre una de las paredes de la pista, los caballos sólo tenían una posible ruta de escape o evasión del obstáculo: hacia el centro de la pista (Ver figura 31)

2.- Reducción de espacio con barriles y tapete de pasto sintético (paralelo al perímetro de la pista): El caballo debía caminar por un espacio reducido delimitado por los barriles y la pared de la pista. Igual que con el obstáculo anterior, al estar localizado sobre la periferia de la pista, el caballo sólo tenía un lado de huída: hacia el centro de la pista. En el piso, se colocó un tapete de pasto sintético que sirvió como estímulo visual (cambio de piso) y táctil, pero no sonoro. Este obstáculo pretendía trabajar también con obediencia y desensibilizar al cambio de piso en el remolque (Ver figura 32)

3.- Reducción de espacio con barriles y tapete de plástico (en el centro de la pista): Este obstáculo también trabajó con obediencia y cambios de piso, que a diferencia del tapete de pasto sintético, esta vez si hubo estímulo sonoro al pisar sobre él. Al localizarse en el centro de la pista, el caballo tuvo dos posibles espacios de huída (derecha e izquierda del obstáculo).

4.- Reducción de espacio con barriles y piso instable de madera (en el centro de la arena): A la obediencia y estímulos del piso ya mencionados, se añadió el estímulo auditivo (sonido hueco de la madera) e inestabilidad del piso que se creó poniendo un tronco transversalmente en la parte central de la tarima de madera (piso), de manera que al pasar por la mitad del obstáculo, el piso se inclinaba y los caballos tenían que mantener el balance de su cuerpo (Ver figura 33)

5.- Cortinas de plástico con reducción de espacio (en el centro de la arena): El caballo tenía que pasar por una reducción de espacio y con visibilidad limitada, de manera que tenían que aprender a mover las cortinas de plástico para pasar. Mientras avanzaban por el obstáculo, las cortinas tocaban su cuerpo (excepto los miembros). El objetivo de este obstáculo fue trabajar con obediencia y concentración al cruzar solos por un espacio reducido con visibilidad reducida, así como evitar sobre reacciones desensibilizando al tacto de objetos en la cara, cabeza y cuerpo, lo cual sucede comúnmente en el embarque cuando alguna parte del transporte llega a tocar accidentalmente al caballo (Ver figura 34).

6.- Manta de plástico colgando (en el centro de la arena): La visión de los caballos se restringió con una manta colgante. En este obstáculo se trabajó con obediencia al solicitarles seguir caminando a pesar de la restricción visual mientras bajaban la cabeza con el objetivo de prevenir sobre-reacciones cuando el techo del remolque toca su cabeza durante el embarque.

7.- Simulador de remolque: Contenía todos los estímulos presentes en los obstáculos anteriores, excepto el movimiento pues el piso de madera no era inestable. Por un extremo, tenía una rampa, y por otro extremo un escalón, de manera que los caballos aprendieran a coordinar sus movimientos para subir en ambos tipos de remolques. Este obstáculo enfatizaba la sensación de encierro al tener techo, paredes de plástico y reducción de espacio (Ver figura 35).

El remolque se usó como ultimo obstáculo solamente durante las sesiones pares (2, 4 y 6). En este caso, se estableció un límite de 10 minutos para que los caballos subieran a cualquier mano. En caso de subir una vez dentro de este tiempo, se volvía a pedir que embarcaran hasta completar un total de tres subidas ó que se cumplieran los 10 minutos. El criterio para embarcar fue el mismo que para pasar los obstáculos, es decir: el manejador se colocaba al lado de la entrada del remolque dando dirección al jalar de la gamarra y moviendo en círculos el extremo del ronzal hacia los cuartos traseros. Solamente en la sesión 2, y si después de haber intentado por este método, el caballo ya no presentaba conductas evasivas excepto plantarse o quedarse parado sobre la rampa, el entrenador podía optar por hacer entrar al caballo cabestreándolo solo hasta la parte más alta de la rampa y dentro del tiempo límite.

Después de la sexta sesión de entrenamiento en obstáculos, a todos los caballos se les dejó de manejar bajo este protocolo hasta las pruebas de embarque post-entrenamiento

3.5 PRUEBAS DE EMBARQUE POST-ENTRENAMIENTO (PE 2, 3 y 4)

Con objeto de evaluar el efecto del entrenamiento, se realizaron tres pruebas de embarque a los 2, 10 y 30 días de haber terminado la sesión de obstáculos.

En las evaluaciones PE2 y PE3, los animales fueron embarcados por el entrenador que manejó a los caballos durante las sesiones de entrenamiento; en PE4 fueron manejados por el entrenador que llevaba los registros por escrito durante las sesiones de entrenamiento.

En todas las evaluaciones post-entrenamiento a los caballos se les pidió subir al transporte bajo el mismo método que se hizo pasar los obstáculos, logrando que los animales embarcaran solos, es decir, sin que el manejador entrara con ellos al vehículo. El objetivo de que en la prueba de embarque 4 los animales fueran embarcados por la persona que no realizó las sesiones de entrenamiento fue asegurarse de que la respuesta de los caballos no era sólo bajo la influencia de un solo entrenador.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El *tiempo de embarque* (L) y *frecuencia cardiaca* (H) fueron analizadas bajo un modelo lineal (SAS® 2002 versión 9 para Windows). El total de la variación se explica como:

$$L_{ijkl} = \mu + G_i + IG_{j(i)} + \delta_{ji} + T_k + GT_{ik} + E_{(ijk)l}$$

$$H_{ijkl} = \mu + G_i + IG_{j(i)} + \delta_{ji} + T_k + GT_{ik} + \beta_i\,(FI - \overline{FI}) + E_{(ijk)l}$$

Donde L_{ijkl} es la L-ésima observación aleatoria del *tiempo de embarque* en relación a la k-ésima prueba de embarque, al j-ésimo caballo y al i-ésimo grupo; y H_{ijkl} es la h-ésima observación aleatoria de la frecuencia cardiaca relacionada con la k-ésima prueba de embarque, al j-ésimo caballo y al i-ésimo grupo. μ es la media general; G_i es el efecto el i-ésimo grupo (*si embarcaron, no embarcaron* y *jóvenes*); $IG_{j(i)}$ es el efecto del j-ésimo caballo anidado en el i-ésimo grupo; δ_{ji} es el error de restricción debido a la aleatorización NID (0, δ^2); T_k es el k-ésimo efecto de la prueba de embarque (prueba 1 o control; prueba 2, prueba 3 y prueba 4 post-entrenamiento); GT_{ik} es el efecto de la interacción entre el i-ésimo grupo con la k-ésima prueba de embarque. $B_i\,(FI - \overline{FI})$ es el efecto covariable de la frecuencia cardiaca inicial. $E_{(ijk)l}$ es el error aleatorio NID (0, δ^2).

La comparación múltiple en los efectos con $p<0.05$ fueron analizados utilizando la prueba de Tukey (SAS® 2002 versión 9 para Windows).

Se realizó una prueba de correlación lineal (SAS® 2002 versión 9 para Windows) entre frecuencia cardiaca inicial, frecuencia cardiaca final, tiempo de embarque y comportamientos evasivos para el total de los datos (112 observaciones).

Para la misma cantidad de observaciones, se estimó el éxito de embarque asociado a los efectos edad, pruebas de embarque, "*no embarcaron*" y "*caballos con poco manejo*" (comparados con "*si embarcaron*"). Se obtuvo la razón de momios mediante el análisis de regresión logística múltiple (SAS® 2002 versión 9 para Windows). El modelo matemático del éxito al embarque en éste análisis fue el siguiente:

$$\pi = 1/(1+EXP\,(\beta 0 + \beta 1\ \text{edad} + \beta 2\ \text{prueba de embarque} + \beta 3\ x1 + \beta 4\ x2))$$

Donde π es la probabilidad de embarcar exitosamente tratada como variable binaria (0= no embarcar, y 1= sí embarcar), para lo cual se crearon variables (x1 y x2) para los tres grupos, siendo "*si embarcaron"* el grupo de referencia:

GRUPO	X1	X2
Si embarcaron	0	0
Poco manejo	1	0
No embarcaron	0	1

IV. RESULTADOS

4.1 TIEMPO DE EMBARQUE (seg.)

El cuadro 6 muestra el análisis de varianza para el tiempo de embarque (seg), encontrando diferencias estadísticas para los efectos *grupo, prueba de embarque e interacción grupo-prueba de embarque*.

El cuadro 7 muestra las medias mínimo cuadráticas del tiempo de embarque en el total de las pruebas de embarque, el grupo "*no embarcaron"* fue el que más tiempo registró para embarcar de todos los grupos, y fue diferente del grupo "*poco manejo"* (*P*=0.0344) por 105.38 seg. El tiempo que estos dos grupos no reveló diferencia significativa con el grupo "*si embarcaron"*.

El tiempo registrado durante la primer prueba de embarque (PE 1) o control para todos los caballos juntos, fue significativamente mayor (191.42 $\pm$ 14.18 seg; $P< 0.05$) a las pruebas post-entrenamiento (PE 2, 3 y 4: 124.82 $\pm$ 14.18, 128.90 $\pm$ 14.18, y 87.98 $\pm$ 14.18 seg. respectivamente). Las diferencias entre los promedios mínimos cuadráticos (PMC) para el tiempo de embarque post-entrenamiento no resultaron significativas (Ver cuadro 8).

La figura 36 muestra el comportamiento de la interacción grupo-prueba de embarque, encontrando diferencias estadísticas ($p<0.05$) entre las pruebas pre y post-entrenamiento para el grupo "*no embarcaron"*, que registró el mayor tiempo (300 $\pm$ 23.29 seg) durante la PE 1 (control) que en las subsecuentes pruebas o post-entrenamiento (PE 2: 163.5 $\pm$ 23.28 seg. con *P*=0.0047; PE 3: 165.7 $\pm$ 23.28 seg. con *P*=0.0059 y 156.0 $\pm$ 23.28 seg, con *P*=0.0022)

El grupo de "*caballos con poco manejo"* mostró diferencia significativa en su tiempo de embarque entre la primer prueba de embarque (control) (192 $\pm$ 27.82 seg) y la prueba de embarque 4 (PE 4) (29.85 $\pm$ 27.83 seg, $P = 0.0051$).

El grupo de caballos "*si embarcaron"* no mostró diferencia significativa en el tiempo de embarque entre las pruebas de embarque.

4.2 FRECUENCIA CARDIACA (l/m)

Para todos los caballos, el Promedio Mínimo Cuadrado de la frecuencia cardiaca (FC) mostró diferencia significativa entre la prueba de embarque pre-entrenamiento (PE 1 o control) y las pruebas post-entrenamiento (PE 2, 3 y 4). La mayor FC se registró en la prueba pre-entrenamiento (90.13 $\pm$ 3.42 l/m), disminuyendo drásticamente para la PE 2 (62.30 $\pm$ 3.48 l/m; $P< 0.0001$ respecto a PE 1) (Ver cuadro 9). Para la interacción

grupo-prueba de embarque no hubo diferencia significativa respecto a la frecuencia cardiaca.

El análisis de correlación lineal (Ver cuadro 10) para la frecuencia cardiaca inicial (53.13 ± 17 l/m), frecuencia cardiaca final (71.41 ± 25.99 l/m), conductas evasivas (8.59 ± 15.95) y tiempo de embarque (137.08 ± 118.97 seg.)

4.3 ÉXITO DE EMBARQUE

Los caballos del grupo *"caballos que no embarcaron",* registraron 0% de embarques exitosos en PE1; para las pruebas post-entrenamiento, el éxito de embarque incrementó al 60%. Los animales del grupo *"caballos que si embarcaron",* registraron 100% de embarques exitosos en PE1, mismo que disminuyó a 72.7% en PE2, 63.6% en PE3 y en PE4 90.9%. El grupo de *"caballos con poco manejo"* tuvo un 42.85% de éxitos al embarque en PE1, que incrementó al 100% en PE2 y PE4, y en PE3 tuvo 85.7% de éxitos para subir al transporte (Ver figura 37).

El modelo matemático del análisis de regresión logística múltiple (Ver cuadro 11), indicó que bajo estas condiciones experimentales, la probabilidad que un caballo embarque, es de 10.33%.

El análisis de máximos estimados (Ver cuadro 11) mostró diferencia estadística para los efectos *prueba de embarque* y para la variable "*caballos que no embarcaron*", tomando como variable de referencia al grupo *"caballos que si embarcaron"*. Los resultados indican que por cada prueba de embarque que se realice bajo las condiciones de este experimento, el éxito de embarque aumenta 0.0446 ($p=0.0374$). El éxito de embarcar de los caballos bajo el supuesto del grupo "*caballos que no embarcaron"* disminuyó en 1.6951 ($p= 0.0013$). Para el resto de efectos analizados, no existió diferencia estadística.

Con el análisis anterior, se pudo obtener la probabilidad de éxito al embarque de cada prueba para los caballos bajo el supuesto de los usados en este trabajo, donde resultó un incremento del 1.72% en la probabilidad de embarcar entre la PE1 y la PE2 (post-entrenamiento); 8.26% entre PE1 y PE3, y 21.75% entre la PE1 y PE4 (Ver figura 38)

La figura 39 muestra la estimación del éxito de cada grupo para embarcar por cada día de prueba.

4.4 CONDUCTAS EVASIVAS

En total se cuantificaron 612 conductas evasivas (según el etograma establecido) durante la PE 1. De este total, 444 conductas fueron realizadas por el grupo que "*no*

embarcaron", 128 por el grupo de "*caballos con poco manejo"* y 40 por el grupo "*si embarcaron"*. Después del entrenamiento, en la PE 2 los caballos del grupo "*no embarcaron"* sumó 72 conductas evasivas, el grupo *"poco manejo"* sólo 1 conducta, y 99 el grupo "*si embarcaron"*, con lo cual se registró un total de 172. Después de 10 días de haber concluido el entrenamiento (es decir, en la PE 3), el grupo "*no embarcaron"* registró 31 conductas evasivas, el grupo *"poco manejo"* 11, y el grupo "*sí embarcaron"* 45, sumando 87 conductas durante esta prueba. Para la última prueba, se computó un total de 91 conductas evasivas: 60 realizadas por el grupo "*no embarcaron"*, 0 por el grupo de "*caballos con poco manejo"*, y 31 por el grupo "*si embarcaron"* (Ver figura 40).

La distribución del total de cada conducta evasiva durante las pruebas de embarque se muestra en la figura 41.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del tiempo de embarque por grupos en el total de las pruebas realizadas, indican que el grupo "*caballos que no embarcaron*" tomó mas tiempo para subir al transporte, a diferencia del grupo "*caballos con poco manejo*", que registró el menor de los tiempos de embarque. Estos hallazgos pueden explicarse porque el tiempo total de embarque del grupo "*no embarcaron"* se vio influenciado por la primer prueba de embarque (PE 1 ó control), en la cual se cumplieron 300 segundos sin que los animales embarcaran; el tiempo de embarque del grupo "*caballos con poco manejo"*, puede deberse a que 3 caballos de éste grupo sí embarcaron en PE1, pero el resto del grupo (4 caballos) cumplió el tiempo límite sin lograr entrar al transporte.

Los grupos "*caballos que no embarcaron"* y "*caballos que si embarcaron"* estaban compuestos por animales en entrenamiento de salto, por lo cual ya estaban sujetos a mayor manejo, a diferencia del grupo "*caballos con poco manejo"*, lo cual puede ser reflejo de los resultados en el tiempo de embarque y éxitos de embarque de este último grupo (que se discuten posteriormente en este trabajo); Heird *et al* demostraron que las experiencias de manejo tienen un fuerte impacto en el aprendizaje y entrenamiento de los caballos; en 1981 encontraeon que los caballos con manejo intermedio tuvieron mejor desempeño en una prueba de laberinto que aquellos con muy poco o mucho manejo.[101,102]

La interacción grupo-prueba de embarque, permite analizar el comportamiento de cada grupo en cada una de las pruebas realizadas. Los resultados obtenidos indican que sí hubo influencia del entrenamiento sobre el tiempo de embarque, sobre todo para el grupo "*no embarcaron",* que disminuyó el tiempo en las pruebas post-entrenamiento: en la PE2 el tiempo de embarque disminuyó a casi la mitad del tiempo registrado en la PE1, efecto que perduró hasta la última prueba de embarque (PE4), es decir, tras un mes de haber concluido el entrenamiento. Al igual que en este trabajo, Shanahan encontró que después de un protocolo de entrenamiento de piso no aversivo, el grupo de caballos con historia de problemas para embarcar, disminuyó significativamente (1.75 ± 0.49 min.) por efecto del entrenamiento. [5]

Después del protocolo de entrenamiento del presente trabajo, el grupo "*caballos con poco manejo"*, disminuyó su tiempo de embarque, sin embargo la diferencia con PE1, PE2 y PE3 no fue estadísticamente diferente. Considerando que la cantidad de conductas evasivas de este grupo disminuyó, y que el éxito al embarque aumentó hasta alcanzar el 100%, se considera que sí existió un efecto positivo en estos animales por

efecto del entrenamiento. Al revisar los registros en papel, se encontró que en PE3 sólo un caballo del grupo rehusó a entrar al remolque, y fue este caballo quien consumió los 300 seg. límite de la prueba de embarque, incrementando así el tiempo total de las pruebas post-entrenamiento de su grupo. En la PE 4 el grupo "*caballos con poco manejo"* registró el menor tiempo de todos los grupos de todas las pruebas realizadas, el máximo éxito de embarque (100%) y cero conductas evasivas, con lo cual se concluye que el entrenamiento fue sumamente efectivo para este grupo y que su efecto se mantuvo hasta un mes después de haber concluido el protocolo de entrenamiento. La mejoría que este grupo mostró pudo deberse a su edad (como lo reportan otros estudios), pero sobre todo al poco manejo que habían recibido antes de realizar el experimento [101.102] (y por consecuencia, a la poca exposición a experiencias desagradables). Waran y Cuddeford encontraron que los animales más jóvenes (de 1 año de edad) y sin experiencia en embarque tardaron más para subir al transporte y presentaron la mayor cantidad de conductas evasivas, y que el grupo de caballos con más de 3 años de edad y expertos al embarcar registraron el menor tiempo de subida. [4] En el estudio citado, los autores no implementaron ningún protocolo de entrenamiento posterior a su prueba de embarque, sino que compararon la influencia de la edad sobre el rendimiento en pruebas posteriores.

Para el grupo *"caballos que si embarcaron"* de este experimento, la interacción grupo-prueba de embarque indica que el tiempo de embarque de estos caballos no mejoró pero tampoco empeoró después del entrenamiento. Al observar la figura 36, podemos encontrar que existe una tendencia (no estadística) a aumentar el tiempo de embarque en este grupo después del entrenamiento, lo cual no significa que el entrenamiento no haya sido efectivo en estos animales. Muchos entrenadores profesionales como John Lyons concuerdan que el hecho de que un caballo sin previo entrenamiento ceda a embarcar, no significa que repita esta acción consistentemente en futuras ocasiones, lo que se confirmó en este experimento, ya que en las pruebas post-entrenamiento de este grupo también se observó un decremento en el porcentaje de embarques exitosos. [99]

El incremento en el tiempo de embarque de las pruebas post-entrenamiento del grupo "*caballos que si embarcaron"* se explica por los caballos que rehusaron a subir (4 en PE2, 5 en PE3 y uno en PE4). Fueron los mismos durante las purebas post-entrenamiento, y probablemente esto contribuyó al incremento en el tiempo de embarque de éstas pruebas. Para la última prueba de embarque (PE4), se reestableció el tiempo de embarque registrado en la PE1 o control, lo cual significa que los animales de

este grupo que si embarcaron en las pruebas post-entrenamiento, disminuyeron su tiempo de embarque lo suficiente para compensar el exceso de tiempo de aquellos que no subieron. Hay varias explicaciones por las cuales no subieron todos los caballos, una de ellas es la diferencia en el tipo de manejo empleado en la PE1 respecto a las pruebas post-entrenamiento: en la prueba control, los manejadores (personal de las caballerizas) siempre caminaban con el caballo hacia el interior del remolque, o sea cabestreándolos. Como se explicó en material y métodos, cuando se usó el remolque en las sesiones de obstáculos, el experimentador podía cabestrear al caballo pero no hasta el interior del vehículo (como habían embarcado en PE1) sino hasta la parte más alta de la rampa; en esta sesión de entrenamiento se observó que los caballos se quedaban parados sobre la rampa y al lado del manejador sin mostrar aversión al vehículo, más bien "esperando" a que el entrenador continuara avanzando hacia el interior del remolque (lo cual no se hizo), pero en el momento en que el manejador daba el comando de avanzar con el ronzal (como se describió en material y métodos), los caballos comenzaban a mostrar conductas evasivas. Hasta el momento se ha estudiado mucho sobre aprendizaje en caballos, en una revisión del tema, McCall menciona que para que el caballo responda correctamente a una orden, el entrenador debe de ser específico y consistente en sus comandos, ya que si el método difiere, el animal no responderá igualmente, [20] de manera que los caballos del grupo "*si embarcaron"* que rehusaron subir al transporte después del entrenamiento, probablemente estaban ya habituados a embarcar cabestreando y requerían más sesiones de entrenamiento para subir al transporte solos. Otra posible explicación de porqué no embarcaron todos los caballos del grupo "*si embarcaron"* durante las pruebas post-entrenamiento es la variación individual, misma que ha sido reportada ya antes en numerosos estudios. Fiske y Potter encontraron una correlación positiva en una población de caballos jóvenes entre el desempeño en pruebas de aprendizaje y el rendimiento durante el entrenamiento ya montados; los autores reportan que los animales menos emocionales en las pruebas de aprendizaje tuvieron mejores notas y fue más fácil entrenarlos para montarlos en comparación a los animales más emocionales. [98] En el trabajo que aquí se describió, el incremento en el conteo de conductas evasivas después del entrenamiento (en PE2) observadas también en el grupo "*si embarcaron"* puede ser reflejo del proceso más lento de aprendizaje en estos individuos, ya que todos los caballos se pararon exitosamente sobre la rampa, pero era el movimiento del ronzal lo que generaba la presentación de conductas evasivas.

A pesar de que no hubo manejo ni entrenamiento entre los días de las pruebas post-entrenamiento, éstas también debieron de haber influenciado a los caballos para habituarlos al embarque, de manera que en la PE4 todos los grupos registraron el menor tiempo de embarque, la mayor probabilidad de éxito y la menor cantidad de conductas evasivas (exceptuando sólo para esta variable al grupo "*no embarcaron"*, que contabilizó 60 en la PE4 contra 31 en la PE3). En los estudios de Heird *et al* se encontró que si bien las experiencias de manejo temprano tienen influencia positiva en los resultados de aprendizaje y mayor facilidad en el entrenamiento, dicho sea de otra manera "los caballos aprenden a aprender", [122] un manejo temprano incorrecto también puede tener repercusiones negativas a futuro, y de hecho, "*aprendizaje"* se define como los cambios en el comportamiento de un animal por consecuencia de experiencia o de un conjunto de circunstancias. [110, 111] Situaciones que pueden interferir con aprendizaje en caballos incluyen temor, aislamiento, exposición a objetos nuevos o circunstancias, e incluso proximidad con humanos, [112, 113, 114] y siendo analíticos todos estos factores los reúne el embarque.

Es importante tomar en cuenta que en las instalaciones donde se realizó este experimento, no se tenía conocimiento sobre la historia de embarque previo en animales mayores de 6 años de edad, tampoco se pudo saber con certeza si los animales realmente tenían o no problemas para embarcar al momento de formar los grupos, o si de hecho presentaban alguna fobia al transporte. Tampoco se realizaron pruebas de temperamento que permitieran establecer una relación con el desempeño en el entrenamiento ni con los resultados posteriores a éste como se ha reportado en otros estudios, [98, 114] sin embargo, si se observó que en el grupo "*si embarcaron"*, la mayoría de los animales eran manejados por personal nuevo y sin experiencia en entrenamiento de caballos, de manera que el método de manejo muchas veces resultaba confuso para los animales y por esto también pudieron haber tardado más en verse los efectos positivos del entrenamiento que aquí se implementó.

La manera en la que los caballos aprenden a responder a un estímulo (por ejemplo, ceder a la cuerda) es por ensayo-error, de manera que el entrenador debe de ser muy claro y consistente para detener el refuerzo negativo (detener el movimiento del ronzal) cuando el caballo acierta en la respuesta. Mientras se realizó el experimento, accidentalmente observamos el manejo del personal inexperto de estas instalaciones con caballos que no estaban incluidos en nuestro estudio, sin embargo, éste mismo personal era el encargado de algunos de los caballos del grupo "*si embarcaron"*. Durante su

manejo, estas personas no era claras con el uso de sus estímulos (Ej., no cesaban de mover el ronzal cuando el caballo respondía correctamente avanzando o peor aún, lo movían más a pesar de que el caballo estaba haciendo lo correcto), y de hecho los animales comenzaban a responder aversivamente, o simplemente dejaban de moverse por habituación al estímulo. Durante las primeras sesiones de entrenamiento a la cuerda de nuestro protocolo, los animales hiper-reactivos o hipo-reactivos tuvieron que contracondicionarse al manejo previo que recibían, y los efectos de este contracondicionamiento se vieron más tardíamente en comparación a los animales que eran manejados por personal con más experiencia o que no habían recibido tanto manejo (*"caballos con poco manejo"*).

El éxito de embarque en esta población experimental incrementó después del entrenamiento para los grupos *"caballos que no embarcaron"* y "*caballos con poco manejo*". El grupo "*caballos que si embarcaron"* disminuyó el porcentaje de embarques exitosos en PE2 (respecto a PE1), pero éste aumentó paulatinamente en PE3 y PE4.

Los resultados del análisis de regresión logística múltiple permiten predecir que en una población similar a la de este estudio, la probabilidad de embarque exitoso sin haber cursado con un protocolo de entrenamiento, es bastante baja (10.33%). En este mismo análisis, encontramos tanto para el total de la población como para cada grupo, que por cada prueba de embarque realizada, la probabilidad de embarcar aumenta. El incremento de 1.72% en el éxito de embarque entre la prueba control y la PE2 se explica por el entrenamiento, y el aumento entre las pruebas post-entrenamiento (PE2, PE3 y PE4) puede también explicarse por efecto de habituación al método de embarque, es decir, que el efecto del entrenamiento se haya reforzado con las pruebas de embarque, lo cual da pie a continuar con líneas de investigación que permitan diferenciar el efecto y duración solo por entrenamiento y solo por habituación.

En el estimado del éxito al embarque por grupos ninguno de ellos alcanzó el 100% de éxito por el rango de error, y precisamente por el entendido que se está trabajando con individuos. La variabilidad individual es algo que todo buen entrenador debe de tomar en cuenta. Nicol reportó que existe poca correlación entre conductas de aprendizaje en ciertos caballos y su desempeño posterior en diversas tareas experimentales. [100] Según McLean y McGreevy, el entrenamiento resulta más efectivo cuando el entrenador logra armonizar correctamente la habilidad mental del caballo con el método que se esté empleando. [13, 120]

El resultado del análisis de regresión logística múltiple comparativo entre el grupo de referencia "*caballos que si embarcaron"* y el grupo *"caballos que no embarcaron"* indican que si se tomara un caballo con características similares a éste último grupo sin previo entrenamiento, su estimado de éxito al embarque es 0.18 veces menor que uno con las características de los caballos del grupo "*caballos que si embarcaron"*. La comparación entre el grupo de referencia y el grupo "*caballos con poco manejo"*, no resultó significativa, tampoco hubo diferencia por efecto de edad, pero existen estudios que reportan que a mayor edad, los caballos tienen menor facilidad de aprendizaje, probablemente por disminución de habilidades perceptuales o físicas, aunque parece más razonable que sea porque han aprendido a ignorar estímulos usados, es decir, se habitúan a los estímulos. [20, 103]

Los resultados de la frecuencia cardiaca muestran que no hubo diferencia estadística entre grupos. Considerando que los caballos del grupo "*caballos que si embarcaron" y "caballos que no embarcaron"* estaban bajo entrenamiento de salto desde tiempo atrás, se hubiera esperado por la diferencia de condición atlética que éstos fueran diferentes al grupo "*caballos con poco manejo"*, sin embargo no fue así. Lo que si arrojaron los datos fue una disminución significativa por efecto del protocolo de entrenamiento para el total de los caballos, mismo que perduró hasta un mes después de haber terminado las sesiones de entrenamiento. Al someter a los animales a cualquier tipo de movimiento, es obvio encontrar una taquicardia fisiológica, que en este caso puede confundirse con la taquicardia por efecto del incremento en la actividad simpática que se da durante la respuesta de lucha o huída. En el estudio citado de Waran y Cuddeford, las frecuencias cardiacas más elevadas se registraron durante el embarque en todos los grupos, sin embargo, ellos no pudieron diferenciar si el incremento durante éste evento se dio por respuesta de lucha o huída o por el esfuerzo físico (movimiento). [4] En el estudio aquí descrito, todos los caballos fueron caminados la misma distancia en cada una de las pruebas de embarque, es decir, fueron sometidos al mismo grado de esfuerzo físico, de manera que la disminución en la frecuencia cardiaca que se encontró después del entrenamiento en el total de la población de este estudio, se explica por una disminución en la actividad simpática. La mayoría de los caballos no sólo lograron embarcar, sino que lo hicieron más tranquilos en comparación a la prueba control (PE1) por efecto del protocolo de entrenamiento, además, éste efecto duró mínimo un mes después de haber terminado con el protocolo de entrenamiento. Shanahan, también encontró una disminución significativa en la frecuencia cardiaca tras haber implementado un

protocolo de entrenamiento sólo en caballos con problemas para embarcar. [5] En el estudio de Waran y Cuddeford, como ya se mencionó, los caballos con experiencia en el transporte registraron también un incremento en la frecuencia cardiaca durante el embarque, con lo que concluyen que a pesar de su experiencia y no mostrar renuencia para subir al transporte, éstos animales también pueden experimentar estrés durante este evento. En el presente estudio, se buscaron resultados que revelaran diferencia estadística en la frecuencia cardiaca para el grupo "*caballos que si embarcaron"* y así comprobar que el protocolo de entrenamiento también resultaba efectivo para este grupo de animales, sin embargo, no se encontró diferencia estadística en la frecuencia cardiaca por efecto de la interacción grupo-prueba de embarque.

Al establecer el calendario de repeticiones de las pruebas post-entrenamiento del presente trabajo, se evaluó el rendimiento de los caballos a lo largo del tiempo (un mes) sin haber recibido más sesiones de entrenamiento intermedio, excepto las pruebas de embarque (PE2 y PE3). Existe evidencia anecdótica que revela que el caballo tiene gran capacidad no sólo de aprendizaje, sino de memoria; experimentalmente, Giebel reportó en un caballo muy poca pérdida de memoria discriminatoria en 20 patrones visuales después de 3, 6 y 12 meses de descanso. [105] Dixon, reportó 81% de retención en una prueba de discriminación visual tras un mes de haber aprendido las tareas, 78% después de tres meses y 77.5% después de 6 meses. [106] Marinier y Alexander encontraron buena respuesta en una prueba de laberinto después de una semana de haber aprendido la tarea; [115] y Wolff y Hausberger encontraron que después de un mes de haber concluido un experimento de condicionamiento operante a cambio de una recompensa de comida, los caballos tenían más éxito en la misma prueba sin haber recibido este tipo de pruebas de forma intermedia. [116] Los resultados de este experimento, coinciden con lo reportado en la literatura, pues el efecto del entrenamiento sobre el tiempo de embarque, frecuencia cardiaca, éxito al embarque y cantidad de conductas evasivas, perduró hasta un mes después de haber concluido con el entrenamiento a pesar de que en la PE4 fueron embarcados por el manejador que no realizó el entrenamiento de piso.

A lo largo de los años, tanto científicos como entrenadores han buscado métodos de manejo adecuados que permitan explotar al máximo el rendimiento y desempeño de los caballos disminuyendo los riesgos para el personal a cargo. Existe un sin número de artículos y bibliografía que demuestran la increíble capacidad de aprendizaje de los caballos, mismos que se basan en el uso de refuerzo positivo (alimento en su mayoría), pero contradictoriamente, los protocolos que muchos entrenadores usan a nivel atlético

se basan en refuerzo negativo. Es importante recalcar que el protocolo de entrenamiento que aquí se menciona usa ambos métodos: refuerzo positivo y negativo, mezcla que también se ha demostrado ser mucho más efectiva que el simple uso de uno de ellos. [20] Igualmente, se debe recalcar la importancia en la consistencia de los comandos usando lenguaje corporal, o dicho sea de otra manera: doma natural. Con la suma de todos estos elementos, se logró un progreso en el aprendizaje de una tarea específica: el embarcar a un vehículo, mismo que esta reportado como un problema real y común [5,17] cuya causa y resolución ha sido propuesta empíricamente por varios entrenadores profesionales, [99, 108, 117, 118, 119] sin embargo, pocos son los estudios (como Ferguson y Rosales-Ruiz, y Shanahan) que prueban científicamente el uso de métodos no aversivos para prevenir y mejorar la respuesta de los caballos ante este evento, que no sobra decir, ningún caballo está expuesto a sufrir, por ejemplo, ante una emergencia médica.

Con el experimento aquí descrito, se concluye que el método explicado es efectivo para la prevención y tratamiento de caballos con problema para embarcar a un transporte con rampa para dos animales, contribuyendo así al bienestar y seguridad de los animales, manejadores y a la relación humano-caballo. Igualmente, se sugieren líneas de investigación donde se pudiera determinar si el entrenamiento es efectivo en caballos con historia de embarque conocida, utilizar diferentes tipos de remolque después del entrenamiento para evaluar su efectividad en distintos tipos de transporte, diferenciar el efecto positivo y duración del entrenamiento *per se*, del efecto y duración de habituación que habría si los caballos se sometieran simplemente a un método de embarque no forzado y de forma continua, establecer la duración del efecto del entrenamiento sin someter a los mismos caballos a repetidas pruebas de embarque post-entrenamiento, determinar el efecto de este tipo de entrenamiento sobre la actividad zootécnica (en este caso, salto), y sobre todo utilizar el entrenamiento de piso para sensibilizar al personal encargado de los animales a manejar a los caballos de manera menos aversiva.

VI. LITERATURA CITADA

1. Mills DS, Nankervis KJ. Equine Behaviour: Principles & Practice. UK: Blackwell Publishing company, 1999.
2. Lee JBS, Houpt K, Doherty O. A Survey of Trailering Problems in Horses. J Eq Vet Sci 2001; 21(5): 237-241.
3. Ball MA. Transporting horses. The Horse 1998; 15 (4): 24-28.
4. Waran NK, Cuddeford D. Effects of Loading and Transport on the Heart Rate and Behaviour of Horses. Appl Anim Behav Sci 1995; 43: 71-81.
5. Shanahan S. Trailer Loading Stress in Horses. Behavioral and Physiological Effects of Nonaversive Training (TTEAM). J Appl Anim Welf Sci 2003; 6 (4): 263-274.
6. Tarrant PV. Transportation of Cattle by Road. Appl Anim Behav Sci 1990; 28: 153-170.
7. Turnkfield HR, Broom DM. The Welfare of Calves During Handling and Transport. Appl Anim Behav Sci 1990; 28: 135-152.
8. Grandin T. Introduction: Management and Economic Factors of Handling and Transport. In: Grandin T. editor. Livestock Handling and Transport. 2a ed. London (UK): CAB International, 2000: 1-14
9. Thomas KE, Annest JL, Gilchrist J, Bixby-Hammett DM. Non-fatal Horse Related Injuries Treated in Emergency Departments in United States, 2001-2003. Br J Sports Med 2006; 40: 619-626.
10. Price E. Behavioral Development in Animals Undergoing Domestication. Appl Anim Behav Sci 1999; 65: 245-271.
11. Fraser AF. The Behaviour of the Horse. UK: CAB International, 1992.
12. Crowell-Davis S, Houpt KA, Carnevale J. Feeding and Drinking Behavior of Mares and Foals With Free Access to Pasture and Water. J Anim Sci 1985; 60(4):883-889.
13. McGreevy P. Equine Behavior: A Guide for Veterinarians and Equine Scientists. UK: Saunders, 2004
14. Galindo MF, Orihuela TA. Etología Aplicada. México: UNAM Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2004.
15. Manning A, Dawkins MS. An Introduction to Animal Behaviour. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1992.
16. McDonell S. A Practical Field Guide to Horse Behavior. The Equid Ethogram. Hong Kong: Eclipse Press, 2003.
17. Houpt KA. Misbehavior of Horses: Trailer Problems. Eq Pract 1982; 4(2):12-16.
18. Nicol CJ. Equine Learning: Progress and Suggestions for Future Research. Appl Anim Behav Sci 2002; 78:193-208.
19. Hausberger M, Bruderer C, Scolan NL, Pierre JS. Interplay Between Environmental and Genetic Factors in Temperament/Personality in Horses (*Equus caballus*). J Comp Psychol 2004; 118(4):434-446 .
20. McCall CA. A Review of Learning Behavior in Horses and its Application in Horse Training. J Anim Sci 1990; 68:75-81.
21. Gilger BC. Equine Ophtalmology. UK: Saunders, 2005.
22. Knill LM, Eagleton RD, Harver E. Physical Optics of the Equine Eye. Am J Vet Res 1977; 38(6): 735-737.

23. Harman AM, Moore S, Hoskins R, Keller P. Horse Vision and an Explanation for The Visual Behaviour Originally Explained by The 'Ramp Retina'. Eq Vet J 1999; 31(5):384-390.
24. López AL. Anatomía Funcional del Sistema Nervioso. México: Editorial Limusa, S.A de C.V., 2003.
25. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, Lamantia AS, McNamara JO *et al* editores. Neurociencia. 3a ed. España: Editorial Médica Panamericana, 2006.
26. Saslow CA. Understanding the Perceptual World of Horses. Appl Anim Behav Sci 2002; 78:209-224.
27. Timney B, Macuda T. Vision and Hearing in Horses. JAVMA 2001; 218(10): 1567-1574.
28. Houpt KA. Social and Illumination Preferences of Mares. Eq Pract 1992; 14(6): 11- 16.
29. Ferguson DL, Rosales RJ. Loading the Problem Loader: The Effects of Target Training and Shaping on Trailer-loading Behavior of Horses. J Appl Anim Anal 2001; 34: 409-424.
30. Brooks DE. *Corpora nigra/* Iris Cysts in The Horse. Eq Vet Educ 2007; 19(10): 512-514.
31. Hanggi EB, Ingersoll JF, Waggoner TL. Color Vision in Horses (*Equus caballus*): Deficiencies Identified Using a Pseudoisochromatic Plate Test. J Comp Psychol 2007; 121(1): 65-72.
32. Heffner RS, Heffner HE. Hearing in Large Mammals: Horses (*Equus caballus)* and Cattle (*Bos Taurus)* . Behav Neurosci 1983; 97:299-309.
33. Heffner RS, Heffner HE. Visual Factors in Sound Localization in Mammals. J Comp Neurol 1992; 317: 219-232.
34. Stoddart DM. The Ecology of Vertebrate Olfaction. London (UK): Chapman & Hall, 1980.
35. Nomina Anatómica Veterinaria 4a ed. Et Nomina Histologica revised 2a ed. Et Nomina Embriológica Veterinaria. Internacional Comitee of Veterinary Anatomical Nomenclatura. World Association Veterinary Anatomists. Ithaca. 1992.
36. Ashdown RR, Done SH. Color Atlas of Veterinary Anatomy. Volume 2: The Horse. UK: Mosby-Wolfe, 2003.
37. De Lahunta A. Veterinary Nauroanatomy and Clinical Neurology. 2a ed. USA: Saunders, 1983.
38. Whitten WK. Vomeronasal Organ and The Accessory Olfactory System Appl Anim Behav Sci 1985; 14:105-109.
39. Crowell-Davis S., Houpt KA. The Ontogeny of Flehmen in Horses. Anim Behav 1985;33: 739-745.
40. Houpt KA, Zahorik DM, Swarzman-Andert JA. Taste Aversion Learning in Horses. J Anim Sci 1990;68: 2340-2344.
41. Randall RP, Schrug WA, Church DC. Response of Horses to Sweet, Salty, Sour and Bitter Solutions. J Anim Sci 1978;47(1): 51-55.
42. Adrian ED. Afferent Areas in The Brain of Ungulates. Brain 1943;66:89-103.
43. Feh C, De Maziéres J. Grooming at a Preferred Site Reduces Heart Rate in Horses. Anim Behav 1993; 46: 1191-1194.

44. Broom DM, Jonson KG. Stress and Animal Welfare. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993.
45. Broom DM. Indicators of Poor Wlefare. Br Vet J 1986; 142: 524-526.
46. Blackshaw JK. Objective Measures of Welfare in Farming Environments. Aust Vet J 1986; 63 (11): 361-364.
47. Fraser AF, Broom DM. Farm Animal Behaviour and Welfare. 3a ed. USA: Bailiere Tindall, 1990.
48. Alcock J. Animal Behavior. 6a ed. USA: Sinauer Associates, Inc., 1998.
49. Avital E, Jablonka E. Animal Traditions: Behavioural Inheritance in Evolution. UK: Cambridge Press, 2000.
50. Fazio E, Ferlazzo A. Evaluation of Stress During Transport. Vet Res Comm 2003; 27 (1 Suppl 1): 519-524.
51. Mills DS y Clarke A. Housing, Management and Welfare. In: Waran N, editor. The Welfare of Horses. Animal Welfare Vol. 1. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2007:77-97.
52. Selye H. The Physiology and Pathology of Exposure to Stress. Acta Montreal. 1950
53. Sapolsky RM. Why Zebras Don't Get Ulcers. An Updated Guide to Stress, Stress Related Diseases, and Coping. USA: Barnes and Noble Books, 1994.
54. Nelson RJ. An Introduction to Behavioral Endocrinology. 3a ed. USA: Sinauer Associates, Inc., 2005.
55. McEwen BS, Wingfield JC. The Concept of Allostasis in Biology and Biomedicine. Horm Behav 2003; 43: 2-15.
56. Selye H. A Syndrome Produced by Diverse Nocuous Agents. Nature 1936; 138: 32- 35.
57. Selye H. The Significance of The Adrenals for Adaption. Science 1937; 85:247-248.
58. Sapolsky RM. Stress, The Aging Brain and The Mechanisms of Neuron Death. Cambridge UK: MIT Press, 1992.
59. Chorosus GP, Torpy DJ, Gold PW. Interactions Between the Hypothalamic- Pituitary-Adrenal Axis and the female Reproductive System: Clinical Implications. Ann Intern Med 1998; 129:229-240.
60. Morberg GP. Biological Response to Stress: Implications for Animal Welfare. In Morberg GP, Mench JA. editors. The Biology of Animal Stress. Basic Principles and Implications for Animal Welfare. USA: CAB International, 2000: 1-21
61. Rushen J. Some Problems With The Physological Concept of Stress. Aust Vet J 1986; 63 (11): 359-361.
62. Mason J. A Review of Psychoendocrine Researchon The Pituitary Adrenal Cortical System Psychosom Med 1968; 30:576-583.
63. Hennessy J, King, McClure T, Levine S. Uncertainty, as Defined by The Contingency Between Environmental Events, and The Adrenocortical Response of The Rat to Electric Shock. J Comp Physiol Psychol 1979; 91: 1447-1453.
64. Calabrese EJ, Bachmann KA, Bailer AJ, Bolger PM, Borak J, Cai L, *et al*. Biological Stress Response Terminology: Integrating The Concepts of Adaptive Response and Preconditioning Stress Within a Hormetic Dose-response Framework. Toxicol & Appl Pharmacol 2007; 222 (1): 122-128.
65. Murry CE, Jenings RB, Reiber KA, Preconditioning With Ischemia: A Delay of Lethal Cell Injury in Ischemic Myocardium. Circulation 1986; 74: 1124-1136.

66. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. USA: McGraw Hill, 2001.
67. Ganong WF. Review of Medical Physiology. 22nd ed. USA: McGraw Hill, 2005.
68. Harris GW. Electrical Stimulation of The Hypothalamus and The Mechanism of Neural Control of The Adenohypophysis. J Physiol 1948; 107: 418-429.
69. Brusset Hernández-Jáuregui DM, Galindo Maldonado F, Valdéz Pérez RA, Romano Pardo M, Schuneman de Aluja A. Cortisol en Saliva, Orina y Heces: Evaluación No Invasiva en Mamíferos Silvestres. Vet Mex 2005; 36(3): 325-337.
70. McEwen BS, Saplsky RM. Stress and Cognitive Function. Curr Opin Neurobiol 1995; 5:205-216.
71. Lyons J. Lyons on Horses: John Lyons' Proven Conditioned-Response Training Program. USA: Doubleday, 1991.
72. Waran N, Leadon D, Friend T. The Effects of Transportation on The Welfare of Horses. In: Waran N, editor. The Welfare of Horses. Animal Welfare. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2007:125-150
73. Giovagnoli G, Marinucci MT, Bolla A. Borghese A. Transport Stress in Horses: An Electromyographic Study on Balance Preservation. Liv Prod Sci 2002; 73: 247-254.
74. Stull CL. Responses of Horses to Trailer Design, Duration, and Floor Area During Commercial Transportation to Slaughter. J Anim Sci 1999; 77:2925-2933.
75. Bayley L. Trabajar Al Caballo Pie a Tierra. Barcelona, España: Editorial Acanto, 2006
76. Smith BL, Jones JH, Hornof WJ, Miles JA, Longworth KE, Willits NH. Effects of Road Transport on Indices of Stress in Horses. Eq Vet J 1996; 28(6):446-454.
77. Waran NK. The Behaviour of Horses During and After Transport by Road. Eq Vet Educ 1993; 5(3): 129-132.
78. Ohomura H, Hiraga A, Aida H, Kuwahara M, Tsubone H, Jones JH. Changes in Heart Rate and Heart Rate Variability in Thoroughbreds During Prolongad Road Transportation. AJVR 2006; 67(3):455-462.
79. Plumb DC, Pharm D. Veterinary Drug Handbook. 4th edition. USA: Blackwell Publishing, 2002.
80. Friend FH, Martin MT, Householder DD, Bushong DM. Stress Responses of Horses During a Long Period of Transport on a Commercial Truck. J Am Vet Med Assoc 1998; 212: 838-844.
81. Baucus KL, Ralston SL, Nockels CF, McKinnon AO, Squires EL. Effects of Transportation on Early Embryonic Death in Mares. J Anim Sci 1990; 68: 345-351.
82. Von Mayr A, Siebert M. Studies of the Paraspecific Immunostimulant PIND-ORF on Transport Induced Stress in Horses. Tierarztilche Umschau 1990; 45: 677-682.
83. White A, Reyes A, Godoy A, Martinez R. Effects of Transport and Racing on Ionic Changes in Thoroughbred Race Horses Comp Biochem Physiol 1991; 99(3): 343-346.
84. Friend TH. Dehydration, Stress and Water Consumption of Horses During Long-Distance Commercial Transport. J Anim Sci 2000; 78: 2568-2580.
85. Leadon D, Frank C, Blackhouse W. A Preliminary Report on Studies on Equine Transit Stress. J Eq Vet Sci 1989; 9(4): 200-202.
86. Forhead AJ, Smart d, Dodson H. Transport Induced Stress Responses in the Donkey J Endoc Suppl 1990; 127: 91.

87. Owen RR, Fullerton J, Barnum DA. Effects of Transportation, Surgery and Antibiotic Tehrapy in Ponies Infected With Salmonella. Am J Vet Res 1983; 44: 46- 50.
88. Leadon D, Daykin, Blackhouse W, Frank C, Attock MA. Environmental Haematological and Blood Biochemistry Changes in Equine Transit Stress. In: Proc Am Assoc Eq Pract 1990; 36: 485-490.
89. Oikawa M, Takagi S, Anzai R, Yosikawa H, Yosikawa T. Pathology of Equine Respiratory disease Occurring in Association with Transport. J Comp Path 1995; 113: 29-43.
90. Oikawa M, Kusunose R. Some Epidemiological Aspects of Equine Respiratory Disease Associated with Transport. J Eq Sci 1995; 6 (1): 25-29.
91. Smith BL, Jones JH, Carlson GP, Pascoe JR. Effect of Body Direction on Heart Rate in Trailered Horses. Am J Vet Res 1994a;55: 1007-1011.
92. Smith BL, Jones JH, Carlson GP, Pascoe JR. Body Positions and Direction Preferences In Horses During Road Transport. Eq Vet J 1994b; 26: 374-377.
93. Baldock NM, Sibly RM. Effects of Handling and Transportation on The Heart Rate and Behaviour of Sheep. Apppl Anim Behav Sci 1990; 28: 15-39.
94. Beaver BV. The Veterinaryan's Encyclopedia of Animal Behavior. Texas, USA: Iowa State University Press, 1994.
95. Domjan M. The Pinciples of Learning and Behavior. 4a ed. USA: Brooks/Cole Publishing Company, 1998.
96. Hill WF. Learning. A Survey of Psychological Interpretations. 6a ed. USA: Longman, Inc., 1997.
97. Jeziersky T, Gaworski Z, Gorecka A. Effects of Handling on Behaviour and Heart Rate in Konik Horses: Comparison of Stable and Forest Reared Youngstock. Appl Anim Behav Sci 1999; 62:1-11.
98. Fiske JC, Potter GD. Discrimination Reversal Learning in Yearling Horses. J Anim Sci 1979; 49: 583-588.
99. Lyons J. The "Go Forward" Cue. Perfect Horse. Noviembre, 1999; 4(11): 3-6.
100. Nicol CJ. Equine Learning: Progress and Suggestions for Future Research. Appl Anim Behav Sci 2002; 78: 193-208.
101. Heird JC, Lennon AM, Bell RW. Effects of Early Experience on The Learning Ability of Yearling Horses. J Anim Sci 1981; 53:1204-1209.
102. Heird JC, Whitaker DD, Bell RW, Ramsey CB, Lokey CE. The Effects of Handling at Different Ages on The Subsequent Learning Ability of 2 Year-Old Horses. Appl Anim Behav Sci 1986; 15:15-25.
103. Mader DR, Price EO. Discrimination Learning in Horses: Effects of Breed, Age and Social Dominance. J Anim Sci 1980; 50: 962-966.
104. Hanggi EB. Interocular Transfer of Learning in Horses (*Equus caballus).* J Eq Vet Sci 1999; 19(8): 518-524.
105. Giebel HD. Visuelles lernevermogen Bei Einhufern Zool. Jahrbuch 1958; 67:487. In: Waring GH ed. Horse Behavior. NJ: Noyes Publishing, 1983.
106. Dixon J. The Horse: A Dumb Animal?...Neigh!. Thoroughbred Rec 1970; 192 (19): 1654.
107. Miller RM, Lamb R. The Revolution in Horsemanship And What it Means to Mankind. USA: The Lyons Press, 2005.

108. Lyons J. A Short Course in Trailer Loading. Perfect Horse. Agosto, 2000; 5(8):25-29
109. Peace M, Bayley L. Piensa Como Tu Caballo. Una Guía Original y Práctica Para Ayudarle a Entender la Vida Desde el Ponto de Vista de su Caballo. Barcelona, España: Editorial Acanto, 2002.
110. Tarpy RM. Basic Principles of Learning. USA: Scott Foresman and Co., 1975.
111. Chance P. Learning and Behavior. 3a ed. USA: Brooks/Cole, Pacific Grove, 1994.
112. Hausberger A, Muller C. A Brief Note on Some Possible Factors Involved in The Reactions of Horses to Humans. Appl Anim Behav Sci 2002; 76 (4) 339-344.
113. Lansade L, Bertrand M, Bivin S, Bouissou MF. Effects of Handling at Weaning on Manageability and Reactivity of Foals. Appl Anim Behav Sci 2004; 87: 131-
114. Hausberger M, Henry S, Richard-Yris MA. Early Experience and Behavioural Development in Foals. In: Martin-Rossset W. editors. Horse Behaviour and Welfare. Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2004: 37-45.
115. Marinier SL, Alexander AJ. The Use fo a Vaze in Testing Learning and Memory in Horses. Appl Anim Behav Sci 1994; 39; 177-182.
116. Wolff A, Hausberger M. Learning and Memorisation of Two Different Tasks: The Effects of Age, Sex and Sire. Appl Anim Behav Sci 1995; 46 (¾): 137-143.
117. Parelli P. Natural Horsemanship. The Six Keys to a Natural Horse-Human Relationship: Attitude, Knowledge, Tools, Techniques, Time, Imagination. USA: Western Horseman, 1993.
118. Rashid M. Considering The Horse: Tales of Problems Solved and Lessons Learned. USA: Johnson Printing, 1993.
119. Marten M. Problem-Solving. USA: Western Horseman, 1998.
120. McLean AN. Cognitive Abilities – The Result of Selective Pressures on Food Acquisition? Appl Anim Behav Sci 2001; 71 (3): 241-258.
121. Mellor DJ, Cook DJ, Stafford KF. Quantifying Some Responses to Pain as a Stressor. In: Morberg GP, Mench JA, editors. The Biology of Animal Stress. Basic Principles and Implications for Animal Welfare. UK: CABI Publishing, 2000: 171-189.
122. Baker AEM, Crawford B.H. Observational learning in horses. Appl Anim Behav Sci 1986; 15 (1): 7-13

VII. CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1**:** Sistemas motivacionales del caballo.

SISTEMA MOTIVACIONAL Y DEFINICION	COMPORTA-MIENTOS	CONDUCTAS	VALOR DE MANTENIMIENTO
Comportamiento Individual: Pautas que el individuo realiza por sí solo y necesarias para la supervivencia.	a) Ingestivo †	Búsqueda, selección y consumo de alimento y agua.	Auto-mantenimiento respecto a necesidades viscerales. Auto suficiencia en cuanto a necesidades nutricionales.
	b) Cuidado corporal	Control de insectos, acicalamiento, búsqueda de confort, eliminación* (defecar y orinar).	Salud de piel, cuidado físico y eliminación higiénica.
	c) Exploración	Investigación, búsqueda de sitios y refugios.	Adquisición de conciencia y apreciación útil.
	d) Locomoción	Cambios de posición y postura. Movimientos de ejercicio.	Juego y movimientos por mantenimiento físico.
	e) Descanso	Dormitar, descansar y dormir en recumbencia.	Relajación y confort estando de pie y en recumbencia.
	f) Territorialismo	Uso de espacio individual para actividades básicas y de interés propio del individuo	Uso adecuado de los espacios para pastoreo, refugio, defensa.
Comportamiento social: Conductas realizadas en grupo (interactivas), agonistas y no agonistas.	a) Huida †	Retirada sumisa	Evasión de situaciones amenazantes Para autoprotección, seguridad individual y mantenimiento jerárquico
	b) Pelea †	Agresión, actos agonistas	Agresividad: supresión de un contrincante; control de recursos
Comportamiento materno y paterno		Relacionadas al cuidado de la(s) cría(s)	

† Comportamientos imperativos para la homeostasis y bienestar del caballo [11]
* Comportamiento eliminativo: también involucrado en comportamiento social con fines de marcaje y reproductivos.
(Modificado de Fraser, 1992; Galindo, 2004; McDonell, 2003)

Figura 1) Grados de visión correspondientes al campo monocular y binocular en el caballo. Adaptado de Mills y Nankervis, 1999.

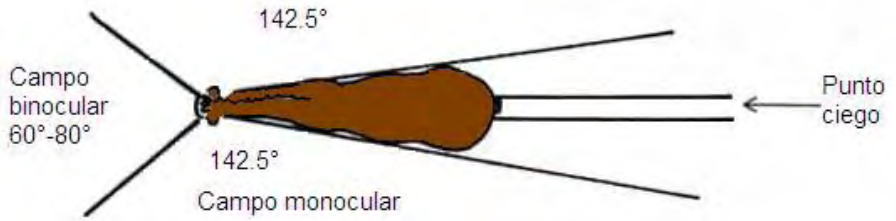


Figura 2a.

Figura 2b

Figura 2) Campo visual del caballo (a) y del humano (b) viendo la entrada de un remolque para dos caballos. Adaptado de McGreevy, 2004.

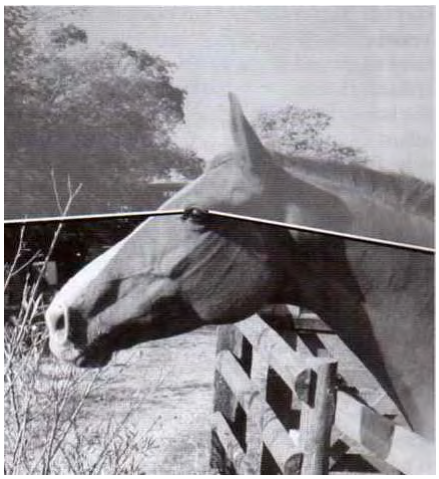


Figura 3) Diferencia del campo visual según la posición de la cabeza; 4a con cuello levantado viendo al horizonte.
Adaptado de McGreevy, 2004.

Figura 4) Campo visual de caballo durante la monta con el cuello levantado. Con la acción de las riendas, el jinete permite que el caballo levante su cabeza y cuello para ver el obstáculo a saltar. Adaptado de McGreevy, 2004.

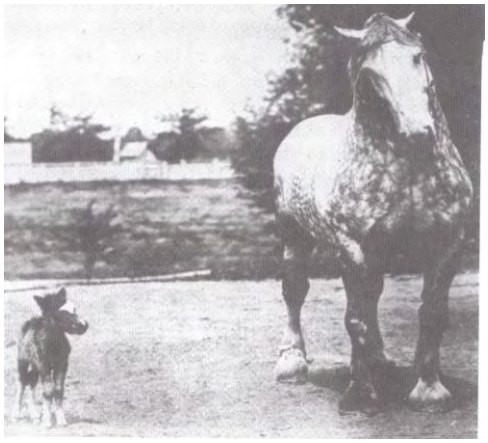


Figura 5) Imagen de dos caballos viéndose lateralmente. Se observa que el caballo miniatura tiene que levantar su cabeza para ver al grande, mientras éste necesita inclinar su cabeza para poder enfocar al caballo miniatura. Fotografía extraída de McGreevy, 2004.

Figura 6a Figura 6b

Figura 6) Diferencia entre la visión a color a) tricromática de primates y b) dicromática del caballo. Adaptado de McGreevy, 2004.

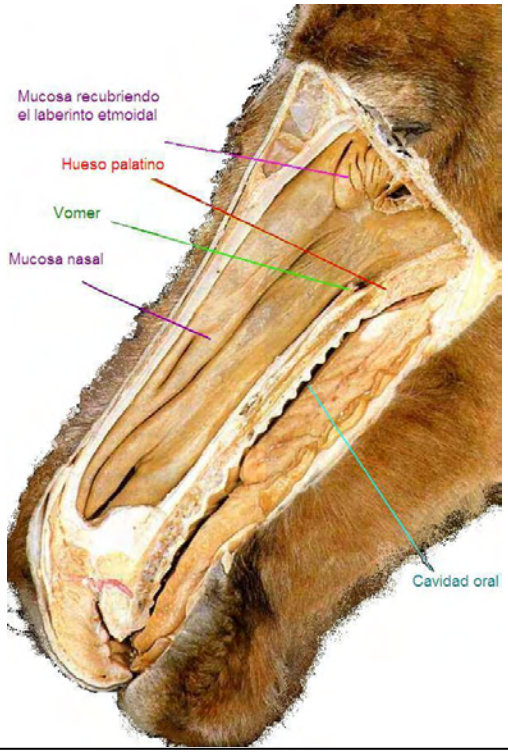


Figura 7) Estructuras anatómicas de la cavidad nasal del caballo. Adaptado de Ashdown y Done, 2003

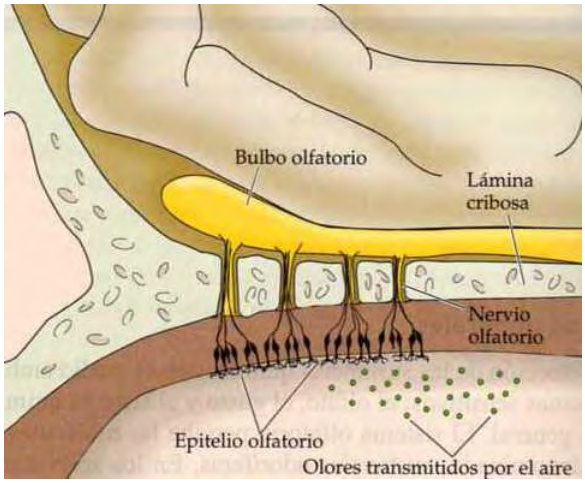


Figura 8) Esquema de la relación entre el epitelio olfatorio y el bulbo olfatorio. Adaptado de Purves, 2006.

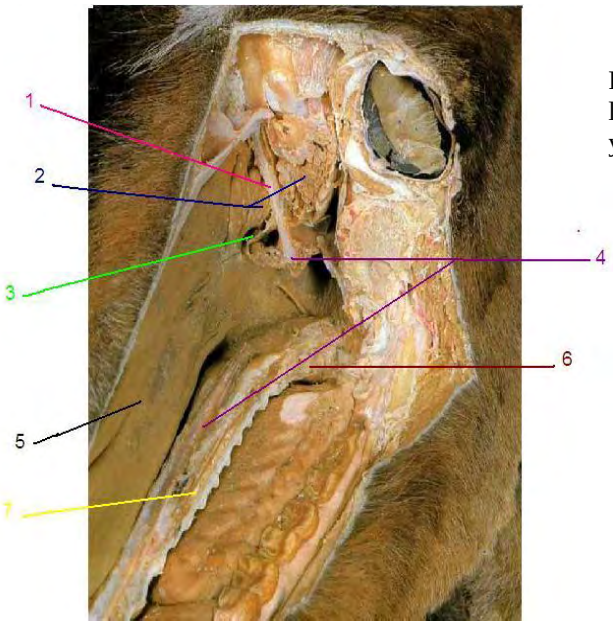


Figura 9) Estructuras anatómicas de la porción caudal de la cavidad nasal y oral

1. Septo nasal cartilaginoso
2. Conchas etmoidales
3. Seno esfenopalatino
4. Vomer
5. Mucosa de la cavidad nasal
6. Paladar blando
7. Hueso palatino

Adaptado de Ashdown y Done, 2003

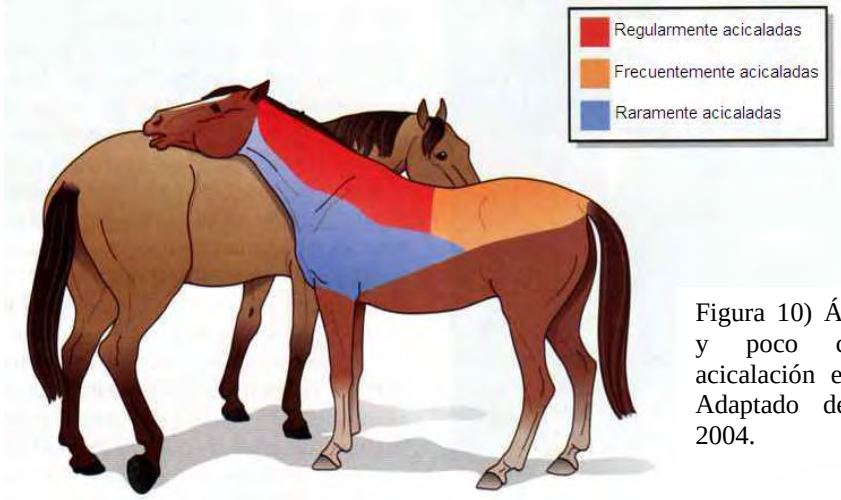


Figura 10) Áreas comunes y poco comunes de acicalación entre caballos. Adaptado de McGreevy, 2004.

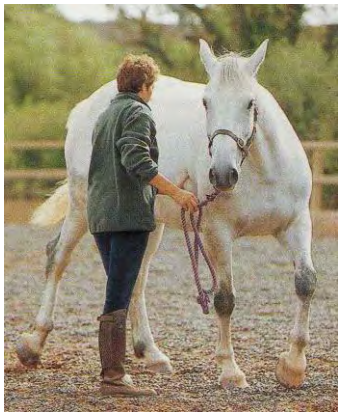


Figura 11) La fotografía muestra una de las zonas utilizadas durante el entrenamiento y la monta para desplazar al caballo. Extraída de Bayley, 2006.

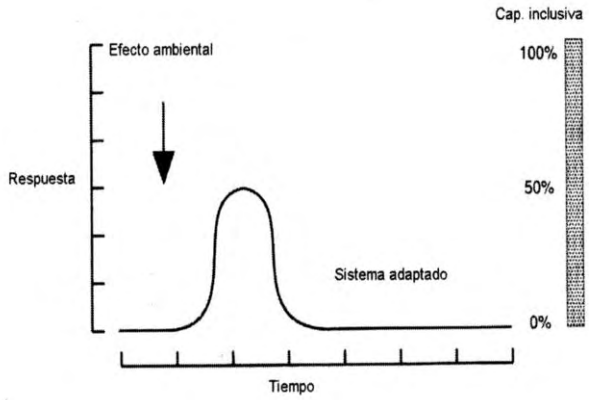


Figura 12) Representación esquemática de la respuesta ante un efecto ambiental en un sistema completamente adaptado donde no hay reducción en la capacidad inclusiva a lo largo del tiempo. Imagen extraída de Broom y Johnson, 1993)

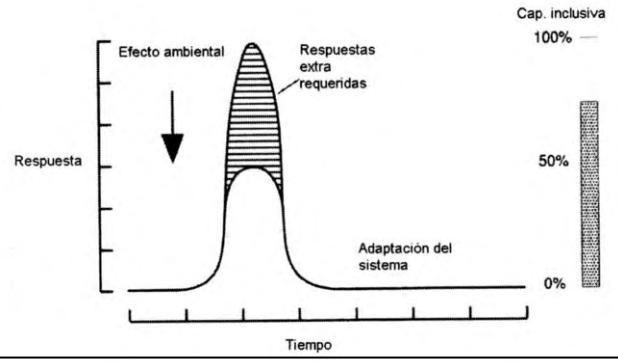


Figura 13) Representación esquemática de la respuesta ante un efecto ambiental en un sistema completamente adaptado donde hay reducción en la capacidad inclusiva por requerir esfuerzos extra para lograr la adaptación a corto plazo. Imagen extraída de Broom y Johnson, 1993)

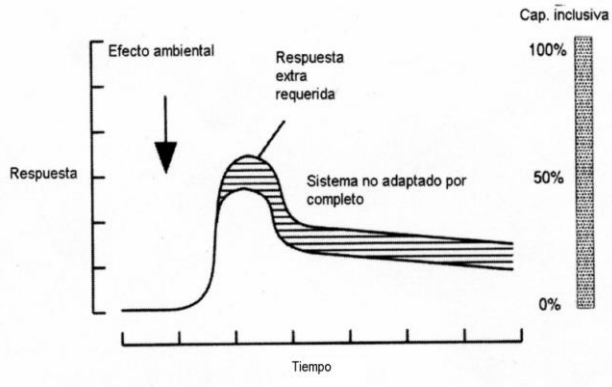


Figura 14) Representación esquemática de la respuesta ante un efecto ambiental en un sistema no adaptado por completo donde no hay reducción en la capacidad inclusiva pero sí constante requisición de esfuerzos extra para lograr y mantener la adaptación. Imagen extraída de Broom y Johnson, 1993)

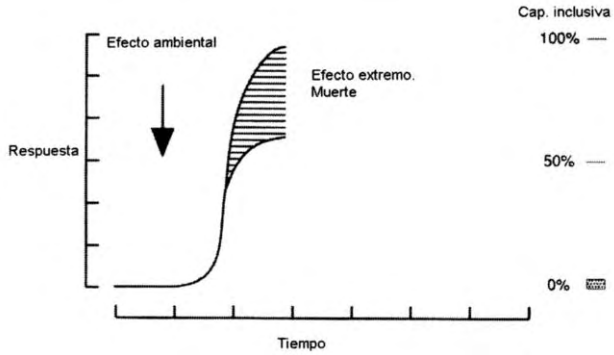


Figura 15) Representación esquemática de la respuesta ante un efecto ambiental en un sistema no adaptado donde hay reducción en la capacidad inclusiva y muerte por requisición de extremos que conducen a la muerte. Imagen extraída de Broom y Johnson, 1993)

Cuadro 2: Indicadores fisiológicos y conductuales para calificar el bienestar animal. Adaptado de Broom y Johnson, 1993

Indicadores de Pobre Grado de Bienestar
Reducida expectativa de vida
Reducida habilidad en crecimiento o crianza
Lesiones corporales
Enfermedad
Inmunosupresión
Intentos fisiológicos para enfrentar el ambiente
Intentos conductuales para enfrentar el ambiente
Patologías conductuales
Autonarcosis
Grado de muestra de conductas aversivas
Grado de supresión de conductas normales
Grado de supresión de procesos y desarrollo fisiológico y anatómico
Indicadores de Buen Grado de Bienestar
Variedad de conductas normales mostradas
Grado de muestra de conductas preferenciales
Indicadores fisiológicos de placer
Indicadores conductuales de placer

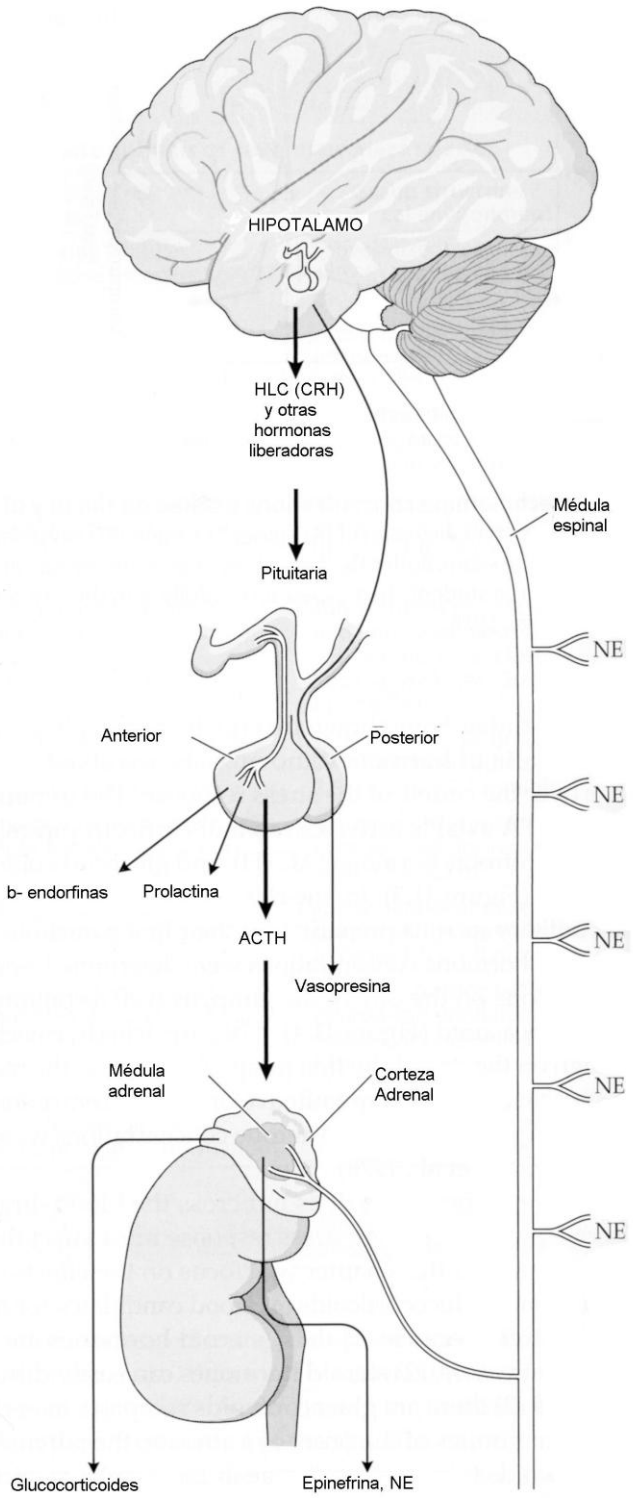


Figura 16) Inicialmente, el estrés provoca liberación de epinefrina de la médula adrenal y norepinefrina (NE) de la médula adrenal y fibras del sistema nervioso simpático. Posteriormente, el hipotálamo libera CRH y otras hormonas liberadoras que estimulan la secreción de ACTH y β-endorfinas de la glándula pituitaria anterior. La ACTH estimula la secreción de corticosterona de la corteza adrenal. Durante la respuesta de estrés, también hay secreción de prolactina (PRL) y vasopresina. Adaptado de Nelson, 2005.

Figura 17a

Figura 17b

Figura 17 a) Fotografía de uno de los caballos del experimento donde se observa cómo queda en contacto la cabeza de animales de gran talla al llegar a la parte más alta de la rampa. En b) se puede apreciar que la cabeza del caballo no queda tan expuesta como en a) cuando se usa remolque de escalón.

Figura 18) Imagen de un caballo explorando la rampa de un remolque. Se aprecia el piso antiderrapante de la rampa y del remolque. Imagen extraída de Bayley, 2006)

Figura 19a

Figura19b

Figura 19) Comparación entre dos tipos de rampa entre dos tipos de remolque. a) es la rampa de un camión para transportar caballos cuya rampa se aprecia más inclinada y larga que b), lo que da mayor inestabilidad y sensación de movimiento durante el embarque. b) Es el tipo de transporte utilizado para el presente estudio. Ambas rampas cuentan con piso de hule y escalones antiderrapantes.

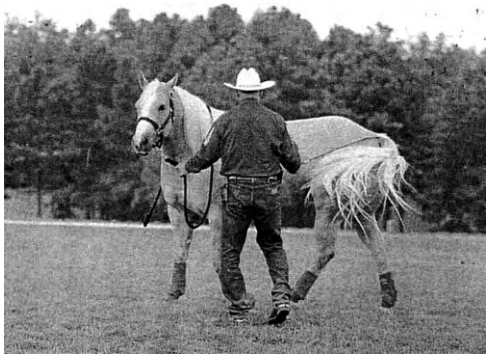


Figura 20) Comando "avanzar". Fotografía extraída de Lyons' Perfect Horse, 2000.

Figura 21a

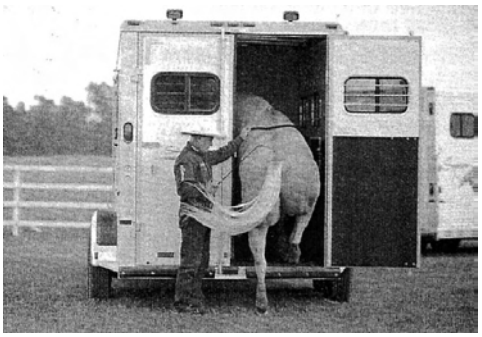


Figura 21b

Figura 21) Se aprecia el método recomendado por el entrenador John Lyons. a) muestra al entrenador dando la orden "avanzar" para que el caballo suba las manos al transporte. b) muestra la misma orden dada para que el animal continué avanzando hacia el interior del transporte. Imágenes obtenidas de Lyons' Perfect Horse, 2000.

Fig. 22) Fotografía que muestra a Kelly Marks presionando suavemente con el ronzal durante el embarque. Imagen extraída de Bayley, 2006.

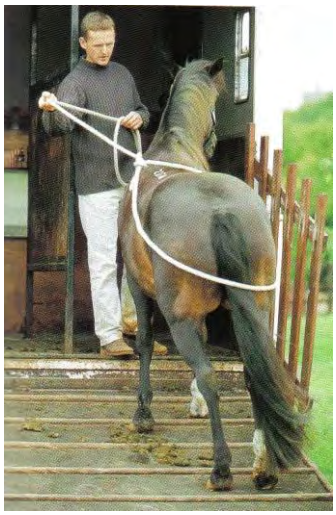


Figura 23) Se observa al entrenador Michael Peace embarcando a un caballo moviendo el amarre sobre el posterior buscando que el caballo avance hacia el interior del transporte. Imagen extraída de Bayley, 2006

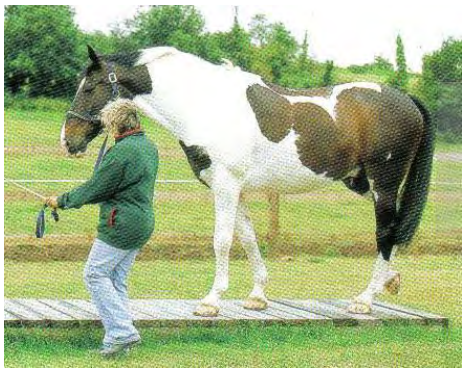


Figura 24a

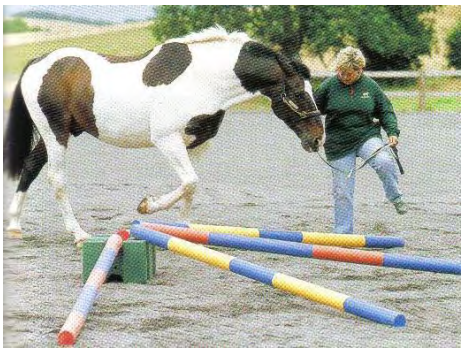


Figura 24b

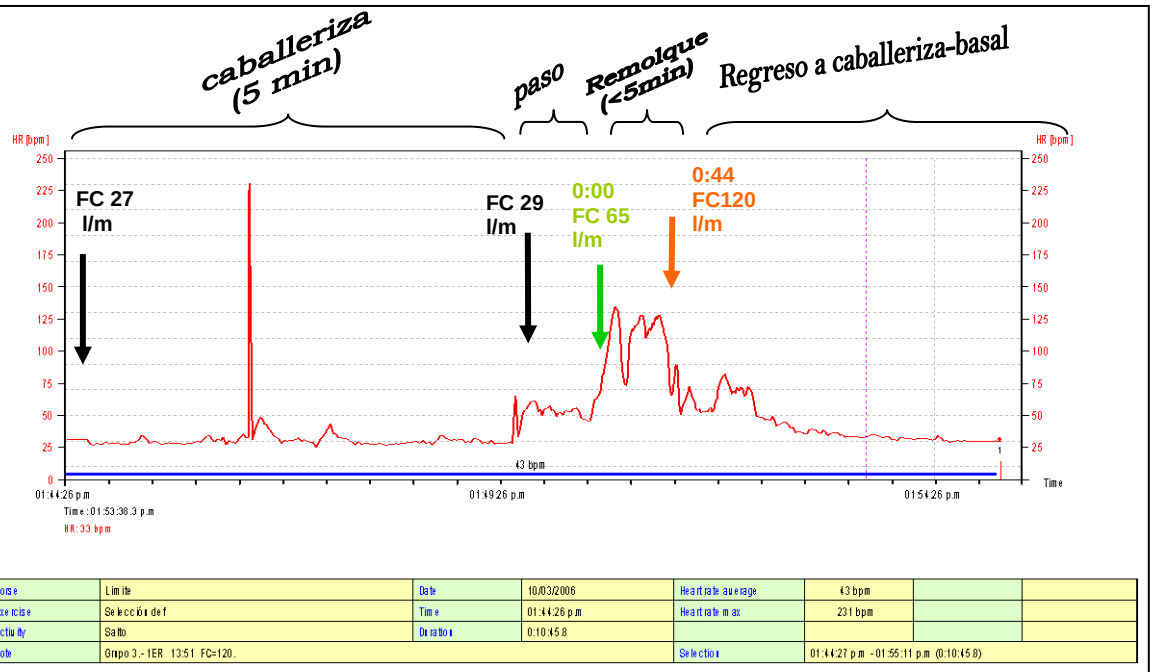
Figura 24) Se observan obstáculos de madera para empleados en el método de entrenamiento TTEAM. a) Es una tarima de madera que busca desensibilizar al piso del remolque. b) Es una estrella de trotadores cuyo objetivo es mejorar la coordinación. Imágenes extraídas de Bayley, 2006.

Cuadro 3) Etograma evasivo de los caballos durante el embarque

Conducta	*Definición*
Plantado	Caballo en cuadripedestación rehusando a avanzar hacia adelante. El caballo pone resistencia cargando su peso hacia el tren posterior sin desplazarse.
Paso atrás	El caballo se mueve hacia atrás alejándose de la rampa del remolque.
Rehusar	El caballo avanza hacia cualquiera de los lados de la rampa del remolque.
Patear	Golpear con los miembros posteriores.
Parada de manos	Elevar del piso los miembros anteriores simultáneamente. El caballo carga su peso con los miembros posteriores.
Rascar	Elevación de uno de los miembros anteriores realizando movimientos hacia adelante y atrás una vez que éste tocó el piso.
Defecar/orinar	

Cuadro 4: Descripción de los caballos y grupos del estudio.

CABALLO	SEXO	EDAD (años)
Si embarcaron (n=11)		
1	Macho entero	5
2	Hembra	12
3	Macho entero	11
4	Macho entero	8
5	Macho entero	5
6	Macho entero	5
7	Macho castrado	9
8	Macho entero	4
9	Macho entero	4
10	Macho castrado	12
11	Macho castrado	14
No embarcaron (n=10)		
12	Hembra	5
13	Macho entero	5
14	Macho castrado	14
15	Macho castrado	14
16	Hembra	10
17	Macho castrado	9
18	Macho castrado	9
19	Macho castrado	8
20	Macho castrado	11
21	Macho castrado	9
Poco manejo (n=7)		
22	Macho entero	3
23	Macho entero	3
24	Macho entero	3
25	Macho entero	3
26	Macho entero	3
27	Macho entero	3
28	Macho entero	3



Horse	Limite	Date	10/03/2006	Heart rate average	43 bpm		
Exercise	Selección def	Time	01:44:26 p.m	Heart rate max	231 bpm		
Activity	Salto	Duration	0:10:45.8				
Note	Grupo 3.- 1ER 13:51 FC=120.			Selection	01:44:27 p.m - 01:55:11 p.m (0:10:45.8)		

Figura 25) Ejemplo de la gráfica obtenida por el software Polar, donde el eje "y" muestra la frecuencia cardiaca (FC); "x" es el tiempo. "Caballeriza" representa la FC grabada mientras el caballo estaba dentro de su caballeriza; "paso" es la FC registrada cuando el caballo era caminado hacia el punto de inicio de la prueba; "remolque" es la prueba de embarque, que comenzó cuando el caballo llegó al punto de inicio (mostrado en verde) y terminó cuando el caballo desembarcó (mostrado en rojo); "regreso a la caballeriza-basal" es la FC grabada mientras el caballo se regresó a su caballeriza y hasta que alcanzó la FC con la que comenzó. Los datos analizados en este estudio, sólo fueron durante "remolque".

Figura 26) Gamarra vaquera que se usó durante el entrenamiento y las pruebas post-entrenamiento.

Cuadro 5) Ejemplo de la hoja de registro del entrenamiento a la cuerda. La escala de calificación que se manejó fue: 1) el caballo no realiza el ejercicio; 2) obedeció <50% de las veces; 3) obedeció >50% < 100% de las veces, y 4) obedeció 100% de las veces solicitadas. (MI)= mano izquierda; (MD)= mano derecha.

CABALLO ID: Limite (50)		Fecha: Sept. 22, 2006
EJERCICIO	HORA	CALIFICACIÓN
1 Ceder a la cuerda en centro de pista (MI)	9:47 am	3
1 Ceder a la cuerda en centro de pista (MD)	9:48 am	4
2 Paso atrás directo	9:50 am	4
3 Paso atrás c/ ronzal	9:51 am	3
4 Ceder a la cuerda con reducción espacio (MI)	9:52 am	4
4 Ceder a la cuerda con reducción espacio (MD)	9:55 am	4

Figura 27) Foto del primer ejercicio del entrenamiento a la cuerda. Se aprecia cómo el manejador mueve el extremo del ronzal hacia los cuartos traseros para lograr que el caballo se mueva más rápido.

Figura 28) El manejador se apoyaba en la unión de la gamarra con el ronzal dirigiendo la fuerza hacia atrás logrando que el caballo diera paso atrás.

Figura 29) La fotografía muestra al manejador moviendo el ronzal de lado a lado hasta lograr que el caballo caminara hacia atrás.

Figura 30) En el cuarto ejercicio, el manejador daba la orden de avanzar dando cuerda mientras el caballo tenía que caminar por un espacio reducido entre la pared del corral y el cuerpo del manejador.

Figura 31) Caballo pasando por el caballete.

Figura 32) Caballo pasando por el obstáculo 2. La fotografía muestra el tapete de pasto sintético sobre el piso, la reducción de espacio formada por los barriles y la pared de la pista.

Figura 33) Fotografía de un caballo pasando por el obstáculo 4, donde se aprecia la inestabilidad del piso y la reducción de espacio.

Figura 34) Fotografía de un caballo pasando por las cortinas de plástico. Se observa la reducción de espacio y las tiras de plástico tocando el cuerpo del animal.

Figura 35) Caballo entrando por el simulador, la entrada por donde esta el caballo era un escalón; por el lado donde se encuentra el manejador, la entrada era una rampa de madera. Se observa también el techo y las paredes de plástico.

Cuadro 6) ANOVA del *tiempo de embarque* (segundos). Los efectos cuya $p < 0.05$ fueron estadísticamente diferentes.

EFECTO	GL	CUADRADOS MEDIOS	Pr > F
Grupo	2	113128.7939	.0233
Caballo (grupo)	25	25783.0376	
Prueba de embarque	3	49645.6984	<.0001
Grupo*prueba de embarque	6	28230.8956	0.0002
ERROR	75	5420.953	
TOTAL	111		

R^2= .7412 Media de tiempo de embarque= 137.08 segundos

Cuadro 7) Cuadrados mínimos cuadráticos para tiempo de embarque (segundos). Las diferentes literales (a,b) indican diferencia estadística en el tiempo de embarque (*p<0.05)*.

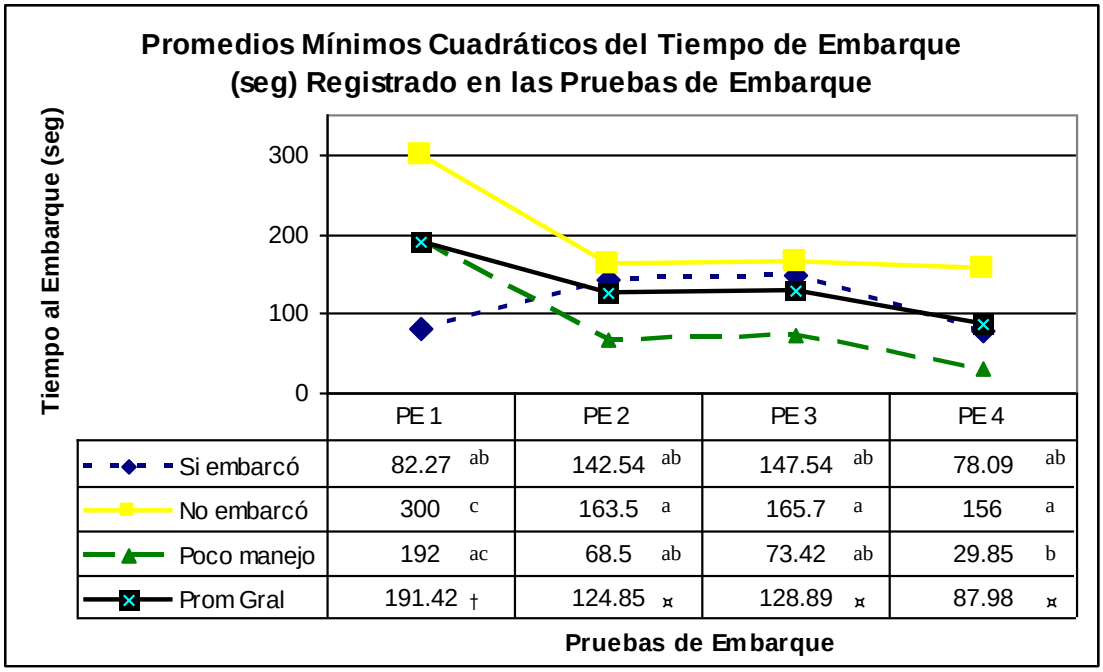
GRUPO	MEDIAS MÍNIMO CUADRÁTICAS DEL TIEMPO DE EMBARQUE (seg± E.E)
Si embarcaron	112.61 ± 24.21 ab
No embarcaron	196.30 ± 25.4 a
Poco manejo	90.92 ± 30.34 b

Cuadro 8) PMC para el tiempo de embarque (segundos) registrado durante cada prueba de embarque. Las diferentes literales (a,b) representan diferencias estadísticas (*p<0.05)*

PRUEBA DE EMBARQUE	Prom. Min. Cuad. Tiempo de embarque (seg ± E.E)
PE1*	191.42 ± 14.18 a
PE2†	124.82 ± 14.18 b
PE3†	128.90 ± 14.18 b
PE4†	87.98 ± 14.18 b

* Prueba de embarque pre-entrenamiento (control).
† Pruebas de embarque post-entrenamiento: 2= 2 días después de la última sesión de obstáculos; 3= días después de la última sesión de obstáculos: 4= 30 días después de la última sesión de obstáculos

Figura 36) PMC del tiempo de embarque (seg) para la interacción grupo-prueba de embarque. Las literales representan diferencias estadísticas entre los valores. Los símbolos y literales representan diferencias significativas entre los valores.



	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4
Si embarcó	82.27 ab	142.54 ab	147.54 ab	78.09 ab
No embarcó	300 c	163.5 a	165.7 a	156 a
Poco manejo	192 ac	68.5 ab	73.42 ab	29.85 b
Prom Gral	191.42 †	124.85 ¤	128.89 ¤	87.98 ¤

Cuadro 9) Promedios mínimos cuadrados de la frecuencia cardiaca registrada durante las pruebas de embarque. Las diferentes literales (a,b) muestran diferencias estadísticas.

PRUEBAS DE EMBARQUE	Prom. Min. Cuad. Frecuencia cardiaca (l/m ± E.E.)
PE1*	90.13 ± 3.42 a
PE2†	62.30 ± 3.48 b
PE3†	59.57 ± 3.42 b
PE4†	70.40 ± 3.56 b

*Prueba pre-entrenamiento (control)
† Pruebas post-entrenamiento
Las diferentes literales representan diferencias estadísticas entre los valores reportados

Cuadro10) Coeficientes de correlación de la frecuencia cardiaca (inicial y final en l/m), conductas evasivas y tiempo de embarque (seg) con *p<0.05*.

	FC final (l/m)	conductas evasivas (#)	tiempo de embarque (seg)
FC inicial (l/m)	.400	.204	.322
FC final (l/m)		.475	.224
Conductas evasivas (#)	.475		.651

Cuadro 11) Resultados del Análisis de Máximos Estimados y de Momios. Los resultados cuya *p<0.05* revelan diferencia estadística. El grupo *si embarcó* se trató como variable de referencia.

EFECTO	GL	ESTIMADOS Reg. Log. Multinomial	ERROR ESTANDAR	$P > X^2$	MOMIOS ESTIMADOS	RANGO DE CONFIANZA (95%)	
Intercepto	1	2.1620	0.8366	0.0098			
Edad	1	-0.1219	0.0810	0.1320	0.885	0.755	1.037
Prueba de Embarque	1	0.0446	0.0214	0.0374	1.046	1.003	1.090
Jóvenes (x1)	1	-0.5997	0.7833	0.4439	0.549	0.118	2.549
No embarcó (x2)	1	-1.6951	0.5279	0.0013	0.184	0.065	0.517

Figura 37) Porcentaje de embarques exitosos registrados durante las pruebas de embarque para cada uno de los grupos.

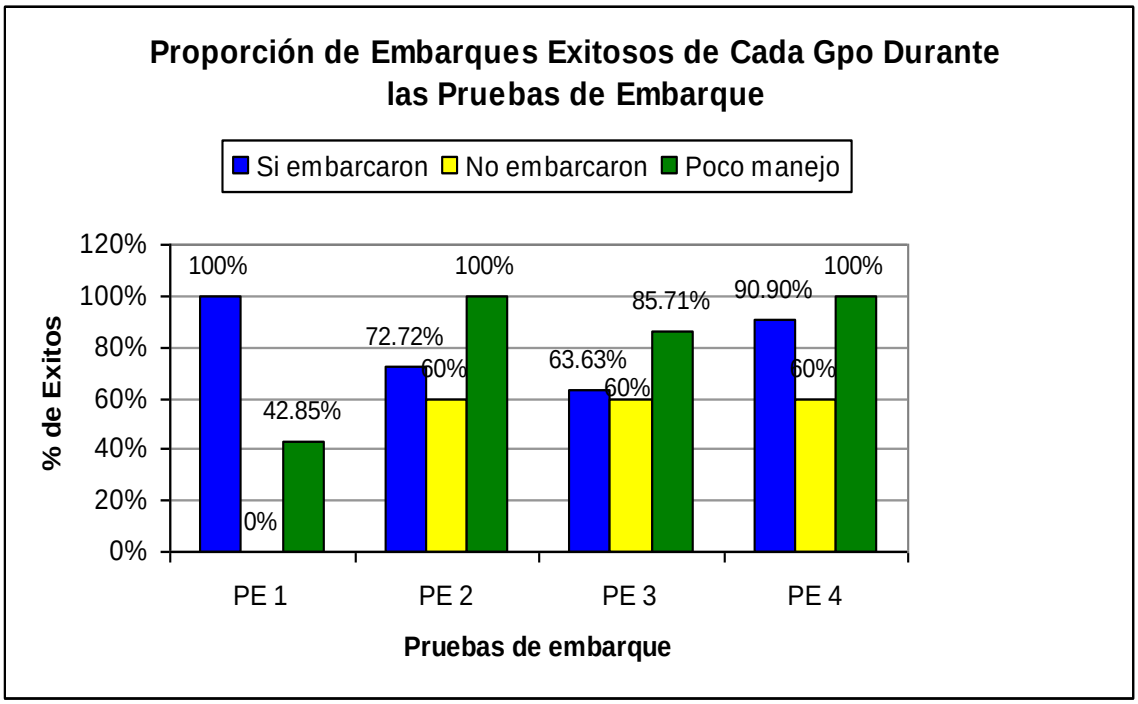


Figura 38) Gráfica del estimado de éxito de embarque en términos de probabilidad por día de prueba para el total de caballos. PE 1= pre-entrenamiento o control; PE 2, 3 y 4= pruebas post-entrenamiento a los 2, 10 y 30 días de haber concluido la sesión de entrenamiento.

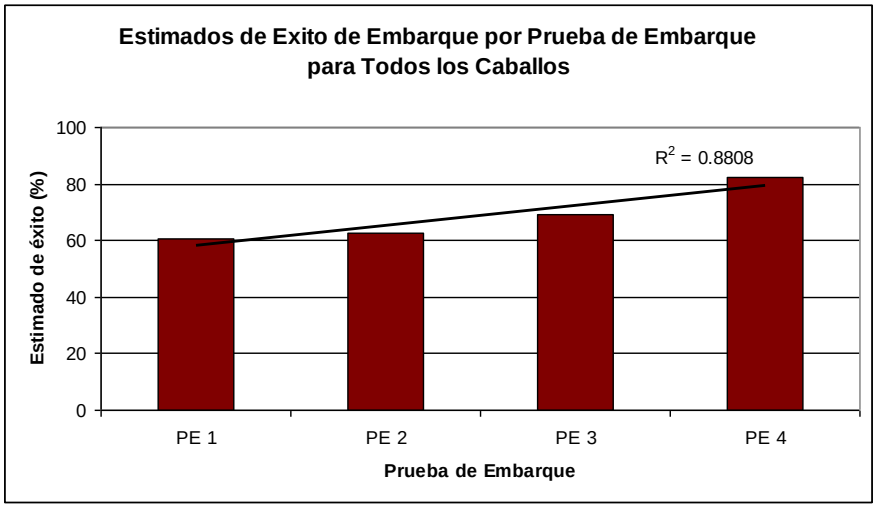
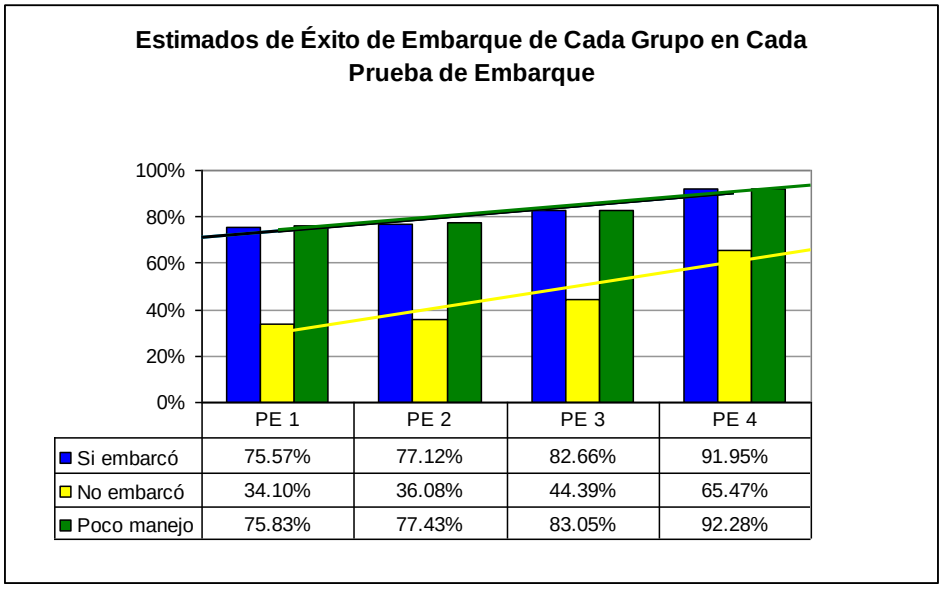


Figura 39) Probabilidad de embarque estimada en porcentaje para cada grupo durante cada prueba. Se observan las líneas de tendencia lineal para cada grupo (con su respectivo color). PE 1= pre-entrenamiento o control; PE 2, 3 y 4= pruebas post-entrenamiento a los 2, 10 y 30 días de haber concluido la sesión de entrenamiento.



	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4
Si embarcó	75.57%	77.12%	82.66%	91.95%
No embarcó	34.10%	36.08%	44.39%	65.47%
Poco manejo	75.83%	77.43%	83.05%	92.28%

Figura 40) Gráfico del conteo de conductas evasivas contadas para cada grupo durante cada prueba de embarque. PE 1= pre-entrenamiento o control; PE 2, 3 y 4= pruebas post-entrenamiento a los 2, 10 y 30 días de haber concluido la sesión de entrenamiento. Los resultados mostrados corresponden a estadística descriptiva

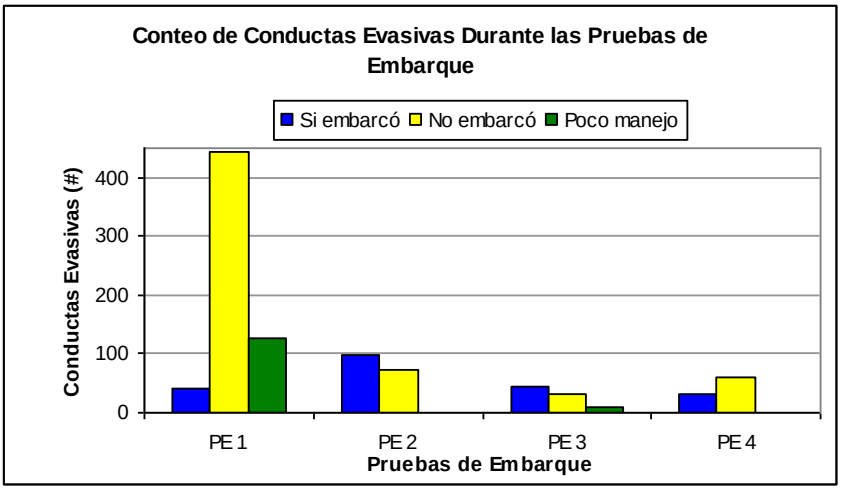
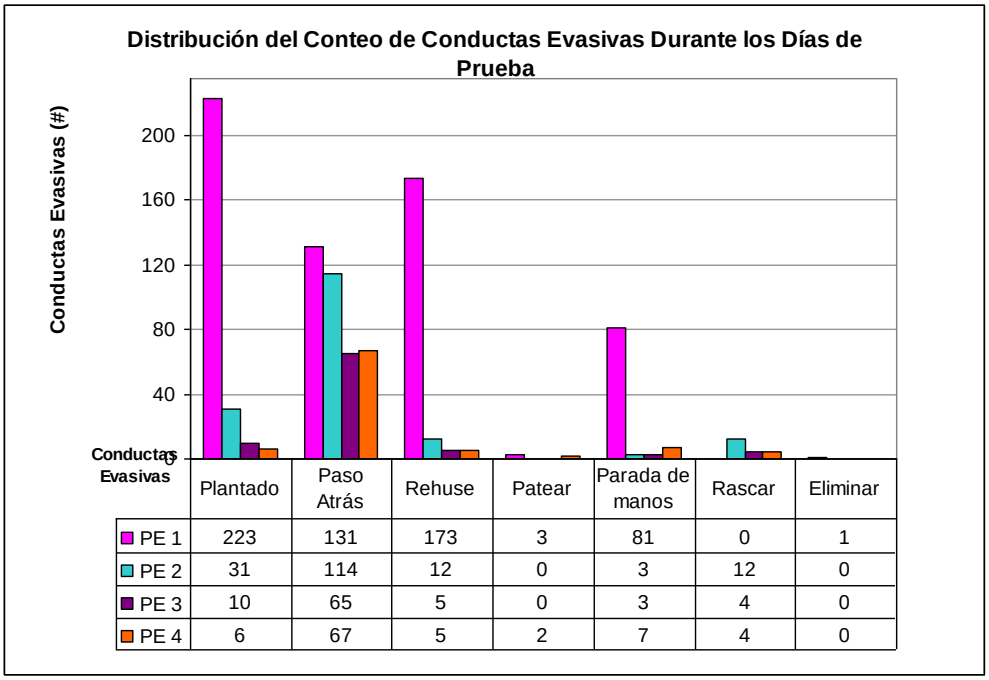


Figura 41). Distribución de las conductas evasivas de todos los caballos durante las pruebas de embarque. PE 1= pre-entrenamiento o control; PE 2, 3 y 4= pruebas post-entrenamiento a los 2, 10 y 30 días de haber concluido la sesión de entrenamiento. Los resultados mostrados corresponden a estadística descriptiva



Conductas Evasivas	Plantado	Paso Atrás	Rehuse	Patear	Parada de manos	Rascar	Eliminar
PE 1	223	131	173	3	81	0	1
PE 2	31	114	12	0	3	12	0
PE 3	10	65	5	0	3	4	0
PE 4	6	67	5	2	7	4	0