

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESTIMACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA
VELOCIDAD EN CABALLOS DE CARRERAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ALMA DELIA SERVÍN TOME

Asesores:

Biol. Ph.D. Carlos Gustavo Vásquez Peláez

M.V.Z Ph.D. José Manuel Berruecos Villalobos

México, D.F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mis padres Zoila Tome González y José Antonio Servín Godoy, a mis hermanos Jacqueline Servín Tome y José Antonio Servín Tome, a mi esposo Christian Sánchez Barragán porque son el motor de mi vida.

A mis tíos Armando Tomé González, Marco Antonio Tomé González, Claudia Tomé González y a mi abuela Gloria González Díaz (Goyita) por la hermosa niñez que tuve a su lado.

A los nuevos integrantes de mi familia, la Sra. Estela Barragán, Yesenia Sánchez, Omar Sánchez, Liliana Sabas y Moisés Sánchez, por todo el apoyo que me han brindado.

A mi prima Diana María Servín González por acompañarme en cada paso sin dudar.

A todas las personas a las que amo y me aman, a las mencionadas y no mencionadas, por compartir y formar parte de mis logros, fracasos, alegrías y tristezas.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores el Biol. Ph.D. Carlos Gustavo Vásquez Peláez y el M.V.Z Ph.D. José Manuel Berruecos Villalobos por su apoyo y tiempo dedicado a mi tesis.

Al Ing. Reyes López Ordaz porque gracias a su propuesta hice posible mi deseo de una tesis en genética con caballos y por todo su apoyo.

MVZ MC. Raúl Ulloa, MVC CM. Cert Enrique Núñez Hernández, MVZ MC. Ma. Guadalupe Sánchez González, Lic. María de Lourdes de la Torre Aceves por sus observaciones y recomendaciones.

Al Dr. Guzmán Clark por proporcionarme los datos utilizados en mi tesis.

A mi cuñada Yesenia Sánchez Barragán por su apoyo en la elaboración de la base de datos.

A mi hermana Jacqueline Servín Tome y esposo Christian Sánchez Barragán por toda su ayuda.

A mis compañeros y amigos del departamento de genética y bioestadística.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ORIGEN DEL CABALLOS.....	3
CARACTERISTICAS DEL CABALLO PURA SANGRE.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	12
HIPÓTESIS.....	13
OBJETIVO.....	13
MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
RESULTADOS	18
DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.....	21
REFERENCIAS.....	28

RESUMEN

SERVÍN TOME ALMA DELIA. Estimación de factores ambientales que afectan la velocidad en caballos de carreras (bajo la dirección de: Biol, PhD Carlos Gustavo Vásquez Peláez y MVZ, PhD José Manuel Berruecos Villalobos).

Con objeto de estimar algunos factores ambientales que afectan la velocidad de caballos de raza Pura Sangre en diferentes distancias (1106 m, 1207 m y 1307 m), se utilizaron 964 registros (190 caballos: 125 machos, 53 hembras y 12 castrados) de carreras oficiales en el Hipódromo de las Américas de la Ciudad de México entre los años 2007 y 2009. Se usó un modelo mixto con los factores fijos: sexo y época de la carrera. Como efectos aleatorios: jockey, criador, cuadra y como covariables: edad en su efecto lineal y cuadrático y diferencia de tiempo entre el individuo y el caballo ganador en su efecto lineal, todo esto para evaluar la velocidad (m/seg) del caballo. En las tres distancias se encontraron efectos significativos ($p \leq 0.05$) de época de la carrera, cuadra, criador, edad lineal y cuadrática y diferencia de tiempo lineal; el jockey y el sexo lo fueron sólo para 1207 m. No se observó diferencia entre machos y castrados ya que ambos fueron más rápidos que las hembras. Para las tres distancias en la época de otoño los caballos son más lentos. En 1207 m y 1307 m no se observó diferencia significativa entre primavera, verano e invierno; de igual manera, para 1106 m entre verano e invierno, con velocidades más altas que en primavera. No existe ningún registro de estimaciones de factores ambientales que afecten la velocidad en caballos Pura Sangre en la República Mexicana y estos son importantes como

elementos en la evaluación genética al realizar un programa de mejoramiento genético.

INTRODUCCIÓN

Origen del caballo

El caballo fue introducido a América por los españoles en el siglo XV. Sin embargo, la familia Equidae (caballos, cebras, burros y asnos), apareció a principios del Eoceno hace 55 millones de años en América del Norte, migrando y dispersándose posteriormente por Asia y Europa, en al menos tres eventos separados durante el Mioceno y Plioceno entre 25 y 3 millones de años, mientras que en América se extinguió. El caballo, desde su domesticación, ha acompañado al hombre en toda la historia. Ha servido como instrumento de trabajo, guerra, alimentación y actividades deportivas¹, y dentro de estas, se encuentran los caballos para salto, trotones, de polo, para carreras a campo traviesa y carreras lisas.

Las carreras lisas se realizan desde la época de la conquista, promovidas por Hernán Cortés; pero fue hasta después de la Independencia, cuando se convirtieron en el deporte que hoy en día se conoce². Son pruebas de velocidad entre dos o más animales, conducidas por un jockey y realizadas en su mayoría en hipódromos.

Características del caballo Pura Sangre

Hay diferentes razas que se utilizan en estas carreras, sin embargo, la más común es la raza Pura Sangre o Pura Sangre de Carreras, que surgió en Inglaterra a finales del siglo XIX, originada a partir de la cruce de tres sementales: el Byerley

(turco, 1648), el Darley (árabe, 1704) y el Gogolphin (árabe, 1724), con yeguas inglesas e ibéricas.³

Los caballos Pura Sangre presentan características del caballo árabe; no obstante, la cruce con yeguas inglesas y la selección, ha hecho que esta resulte con una constitución más fina y más veloz³. Es considerada la raza más rápida, pudiendo alcanzar una velocidad de 70 kilómetros por hora⁴.

El caballo Pura Sangre mide entre 1.60 y 1.65 m de alzada y pesan entre 453 y 521 kg. Tiene gran capacidad respiratoria, cabeza ligera, con frente y nariz ancha, cuello largo y musculoso, extremidades largas y musculosas⁵, son de color retinto, colorado, alazán, prieto o tordillo, siendo este último el menos frecuente³.

Las palabras *caballo* y *ejemplar de carrera* comprenden a los caballos enteros o castrados, a las yeguas, potros y potrancas⁶. A la edad de dos años comienzan su entrenamiento, aunque hay caballos con esta edad que ya participan en carreras. Es considerado potranca o potro hasta la edad de cinco años.

Oficialmente, en hipódromos se recorren distancias que van desde tres cuartos de milla hasta una milla y un octavo. Una milla equivale a 1609.344 metros u 8 furlongs. Un furlong es igual a 201. 1680 metros. Las distancias que se incluyen en el presente trabajo corresponden a 5.5, 6 y 6.5 furlongs.

Revisión de Literatura

La selección y el proceso de cría de la raza Pura Sangre, se basan en la velocidad como característica heredable. Esto ha generado investigaciones acerca de la

evaluación genética de esta y otras características, con estimación de la heredabilidad y de factores ambientales⁷.

El fenotipo de la velocidad es representada de manera general como:

$$\text{Fenotipo (F)} = \text{genotipo (G)} + \text{ambiente (A)} + \text{genotipo por ambiente (G*A)}$$

Donde:

Fenotipo= es la distancia que recorre un caballo en un tiempo determinado (velocidad), expresada como m/seg.

Genotipo= el arreglo aleatorio de los genes recibidos del padre y de la madre.

Ambiente= las diferentes condiciones no genéticas a las que un caballo puede estar sujeto temporal o permanentemente como raza, sexo, edad, año de nacimiento, cuadra, criador, año de carrera, jockey, entrenador, distancia, condición de pista, etcétera.

El genotipo confiere un valor a la velocidad de cada caballo y el ambiente, influye sobre este valor, produciendo una desviación con respecto a la media poblacional.

Para estimar la importancia de la herencia frente a los efectos ambientales y calcular la magnitud de la desviación causada por estos, es necesario determinar la varianza fenotípica. La cuál se divide en: varianza genotípica, varianza ambiental y la posible interacción genotipo por medio ambiente.

La varianza ambiental, engloba todos aquellos factores de origen no genético⁸, no todos fáciles de medir o controlar. Hay factores sumamente difíciles o costosos de medir y otros no perceptibles, aunque podemos asumir que existen pero no podemos medirlos; sin embargo, se asume que se distribuyen normal, y de manera independiente con una varianza determinada. Todos estos factores ambientales tienen en común que, aún sin ser heredables a través de las generaciones, si causan desviaciones de la velocidad del caballo y, por ello, es importante determinar cuáles son, para su ajuste ó remoción en la elaboración de un programa de mejoramiento genético.

Se han realizado diversas investigaciones para estimar factores ambientales que afectan la velocidad del caballo de carreras Pura Sangre, Cuartos de Milla y Árabes en países como Turquía, Estados Unidos, Polonia, España, Brasil. Los estudios encontraron los siguientes factores ambientales:

Sexo fue un factor ambiental significativo encontrado en caballos Pura Sangre por Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Taveira *et al.*²⁴ y Ekiz *et al.*¹⁶ Éste último, al igual que Mota *et al.*²² y Mota *et al.*²³, encontraron que los machos son más rápidos que las hembras. Mota *et al.*²² señala una diferencia de 0.30 seg. ó 1.5 cuerpos de diferencia, mientras que Mota *et al.*²³ indica sólo 0.13 seg.

Para caballos Cuartos de Milla el sexo fue determinante para Buttram *et al.*²⁷, Villeta *et al.*³⁰ y Mota *et al.*²⁵. La investigación de Mota no diferencia entre machos y hembras cual es más veloz, en tanto que Buttram *et al.*²⁶ y Ekiz *et al.*³²

determinaron que eran más rápidos los machos. Villeta *et al.*²⁹ reporta una velocidad superior de 0.025 seg. en machos que en las hembras.

En caballos Árabes, el trabajo de Ekiz *et al.*¹⁶ también consideran el sexo como un factor determinante que afecta la velocidad, aunque sin especificar la dimensión ni el comportamiento entre los géneros.

La **edad** fue un factor que altera la velocidad en las investigaciones realizadas en caballos Pura Sangre por Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Ponomareva *et al.*¹⁴, Fedotov *et al.*¹⁵, Ekiz *et al.*¹⁶ y Mota *et al.*²³. Laughlin¹⁷ encontró que el mayor rendimiento durante las carreras de sementales, yeguas y castrados se produjo a la edad de 4.5, 5 y 5.5 años respectivamente; a su vez, Mota *et al.*²² indicó que los caballos de 4 años son significativamente más rápidos y que los caballos de 5 años son más lentos que la media de otras edades, excepto en 1100 m.

En caballos Cuarto de Milla los trabajos de Buttram *et al.*^{26, 27} y Mota *et al.*²⁵ la edad es relevante. Mota *et al.*²⁵ menciona que animales con 4 años de edad o mayores fueron significativamente más rápidos que los de 2 y 3 años de edad (0.3 seg. y 0.11 seg., respectivamente).

En caballos Árabes, Ekiz *et al.*¹⁶ y Orthan³¹ descubrieron la relevancia de la edad sobre la velocidad. Ekiz *et al.*³² observó un mejor tiempo en caballos jóvenes y de edad intermedia y una disminución en caballos a partir de los siete años.

La **distancia** fue otro factor localizado y analizado en este caso por Mota²³ en caballos Pura Sangre. Mota reveló que el tiempo aumenta 0.022 segundos cada 10 metros.

Para caballos Cuartos de milla Mota *et al.*²⁵ consideró la distancia importante, pero sin especificar su gravedad, al igual que Orthan³¹, en caballos Árabes.

La **estación del año en que nació el caballo** Pura Sangre fue determinado por Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰ y Tolley *et al.*¹¹ un factor sustancial para la velocidad.

Para el **mes de nacimiento** en caballos Pura Sangre, Scharnholz¹⁹ encontró que los animales nacidos en las primeras dos semanas de enero tienen un rendimiento deficiente en las carreras respecto a los ejemplares nacidos después de esa temporada.

La **estación del año en que se realiza la carrera** en caballos Pura Sangre Ojala *et al.*¹² menciona que es significativa sobre la velocidad y que se relaciona indirectamente con la condición de pista.

Para caballos Cuartos de Milla, Ekiz *et al.*³² observó un menor tiempo de carrera en pistas de tierra en meses de primavera y otoño, en comparación al invierno y el verano.

El **año en que se realizó la carrera** de caballos Pura Sangre fue significativo para las indagaciones de Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹² y Ekiz *et al.*¹⁶. Y del mismo modo lo fue en caballos Cuarto de Milla para Mota *et al.*²⁵ y en caballos Árabes, para Ekiz *et al.*¹⁶

El **mes en que se efectuó la carrera** en caballos Pura Sangre y Árabes fue importante para Ekiz *et al.*¹⁶. En tanto que en caballos Cuarto de Milla, lo fue para Mota *et al.*²⁵, quienes refieren que los meses de febrero y noviembre fueron mejores que el resto del año.

La **condición de pista** en caballos Pura Sangre fue fundamental para Hintz⁹, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹² y Hintz *et al.*¹⁰. Estos últimos indica que el tiempo de finalización de un caballo en pista rápida o buena fue superior en relación al tiempo de los caballos en pista pesada o fangosa. Ya que en pistas secas hay menos resistencia se espera que en pistas rápidas y buenas la velocidad en el cual el caballo termina la carrera sea mayor. Sobczynska¹⁸ señala que la condición de pista afecta de mayor manera a caballos en distancias largas que en cortas.

El **tipo de pista** fue un factor determinante para Sobczynska¹⁸ en caballos Pura Sangre y Árabes; para estos últimos, también lo fue en los estudios de Ekiz *et al.*¹⁶ y Orthan³¹, aunque Orthan menciona que para la distancia 1500 m. este efecto no fue significativo.

El **tipo de carrera** o la forma como se establecen los competidores en Pura Sangre fue importante para la velocidad en los trabajos de Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹² y Ekiz *et al.*¹⁶.

La **posición de salida** es un factor de relevancia en caballos Pura Sangre en las investigaciones de Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹ y Ojala *et al.*¹².

El **lugar en el cual se llevó a cabo la carrera** es de importancia en el caso de caballos Pura Sangre para Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Mota

*et al.*²³ y Taveira *et al.*²⁴. Para caballos Cuartos de Milla para Mota *et al.*²⁵ y Buttram *et al.*²⁸.

El **peso hándicap** en caballos Pura Sangre es un factor significativo para Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹ y Ojala *et al.*¹². En tanto que en caballos Cuarto Milla para Buttram *et al.*^{26, 27}.

La **edad de la madre y del padre** en caballos Pura Sangre es importante para Hintz⁹ aunque no pueda explicarse la razón de su relevancia. Sin embargo, Kownacki¹³ no encontró efecto de estos sobre la velocidad del caballo.

Aunque Kownacki¹³ no encontró un efecto del **orden de nacimiento** de acuerdo al parto de la yegua sobre el desempeño del caballo Pura Sangre, Ponomareva *et al.*¹⁴, Fedotov *et al.*¹⁵ hallaron en su estudio que si lo es.

Para Ojala¹² el **número de competencias previas** en el caballo Pura Sangre tiene trascendencia porque un caballo con un mayor número de carreras mejora su tiempo final anual, puesto que al tener más carreras, también tiene más oportunidad de expresar su potencial de velocidad que aquellos que sólo han corrido una o pocas veces. Además, se acostumbra al manejo y al estrés que implican los preparativos previos. De igual manera para Sobczynska¹⁸ es importante tanto en caballos Pura Sangre como Árabes.

El **propietario**, el **entrenador**, las **lesiones** y una **nutrición temprana** son factores que juegan un papel importante que afectan la velocidad para Chico²⁰ en caballos Pura Sangre y en Cuartos de Milla para Buttram *et al.*²⁸.

Mota²⁵ en Cuartos de Milla menciona que los efectos causados por el **entrenamiento** en el desempeño del caballo son muy variados y que a su vez están relacionados con las diferencias de clima, condiciones de la pista y el aumento de la velocidad debido a la selección, así como las características propias del entrenador y del jockey.

Desde luego el **jockey** es un factor de relevancia en caballos Pura Sangre en el estudio de Sobczynska *et al.*²¹, al igual que el **peso del jockey** en caballos Cuartos de Milla para Mota *et al.*²⁵ es un factor que debe tomarse en cuenta ya que altera la velocidad de caballo.

Lugar de nacimiento en caballos Pura Sangre fue un factor importante para Taveira *et al.*²⁴, en caballos Cuarto de Milla para Mota *et al.*²⁵ y en caballos Árabes para Ekiz *et al.*¹⁶.

El **Hipódromo** es un factor que fue relevante para Orthan³¹ en caballos Árabes. Lo cual puede sólo analizarse cuando varios caballos corren en hipódromos diferentes, aunque los efectos confundidos de edad, transporte y manejo pueden estar incluidos en el efecto “hipódromo”.

JUSTIFICACIÓN

Se han encontrado coincidencias en la estimación de factores ambientales entre caballos Pura Sangre de diferentes lugares como Turquía, Estados Unidos, Polonia, España y Brasil, incluso, con diferentes razas como el Cuarto de Milla o Árabe. Sin embargo, los efectos genéticos y ambientales son particulares de cada lugar, porque se mide su efecto con respecto a la media de la población, por lo que si no evaluamos ambos, las estimaciones estarán sesgadas. No existe ningún registro de estimaciones de factores ambientales que afecten la velocidad en caballos Pura Sangre en la República Mexicana y estos son importantes como elementos en la evaluación genética.

Al realizar un programa de mejoramiento genético, la identificación de estos factores ayuda a homogeneizar las condiciones en las cuales se seleccionan a los reproductores, removiéndolos o ajustándolos en la evaluación genética y con ello, eliminando la variación causada por el ambiente determinando con mayor exactitud la porción genética.

HIPÓTESIS

Los efectos ambientales de sexo, edad, año de nacimiento, cuadra, entrenador, jockey, criador, época de la carrera, año de carrera, condición de pista, distancia y peso del jockey afectan la velocidad de los caballos de carreras Pura Sangre del Hipódromo de las Américas de la Ciudad de México.

OBJETIVO

Estimar algunos efectos ambientales que afectan la velocidad de los caballos Pura Sangre en carreras oficiales celebradas en el Hipódromo de las Américas de la Ciudad de México, a través, de un modelo de análisis mixto. En un estudio posterior, podrán ser considerados al realizar una evaluación genética, removiéndolos o ajustándolos, dentro de un programa de mejoramiento genético.

MATERIAL Y MÉTODO

Se contó con la información de 2246 registros de carreras oficiales de 303 caballos de la raza Pura Sangre del Hipódromo de las Américas de la Ciudad de México, ubicado en Av. Industria Militar s/n, Col. Residencial Militar. El hipódromo tiene una forma oval de una longitud total de 1,408 metros (7 Furlongs), con capacidad para un máximo de 14 caballos por carrera³³. Los datos fueron obtenidos a través de los programas oficiales de carreras del año 2009. En cada carrera se registró la siguiente información, para cada caballo:

- Sexo (hembra, macho y castrado)
- Edad (2 a 10 años)
- Año de nacimiento (1999 a 2007)
- Cuadra (87 cuadras)
- Criador (128 diferentes)
- Entrenador (40 diferentes)
- Época de la carrera (primavera, verano, otoño, invierno)
- Año de carrera (2007 a 2009)
- Jockey (52 diferentes)
- Peso del Jockey (49 a 59.5 kg)

- Distancia (502, 885, 905, 1005, 1106, 1207, 1307, 1408, 1508, 1609 y 2338 metros (m))
- Tiempo del caballo en segundos
- Velocidad calculada como distancia (m) / tiempo(seg)
- Tiempo del ganador en segundos
- Diferencia entre el caballo y el ganador
- Condición de la pista (rápida (ft), buena (gd), lodosa (my), encharcada (sy), lenta(sl))

Se excluyeron los registros de aquellos caballos con solo una carrera, las distancias 502, 885, 905, 1005, 1408, 1508, 1609 y 2338 por contar con muy pocas observaciones, las cuadras cuyos caballos solo corrieron un año, con 10 o menos carreras, con dos años, pero sin más de 20 carreras en esos dos años, jockeys y criadores con un año y con 10 o menos carreras registradas. Todos ellos fueron eliminados de la base de datos con la finalidad de homogeneizar y hacer comparaciones con un mínimo de sesgos.

De la información anterior, se propuso un modelo mixto inicial para analizar la característica velocidad:

$$Y = \mu + \text{sexo} + \text{edad} + \text{año de nacimiento} + \text{cuadra} + \text{entrenador} + \text{jockey} + \text{criador} + \text{época de la carrera} + \text{año de carrera} + \text{condición de pista} + \text{distancia} + \text{peso del jockey} + \text{error}$$

Al correr el modelo propuesto, los efectos de entrenador, año de nacimiento, año de carrera, condición de pista y peso del jockey se eliminaron del modelo final por no ser significativos, dado ($p > 0.20$).

De esta forma, para el modelo final se utilizaron 964 registros (190 caballos: 125 machos, 53 hembras y 12 castrados) de las carreras realizadas entre el año 2007 a 2009. Como la variable distancia fue significativa, con estos datos se aplicó el modelo mixto para las distancias 1106m, 1207m y 1307m.

Se formó la variable diferencia de tiempo, la cual se calculó restando el tiempo del caballo ganador menos el tiempo del caballo en esa carrera. Esto se hizo bajo el supuesto de analizar si el caballo "puntero" estimula a los demás caballos y esto, modifica su desempeño de manera progresiva (lineal) ó si había momentos durante la carrera, donde no los estimulaba generando una curva como respuesta (cuadrática). La forma cuadrática no fue significativa, por lo tanto, no se incluyó en el modelo final.

La variación total para velocidad en el caballo Pura Sangre es representado por el siguiente modelo mixto³⁴ para cada distancia (1106 m, 1207 m y 1307 m):

$$Y_{ijkmn} = \mu + SE_i + EP_j + JO_k + CR_m + CU_n + b_1(x-x) + b_2 + b_3 + E_q(ijkmno)_l$$

Donde Y_{ijkmn} representa la l -ésima velocidad en los 1106 m, 1207 m y 1307 m; SE_i es el efecto fijo del i -ésimo Sexo (macho, hembra, castrado); EP_j es el efecto fijo de la j -ésima Época de la carrera (primavera, verano, otoño, invierno); JO_k es el efecto aleatorio del k -ésimo Jockey (1106m - 33 diferentes, 1207m - 42 diferentes y 1307m - 40 diferentes); CR_m el efecto aleatorio del m -ésimo Criador (1106m -

78 diferentes, 1207m – 119 diferentes, 1307m – 95 diferentes); CUn el efecto aleatorio de la n -ésima Cuadra (1106m - 72 diferentes, 1207m – 82 diferentes, 1307m – 71 diferentes); b_1 es la covariable lineal de edad (3-5 años); b_2 es la covariable cuadrática de edad; b_3 es la covariable de diferencia de tiempo en la l -ésima carrera, $E_{(ij k m n)l}$ es el error aleatorio y μ la media poblacional.

El análisis de la información se realizó con un Mixed Models (SASv9)³⁵ y la comparación múltiple de medias Tukey para los efectos ambientales fijos significativos. Se consideraron efectos significativos aquellos cuyos valores de P fueron ≤ 0.05 . Aunque el criador, jockey y cuadra fueron significativos, no se realizó prueba de Tukey por no ser de interés conocer el nombre(s) de los mejores o peores registros de velocidad de cada uno de ellos, siendo sólo de interés, conocer si existía algún efecto sobre la velocidad.

RESULTADOS

A partir del modelo utilizado, se identificaron los factores ambientales que explican la variación total de la velocidad en caballos Pura Sangre del Hipódromo de las Américas de la Ciudad de México. Otros factores desconocidos o no controlables quedan incluidos en el término Error del modelo. El cuadro 1 muestra el origen de la variación sobre la velocidad con sus respectivos grados de libertad, cuadrados medios y el valor de la probabilidad de significancia del efecto (P) entre paréntesis. Se indica con negritas aquellos factores ambientales significativos.

Cuadro 1. Análisis de varianza de efectos ambientales Cuadra, Criador, Jockey, sexo, época de carrera, edad lineal, edad cuadrática, diferencia de tiempo para las distancias 1106 m, 1207 m y 1307 m.

Cuadrados Medios y valor de P						
Origen de Variación	gl	1106 m	gl	1207 m	gl	1307 m
Cuadra	71	(0.0006)	82	(0.0112)	71	(0.0189)
Criador	77	(0.0055)	119	(0.0230)	95	(0.0080)
Jockey	32		42	(0.0013)	40	(0.1513)
Sexo	2	0.14(0.2530)	2	0.29(0.0252)	2	0.01(0.8465)
Época de carrera	3	0.42(0.0064)	3	1.04(0.0001)	3	0.96(0.0001)
Edad lineal	1	1.41(0.0002)	1	6.48(0.0001)	1	1.90(0.0001)
Edad cuadrática	1	1.07(0.0012)	1	4.53(0.0001)	1	1.34(0.0001)
Diferencia de Tiempo	1	27.81(0.0001)	1	33.14(0.0001)	1	24.45(0.0001)
Error		0.1001		0.0767		0.0841

Se observó que en las tres distancias, hay efectos significativos sobre la velocidad, de época de la carrera, cuadra, criador, edad en su efecto lineal y cuadrático y diferencia de tiempo en su efecto lineal.

En el caso de Sexo y Jockey sólo fueron significativos en la distancia 1207 m.

En el siguiente cuadro se muestran las medias mínimo cuadráticas, el error estándar y las diferencias entre medias de los efectos ambientales fijos sexo y época de carrera en las tres distancias analizadas: 1106 m, 1207 m y 1307 m. Indicado con diferente literal, aquellas medias significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Medias Mínimo Cuadráticas y Errores de Velocidad (m/seg) en Caballos Pura Sangre de efectos ambientales fijos Sexo y Época de la carrera en las distancias 1106 m, 1207 m y 1307m

Sexo	1106 m	1207 m	1307 m
Machos	15.828 ± 0.035	15.822 ± 0.031 ^a	15.872 ± 0.074
Hembras	15.768 ± 0.037	15.744 ± 0.036 ^b	15.847 ± 0.082
Castrados	15.800 ± 0.070	15.774 ± 0.056 ^a	15.875 ± 0.088
Época del año			
Primavera	15.824 ± 0.091 ^b	15.854 ± 0.062 ^a	15.931 ± 0.098 ^a
Verano	15.815 ± 0.043 ^a	15.777 ± 0.035 ^a	15.884 ± 0.076 ^a
Otoño	15.713 ± 0.031 ^c	15.669 ± 0.030 ^b	15.723 ± 0.074 ^b
Invierno	15.843 ± 0.046 ^a	15.821 ± 0.039 ^a	15.921 ± 0.087 ^a

En la distancia 1207 m se encontró diferencias significativas debidas al sexo. Entre machos y castrados no hubo diferencia, ambos fueron más rápidos que las hembras.

En las tres distancias hubo diferencia significativa en época de la carrera. En otoño, las tres presentan las velocidades más lentas. Para las distancias de 1207 m y 1307 m no hubo diferencia en primavera, verano e invierno. En el caso de 1106 m entre verano e invierno tampoco presentó diferencia, siendo en estas dos

épocas donde se presentan las velocidades más rápidas, seguido de la época de primavera.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Algunos factores ambientales significativos que afectan la velocidad de los caballos Pura Sangre del Hipódromo de las Américas de la Ciudad de México, coincidieron con otros estudios. Estos factores fueron; **sexo** (Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Ekiz *et al.*¹⁶, Mota *et al.*²², Mota *et al.*²³, Taveira *et al.*²⁴), **edad** (Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Ponomareva *et al.*¹⁴, Fedotov *et al.*¹⁵, Ekiz *et al.*¹⁶, Laughlin¹⁷, Mota *et al.*²², Mota *et al.*²³), **propietario** que se represento con la cuadra (Chico²⁰), el **Jockey** (Sobczynska *et al.*²¹) y **época de la carrera** (Ojala *et al.*¹²).

En el caso de sexo, Mota *et al.*²² encontraron que los machos son más rápidos que las hembras en distancias de 1000 a 1600 haciendo una subdivisión de la distancia cada 100m con una diferencia de 0.30seg., por otro lado, Mota *et al.*²³ indican una diferencia de 0.13 seg. En el presente estudio, el sexo fue significativo en la distancia de 1207 m, ya que los machos y castrados son más rápidos, con una diferencia respecto a las hembras de 0.079 seg. El número de hembras compitiendo y la velocidad es menor en comparación a los machos; esto puede deberse porque aunque ambos se consideran buenos ejemplares y son destinados a la reproducción, las hembras son las que llevan a cabo la gestación, lo cual limita que estas corran o entrenen.

La covariable es utilizada como una medida de asociación lineal entre dos variables relacionadas, es decir, que varían conjuntamente. De igual forma, busca comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos, pero corrigiendo posibles

diferencias existentes causadas por dicha covariable, con respecto a otras variables que pudieran afectar también a la variable respuesta.

La edad es un factor que afecta la velocidad. Por sí sola, podría explicar las diferencias encontradas en cuanto a la media de velocidad. Al utilizar la edad como covariable, se plantea la posibilidad de corregir o ajustar a una misma edad a todos los caballos eliminando cualquier diferencia.

La edad en su efecto lineal y cuadrática fueron significativos. Indicando en el caso del efecto lineal, que a mayor edad, mayor velocidad. Llegará una edad en la vida del caballo donde comienza a descender dicha velocidad, indicado esto por el efecto cuadrático.

Mota *et al.*²² observo que los animales de 4 años de edad fueron más rápidos que la media de otras edades y los de 5 años más lentos, excepto en 1100m. Laughlin¹⁷ encontró que el mejor rendimiento durante las carreras de sementales, yeguas y castrado se produjo a la edad de 4.5, 5 y 5.5 años, respectivamente

Otra covariable utilizada fue el factor diferencia de tiempo, al ser significativo en su efecto lineal, se confirma que el caballo con la mayor velocidad influye en el desempeño de los demás durante toda la carrera. Al ser considerada como covariable se ajustó a la misma distancia del caballo puntero. Tolley¹¹ de igual manera encontró que a medida que la velocidad del caballo ganador aumenta, la velocidad promedio de los otros caballos también.

El propietario, es el dueño o codueño de uno o más caballos que se enlistan en las cuadras de un hipódromo. Se tendrá también como dueño al arrendatario de

uno o más caballos, que bajo su responsabilidad, se inscriban en cualquier carrera de una temporada⁶. El propietario en los programas oficiales del Hipódromo esta indicado como la cuadra, y dentro de este, hay factores que deben ser considerados como el cuidado en general del caballo, el cuidado de los cascos, la alimentación, estos factores pueden ser la razón de su significancia. Tomando en cuenta que son importantes en el mantenimiento y el desarrollo del animal y en particular aparato musculo esquelético sano.

Un caballo bien equilibrado tiene mejores posibilidades de lograr un movimiento eficiente y con menos estrés. El equilibrio se refiere a la relación entre la porción anterior del cuerpo y con los cuartos posteriores, entre los miembros y el cuerpo, y entre los lados derecho e izquierdo. El centro de gravedad es un punto teórico en el cuerpo del caballo alrededor del cual la masa corporal está igualmente distribuida. Aunque el centro de gravedad permanece relativamente constante cuando el caballo se mueve, la mayoría de los caballos deben aprender a equilibrar su peso. La importancia del Jockey radica en saber mantenerse en una adecuada posición arriba del caballo, no recargando su peso a un lado u otro, lo cual podría causar un desequilibrio o incomodidad del caballo³⁶, además, del conocimiento que debe tener del comportamiento del caballo y el manejo de las riendas.

Otoño es la época del año cuando la velocidad de los caballos desciende en las tres distancias, pero es también en esta época donde se tuvo un mayor número de registros de caballos, no hay una razón en particular para explicar porque desciende la velocidad. Ojala *et al.*¹² menciona que la época de la carrera

indirectamente se relaciona con la condición de pista, sin embargo, en el presente estudio no se puede relacionar con la condición de pista ya que este efecto no fue significativo; por ello, valdría la pena realizar un estudio posterior sobre la fisiología del caballo para determinar los efectos estacionales sobre su comportamiento.

El criador, es el propietario de una yegua madre, en el momento del parto. Todo caballo debe considerarse criado en el lugar de su nacimiento⁶. Se ha dicho que la selección y cría del caballo Pura Sangre se basan en que la velocidad es heredable, de ahí que, el criador sea importante, ya que elige al semental con el cual cruzara a su yegua, basado en el desempeño del caballo.

Se encontraron factores que no fueron significativos para los caballos en estudio, los cuales difieren de algunos estudios, estos fueron; **año de nacimiento** (Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Scharnholz¹⁹), **año de carrera** (Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Ekiz *et al.*¹⁶.), **peso del Jockey** (Mota *et al.*²⁵) y **condición de pista** (Hintz⁹, Hintz *et al.*¹⁰, Tolley *et al.*¹¹, Ojala *et al.*¹², Sobczynska¹⁸). Para este último, pudo deberse en el presente estudio, a que el 97.8% de los datos eran carreras que se habían realizado en condición de pista rápida, el 2.2% restante incluía condición de pista rápida, lodosa, encharcada o lenta, lo cual no hizo posible una comparación que permitiera estimar diferencia.

Existen factores que no pudieron ser estimados, pero que también podrían afectar la velocidad de los caballos: el tiempo de entrenamiento y la forma como se llevó a cabo así como los entrenamientos previos a la carrera. Otro factor es el lugar de la carrera, cuando mayor sea la temperatura y la humedad de un lugar, mayor será

el volumen de sudor y en consecuencia, mayor será la pérdida de agua y electrolitos; con lo cual habrá disminución de la circulación y de la sudación. Considerando que la utilización de energía puede incrementarse de 10 a 20 veces durante el ejercicio físico generando calor, el cual el animal elimina por evaporación del sudor desde la superficie del cuerpo, al disminuir la sudoración puede ocasionar agotamiento por calor³⁶.

El herraje puede ser un factor ambiental que afecta la velocidad, aunque en ningún estudio fue considerado. Las estructuras del casco sin herrar, están adaptadas para absorber la energía producida por el impacto contra el suelo. En la primera fase de apoyo del casco se produce la amortiguación, en la que se produce la absorción de la onda de choque. Si a causa de la herradura y de su mala adaptación y colocación, el casco no realiza adecuadamente esta función, la onda es absorbida casi en línea recta llegando a diferentes regiones: pie, rodilla, espalda y vértebras. Cualquier cambio en la transmisión de fuerzas a través de la extremidad puede ocasionar lesiones a nivel de las articulaciones, por ello, es tan importante que el aplomado del casco sea el correcto³⁶.

El caballo de carreras está expuesto a sufrir lesiones a diferentes niveles, en tendones, ligamentos o articulaciones. En un estudio radiológico de Enfermedades Ortopédicas del Desarrollo (E.O.D.) realizado en Italia sobre un total de 764 potros trotones, se encontró que el 24% de los animales presentaba lesiones radiológicas en una o más articulaciones. Los autores relacionaron estos hallazgos con el historial deportivo a dos y tres años de edad de los caballos y encontraron que, en general, el grupo con lesiones radiológicas obtuvo mejores actuaciones y mayores

ganancias económicas. De acuerdo con estos resultados, sugieren la hipótesis de que la presencia o la predisposición a sufrir lesiones de alguna manera pueden estar genéticamente unida a una buena capacidad atlética³⁷.

Por otro lado, Chico²⁰ en caballos Pura Sangre encontró que las lesiones es un factor ambiental que afecta la velocidad del caballo. Se podría hacer el análisis separando el tipo de lesiones en tendinosas, ligamentosas y articulares para observar si efectivamente causa efecto sobre la velocidad del caballo.

En la cría de caballos de carreras el objetivo es obtener animales más veloces. Por ello, la velocidad es la característica primordial a mejorar, pero es de gran importancia, una adecuada medición de los factores ambientales, ya que a pesar de no ser heredables, influyen en el desempeño de los caballos. La identificación de estos factores ayuda a homogeneizar las condiciones en las cuales se seleccionan a los reproductores, removiéndolos o ajustándolos en una evaluación genética, eliminando la variación causada por estos efectos y así poder determinar con mayor exactitud, la porción genética.

Para concluir con los resultados obtenidos, los factores ambientales que pueden removerse en una evaluación genética posterior son: el año de nacimiento, el año de carrera, el peso del Jockey y la condición de pista. Es decir, no tomarlo en cuenta, ya que no pudo detectarse efecto sobre la velocidad del caballo.

Los factores para los cuales debe ser ajustada la velocidad son: sexo, edad, época de la carrera, el jockey, el criador y la cuadra. Esto significa, elegir a los

reproductores en condiciones ajustadas, lo que equivale a decir que están en igualdad de circunstancias para cuando se evalúa su capacidad genética.

REFERENCIAS

1. Carbot CGF, Márquez RMA, Aja GS. La gesta del caballo en la Historia de México. 1^{er} ed. México: UNAM, 2010; 23, 210-211.
2. Gordon U. Las carreras de caballos tuvieron su origen en la Conquista de México, medio tiempo, 2010 [citado 2012 febrero 20]: <http://www.mediotiempo.com.mx/mas-deportes/noticias/2010/06/09/las-carreras-de-caballos-tuvieron-su-origen-en-la-conquista-de-mexico>.
3. Donald EU, Ulmer MED, Elwood M, Juergenson PHD, Cría y manejo del Caballo. México: Continental SA, 1989; 11.
4. Contreras GHG. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana (serie en línea). 2006 enero-abril [citado 2012 febrero 20]; Vol. XIX, No. 1: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num1/articulos/velocidad/index.htm>
5. El caballo, equipo de especialistas domofauna. Barcelona: Vecchi, SA, 1994: 96-97.
6. Reglamento Nacional de Carreras de Caballos Pura Sangre. Diario Oficial de la Federación. 1964.
7. Buxade CC. Zootecnia bases de producción animal. Producción equinas y de ganado de Lidia. México: Mundi-Prensa, 1996; 25.

8. Falconer DS, Mackay TFC, Introducción a la Genética Cuantitativa. 4^aed. Zaragoza, España: Acribia, 1996; 111, 125-127, 136-137.
9. Hintz R.L. Genetics of performance in the horse. J Anim Sci 1980; 51:582-594.
10. Hintz RL, Van Vleck LD. Factors influencing racing performance of the Standardbred pacer. J Anim Sci, 1978; 46:60.
11. Tolley EA, Notter DR, Marlowe TJ. Heritability and repeatability of speed for 2- and 3- yr-old Standardbred race horses. J Anim Sci, 1983; 56: 1294.
12. Ojala MJ, Van Vleck LD, Quaas RL. Factors influencing best annual racing time in Finnish horses. J Anim Sci, 1987; 64:109.
13. Kownacki M. The effect of age of Thoroughbred horses on the racing ability of their progeny. Anim Breed Abstr, 1959; 46:549.
14. Ponomareva LI, Spickaja TD. The effect of age of selection and the quality of progeny of stud young. Anim Breed Abstr, 1953; 23:28.
15. Fedotov PA, Shchurova SV. Effect of the age of parents on the quality of progeny in horse breeding. Anim Breed Abstr, 1977; 20:52.
16. Ekiz B, Kocak O, Yilmaz A. The possibility of improving racing trait of Arabian and Thoroughbred horses in Turkey. 57th Annual EAAP Meeting in Antalya, Turkey. Equine Industry in Turkey (H36). Seccion 36.

17. Laughlin HH. Racing capacity in the Thoroughbred horse. Part 1. The measure of racing capacity. *The Sci Monthly*, 1934; 38: 210.
18. Sobczynska M. Genetic correlations between racing performance at different racing distances in Thoroughbreds and Arab horses. *Czech J. Anima Sci*, 2006; 51: 523-528.
19. Scharnholz R. Relationship of gestation length, month of birth and age of dam with Thoroughbred racing performance and observations on twin pregnancies and foal losses. *Anim Breed Abstr*, 1976; 45:601.
20. Chico MD. Genetic analysis of thoroughbred racing performance in Spain. *Ann Zootech*, 1994; 43: 393-397.
21. Sobczynska M, Lukaszewicz M. Genetic parameters of racing merit of thoroughbred horses in Poland. *J Anim Breed Genet*, 2004; 121: 302-306.
22. Mota MDS, Abrahao AR, Oliveira HN. Genetic and environmental parameters for racing time at different distances in Brazilian Thoroughbred. *J Animal Breed Genet*, 2004; 0931-2668.
23. Mota MDS, Oliveira HN, Silva RG. Genetic and environmental factors that affect the best of Thoroughbred horses in Brazil. *J. Animal Breed. Genet*, 1998; 115: 123 – 129.
24. Taveira RZ, Mota MDS. Comparasion of thoroughbred race performance in Brazilian hippodrome. *Arch Zootec*, 2002; 51:285-388.

25. Mota M.D.S., Abrahao A.R. Environment factors affecting time in quarter horses races. Arch. Zootec, 2004; 53: 95 – 98.
26. Buttram ST, Willham RL, Wilson DE, Heird JC. Genetics of racing performance in the American Quarter Horse: I. Description of the data. J. Anim. Sci., 1988; 66:2791-2799.
27. Buttram ST, Willham RL, Wilson DE. Genetics of racing performance in the American quarter horse. II. Adjustment factors and contemporary groups. J Anim Sci., 1988; 66:2800-2807.
28. Buttram ST., Wilson DE, Willham RL. Genetics of racing performance in the Quarter Horse: III. Estimation of Variance Components. J Anim Sci, 1988; 66:2808-2816.
29. Villela LCV, Mota MDS, Oliveira HN. Genetic parameters of racing performance traits of Quarter horses in Brazil. J Anim Breed Genet, 2002; 119: 229-234.
30. Villela LCV, Mota MDS, Oliveira HN. Estimativas de herdabilidade e repetibilidade para tempo final em corridas de cavalos da raça Quarto de Milha. In III Simpósio Nacional de Melhoramento Animal. Belo Horizonte. Anais, 2000; 484-485.
31. Orthan H, Kaygisiz A. Genetic and Environmental Parameters Effecting Racing Performance of Turk-Arabian Horses Raised at Anatolian State

- Farm. Asian Journal Animal and Veterinary Advances. ISSN 2010;1683-9919.
32. Ekiz B, Kocak O. Phenotypic and genetic parameter estimates for racing trait of Arabian horses in Turkey. J Anim Breed Genet, 2005; 122: 349-356.
33. Hipódromo de las Américas [citado 2012 mayo 14]; <http://www.hipodromo.com.mx/content/informaci%C3%B3n-al-visitante>.
34. Mrode RA, Thompson R. Linear models for prediction of animal breeding values. 2^o Edition, USA. CABI Publishing, 2005.
35. SAS. Institute Inc. SAS/STAT Users Guide, version 9.2. Ed. Cary: North Carolina, USA: 1997.
36. Adams O.R. Claudicación en el caballo. 5^a ed. Argentina: Inter-Médica, 2004; 73, 75-76, 393.
37. Torre F, Motta M. Osteochondrosis of the tarsocrural joint and osteochondral fragments in the fetlock joints: incidence and influence on racing performance in a selected group of Standardbred Trotters. Proceedings of the Am Assoc. of Eq. Pract., 2000; 287-294.