

**Contribución al Estudio de Caracteres  
Hereditarios en Caballos**

**MIGUEL ALFONZO HERNANDEZ**

**Tesis presentada a la Facultad de Agronomía de  
la Universidad de Costa Rica, como requisito  
parcial para optar al grado de  
INGENIERO AGRONOMO**

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

**Facultad de Agronomía**

**ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**1977**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA

" CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE CARACTERES HEREDABLES  
EN CABALLOS".

MIGUEL ALFONZO HERNANDEZ

1977

" CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE CARACTERES HEREDABLES EN  
CABALLOS".

MIGUEL ALFONZO HERNANDEZ

TESIS

PRESENTADA A LA FACULTAD DE AGRONOMIA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO AGRONOMO

APROBADA POR:

DR. MANUEL PONTIGO A. M.Sc.      CONSEJERO PRINCIPAL

DR. CARLOS CAMPABADAL H. Ph.D.      CONSEJERO

ING. AGR. JORGE SÁNCHEZ G.      CONSEJERO

PROF. HERNÁN FONSECA Z. M.Sc.      COMITÉ

ING. AGR. MARIO MURILLO R. M.Sc.      COMITÉ

A mis padres

A mis hermanos

A mis sobrinos

A mis amigos y compañeros

de estudio

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su sincero agradecimiento a:

La Facultad de Agronomía de la Universidad de -  
Costa Rica, por haberme brindado la oportunidad de cul-  
minar mis estudios.

Al Dr. Manuel Pontigo A. M.Sc., Consejero Princi-  
pal, por su valiosa colaboración en la realización y -  
revisión del presente trabajo, oportunos consejos, cons-  
tante apoyo y palabras de estímulo, para él mi agrade-  
cimiento.

A los profesores Dr. Carlos Campabadal H., Ph.D.,  
Ing. Agr. Jorge Sánchez, Hernán Fonseca Z. M.Sc., e Ing.  
Agr. Mario Murillo M. Sc., por su colaboración, suge-  
rencias y revisión del presente trabajo.

A la Srta. Teolita Troconis por su interés y ayu-  
da en mi admisión a la Universidad de Costa Rica.

Al personal del Stud Book de Venezuela, de la Ga-  
ceta Hípica y a los Srs. Mario Di Polo A. y Oscar Armao

M., por su colaboración y ayuda en la obtención de -  
los datos para la realización del presente trabajo.

A la familia Pontigo Aguilar por su amistad y  
haber hecho más grata mi estadía en Costa Rica.

A todas aquellas personas que física o moralmente  
colaboraron en la realización del presente trabajo.

\*\*\*

## INDICE

	<u>PAGINA</u>
DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE DE CONTENIDO .....	iii
EXPRESIONES IDIOMATICAS .....	iv
LISTA DE CUADROS .....	v
LISTA DE CUADROS DEL APENDICE .....	vi
1 INTRODUCCION .....	1
2 REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 Repetibilidad .....	3
2.2 Heredabilidad .....	6
2.3 Selección .....	14
3 MATERIALES Y METODOS .....	20
3.1 Materiales .....	20
3.2 Métodos .....	20
3.3 Análisis secuenciado de los mismos.....	22
3.3.1 De los padres .....	22
3.3.2 De los hijos .....	26
3.4 Obtención de la heredabilidad por regresión lineal simple.....	34

	<u>PAGINA</u>
3.5	Indices de Selección ..... 40
4	RESULTADOS Y DISCUSION ..... 42
4.1	De los Padres ..... 42
4.2	De los Hijos ..... 44
4.3	Heredabilidad ..... 50
4.4	Indices de Selección ..... 52
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 56
6	RESUMEN ..... 58
7	BIBLIOGRAFIA ..... 60
8	APENDICE ..... 63

\*\*\*

## EXPRESIONES IDIOMATICAS

- i LIFETIME EARNINGS (5); ganancias de por vida:  
El dinero que un caballo da a su propietario en todas sus competiciones.
- ii PERFORMANCE RATE (11); rendimiento por competencia: Número de cuerpos con que gana o pierde un caballo en cada competición.
- iii HANDICAP WEIGHT (12); desventajas de peso: El peso asignado a los caballos en cada competición tiene como fin igualar a los competidores.
- iv TIME (13); tiempo: El lapso que transcurre desde que el caballo inicia la carrera hasta que llega a la meta.

\*\*\*

LISTA DE CUADROS

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
4.1	Porcentaje de variación del tiempo de los hijos en las diferentes distancias, clasificados por padre y sexo .....	48
4.2	Repetibilidades, heredabilidades y correlaciones obtenidas en este estudio para la característica tiempo de carrera.....	51

\*\*\*

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
3.1	Análisis de covarianza para la variable independiente tiempo corregida por peso y distancia en padres.....	25
3.2	Análisis de varianza del tiempo de los padres.....	27
3.3	Análisis de covarianza para la variable independiente tiempo corregida por peso y distancia en hijos.....	30
3.4	Análisis de varianza del tiempo de los hijos clasificados por padre.....	32
3.5	Análisis de varianza del tiempo de los hijos clasificados por distancia, padres y sexo.....	34
3.6	Análisis de varianza del tiempo de los hijos en 1100 metros clasificados por padre y sexo.....	37
3.7	Análisis de varianza del tiempo de los hijos en 1200 metros clasificados por padre y sexo.....	37
3.8	Análisis de varianza del tiempo de los hijos en 1300 metros clasificados por padre y sexo ...	37
3.9	Análisis de varianza del tiempo de los hijos en 1400 metros clasificados por padre y sexo.....	37

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
3.10	Análisis de varianza del tiempo de los hijos en 1600 metros clasificados por padre y sexo.....	37
3.11	Análisis de varianza del tiempo de los hijos en 1800 metros clasificados por padre y sexo.....	37
3.12	Análisis de varianza completo para caballos y distancias.....	39

\*\*\*

## INTRODUCCION

La selección animal en las explotaciones equinas de Latinoamérica; especialmente en aquellos países en -  
marcados en el área del Caribe, ha sido referida casi -  
siempre a genealogías sin considerar el valor heredable  
de los caracteres en particular, debido a la escasa in-  
formación que se tiene y a que los estudios realizados  
de caracteres heredables en caballos no están referidos  
a esta área en particular.

En el presente trabajo se escogió el caballo pu-  
ra sangre de carrera inglés debido a que es una de las  
pocas actividades pecuarias en la que los equinos están  
adecuadamente evaluados y además, por ser esta raza una  
de las más influyentes en el mejoramiento de las razas  
equinas modernas, tales como el Cuarto de Milla, Standard  
bred, Anglo Argentino, American Saddle, Hackney, y algu-  
nas otras.

El objetivo de este estudio es obtener valores -  
de heredabilidad, repetibilidad y correlaciones que sean

aplicables a índices de selección, adecuados a los caballos de carrera, para impulsar el mejoramiento de esta especie en el área del Caribe.

Además se pretende establecer una metodología - que pueda ser aplicada con las variantes de cada caso, a las diferentes especies animales en las que se quiera analizar familias de medios hermanos paternos, siempre que la expresión fenotípica se de en ambos sexos.

\*\*\*

## REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Repetibilidad (r)

La repetibilidad se define como la expresión del mismo carácter en épocas diferentes de la vida de los individuos (Lush, 1965; De Alba 1970; Lasley, 1970).

Falconer 1971 considera que la repetibilidad es el cociente de la componente de varianza dentro de individuos sobre la varianza fenotípica total y expresa la proporción de la varianza de mediciones simples debida a diferencias permanentes entre individuos. Se puede utilizar de dos formas:

- i) Como límite superior de los cocientes  $VA/VP$  (varianza aditiva sobre varianza fenotípica) y  $VG/VP$  (varianza genética sobre varianza fenotípica), donde el primero da la heredabilidad y el segundo el grado de determinación genética del carácter.

ii) Indica la ganancia en exactitud que se espera de mediciones múltiples.

Este valor no podrá ser utilizado para predecir actuaciones de otras generaciones (Lush 1965). Debido a que la estimación de la repetibilidad de un carácter separa la componente de varianza debido a un ambiente especial (VEs), pero deja la componente de varianza ambiental general (VEg) confundida con la varianza genotípica (Falconer 1971). Lush 1965, establece que cuanto más rígido sea el control del medio ambiente tanto más confiable será la repetibilidad.

La repetibilidad es importante para la selección ya que da una idea del adelanto que se puede obtener dentro de una misma generación, cuando no se conservan todos sus miembros sino solamente aquellos que han dado ya una medida fenotípica satisfactoria (De Alba 1970).

Cuando la repetibilidad es alta y por lo tanto hay poca varianza ambiental especial, las me-

diciones múltiples proporcionan poca ganancia en exactitud. Cuando la repetibilidad es baja dichas mediciones pueden proporcionar ganancias de exactitud que valgan la pena (Falconer 1971).

Pirchner 1969, establece que las diferencias permanentes entre caballos pueden ser el resultado de las diferencias genotípicas y factores ambientales permanentes.

Foye, Dickney y Sniffer 1972, utilizando el método de LIFETIME EARNINGS, en un análisis de varianza entre y dentro de caballos obtuvieron una correlación intra-clase de 0.37 como una estimación de repetibilidad, indicando que hay que medir más de un año de actuaciones antes que se elija un caballo por su campaña y llevarlo a la cría. Como el valor de 0.37 es alto, se puede utilizar como una medida útil para índices de selección debido a que la repetibilidad expresa el límite más alto de heredabilidad. Rice et al 1962 reportaron que con valores de repetibilidad de 0.40, la exactitud,

con que se evalúa un caballo se incrementa a 0.57 cuando se evalúan dos años de actuaciones y a 0.67 si se analizan tres años.

## 2.2 Heredabilidad:

La heredabilidad se define como la relación entre la varianza genética aditiva y la varianza fenotípica (Lerner 1958; Lush 1965; De Alba 1970; Lasley 1970; Falconer 1971; Jones y Bogart 1973; Lasley 1974).

Kieffer 1973, la define como aquella Fracción de las diferencias en el rendimiento individual de los caballos, la cual resulta así porque tienen distinta composición genética. Mientras que Christensen y Sorensen 1972, dicen que es la fracción aditiva de un loci entre las variaciones de los loci en la población. Según Lerner 1958, heredabilidad es el cuadrado de la correlación entre el genotipo y el fenotipo o la regresión del genotipo en el fenotipo.

Los valores de heredabilidad son estimaciones

de las proporciones de herencia y ambiente que afectan a un carácter en particular ( Lasley - 1974). Lush 1965, señala que los valores de heredabilidad indican las diferencias entre individuos o grupo de individuos y no son valores - absolutos.

La heredabilidad puede ser estimada por distintos métodos, dependiendo del grado de similitud entre los individuos relacionados por descendencia lineal o colateral en poblaciones grandes cuyo ambiente haya sido estandarizado al máximo (Lerner 1958; De Alba 1970; Jones y Bogart 1973; Lasley 1974). De estos cálculos se deduce el grado de correlación entre el fenotipo y genotipo - de los individuos en una población (Lasley 1970).

Un método frecuentemente usado para estimar la heredabilidad son las regresiones de la progenie sobre los progenitores (Lasley 1970; Falconer - 1971). Cuando se evalúan especies animales bajo algún tipo de selección, Falconer 1971, dice que

la heredabilidad estimada por regresión no se ve afectada porque la covarianza se reduce en la misma cantidad que la varianza de los progenitores y el coeficiente de regresión estima la heredabilidad.

Otro sistema usado, es determinar la semejanza entre medios hermanos por las correlaciones intra-clase deducidas de los análisis de varianza (Lerner 1958; Lush 1965; De Alba 1970; Lasley 1970; Falconer 1971). Kieffer 1973, establece que la correlación entre medios hermanos es el cociente de las influencias del semental en su progenie sobre todas las influencias de sus hijos. Así, 16 de los 64 o sea el 25% de los chromosomas y genes que los medios hermanos tienen serán idénticos. Los otros 48 cromosomas (16 de sus padres comunes y 32 de sus parientes) no serán más semejantes que si los medios hermanos no fueran relacionados. El 75% restante de su composición genética no será más o menos semejante si ellos no fue-

ran consanguíneos.

Robertson 1959, dice que en ausencia de un conocimiento previo de la heredabilidad, los análisis de medios hermanos deben ser diseñados generalmente con familias que tengan más de 20 miembros.

La heredabilidad puede ser conocida también - por medio del cálculo de la repetibilidad para un carácter (De Alba 1970; Lasley 1970; Falconer 1971)

Según Falconer 1971, la correlación de medios hermanos y la regresión de la progenie sobre el - padre son las estimaciones de heredabilidad más - confiables.

Una estimación de heredabilidad alta indica -- que podría lograrse un considerable progreso en - la mejora de un carácter apareando aquellos animales que presenten las características más desea - bles (Lush 1965; De Alba 1970; Lasley 1974).

Kieffer 1973, establece que cuando la influen-

cia del semental en la actuación en las carreras es grande en comparación con todas las demás influencias, la heredabilidad será alta. Cuando el valor de heredabilidad es bajo indica que la mayor parte de la variación se debe al medio y que es posible mejorar un caracter de este tipo mejorando el medio ambiente (Lush 1965; De Alba 1970; Lasley 1974).

Kieffer 1973, dice que cuando existen grandes diferencias en nutrición, salud y entrenamiento en los hijos de varios sementales, todas las demás influencias son probablemente mayores cuando se compara con las influencias del padre y por lo tanto la heredabilidad de las características serían bajas. La confiabilidad de las estimaciones de heredabilidad depende de que las progenies de varios sementales hayan tenido similares oportunidades para desarrollar su potencial de carrera. Si todos los caballos tuvieran similares oportunidades para demostrar su capacidad genética para -

la carrera, las diferencias en el promedio de la progenie del semental será debida especialmente a factores genéticos (Lush 1965; Kieffer 1973; Lasley 1974).

Lush 1965; Kieffer 1973; y Lasley 1974; establecen que cuando se hacen comparaciones entre sementales cuya progenie ha recibido tratamientos distintos, aunque estas diferencias sean mínimas, la superioridad de uno sobre el otro es confundida con los efectos ambientales, siendo imposible apreciar exactamente los valores de los sementales comparados.

Foye, Dickey y Sniffer 1972; y Kieffer 1973; reportaron que para el PERFORMANCE RATE, por medio de un análisis de varianza, una correlación intra-clase de 0.17 y 0.09 para medios hermanos paternos dieron como resultados una heredabilidad de 0.68 y 0.38 respectivamente, estableciendo que este método tiene la tendencia a sobreestimar la heredabilidad debido a:

- i) No es posible remover todas las influencias ambientales de las influencias genéticas.
- ii) Los medios hermanos paternos en muchos casos estaban más del 25% relacionados genéticamente (consanguíneos), esto es debido a que algunas madres emparentadas con el mismo padre eran medias hermanas paternas, estando sus hijos 31.25% relacionados genéticamente. Así, que la correlación de medios hermanos debería ser multiplicada por un factor menor que cuatro.

More ó Ferral y Cunningham 1973, 1974 y Field y Cunningham 1976, reportaron que para el HANDICAP WEIGHT en medios hermanos paternos, por medio de regresiones obtuvieron una estima de heredabilidad entre 0.35 y 0.40 , tendiendo esta a aumentar a 0.56 aproximadamente cuando se usaron sementales que tenían más de 10 hijos, debido probablemente a que la progenie de sementales superiores reciben mayores oportunidades que el promedio.

Por medio de una correlación intra-clase, Pi rri y Steele 1952, encontraron una heredabilidad por el sistema de LIFETIME EARNINGS de 0.60 para medios hermanos paternos.

Foye, Dickey y Sniffer 1972, reportaron una heredabilidad de 0.30 para una repetibilidad por regresión de 0.37 utilizando el sistema de LIFETIME EARNINGS en medios hermanos paternos. Artz, Bormann, Dusek y Watanabe; citados por Kieffer - 1973; establecieron que la heredabilidad para el tiempo de carrera puede estar entre 0.06 y 0.25.

Una estimación de heredabilidad puede ser con fiable para cualquier población dentro de una ra za, porque sirve como un punto de referencia de la cantidad de variabilidad genética que debe existir en la raza (Kieffer 1973).

Finalmente se hace un resumen de las diferentes heredabilidades obtenidas para la capacidad de carrera en el caballo pura sangre inglés por medio de los diferentes criterios de clasificación existentes.

RESUMEN DE LAS HEREDABILIDADES PARA LA CAPACIDAD DE CARRERA POR DIFERENTES CRITERIOS DE CLASIFICACION

INVESTIGADOR	HEREDABILIDAD %	CRITERIO DE CLASIFICACION	EDAD DEL CABALLO
Pirri y Steele U.S.A. (1952)	60.0	Lifetime Earnings	
Artz Alemania (1961)	19.4	Time	
Bormann Alemania (1964)	17.3 8.7 16.6	Time Time Time	2 3 4
Dusek Checoslovaquia (1965)	19.5 (machos) 25.0 (Hembras)	Time Time	3 3
Bormann Alemania (1966)	6.0 14.0	Time Time	2 3
Watanabe Japón (1969)	11.6	Time	4
Schwark y Neisser Alemania (1971)	60.6 60.2	Handicap Weight Handicap Weight	2 3
Foye, Dickey y Sniffer U.S.A. (1972)	68.0 30.0	Performance Rate Lifetime Earnings	3 3
Kieffer U.S.A. (1973)	38.0	Performance Rate	3
More ó Ferral Y Cunningham Inglaterra (1973)	35.0	Handicap Weight	3
More ó Ferral y Cunningham Inglaterra (1974)	36.0	Handicap Weight	3
Field y Cunningham Inglaterra (1976)	40.0	Handicap Weight	3

### 2.3 Selección:

El proceso de selección consiste en provocar o permitir que determinados individuos produzcan la próxima generación (Lerner 1958; Lush 1965; - De Alba 1970; Lasley 1970; Falconer 1971; Jones y Bogart 1973; Lasley 1974).

Hay tres métodos básicos para la selección de los caballos (Lush 1965; De Alba 1970; Lasley - 1970; Falconer 1971; Jones y Bogart 1973).

#### i) Selección individual o fenotípica:

Se refiere a seleccionar caballos en base - a si ellos poseen o no el carácter en cuestión. También como el aparear aquellos animales que presentan las mejores características.

#### ii) Selección por prueba de progenie:

Significa que los caballos son usados o descartados para la cría de acuerdo a la produ - cción de sus hijos (actuaciones).

#### iii) Selección familiar:

Implica que los caballos son seleccionados para la cría solamente si pertenecen a familias superiores. En otras palabras un caballo no es seleccionado para la cría a menos de que sus hermanos y hermanas sean superiores al promedio de la población. Obviamente la selección familiar tiene una aplicación limitada en la cría de caballos de carrera, pero en algunos casos es muy importante.

Algunos tópicos en que se relacionan la heredabilidad y la selección:

- i) Si una característica es altamente heredable la selección individual es sumamente efectiva. Es decir, una vez encontrado un caballo fenotípicamente superior para un carácter con alta heredabilidad se puede tener confianza en que dicha superioridad es gran parte genética. Al seleccionar dicho caballo las probabilidades de que reproduzca su superioridad son elevadas - (Lush 1965; De Alba 1970; Lasley 1970; Falconer

1971; Jones y Bogart 1973; Lasley 1974).

- ii) Cuando se descubre un caballo superior pero para un carácter con índices de heredabilidad moderados, las probabilidades de que su superioridad se deba más al producto del ambiente en que se toma la medida y no a la superioridad genética son grandes, y es más recomendable hacer una prueba de progenie antes de seguir haciendo selección con dicho caballo (De Alba 1970; Jones y Bogart 1973).
- iii) Si una característica tiene una heredabilidad baja es posible que la genética aditiva tenga muy poco que contribuir al mejoramiento de dicho carácter y hay que ponerle mayor atención a la selección familiar e intra-familiar (Lush -- 1965; De Alba 1970; Lasley 1970; Falconer 1971; Jones y Bogart 1973 Lasley 1974).

Según Kieffer 1973, una selección apropiada - para una característica sobre largos períodos de tiempo hace que la población llegue a ser genéti

camente más uniforme para esa característica. - Así, a medida que la variabilidad genética decrece el progreso por medio de la selección se hace lento.

Kieffer 1973 y Lasley 1974, establecen que una ayuda para distinguir mejor las causas de la variación fenotípica es llevar buenos registros sobre el tipo y rendimiento del caballo, pero la atención que se debe prestar a estos registros - en la selección depende del grado de relación que tengan con el caballo que nos interesa.

Laughlín 1934, y Lasley 1974 dicen que se puede encontrar reproductores genéticamente superiores seleccionando caballos de familias superiores por medio del pedigree, la progenie y los parientes - colaterales. Aunque Foye, Dickey y Sniffer 1972; establecen que el uso de familias como base en la selección en la cría de caballos de carrera debe ser examinada con cuidado ya que si se obtienen - una correlación intra-clase muy alta entre medios

hermanos  $r-t$  o la diferencia entre la correlación genética y la correlación fenotípica da un valor bajo. Rice et al 1962, Lush 1965, dicen que para que una selección familiar pueda ser valorable,  $r-t$  debe ser grande.

La intensidad de selección en caballos de carrera es de un 3% entre los machos y un 60% en las hembras aproximadamente (More ó Ferral y Cunnin - gham 1973; Field y Cunningham 1976). Esto puede deberse a que las yeguas se llevan a la cría por tener un buen pedigree aunque no hayan corrido por una razón u otra en cambio, los machos a pesar del pedigree deben demostrar sus cualidades en sus diferentes actuaciones o si no su futuro en la cría será verdaderamente escaso. (Lasley 1970; Kieffer 1973; More ó Ferral y Cunningham 1973; Lasley 1974). Por esta razón un criador debe tener mayor paciencia con los machos que con las hembras y darles a los machos el máximo de oportunidades para que demues tren su potencial de carrera incrementandose la va

riabilidad entre los machos de un semental dado, pero también se manifiesta que a medida que la calidad de los caballos aumenta, las diferencias entre sexos decrecen (Kieffer 1973). Finalmente la eficiencia de los métodos de selección puede estar dada por el índice de selección el cual se define como la selección sumultanea para todos los caracteres, cada uno de los cuales es ponderado según su importancia económica, su heredabilidad y las correlaciones genotípicas y fenotípicas entre un caballo mismo y los demás caballos. (Lerner 1958; Lush 1965; De Alba 1970; Lasley - 1970; Falconer 1971; Foye, Dickey y Sniffer 1972; Jones y Bogart 1973).

Lush 1965, establece que el progreso más rápido de una selección resulta por medio de un índice.

\*\*\*

## MATERIALES Y METODOS

### 3.1 Materiales:

Se escogieron al azar 12 sementales ganadores pura sangre de carrera inglés que tuvieran más - de 20 hijos (machos y hembras) ganadores desde - la distancia de 1000 metros en adelante, utilizando los registros de actuaciones de caballos pura sangre de carrera inglés desde los años 1955 a - 1976 publicados en los anuarios de carrera del - Stud Book del Instituto Nacional de Hipódromos de Venezuela y la Gaceta Hípica.

Se encontraron un total de 655 hijos ganadores, de los cuales 338 eran machos y 317 eran hembras. La distribución por padres la observamos en el Cuadro 3.0.

### 3.2 Métodos

Definiciones: Las variables a analizar son:

CUADRO 3.0: DISTRIBUCION DE LOS PADRES

PADRE	HIJOS		TOTAL
	MACHOS	HEMBRAS	
BROWN RAMBLER (Sweeping Light - Mayme C por High Quest)	38	38	76
COLIRROJO (Cruz Montiel - Mostacilla por Quick Ray)	14	17	31
CAY GLORY (Galivanter - Coral Wreath por Cha mossaire)	18	9	27
HYLANDER (Hyperion - Herringbone por King Salmon)	43	42	85
HYPOCRITE (Hyperion - Friar's Belle por Friar Marcus)	60	30	90
KINGS HOPE (King Cole - Solita por Espino)	40	35	75
LAVANDERO (Le Lanvandou - Patcis por Dante)	21	23	44
MIGHTY OCEAN (Coup de Lyon - Fylgia por Felicitation)	29	37	66
SNOW COLD (Snow Cat - La Barrientos por Make Tracks)	10	15	25
TARAREO (Penny Post - Melody por Meadow)	23	24	47
TRADEWOOD (Swaps - Rosewood por Bull Lea)	16	7	23
VIVIANI (The Yuvaraj - Villana por Embrujo)	26	40	66

X1 = Tiempo de la carrera.

X2 = Peso portado por el caballo en la carrera.

X3 = Distancias recorridas por el caballo en las diferentes actuaciones.

X1X2 = Interacción del tiempo de la carrera por el peso portado por el caballo en la misma.

X1X3 = Interacción del tiempo de la carrera por la distancia recorrida por el caballo en la misma.

X2X3 = Interacción del peso portado por el caballo en la carrera por la distancia recorrida en la misma.

NOTA 3.1 = La variable X1 es la de mayor interés.

NOTA 3.2 = A menor tiempo empleado en la carrera el caballo tiene mejor expresión fenotípica.

NOTA 3.3 = Los caballos actuaron en diferentes distancias y con diferentes pesos.

### 3.3 Análisis secuenciado de los mismos:

#### 3.3.1 De los padres:

La característica tiempo es una expresión fenotípica de los caballos de carrera que puede estar influenciada por la distancia que recorren y el peso que llevan.

El objetivo es determinar la influencia de la distancia y el peso sobre el tiempo de la carrera.

Hipótesis:

NOTA 3.4 = De aquí en adelante y mientras no se especifique lo contrario solo se establecen hipótesis de nulidad.

H<sub>0</sub>; el tiempo no está influenciado por la distancia.

H<sub>0</sub>; el tiempo no está influenciado por el peso.

H<sub>0</sub>; no hay diferencias entre padres con respecto al tiempo bajo condiciones anteriores.

Diseño Experimental:

Anidado corregido por dos covariables.

$$X_{11ij} - b_{11}(\bar{x}_{21i} - \bar{x}_{21..}) - b_{21}(\bar{x}_{31i} - \bar{x}_{31..}) = \mu + S_i + (SE)(i)_j$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, \dots, n_i$$

Donde:

$X_{11ij}$  = Tiempo del padre en sus diferentes actuaciones.

$b_{11}$  = Coeficiente de regresión de tiempo sobre peso.

$b_{21}$  = Coeficiente de regresión de tiempo sobre distancia.

$\mu$  = Media general de la población

$S_i$  = Efecto entre padres.

$(SE)$  = Efecto de actuaciones dentro de padres.

Repetibilidad de la característica tiempo para -  
caballos seleccionados.

La expresión fenotípica del tiempo es una característica que está influenciada por efectos ambientales; dos de los cuales se analizan en el inciso anterior ( $X_{21}$ ,  $X_{31}$ ). Sin embargo, es re-

CUADRO 3.1: ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIEMPO CORREGIDA POR PESO Y DISTANCIA DE CARRERA EN LOS PADRES.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
S	11
X21	1
X31	1
SE	106
T O T A L	117

comendable obtener la repetibilidad del tiempo - bajo condiciones variantes de peso y distancia.

El objetivo es determinar la repetibilidad de la característica tiempo influenciada directamente por el peso y la distancia.

Diseño Experimental:

Modelo de clasificación simple de efectos aleatorios completamente aleatorizado.

$$X_{ij} = \mu + S_i + (SE)(i) j$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, \dots, n_i$$

Donde:

$X_{ij}$  = Tiempo del padre en sus diferentes actuaciones.

$\mu$  = Media general de la población.

$S_i$  = Efecto entre padres.

(SE) = Efecto de actuaciones dentro de padres.

3.3.2 De los Hijos: (Medios hermanos)

La característica tiempo es una expresión fe-

CUADRO 3.2: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS PADRES.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	% DE VARIABILIDAD
S	11	$(\sigma^2_S / \sigma^2_T)$ 100
SE	108	$(\sigma^2_E / \sigma^2_T)$ 100
T O T A L	119	

DONDE:

$\sigma^2_S$  = Varianza entre padres.

$\sigma^2_E$  = Varianza entre actuaciones dentro de padres.

$\sigma^2_T$  = Varianza total.

notípica de los caballos de carreras, que puede estar influenciado por la distancia que recorren y el peso que llevan los hijos de diferentes padres.

La finalidad es determinar las influencias de la distancia y el peso sobre el tiempo de la carrera considerando la progenie de los padres.

Hipótesis:

Ho; El tiempo no está influenciado por la distancia.

Ho; El tiempo no está influenciado por el peso.

Ho; No hay diferencias entre las actuaciones de los padres medidas en sus hijos.

Ho; No hay diferencias entre los hijos de mismo padre.

Diseño Experimental:

Anidado corregido por dos covariables:

$$X_{12} - b_{21} (\bar{x}_{22i} - \bar{x}_{22..}) - b_{22} (\bar{x}_{32i} - \bar{x}_{32..}) =$$

$$\mu + S_i + (SH)(i)j + (SHE)(ij)k$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, \dots, n_i$$

$$k = 1, 2, \dots, p_i$$

Donde:

$X_{12} - b_{21} (\bar{x}_{22i} - \bar{x}_{22..}) - b_{22} (\bar{x}_{32i} - \bar{x}_{32..}) =$  = Tiempo del hijo dentro de padre.

$b_{21}$  = Coeficiente de regresión de tiempo sobre peso en hijos.

$b_{22}$  = Coeficiente la regresión de tiempo sobre distancia en hijos.

$\mu$  = Media general de la población.

$S_i$  = Efecto de padres.

$SH$  = Efecto entre hijos dentro de padres.

$SHE$  = Efecto entre actuaciones dentro de hijos y padres.

Repetibilidad de la característica tiempo de los hijos dentro de padres.

Es posible que algunas de las variables  $X_{22}$  y  $X_{32}$  (peso y distancia) resulten de influencia tal

CUADRO 3.3 : ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIEMPO CORREGIDA POR PESO Y DISTANCIA EN HIJOS.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
S	11
SH	643
X22	1
X32	1
SHE	1899
TOTAL	2553

que sea conveniente analizar la magnitud de la -  
variabilidad que inducen a la característica tiem  
po.

El objetivo es determinar el grado de variabii  
lidad aportada por el peso y/o el tiempo.

Diseño Experimental:

Anidado con dos criterios de clasificación de  
efectos aleatorios.

$$X_{12}_{ijk} = \mu + S_i + (SH)(i)_j + (SHE)(ij)_k$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, \dots, n_i$$

$$k = 1, 2, \dots, p_i$$

Donde:

- $X_{12}_{ijk}$  = Tiempo de los hijos dentro de los padres.  
 $S_i$  = Efecto entre padres.  
 $SH$  = Efecto entre hijos dentro de padres.  
 $SHE$  = Efecto entre actuaciones dentro de hijos  
y padres.  
 $\mu$  = Media general de la población.

CUADRO 3.4: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS CLASIFICADOS POR PADRE.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	% DE VARIABILIDAD
S	11	$(\sigma^2_S / \sigma^2_T) \ 100$
SH	643	$(\sigma^2_H / \sigma^2_T) \ 100$
SHE	1901	$(\sigma^2_E / \sigma^2_T) \ 100$
TOTAL	2555	

DONDE:

$\sigma^2_S$  = Varianza entre padres

$\sigma^2_H$  = Varianza entre hijos dentro de padres.

$\sigma^2_E$  = Varianza entre actuaciones dentro de hijos y padres.

$\sigma^2_T$  = Varianza total.

Repetibilidad de la característica tiempo incluyendo distancia y considerando el sexo.

El objetivo es determinar la repetibilidad de la característica tiempo influenciada directamente por el peso y la distancia, considerando el sexo.

NOTA 3,5: Si  $b_{21}$  y/o  $b_{22}$  son diferentes de cero ( $\alpha = 0.01$ ) se evaluara el grado de variación inducidas por las variables peso y/o distancia, considerando el sexo .

Diseño Experimental:

Anidado con tres criterios de clasificación de efectos aleatorios.

$$X_{ijkl} = \mu + S_i + (SD)(i)j + (SDZ)(ij)k + (SDZE)(ijk)l$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, \dots, n_i$$

$$k = 1, 2$$

$$l = 1, 2, \dots, p_i$$

CUADRO 3.5 : ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS CLASIFICADOS POR DISTANCIA, PADRES Y SEXO.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	% DE VARIABILIDAD
S	11	$\frac{\sigma^2 S}{\sigma^2 T} \quad 100$
SD	105	$\frac{\sigma^2 D}{\sigma^2 T} \quad 100$
SDZ	94	$\frac{\sigma^2 Z}{\sigma^2 T} \quad 100$
SDZE	2286	$\frac{\sigma^2 E}{\sigma^2 T} \quad 100$
T O T A L	2496	

DONDE:

- $\sigma^2$  S = Varianza entre padres
- $\sigma^2$  D = Varianza entre distancias, dentro de padres.
- $\sigma^2$  Z = Varianza entre sexos dentro de distancias y - padres.
- $\sigma^2$  E = Varianza entre hijos dentro de distancias, pa dres, y sexo.
- $\sigma^2$  T = Varianza total.

Donde:

- $X_{12_{ijkl}}$  = Tiempo de los hijos dentro de padres, en una distancia y sexo.
- $\mu$  = Media general de la población.
- Si = Efecto entre padres.
- SD = Efecto entre distancias sobre el tiempo, dentro de padres.
- SDZ = Efecto entre sexo sobre el tiempo, dentro de distancia y padres.
- SDZE = Efecto entre hijos dentro de sexo, distancia y padres.
- NOTA 3.6: Si el efecto de la distancia resulta con un alto porcentaje de variación total, obtener correlaciones individuales para las diferentes distancias, considerando el efecto del sexo si este resulta importante.

Diseño Experimental:

Anidado con dos criterios de clasificación de

efectos aleatorios:

$$X_{12}^{ijk} = \mu + S_i + (SZ)(i)_j + (SZE)(ij)_k$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, \dots, r_i$$

$$k = 1, 2$$

Donde:

$X_{12}^{ijk}$  = Tiempo de los hijos dentro de padres y sexo.

$S_i$  = Efecto entre padres.

$\mu$  = Media general de la población

$SZ$  = Efecto entre sexos sobre el tiempo, dentro de padres.

$SZE$  = Efecto entre hijos sobre el tiempo, dentro de padres y sexo.

NOTA 3.7: Si alguna fuente de variación ambiental resulta alta, se considera la posibilidad de bloquear esta fuente de variación siempre que sea común y constante a todos los caballos.

CUADRO 3.6 : ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS  
 al 3.11 HIJOS EN LAS DIFERENTES DISTANCIAS CLA  
 SIFICADAS POR PADRES Y SEXO.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	% DE VARIABILIDAD
S	S - 1	$(\sigma^2 S / \sigma^2 T) 100$
SZ	S(2-1)	$(\sigma^2 Z / \sigma^2 T) 100$
SZE	S(2)(n-1)	$(\sigma^2 E / \sigma^2 T) 100$
T O T A L	S(2) n-1	

Donde:

$\sigma^2 S$  = Varianza entre padres

$\sigma^2 Z$  = Varianza entre sexos, dentro de padres.

$\sigma^2 E$  = Varianza entre hijos, dentro de padres y sexo.

$\sigma^2 T$  = Varianza total.

Diseño Experimental:

De dos vías de clasificación aleatorizado en bloques de efectos aleatorios, con más de una observación por celda.

$$X_{12,ijk} = \mu + S_i + B_j + (SB)_{ij} + E_{(ij)k}$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2, \dots, 5$$

$$k = 1, 2$$

Donde:

$X_{12,ijk}$  = Observación j-ésima en el i-ésimo padre y k-ésimo sexo.

$\mu$  = Media poblacional.

$S_i$  = Efecto del padre.

$B$  = Efecto de la fuente de variación que se bloquea (distancias).

$SB$  = Interacción entre distancias y caballos (sexo).

$E$  = Error experimental

### 3.4 Obtención de la heredabilidad mediante una regre-

CUADRO 3.12: ANALISIS DE VARIANZA COMPLETO PARA CABALLOS Y DISTANCIAS.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	PORCENTAJE DE VARIAB. DE VARIAB.	GRADOS DE LIBERTAD	PORCENTAJE DE VARIAB. DE VARIAB.	FUENTE DE VARIACION
S, caballos	11	$(\sigma^2 S / \sigma^2 T) 100$	11	$(\sigma^2 S / \sigma^2 T) 100$	S, caballos, ignorando distancia
B, distancias ignorando caballos	4		4		B, distancias
SB, interacción	44	$(\sigma^2 AB / \sigma^2 T) 100$	44	$(\sigma^2 AB / \sigma^2 T) 100$	SB, interacción
Celdas	59		59		Celdas
Error	60	$(\sigma^2 E / \sigma^2 T) 100$	60	$(\sigma^2 E / \sigma^2 T) 100$	Error
T O T A L	119		119		

DONDE:

$\sigma^2 S$  = Varianza entre padres.

$\sigma^2 SB$  = Interacción entre distancias y caballos. (sexo)

$\sigma^2 E$  = Varianza del error experimental.

$\sigma^2 T$  = Varianza total.

La varianza  $\sigma^2 B$  de los bloques no se integró al total fenotípico ya que es una fuente de variación perfectamente determinable y común a todos los caballos.

si3n lineal simple.

Modelo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_i (X_i)$$

Donde:

$Y_i$  es el tiempo de los hijos ajustados por  $b_{21}$  y  $b_{22}$ .

$X_i$  es el tiempo de los padres ajustados por  $b_{11}$  y  $b_{12}$

El coeficiente de regresi3n  $\beta_i$ , ser3 la  $1/2$  - heredabilidad, o sea la mitad de la heredabilidad obtenida al relacionar el valor fenot3pico de me dios hermanos sobre el tiempo del padre.

### 3.5 Indices de selecci3n:

Lush 1947, propone el siguiente 3ndice de selecci3n:

$$I = P_i \left[ \frac{r-t}{1-r} \cdot \frac{n}{1+(n-1)t} \right] P_f$$

Donde:

$P_i$  = Es el valor individual

$r$  = Correlación genotípica

$t$  = Correlación intra-clase (fenotípica)

$n$  = número de individuos en las familias

$P_f$  = Es la media familiar, en la cual se encuentra incluido el individuo mismo.

Bajo las condiciones en que actúan los caballos pura sangre de carrera se propone las siguientes modificaciones en el índice mencionado.

$$I_2 = D_i + \left[ \frac{r-t}{1-r} \cdot \frac{n}{1+(n-1)t} \right] (D_f - \bar{x}_r)$$

Donde:

$$D_i = P_i - b_{11}(\bar{x}_{22} - \bar{\bar{x}}_{22}) - b_{22}(\bar{x}_{32} - \bar{\bar{x}}_{32})$$

$$D_f = P_f - b_{21}(\bar{x}_{22} - \bar{\bar{x}}_{22}) - b_{22}(\bar{x}_{32} - \bar{\bar{x}}_{32})$$

$$\bar{x}_r = \text{Media de la raza (tiempo)}$$

\*\*\*

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 De Los Padres:

El análisis de varianza 3.2 del apéndice da una estima de repetibilidad de 13.62%, que en términos generales es baja debida a circunstancias ambientales especiales inherentes a cada caballo. Dentro de estos efectos ambientales especiales se consideraron el peso portado por el caballo y la distancia recorrida por el mismo. Los cuales están íntimamente relacionados con los valores de tiempo empleado por los caballos.

Su efecto directo sobre el tiempo se analizó por coeficientes de regresión de  $b_{11} = 0.05630$  y  $b_{12} = 0.0662$  para peso y distancia respectivamente, siendo el primero no significativo y el segundo altamente significativo, lo cual indica que el peso portado por los caballos durante la carrera no tiene efecto sobre el tiempo en caballos seleccionados. -

Sin embargo, la distancia si presenta --

una relación directa y positiva sobre el tiempo - empleado por los caballos en sus diferentes actua ciones, como se corrobora por el análisis de va - rianza 3.1 del apéndice, en el cual la covariable distancia incrementa la repetibilidad a 22.19%.

Esto nos indica que la distancia recorrida por un caballo tiene gran influencia sobre el tiempo em pleado para recorrerla.

Ahora bien cuando se considera el efecto conjun to de las dos covariables (peso y distancia) la re petibilidad para caballos seleccionados se incre - menta hasta 80.32%. Este efecto se debe a la reduc ción proporcional del efecto ambiental especial por la covariable peso principalmente, ya que la distan cia es constante para todos los caballos.

Con fines explicativos, es bueno recordar en es - te punto que un HANDICAP se establece en base al pe so que se le asigna a cada caballo en cada carrera. A medida que un caballo es mejor se le asigna un ma yor peso. Así, para evaluar a un caballo debemos -

ajustar la media del tiempo obtenido en diferentes actuaciones por el producto del coeficiente de regresión del peso multiplicado por la diferencia - del peso promedio portado por el caballo en las diferentes actuaciones, menos el peso promedio portado por la raza y por el coeficiente de regresión - de la distancia recorrida, multiplicado por la diferencia de la distancia promedio recorrida por el caballo menos el promedio de la distancia recorrida por la raza.

Así:

$$X_i \text{ aji} = \bar{x}_1 - 0.05630 (\bar{x}_2 - \bar{x}_2) - 0.06623 (\bar{x}_3 - \bar{x}_3)$$

Entonces este ajuste nos permite hacer comparaciones de caballos en condiciones similares de peso y distancia, los cuales actúan como un efecto - ambiental especial que enmascara el verdadero valor genético del caballo. Por esta razón, deben considerarse para la selección y estudios de heredabilidad en caballos de carrera.

#### 4.2 De los Hijos:

Para establecer la identidad genética de la característica tiempo de carrera en la actuación del caballo, se procede al análisis de los hijos de cada semental. Los resultados obtenidos en el Andeva 3,4 del apéndice se resumen en los siguientes componentes de varianza:

		<u>% VARIACION</u>
Entre padres	3.838943	1.57
Entre hijos dentro de padres	48.361720	19.79
Entre actuaciones dentro de hijos y padres	192.2095	78.64
Fenotípica TOTAL	244.4102	100.00

Es importante destacar el efecto ambiental especial de 78.64%, que es similar al obtenido en el análisis de los padres, encontrándose además una variación considerable en la actuación de las familias de medios hermanos (19.79%), siendo el efecto paterno bajo (1.57%).

El análisis de covarianza 3.3 de apéndice resulta significativo para los coeficientes de regresión del tiempo sobre el peso,  $b_{21} = 0.05248119$  y del -

tiempo sobre las distancias  $b_{22} = 0,06868026$ , -  
 siendo estos coeficientes de regresión similares  
 a los obtenidos para los padres, esto lleva a -  
 considerar que el peso debe perder importancia en  
 cuanto los caballos sean mejores, quedando la dis  
tancia como la covariable de más importancia des-  
 de el punto de vista estadístico. Cuando se pro-  
 cedió a considerar el efecto de las dos covaria -  
 bles (peso y distancia) en conjunto, la repetibili  
dad para el efecto paterno se incrementa hasta un  
 83.86%, considerándose que es debido a las mismas  
 circunstancias establecidas en los padres.

Entonces se procede a analizar los diferentes -  
 hijos dentro de padres introduciendo como criterio  
 de clasificación la distancia y el sexo, resultan-  
 do del Andeva 3.5 del apéndice los datos siguientes:

		<u>% VARIACION</u>
Entre padres	-39.177929	0.00
Entre distancias dentro de padres	269.3783	98.88
Entre sexos dentro de distancias y padres.	0.395717	0.15

Efecto ambiental especial	2.661162	0.98
Fenotípica total	272.4352	100.00

En estos resultados se evidencia el efecto encu  
brido de la distancia al representar el 98.88% de  
variación total. De donde, se hace conveniente a-  
nalizar el comportamiento de los hijos para cada -  
distancia en particular. Los resultados obtenidos  
de los análisis de varianza 3.6 al 3.11 del apéñdi-  
ce se resumen en el Cuadro 4.1

Del Cuadro 4.1 se observan tres puntos principa-  
les:

- i) El efecto genético aditivo de los caballos se -  
expresa mejor a medida que los hijos recorren -  
distancias superiores (11.13 y 15.36% para 1600  
1800 metros respectivamente.)
- ii) Las diferencias entre sexos se hacen menos evi-  
dentes a medida que se incrementa la distancia.
- iii) El efecto ambiental especial se reduce a medida  
que las distancias se incrementan.

CUADRO 4.1: PORCENTAJE DE VARIACION DEL TIEMPO DE LOS HIJOS EN LAS DIFERENTES DISTANCIAS CLASIFICADAS POR PADRE Y SEXO.

DISTANCIAS EN METROS						
	1100	1200	1300	1400	1600	1800
FV	1100	1200	1300	1400	1600	1800
S	0.00	0.00	0.00	0.00	11.13	15.36
SZ	11.32	12.49	11.31	12.42	7.54	4.62
SZE	88.68	87.51	88.69	87.58	81.33	80.02

Del punto i) se obtuvieron dos correlaciones - intraclase (11.13 y 15.36) útiles para la selección, siempre que la evaluación de los caballos - por seleccionar se haga sobre las distancias de 1600 y 1800 metros respectivamente, considerando igualdad de sexos como lo reporta (Kieffer 1973).

Dada las restricciones de los resultados anteriores se hizo necesario encontrar valores que fueran más generales. Así, se procedió a bloquear - las distancias considerandola por los análisis anteriores que es una fuente de variación común y - que afecta a todos los caballos, este bloqueo permitió obtener dos correlaciones intraclase para - medios hermanos paternos, la varianza de distancias es grande pero de poca importancia en el análisis, por lo que no se tomará en cuenta.

El Andeva 3.12 del apéndice da los siguientes - valores de correlación:

- i) Para caballos en todas las distancias la correlación intra-clase es  $t = 0.0786$ .

ii) La correlación intra-clase es  $r = 0.1506$ , para caballos evaluados en una distancia específica.

#### 4.3 Heredabilidad:

Los diferentes autores (Lerner 1958; Lush 1965; De Alba 1970) establecen que el límite mínimo de heredabilidad está dado por la regresión de la pro<sub>genie</sub> sobre el progenitor (en nuestro caso medios hermanos paternos). Así, el coeficiente de regresión obtenido es de  $b_{11} = 0.055587$  que da una estimación de heredabilidad de 0.111174, en donde el valor de tiempo de carrera para padres e hijos se ajustó por peso y distancia, para evitar los efectos que ya se han determinado.

Los resultados de heredabilidades obtenidos y sus comentarios se establecen por medio del cuadro

#### 4.2

Del Cuadro 4.2 se establece que:

- 1) La heredabilidad obtenida por la regresión de la pro<sub>genie</sub> sobre progenitor macho de 11.11% -

CUADRO 4.2 : REPETIBILIDADES, HEREDABILIDADES Y CORRELACIONES OBTENIDAS EN ESTE ESTUDIO PARA LA CARACTERISTICA TIEMPO DE CARRERA.

	$h^2$	%
r = repetibilidad para caballos seleccionados	13.62	----
t(HS) = correlación intra-clase 1600 mts.	11.13	44.52
t(HS) = correlación intra-clase 1800 mts.	15.36	61.44
t(HS) = caballos en todas las distancias	7.86	31.44
t(HS) = caballos para distancias específicas	15.06	60.24
$b_{11}$ = regresión progenie sobre progenitor macho	0.055587	11.11

es similar a la reportada por Watanabe, (Kieffer 1973).

- ii) La heredabilidad de 31.44% para caballos en todas las distancias es muy útil, ya que por lo general los caballos no recorren una sola distancia específica en el total de sus actuaciones.
- iii) Una heredabilidad para distancias específicas de 60.24% puede ser usada en aquellos caballos superiores o ganadores de clásicos, ya que estos siempre se corren en distancias específicas.
- iv) En este estudio se encontraron valores que están de acuerdo con lo reportado por Lush 1965, y Rice et al 1962, establecen que cuando el valor de  $r - t$  es alto, la selección familiar es efectiva.

Entonces se procede a analizar un índice de selección con una correlación  $t = 0.0786$

#### 4.4 Indices de selección:

Dadas las condiciones en que actúan los caballos

pura sangre de carrera se procedió a modificar el índice establecido por Lush 1947, para poder ser usado en caballos no seleccionados y con esto encontrar individuos genéticamente superiores.

Cuando se están analizando caballos en todas sus actuaciones es necesario corregir los valores de tiempo por los covariables de peso y distancia utilizando la correlación intra-clase  $t = 0.0786$ .

Cuando la selección, se efectúan para una distancia específica utilícese la corrección del tiempo por el peso - ( $b_{21} = 0.05248119$ ) y la correlación intra-clase  $t = 0.1506$  para caballos superiores. En el siguiente ejemplo se analizan dos hijos elegidos al azar de un semental elegido por el mismo sistema, para adecuar el uso del índice propuesto por Lush 1947, y a las condiciones del caso que nos ocupa.

Donde:

{ } Es el valor del tiempo promedio del caballo

ajustado por el peso y distancia promedio de su familia.

[ ] Valor para la selección familiar

{ } Es el valor del tiempo promedio de la familia ajustado por el peso y distancia promedio de la raza.

Caballo 1:

$$I_2 = 87.775 - \{ 0.05248119 ( 51.875 - 51.320652 ) - 0.06868026$$

$$(1387.5 - 1411.956522) \} + \left[ \frac{0.25 - 0.0786}{0.75} \cdot \frac{44}{1 + (43)0.0786} \right] \times$$

$$\left[ 88.767144 - \{ 0.05248119 ( 51.320652 - 51.329030 ) - 0.06868026 ( 1411.956522 - 1377.269171 ) \} \right] - 86.586158 =$$

$$88.96432213$$

Caballo 2:

$$I_2 = 92.66666667 - \{ 0.05248119 ( 51.16666667 - 51.320652 ) - 0.06868026 ( 1466.666667 - 1411.956522 ) \} +$$

$$\left[ \frac{0.25 - 0.0786}{0.75} \cdot \frac{44}{1 + (43)0.0786} \right] \times \left[ 88.767174 - \{ 0.05248119$$

$$\begin{aligned}
 & (51.320652 - 51.329030) - 0,06868026 (1411,956522 - 1377,2691 - \\
 & - 71) \}} -86,586158 \quad ] = \\
 & \qquad \qquad \qquad = 88,45597571
 \end{aligned}$$

Se puede observar que el caballo 1 tiene un tiempo menor que el caballo 2, pero esto es debido a que la distancia promedio recorrida es menor en el caballo 1 que en el caballo 2.

Mediante los ajustes necesarios se obtuvieron los -- valores de 88.96 y 88.45 para los caballos 1 y 2 respectivamente. Concluyéndose que el caballo 2 es geneticamente superior al caballo 1.

\*\*\*

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- i El tiempo de carrera en individuos superiores debe ser corregido por las covariables peso y distancias, mediante los coeficientes de regresión  $b_{11} = 0.0563006$  y  $b_{12} = 0.066234$ , respectivamente.
- ii El tiempo de carrera en las familias debe ser corregido por las covariables peso y distancia, mediantre los coeficientes de regresión  $b_{21} =$  --  $0.05248119$  y  $b_{22} = 0.06868026$ , respectivamente.
- iii La selección de individuos que no han actuado debe hacerse mediante un análisis familiar e intrafamiliar, utilizando una heredabilidad de 11.11%.
- iv La selección de yeguas y caballos con pocas actuaciones, debe hacerse con una heredabilidad de -- 31.44% corregida por factores para la selección -- combinada (individual, familiar e intrafamiliar).
- v Para la selección de animales superiores (con su-

ficientes actuaciones), se debe utilizar una heredabilidad de 60.24% corregida por factores para selección individual y familiar.

- vi A mayor distancia recorrida por los caballos se expresa mayor su cualidad genética y las diferencias entre sexos pierden importancia.
- vii La metodología usada en este estudio puede ser aplicable con las variantes del caso, a las diferentes especies pecuarias, en las cuales se quiera analizar familias de medios hermanos paternos, siempre que la expresión fenotípica se de en los dos sexos.

## RESUMEN

Se analizaron 12 sementales ganadores pura sangre de carrera inglés escogidos al azar, los cuales -- dieron un total de 655 hijos ganadores (338 machos y 317 hembras ) desde la distancia de 1000 metros en adelante procediéndose a estimar repetibilidades y/o heredabilidades para ambos casos.

Se obtuvieron valores de repetibilidad de 13.62% y 1.57% para padres e hijos respectivamente, al considerar el efecto de peso y distancias sobre el tiempo como una componente de ambiente especial, la repetibilidad, se incrementó hasta un 80% aproximadamente en ambos casos.

En general, la mayor fuente de variación está da da por la distancia. Se procedió a analizar por distancias a los hijos obteniéndose las correlaciones intra - clase de 0.1113 para 1600 metros y 0.1536 para 1800 metros, el efecto debido al sexo se redujo.

Considerando la fuente de variación de efecto común, se obtuvieron las correlaciones intra-clase de 0.078 para caballos en todas las distancias y 0.1506 --

para caballos en distancias específicas.

Cuando se estableció un análisis de regresión - para la progenie sobre el progenitor macho, se encontró una heredabilidad de 11.11% como un límite mínimo.

Finalmente se modificó el índice de selección -- propuesto por Lush 1947, el cual se ajusto por medio - del peso y distancia sobre el tiempo en los caballos de carrera.

\*\*\*

## BIBLIOGRAFIA

1. CHRISTENSEN K. y P. SORENSEN 1972. A definition of degree of heredity for a quantitative character in relationship to the classical coefficient of heritability ; journal of heredity 63; 383-384.
2. DE ALBA J. 1970. Reproducción y Genética Animal. 1°reimpresión, Editorial SIC, México, D.F. 446p.
3. FALCONER D.S. 1971. Introducción a la Genética Cuantitativa 2° impresión, traducido al español por Fidel Marquez Sánchez, C.E.C.S.A., México, D.F. 430 p.
4. FIELD J.K. y E.P. CUNNINGHAM 1976. A further study of the inheritance of racing performance in -- thoroughbred horses; journal of heredity 67: 247-248.
5. FOYE D.B., H.C. DICKEY y C.J. SNIFFER 1972. Heritability of racing performance and selection index for breeding potential in the thoroughbred horse; journal of animal science 35 (6), 1141-1145.
6. JONES W.E. y R. BOGART 1973. Genetics of the horse 2nd. edition. J.A. Allen & Co. Ltd., London, England, 356 p.
7. KIEFFER N.M. 1973. Inheritance of racing ability in the thoroughbred, the thoroughbred record, 198: 50-55.
8. LASLEY J.F. 1970. Genética del Mejoramiento del Ganado, 1°edición, traducido al español por Gustavo - Reta. UTEHA, México 378 p.

9. LASLEY, J.F.,1974. Genética Equina. 1° edición. - Traducida al español por Sally Brown, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina 140 p.
10. LAUGHLIN H.H. 1934. Racing capacity, in the tho roughbred horse, Science Monthly 38:210-22.
11. LERNER I.M. 1958. The genetic basis of selection, Greenwood Press Publishers, Westport, Connecticut. U.S.A. 298 p.
12. LUSH J.L. 1947. Family merit and individual merit as basis for selection, American Nature 81:241-261.
13. LUSH, J.L. 1965. Bases para la selección animal, - 10° edición. Traducida al español por Carlos Fer nández. Ediciones Agropecuarias Peri, Buenos Ai-res, Argentina 673 p.
14. MORE ó FERRAL G.J. y E.P. CUNNINGHAM 1973. Inheri-tance of Performance in thoroughbred, Farm and - Food Research 4 (4) 88-90.
15. MORE ó FERRAL G.J. y E.P. CUNNINGHAM 1974. Herita-bility of Raci. , Performance in thoroughbred horses, Livestock Production Science 1(1) 87-97.
16. FIRCHNER F. 1969. Population Genetics in Animal - Breeding. W.H. Freeman and Company. San Francis-co, California 234 p.
17. PIRRI J. y D.G. STEELE 1952. The heritability of - Racing Capacity. The Blood Horse 63; 976-977, 990.
18. RICE V.A., F.N. ANDREWS, E.J. WANWICK y J.E. LECATES. 1962. Breeding and improvement of Farm Animals. 6th. ed., McGraw - Hill Book Co. New York, New - York 327 p.

9. LASLEY, J.F., 1974. Genética Equina. 1° edición. - Traducida al español por Sally Brown, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina 140 p.
10. LAUGHLIN H.H. 1934. Racing capacity, in the thoroughbred horse, Science Monthly 38:210-22.
11. LERNER I.M. 1958. The genetic basis of selection, Greenwood Press Publishers, Westport, Connecticut. U.S.A. 298 p.
12. LUSH J.L. 1947. Family merit and individual merit as basis for selection, American Nature 81:241-261.
13. LUSH, J.L. 1965. Bases para la selección animal, - 10ª edición. Traducida al español por Carlos Fernández. Ediciones Agropecuarias Peri, Buenos Aires, Argentina 673 p.
14. MORE ó FERRAL G.J. y E.P. CUNNINGHAM 1973. Inheritance of Performance in thoroughbred, Farm and Food Research 4 (4) 88-90.
15. MORE ó FERRAL G.J. y E.P. CUNNINGHAM 1974. Heritability of Race, Performance in thoroughbred horses, Livestock Production Science 1(1) 87-97.
16. FIRCHNER F. 1969. Population Genetics in Animal Breeding. W.H. Freeman and Company. San Francisco, California 234 p.
17. PIRRI J. y D.G. STEELE 1952. The heritability of Racing Capacity. The Blood Horse 63; 976-977, 990.
18. RICE V.A., F.N. ANDREWS, E.J. WANWICK y J.E. LECATES. 1962. Breeding and improvement of Farm Animals. 6th. ed., McGraw - Hill Book Co. New York, New York 327 p.

19. ROBERTSON A. 1959. Experimental design in the evaluation of genetic parameters; Biometrics, 15: 219-226.

\*\*\*

A P E N D I C E

CUADRO 3.1 : ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIEMPO CORREGIDA POR PESO Y DISTANCIA EN PADRES.

FV.	GL	SC CORREGIDA	CM
S	11	491.0409825	44.64008932
X21	1	461.34372	
X31	1	39121.28208	**
SE	106	122.4316375	1.155015442
TOTAL	117	613.47202	

CUADRO 3.2 : ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS PADRES.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIABILID.
S	11	10176.773519	925.161229	57.620209	13.62
SE	108	39460.194161	365.372168	365.372168	86.38
TT	119	49636.967680	417.117375	422.372168	100.00

Coefficiente de Variación: 0.200983

CUADRO 3.3: ANALISIS DE COVARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIEMPO CORREGIDA POR PESO Y DISTANCIA EN HIJOS.

FV	GL	SC CORREGIDA	CM
S	11	39914.1076	328.555236
SH	643	10585.7369	16.46304339
X22	1		61.8512229 **
X32	1		557689.8393 **
SHE	1899	7449.3825	3.922792259
TOTAL	2553	57949.227	

CUADRO 3.4 : ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS CLASIFICADOS POR PADRE.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIAB.
S	11	14396.615592	1308.783236	3.838943	1.57
SH	643	243363.4	378.4811	48.36172	19.79
SHE	1901	365390.3	192.2095	192.2095	78.64
TT	2555	623150.3	243.8945	244.4102	100.00

Coefficiente de Variación: 0.160118

CUADRO 3.5: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS  
CLASIFICADOS POR DISTANCIA, PADRES Y SEXO.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIAB.
S	11	14280.569589	1298.233599	-39.177929	0.0
SD	105	559641.4	5329.918	269.3783	98.87
SDZ	94	690.055646	7.341018	0.395717	0.15
SDZE	2286	6085.823163	2.662215	2.662215	0.98
TT	2496	580697.9	232.5582	272.4352	100.00

CUADRO 3.6: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS DE 1100  
METROS CLASIFICADOS POR PADRE Y SEXO.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIAB.
S	11	27.486011	2.498728	-0.057028	0.0
SZ	12	43.309483	3.609124	0.187449	11.32
SZE	269	396.524285	1.474068	1.474068	88.68
TT	292	467.319778	1.594948	1.656576	100.00

CUADRO 3.7: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS EN 1200 METROS CLASIFICADOS POR PADRE Y SEXO.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIABILIDAD
S	11	45.827709	4.166155	-0.074838	00.00
SZ	12	81.947079	6.828923	0.245976	12.49
SZE	510	879.195221	1.723912	1.723912	87.51
TT	533	1066.970008	1.889250	1.969888	100.00

CUADRO 3.8: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS EN 1300 METROS CLASIFICADOS POR PADRE Y SEXO.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIABILIDAD
S	11	41.832499	3.802954	-0.086842	0.0
SZ	12	72.670816	6.055901	0.255708	11.31
SZE	395	792.415564	2.006115	2.006115	88.69
TT	418	906.918879	2.169662	2.261823	100.00

CUADRO 3.9: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS EN  
1400 METROS CLASIFICADOS POR PADRE Y SEXO.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIAB.
S	11	63.206755	5.746069	-0.151393	0.0
SZ	12	132.044848	11.003737	0.401516	12.42
SZE	515	1457.569819	2.830233	2.830233	87.58
TT	538	1652.821422	3.072159	3.231748	100.00

CUADRO 3.10: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS EN  
1600 METROS CLASIFICADOS POR PADRE Y SEXO

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIAB.
S	11	299.824770	27.256797	0.631740	11.13
SZ	12	114.543802	9.545317	0.428110	7.54
SZE	293	1353.074641	4.618002	4.618002	81.33
TT	316	1767.443213	5.593175	5.677861	100.00

CUADRO 3.11: ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE LOS HIJOS EN 1800 METROS CLASIFICADOS POR PADRE Y SEXO.

FV	GL	SC	CM	CV	% VARIABIL.
S	10	100.994629	10.099463	0.610939	15.36
SZ	10	40.058030	4.005803	0.183515	4.62
SZE	88	280.061917	3.182522	3.182522	80.02
TT	108	421.114576	3.899202	3.976976	100.00

CUADRO 3.11: ANALISIS DE VARIANZA COMPLETO PARA CABALLOS Y DISTANCIAS.

FV	GL	SC	CM	CM	SC	GL	FV
S	11	18.687668	1.6988	1.1356	12.4921	11	S
B	4	16563.3558			16563.3558	4	B
SB	44	27.039632	0.614537	0.614537	27.039632	44	SB
CELDAS	59	16609.0831			16609.0831	59	CELDAS
ERROR	60	36.4695	0.6078	0.6078	36.4695	60	ERROR
TOTAL	119	16645.5526			16645.5526	119	TOTAL