

# ESTIMACIÓN DEL EFECTO GENÉTICO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE LOS CABALLOS TROTADORES EN ESPAÑA

*Gomez, M.D.<sup>1</sup>, Valera, M.<sup>1</sup> Molina, A.<sup>2</sup>, Menendez-Buxadera, A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Dpto. Ciencias Agroforestales. ETSIAM. Universidad de Sevilla.

<sup>2</sup> Dpto. Genética. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.



# INTRODUCCIÓN

---

## ✓ESTRÉS:

- Combinación de respuestas fisiológicas y biológicas de un individuo a circunstancias nuevas o amenazadoras.

## ✓ESTRÉS TÉRMICO:

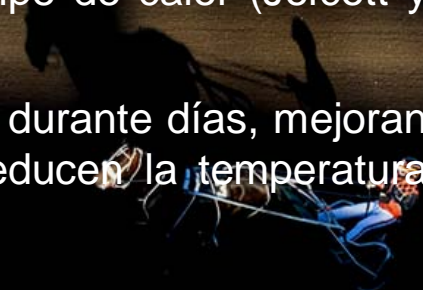
- Conjunto de fuerzas relacionadas con las temperaturas altas que producen cambios en el individuo para evitar una disfunción fisiológica y adaptarse mejor al medio (Kadzere et al., 2002).
- Puede influir negativamente en el comportamiento, en la producción y, consecuentemente, en la economía del sector ganadero.



# INTRODUCCIÓN

## ✓ EN LOS ÉQUIDOS:

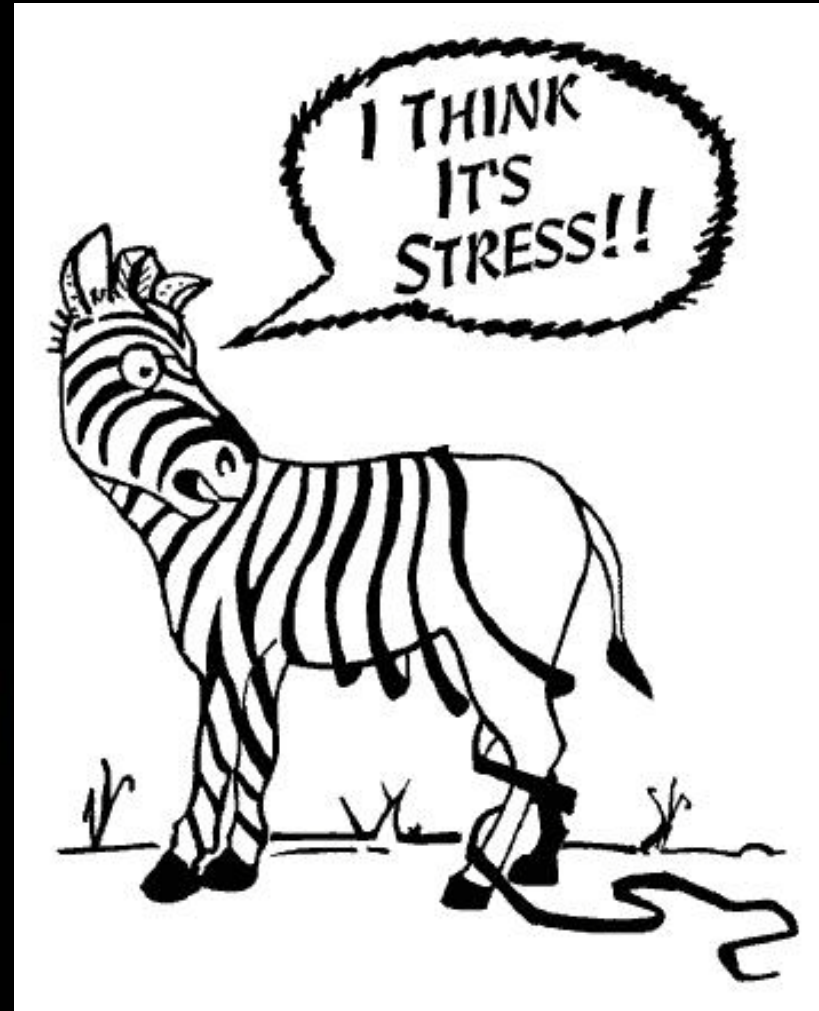
- Principales causas de estrés: transporte, ejercicio, laminitis y cambios en temperatura y humedad ambiental (Foreman y Ferlazzo, 1996).
- Escasas referencias disponibles sobre la influencia del clima. Pero se sabe que:
  - Con alta temperatura y baja humedad, se afecta el rendimiento deportivo (Harris et al., 1995; Geor et al., 2000).
  - Si el individuo no puede bajar su temperatura interna a niveles adecuados, se afecta su rendimiento (Marlin et al., 1996; Ott, 2005).
  - Existe zona de confort entre 5-25°C (Morgan, 1996).
  - Aunque pueden competir de manera segura a temperaturas >40°C, existen importantes riesgos de agotamiento y golpe de calor (Jefcott y Kohn, 1999; Kohn et al., 1999).
  - Exposiciones repetidas a ejercicio-estrés térmico durante días, mejoran las capacidades de ejercicio de los animales, reducen la temperatura basal y la tensión fisiológica (Geor et al., 2000).



# INTRODUCCIÓN

---

- La adaptación es muy importante para la salud y el rendimiento en atletas humanos y animales en condiciones de calor.
- En animales productivos, sobre todo con alto valor genético, la adaptación ambiental es necesaria para alcanzar el equilibrio entre producción, almacenamiento y eliminación de calor (Paludo et al., 2002).



# INTRODUCCIÓN

## CABALLO TROTADOR ESPAÑOL

- ✓ Principal área de cría en Baleares, con 98,53% del censo total, principales núcleos de actividad y concentración de hipódromos para trote.
- ✓ En España, las carreras de trote son populares desde principios del siglo XX hasta nuestros días.
- ✓ Los caballos **participantes** son CTE y trotador francés (acuerdos entre federaciones y proximidad geográfica).
- ✓ Mientras los **sementales** son animales seleccionados de otras poblaciones de trotadores (importación de animales vivos y semen).



# INTRODUCCIÓN

---



## ✓ CABALLOS PARA EL TROTE:

- Las carreras de trote son la actividad más común en la industria del caballo deportivo en países de clima frío de Europa, donde se crían principalmente estas razas (Langlois, 1994).
- Pero también es un deporte importante en áreas mediterráneas, como Italia y España.
- El CTE es una población compuesta de otras razas para el trote, como ocurre en otros países (Arnason, 2001), ya que la inseminación artificial es la práctica reproductiva más usada (Gómez et al., 2010<sup>a</sup>).



# OBJETIVO

## ✓ CONSIDERANDO QUE:

- La mayoría de reproductores extranjeros usados en España son seleccionados y criados en países fríos (Francia, USA o Suecia).
- Existe una importante variación genética en la respuesta a las variaciones térmicas en bovino (Ravagnolo y Miszal, 2000), caprino (Menendez-Buxadera et al., 2012), ovino (Finocchiaro et al., 2005) y porcino (Bloemhof et al., 2008).

**ES NECESARIO evaluar la influencia de los cambios en la temperatura ambiental (T) sobre el rendimiento deportivo en CTE.**



# MATERIAL Y MÉTODOS

---

## DATOS DE RENDIMIENTO:

Tiempos, ganancias y clasificación final (bases de datos oficiales de la Federación Nacional de Trote).

## DATOS AMBIENTALES:

De cada animal y carrera: fecha, hipódromo, distancia, tipo de salida, carrera, conductor, fecha de nacimiento, sexo, etc.

Del clima: T<sub>max</sub> y T<sub>min</sub> del día de carrera, y T<sub>med</sub> durante la carrera (información de estaciones meteorológicas más cercanas a hipódromos (3-25km)).

## DATOS GENEALÓGICOS:

Del Libro Genealógico oficial (gestionado por ASTROT) incorporando todos los ancestros conocidos para cada animal en participación (al menos 4 generaciones).





# MATERIAL Y MÉTODOS

---

## DATOS DE RENDIMIENTO:

Variable seleccionada: tiempo por kilómetro (TPK).

289.988 registros



104.125 registros

7.653 carreras

1990-2010

## DATOS AMBIENTALES:

De cada animal y carrera: hipódromos (7), animal (3.772), conductor (1.402), edad (3\*) y distancia (3\*\*).

\*Edad (3): animales jóvenes (<4 años), adultos (4-8 años) y mayores (>8 años).

\*\*Distancia de carrera (3): cortas (<2000m), medias (2000-2200m) y largas (>2200m).

Del clima: Tmed durante la carrera (Tcar).

## DATOS GENEALÓGICOS:

Del Libro Genealógico oficial: 9.918 animales, hijos de 916 sementales (282 participantes) y 2.151 yeguas (701 participantes).



# MATERIAL Y MÉTODOS

---

## PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS PARA ESTUDIAR LA RESPUESTA DE TPK EN LOS DIFERENTES NIVELES DE Tcar

### 1. General Fixed Linear Model:

Efectos fijos:

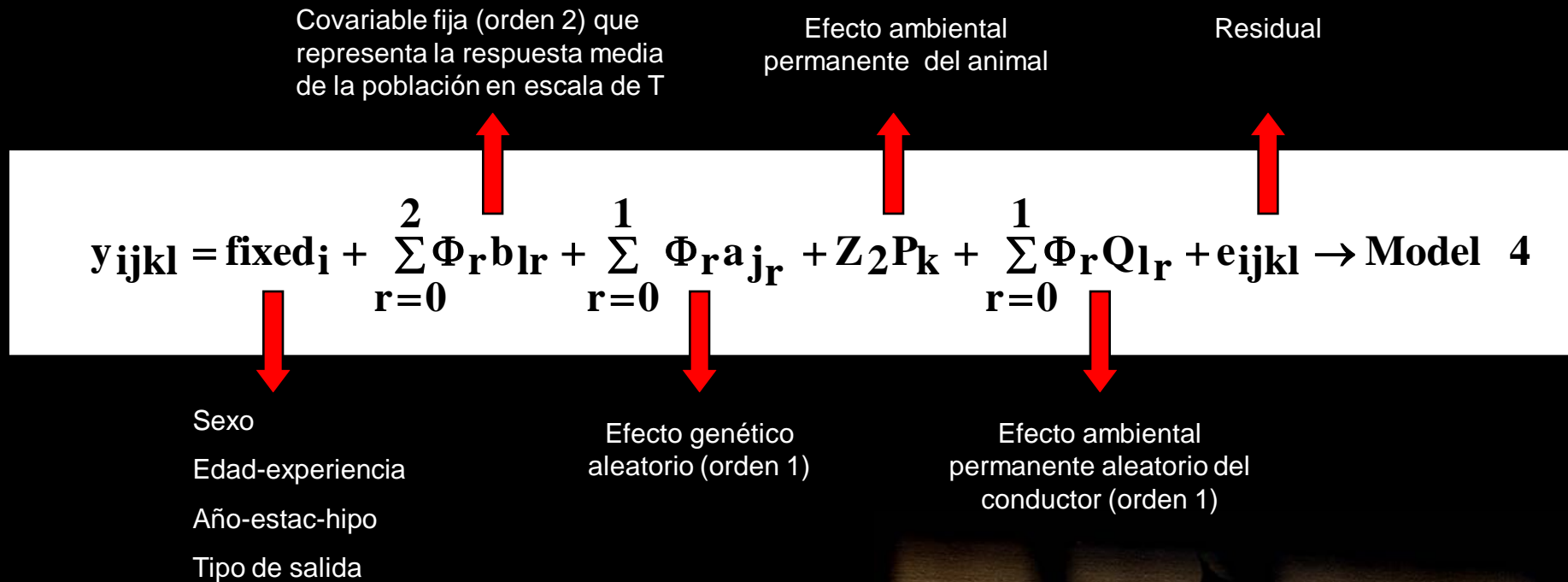
- Grupos contemporáneos de fecha carrera-hipódromo-distancia (3.295)
- Edad del animal (3)
- Sexo (2)

Las medias mínimo cuadráticas han permitido ver la evolución de Tcar y TPK en el tiempo y para elegir el modelo más adecuado.



# MATERIAL Y MÉTODOS

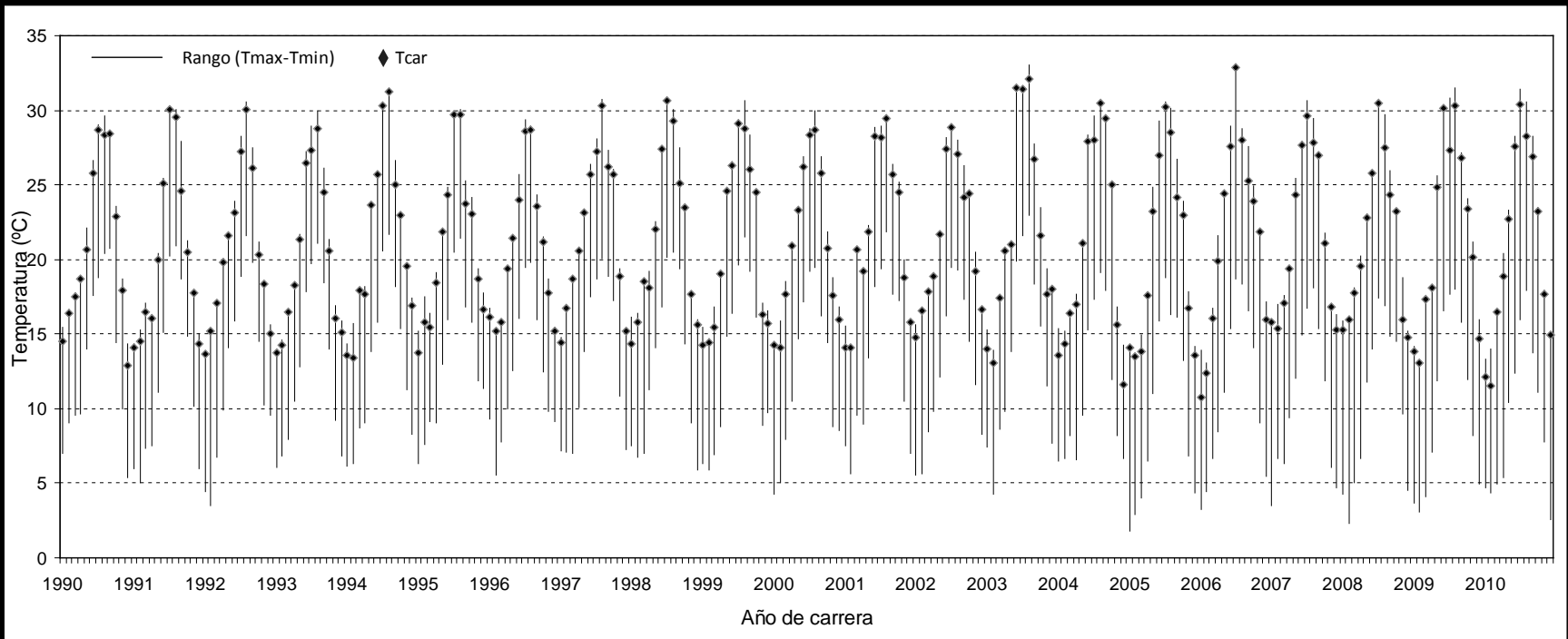
## 2. Mixed Linear Model:



Se utilizo el ASReml 3 y un procedimiento paso a paso comparando modelos donde se asume o no la existencia de variaciones a lo largo de la trayectoria de la temperatura durante la carrera.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 1. Evolución de las diferentes medidas de temperatura (rango Tmax-Tmin y Tcar) por año y mes de carrera.

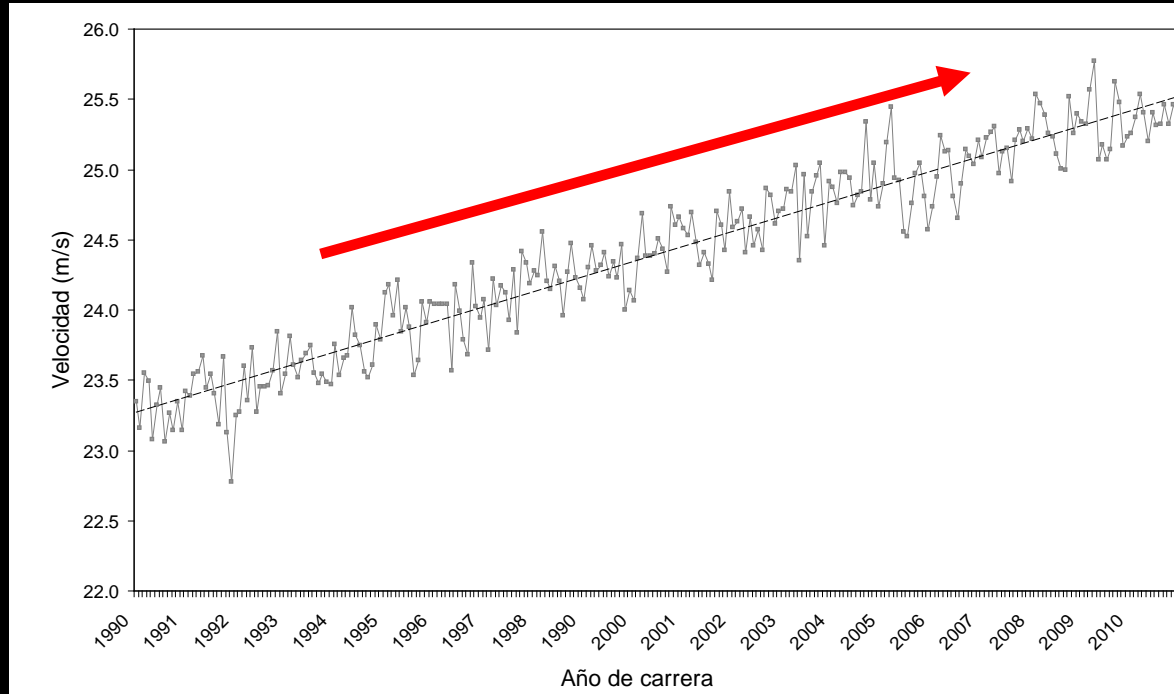


- Ligeramente incremento del rango Tmax-Tmin en los primeros 14 años analizados.
- Destacable incremento desde 2004.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 2. Evolución de TPK por año y mes de carrera.

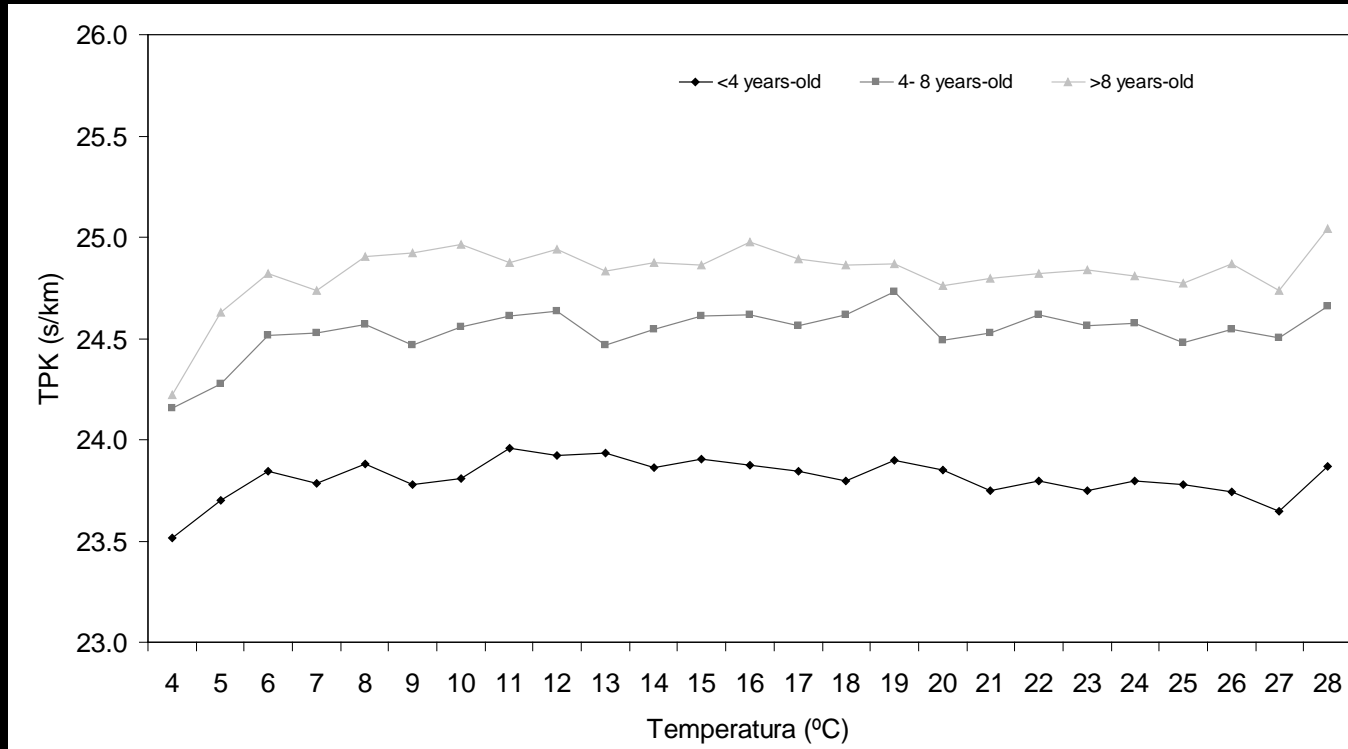


- Velocidad aumenta de forma clara y mantenida +2,1m/s entre 1990 y 2010.
- TPK disminuye en el mismo período (-6,7s), como se esperaba.
- Posible mejora de factores externos (pista, sulky, material...), manejo, potencial genético de los animales por selección...



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 3. Efecto de T<sub>car</sub> para las tres clases de edad de los animales.



- Patrón de respuesta similar en los tres grupos de edad.
- Rendimiento mejora cuando T aumenta de 4 a 12°C.
- Rendimiento más estable entre 12-19°C (5-25°C, zona de confort de Morgan (1998)).



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

En los caballos deportivos, las causas de estrés térmico suelen evitarse con el excelente control de las condiciones ambientales de manejo y estabulación.

Las principales causas de estrés térmico se relacionan con las condiciones ambientales del día de competición, si el animal es trabajado hasta el punto en que su sistema de refrigeración no puede eliminar el calor producido por la actividad física (Febbraio et al., 1994; Hodgson et al., 1994).

Los caballos tienen mayor capacidad para retener que para disipar el calor por su escaso ratio superficie/masa corporal (~1:100; m<sup>2</sup>:kg); lo que es una gran desventaja en climas calientes (Maughan and Lindinger, 1995; Marlin, 2007).

El período de calentamiento antes de la carrera suele ser corto. Por lo que el efecto del estrés térmico es corto y las consecuencias son diferentes que en las especies lecheras cuya producción puede verse muy influida, principalmente en animales con altos valores genéticos (Kadzere et al., 2002).

El efecto de los cambios agudos en las condiciones ambientales parece ser transitorio, ya que el metabolismo del animal se adapta con 2-3 semanas de aclimatación (Ott, 2005).

Los organizadores de las competiciones conocen los efectos del estrés térmico en el rendimiento deportivo. Por ello, facilitan información básica sobre las condiciones ambientales del día de competición. Pero en las competiciones de caballos élite, se realizan estudios previos para asegurar la salud de los animales y los organizadores contribuyen al adecuado manejo, por ejemplo habilitando estaciones de refrigeración, como las descritas por Jeffcott et al. (2009) en los Juegos Olímpicos de Beijing.

Otro factor importante en los caballos deportivos es la relación entre el conductor y el animal, porque ambos pueden estar afectados por el estrés térmico durante la competición (Marlin, 20074).



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Componentes de (co)varianza para Tcar usando un modelo de RRM.

PARÁMETROS	Tcar
<b>Componente genético - Animal</b>	
Intercepto	0,32670
Pendiente	0,00783
Covarianza Intercepto-pendiente	-0,00669
<b>Componente no genético - Conductor</b>	
Intercepto	0,04823
Pendiente	0,00314
Covarianza Intercepto-pendiente	-0,00948
<b>Otros componentes no Genéticos</b>	
Efecto ambiental permanente	0,09880
Residuo	0,61324

- Pendiente representa la Norma de Reacción (de Jong, 1990) para el efecto genético del animal y para el efecto no genético del conductor.
- Evidencia diferencias en la sensibilidad de los animales y los conductores a los cambios en Tcar.





# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Heredabilidad, repetibilidad y correlaciones genéticas para Trac usando un modelo de repetibilidad y un modelo de RRM.

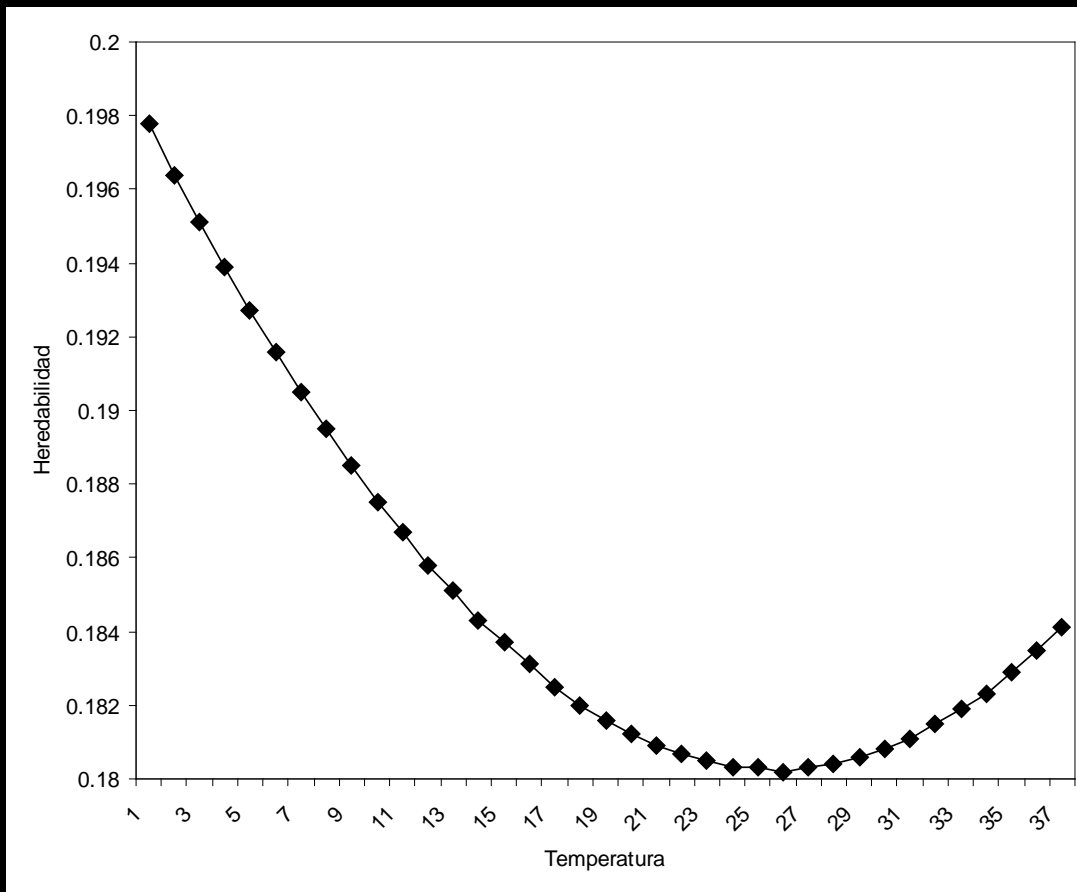
MODELO	PARÁMETROS*	
Modelo de RRM (con efecto de T)	Heredabilidad	0,184 - 0,198
	Correlación genética	0,867 - 0,999
	Correlación del conductor	0,818 - 0,999
Modelo de repetibilidad (sin efecto de T)	Varianza genética	0,16255
	Varianza del conductor	0,02148
	Varianza del ef. ambiental permanente	0,09878
	Varianza residual	0,61858
	Heredabilidad	0,180

- Heredabilidad con RRM osciló entre 0,184 y 0,198, muy similar al modelo de repetibilidad y en rango con Gómez et al. (2010b) para la misma variable con RRM, pero sin incluir T.
- Correlaciones genéticas muy elevadas, sobretudo entre niveles adyacentes de T. Por ello, no se espera una importante interacción genotipo-Tcar.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 4. Evolución de heredabilidad a lo largo de Tcar.

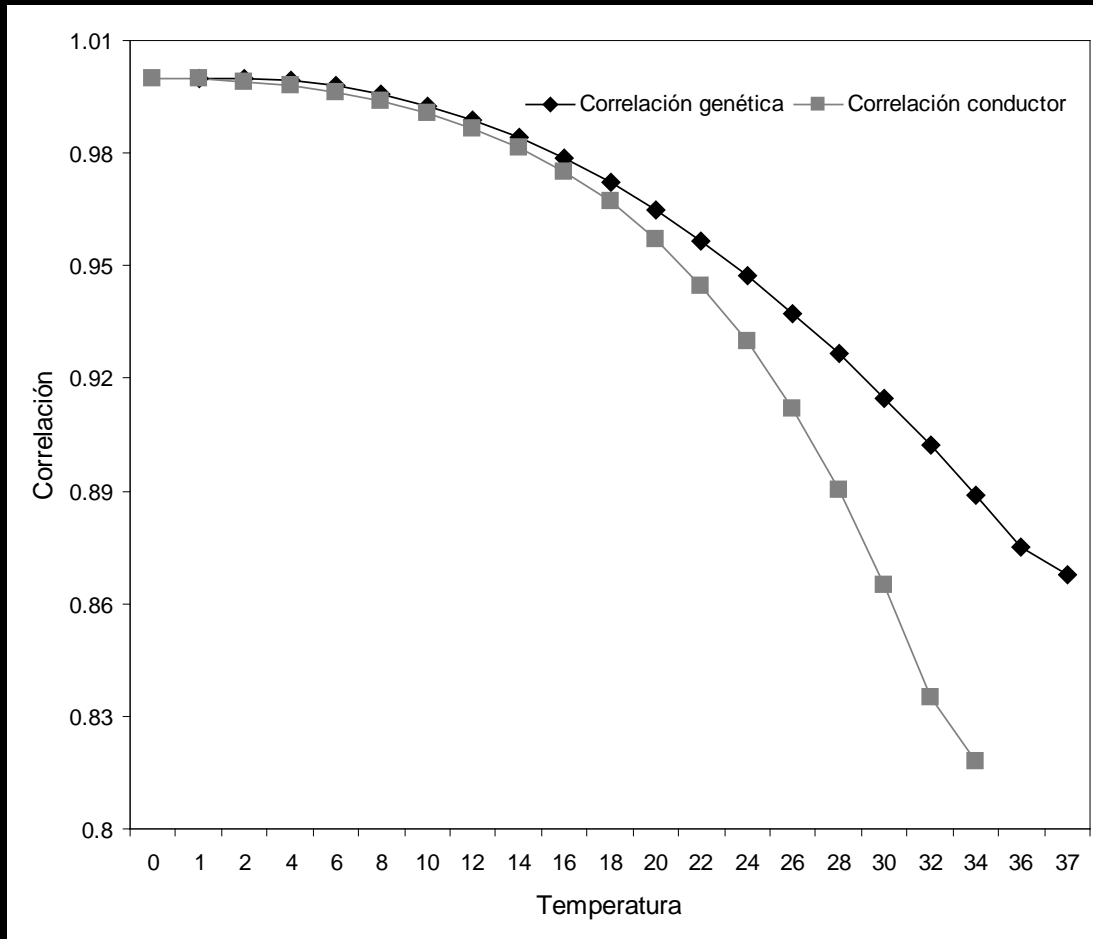


- Heredabilidad varía en función de T.
- Los valores más próximos a la heredabilidad con un modelo de repetibilidad se obtienen a los 26°C.
- La mejor expresión genética se consigue cuando la carrera tiene lugar dentro de la zona de confort, con  $T < 25^{\circ}\text{C}$ .



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 5. Evolución de correlaciones genéticas y del conductor para TPK a lo largo de la trayectoria de T.

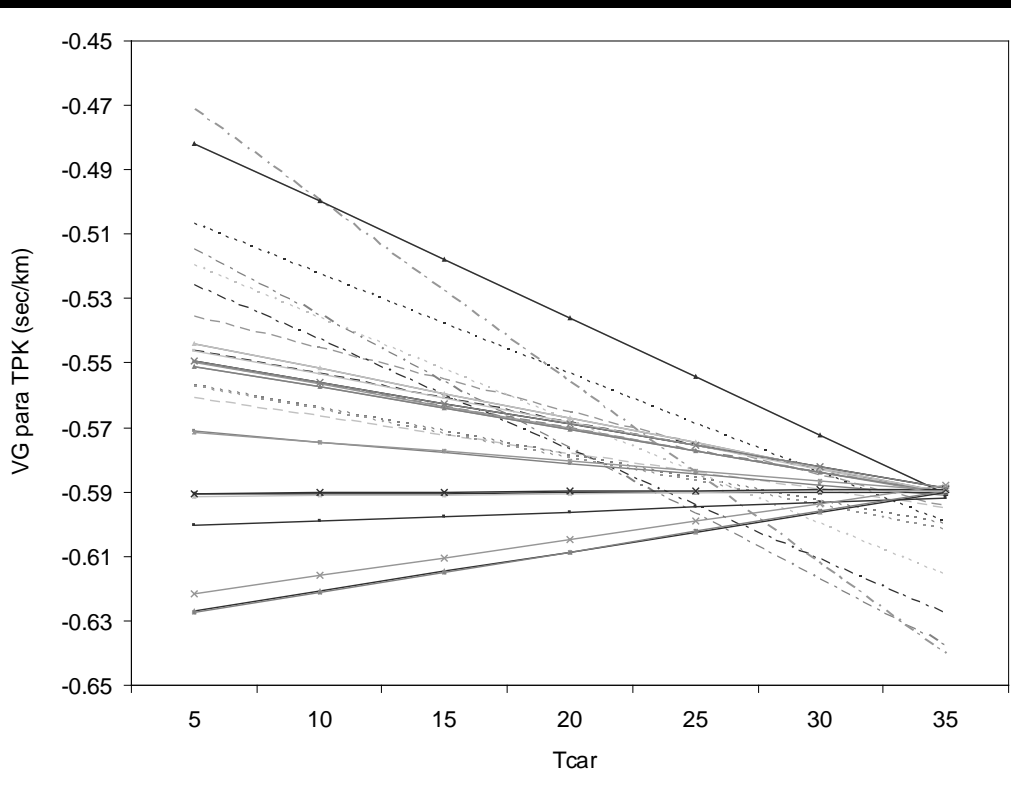


- Correlaciones genéticas muy elevadas.
- Efectos acumulados de estrés térmico solo son visibles cuando  $T > 25^{\circ}\text{C}$ .
- Entonces se observan variaciones en la sensibilidad de los animales y el comportamiento de los conductores a la escala de T.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 6. Variaciones de valores genéticos de un grupo de animales selectos para TPK en la zona de confort.



- No se observaron cambios en el orden de clasificación de los animales porque son un grupo selecto.
- La gráfica evidencia diferentes sensibilidades de los animales a T, que podría ser interesantes en la selección.



# CONCLUSIONES

---

- ✓ El efecto de T sobre TPK evidencia una zona de confort entre 12-20°C, fuera de la que los animales disminuyen su velocidad aproximadamente 0,5m/s.
- ✓ La heredabilidad obtenida es próxima a 0,18, similar a los valores publicados por los autores en estudios previos con diferentes metodologías.
- ✓ Las correlaciones genéticas fueron cercanas a 0,90, lo que sugiere que TPK tiene la misma base genética para todos los valores de T analizados.
- ✓ Se detectaron diferencias significativas en los resultados de la pendiente de la matriz de regresión aleatoria, lo que evidencia la variabilidad de la Norma de Reacción de los animales y la influencia del estrés térmico sobre el rendimiento en las carreras de trote.
- ✓ Sin embargo, la carrera es tan corta que no permite la expresión total del estrés, como ya presentaron Dewitt y Scheiner (2004).
- ✓ Es interesante para propietarios y criadores conocer la influencia de los factores ambientales sobre el rendimiento deportivo en CTE. Sería interesante completar el estudio incluyendo la humedad relativa al tratarse de islas.



# AGRADECIMIENTOS



MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO



**ASTROT**



**Muchas gracias por vuestro interés...**



# MATERIAL Y MÉTODOS

---

## PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS PARA ESTUDIAR LA RESPUESTA DE TPK EN LOS DIFERENTES NIVELES DE T<sub>car</sub>

### 2. Mixed Linear Model:

Para conocer los componentes de (co)varianza genética de TPK (Walsh, 2009; Bytyqui et al., 2007; Steinheim et al., 2008).

Modelo 0: similar al modelo de repetibilidad animal usado para la valoración genética sistemática de CTE (Gómez et al., 2010<sup>a</sup>), que no considera el efecto de T.

Modelo 1: es como el modelo 0, pero con T modelada por un polinomio de Legendre fijo de orden 2 (varianza genética es la misma en toda la trayectoria de T)

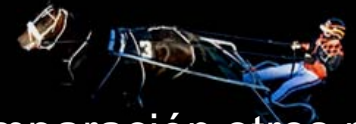
Modelo 2: como el modelo 1, pero con una (co)varianza heterogénea de T a lo largo de la escala.

Modelo 1-5: tienen la misma parte fija, pero las asunciones de la parte aleatoria son diferentes anidados de RRM.

Los componentes de d  
comparables entre mo  
incluyen los mismos ef

Comparación de model  
de la tolerancia genética  
cambios de T.

Comparación otros mod  
importancia y la contrib



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Tabla 1. Comparación de criterios informativos (respecto a modelo 1) de los 5 modelos genéticos.

Modelo	p*	Tcar		
		LogL	AIC	BIC
2	6	14	-24	-7
3	8	17	-26	8
4	8	26	-44	-8
5	10	28	-44	8

\*p es el número de componentes de la varianza.

En general, la inclusión de algún efecto de regresión aleatorio (modelos 2-5) ajusta mejor los datos, destacando la heterogeneidad de los componentes de (co)varianza a lo largo de T.

