

Monograph

# Rendimiento Competitivo de Atletas de Pista y Campo de Elite: Variabilidad y Menor Mejora Significativa

Will G Hopkins

## RESUMEN

**Propósito:** Describir la reproducibilidad del rendimiento competitivo en atletas de pista y campo de elite para determinar la menor mejora significativa del rendimiento en estos eventos. **Métodos:** Se utilizaron los resultados oficiales de 17 competiciones de la serie anual de la Federación Internacional de Atletismo Amateur (International Amateur Athletic Federation) que se lleva a cabo en un período de 101 días. Se calculó la variabilidad característica intra atleta entre competiciones como el coeficiente de variación del análisis de la transformación log para medidas repetidas del tiempo (para los eventos de carreras) o la distancia (para eventos de saltos y lanzamientos). **Resultados:** la variabilidad intra atleta fueron las siguientes: eventos de carreras con y sin vallas hasta 1500 m, 1.0%; carreras de mayor distancia y carreras con obstáculos, 1.4%; salto triple y salto en alto, 1.7%; salto en largo y salto con garrocha, 2.4%; disco, jabalina y bala, 2.8% (límites de confianza al 90% para todas  $\sim \times / \div 1.13$ ). Las diferencias entre los eventos presumiblemente reflejan las diferentes contribuciones de los sistemas energéticos, las estrategias de carrera, la resistencia del viento y la destreza individual. En algunos eventos las mujeres pudieron tener una variabilidad ligeramente mayor en el rendimiento ( $\sim 1.1 \times$ ) que los hombres posiblemente debido a la menor intensidad de la competición. Hay cierta evidencia que sugiere que, en los eventos de carreras cortas, la variabilidad se incrementa con el incremento en el tiempo entre las competencias (desde  $\sim 0.7\%$  para  $\sim 1$  semana hasta  $\sim 1.1\%$  para  $\sim 100$  días). En los eventos de carrera hasta 1500m y de carreras con vallas (0.8 vs 1.1%) y en las carreras de mayor distancia y en las carreras con obstáculos (1.1 vs 1.6%) los mejores atletas exhibieron una menor variabilidad que los atletas de menor rendimiento, no obstante en los otros eventos las diferencias fueron poco claras. Una explicación probable para esto es que la menor motivación de los atletas que no tienen posibilidades de obtener medallas. Conclusiones: Los entrenadores y científicos del deporte se deberían concentrar en obtener mejoras tan pequeñas como el 0.3-0.5% para los atletas de pista de elite, y de entre 0.9 y 1.5% para los atletas de campo de elite.

**Palabras Clave:** competencia, error, carrera, confiabilidad, reproducibilidad, evaluación

## INTRODUCCION

Este artículo es el último de una serie de artículos cuyo propósito fue estimar la menor mejora significativa en el rendimiento de atletas que compiten en deportes individuales donde el resultado es determinado por una única variable,

tal como el tiempo o la distancia. La menor mejora significativa en el rendimiento es importante a la hora de valorar a los atletas con un test de rendimiento con el objetivo de tomar decisiones acerca de los cambios significativos en un individuo o para buscar estrategias que puedan afectar el rendimiento (Hopkins, 2004). La estimación del menor cambio significativo deriva del análisis de la confiabilidad (reproducibilidad o variabilidad) del rendimiento competitivo y de hecho, el menor cambio significativo es aproximadamente la mitad de la variación característica que un atleta de alto nivel muestra de una competición a otra (Hopkins et al, 1999).

Los estudios previamente publicados acerca de la variabilidad del rendimiento competitivo y del menor cambio significativo se han llevado a cabo con nadadores junior (Stewart and Hopkins, 200), nadadores de nivel elite (Payne et al, 2004), en corredores no elite (Hopkins and Hewson, 2001) y en triatletas (Paton and Hopkins, 2005). El presente estudio llevado a cabo con atletas de pista y campo se basa en los datos adquiridos y analizados hace algunos años y sobre los cuales he hecho referencia en diversas publicaciones.

## MÉTODOS

---

Se obtuvieron los resultados oficiales de las competiciones de una serie de *Grand Prix* internacionales de 1997 en el sitio Web de la Federación Internacional de Atletismo Amateur. Las series consistieron de 18 diferentes tipos de eventos de pista y campo llevados a cabo en 17 locaciones europeas a lo largo de 101 días. Un evento en una de las locaciones era incluido en los análisis si en este evento participaban como mínimo dos atletas que hubieran participado en el mismo evento en otras locaciones. El evento de salto en alto en la rama masculina fue el que proveyó la menor cantidad de datos: 8 resultados de 3 atletas en 3 locaciones; y en el otro extremo, la carrera de 110 m con vallas proveyó 120 resultados de 20 atletas en 17 locaciones. El evento con mayores resultados en las mujeres fue el lanzamiento de la jabalina, con 48 resultados de 12 atletas en 7 locaciones. Se obtuvieron insuficientes datos para el análisis del lanzamiento de martillo, salto en largo femenino y salto con garrocha femenino.

Los análisis utilizados en el presente estudio fueron similares a los utilizados en el estudio del rendimiento de triatletas (Paton and Hopkins, 2005). Resumidamente, se utilizó el modelo de transformación log mixta para determinar el porcentaje de variación en el rendimiento, de competencia a competencia, lo cual se presenta como el coeficiente de variación. En cada evento se realizaron análisis separados para hombres y mujeres, y para la mitad con mejor rendimiento y la mitad con peor rendimiento en cada evento. Las diferencias entre los coeficientes de variación fueron consideradas substanciales si su cociente era mayor que 1.10.

También se analizó el efecto del tiempo sobre la variabilidad, el cual fue estimado entre todos los pares de competiciones combinando los grupos de hombres y mujeres pero separando las carreras de distancia corta (100 a 1500 m) y de distancia larga (3000 a 10000 m).

Se llevó a cabo la corrección de los pequeños sesgos en los coeficientes de variación individuales, multiplicando el coeficiente por  $1 + 1/(4DF)$ , donde DF = grados de libertad (Gurland and Tripathi, 1971). Luego se realizó el ajuste cuadrático a las curvas log-log y se utilizaron 1000 muestras autosuficientes para derivar los límites de confianza del ajuste cuadrático y para la comparación (cocientes) de los coeficientes de variación de los diferentes tiempos entre las competencias.

## RESULTADOS Y DISCUSION

---

### Efecto del Evento

La Tabla 1 muestra la variación característica intra-atleta en el rendimiento entre una competición y otra para los diferentes eventos analizados. En el presente estudio no se han determinado sistemáticamente los límites de confianza para la comparación de la variabilidad entre los diferentes tipos de eventos, pero es razonablemente claro a partir de los límites de confianza para cada tipo de evento que los atletas de los eventos de carrera de mayor distancia tienen una mayor variabilidad del rendimiento que aquellos corredores de distancias cortas, que los atletas de los eventos de lanzamientos tienen una variabilidad dos veces mayor, y que los atletas de salto en alto y salto en largo tienen una variabilidad intermedia.

Evento	CV (%) (Límites de confianza del 90%)
Carrera <3 km <sup>a</sup>	1.0 (0.9-1.1)
Carrera 3-10 km <sup>a</sup>	1.4 (1.2-1.6)
Salto en alto, salto triple	1.7 (1.5-1.9)
Salto en largo, salto con garrocha	2.4 (2.1-2.7)
Lanzamiento del disco, la jabalina y la bala	2.8 (2.4-3.2)

**Tabla 1.** Variabilidad características del rendimiento de atletas de pista y campo entre competiciones de nivel internacional, expresada como el coeficiente de variación (CV). <sup>a</sup>Carreras de 100 a 1500 m; 100- to 400-m vallas. <sup>b</sup>Carreras de 1500 a 10,000m; carrera con obstáculos de 3000m para hombres.

La mayor confiabilidad de las carreras de corta distancia y de los eventos de carrera con vallas puede deberse a diferencias en la contribución de los sistemas energéticos, a las estrategias de carrera y a la resistencia al viento, en comparación con los eventos de carrera de mayor duración. La contribución de los sistemas energéticos y la destreza de los atletas podrían explicar la baja confiabilidad de los eventos de campo y las diferencias entre los eventos de campo. Las diferencias entre la variabilidad del rendimiento en los diferentes tipos de eventos refleja las diferencias en los tests de rendimiento en estos modos de ejercicio (Hopkins et al , 2001), aunque la variabilidad en estas competencias generalmente es menor que la observada en las mejores evaluaciones de los atletas.

### Efecto del Sexo

La Tabla 2 muestra la variabilidad del rendimiento para hombres y mujeres en los eventos en donde hubo suficientes datos como para realizar la comparación. Dada la incerteza en las estimaciones de la variabilidad, la mayor variabilidad global en las mujeres probablemente se debió a una factor trivial pequeño de ~ 1.1 (aproximadamente 10%), pero pueden haber diferencias mayores o menores en los eventos específicos. La diferencia puede deberse a la menor intensidad de la competición para las mujeres más que a diferencias fisiológicas.

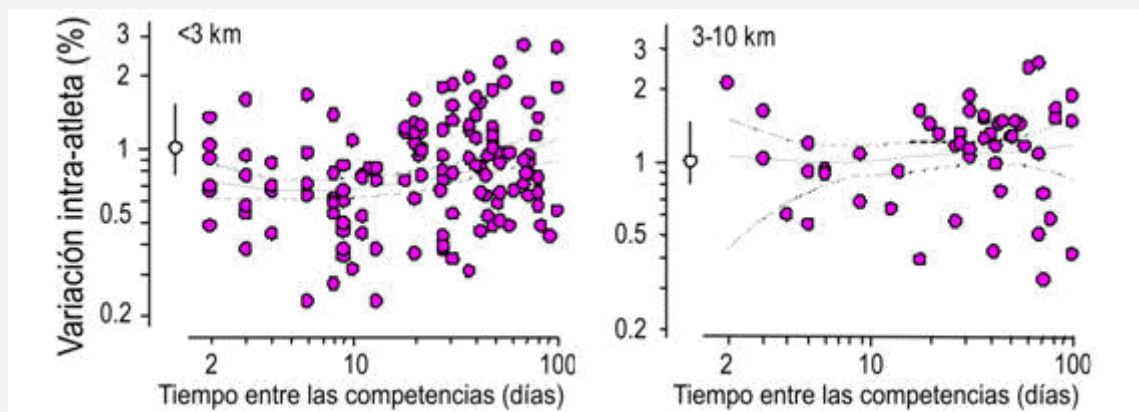
Evento	CV (%)		Cociente (límite de confianza del 90%)
	Mujeres	Hombres	
Carrera <3 km	1.1	0.9	1.2 (1.0-1.4)
Carrera 3-10 km	1.3	1.4	1.0 (0.8-1.3)
Salto en largo y salto triple	1.7	1.6	1.0 (0.7-1.5)
Lanzamiento del disco, la jabalina y la bala	3.2	2.6	1.2 (1.0-1.5)

**Tabla 2.** Variabilidad del rendimiento de mujeres y hombres atletas de pista y campo expresada como coeficiente de variación (CV). La comparación de las variabilidades se muestra como el cociente mujer/hombre.

### Efecto del Tiempo entre las Competencias

Las estimaciones de la variabilidad en los eventos de carrera y carrera con vallas para todos los pares de competencias se muestran en la Figura 1. La mayor parte de la dispersión de los puntos se debe a la variación de muestreo que surge del pequeño tamaño de la muestra en las combinaciones apareadas, como puede verse a partir de la variación esperada para un punto característico.

La variabilidad en los eventos de carreras cortas fue mínima (0.7%) con una semana entre las competencias y máxima con 100 días entre las competencias (1.1%). También se observó una clara tendencia hacia una mayor variabilidad con el incremento del tiempo entre las competencias: por ejemplo el cociente entre los coeficientes de variabilidad de los días 64 y 8 fue de 1.40 (límites de confianza al 90%, 1.16-1.65). El ajuste cuadrático probablemente haya sobreestimado la tendencia para períodos mayores de tiempo entre las competencias, ya que más allá de los ~ 50 días de diferencia entre las competencias puede observarse una evidente estabilización en la variabilidad. Respecto de esto, era de esperarse un pequeño incremento en la variabilidad debido a variaciones en el entrenamiento y la salud de los atletas en un período de semanas, no obstante cabe señalar que estos atletas, al igual que los triatletas (Paton and Hopkins, 2005) probablemente puedan mantener su capacidad de rendimiento durante varios meses.



**Figura 1.** Variación característica en el rendimiento de un atleta entre todos los pares de competencias para eventos de carreras cortas y carreras con vallas (< 3km) y para eventos de carrera de distancias largas (3 -10km), graficada versus el tiempo entre las competencias. Las barras representan las desviaciones estándar que muestran la variación característica del muestreo para una variación verdadera del 1% con una muestra de tamaño promedio (6 atletas). Las curvas se han derivado a partir del ajuste cuadrático con límites de confianza del 90%.

La variabilidad para las carreras de distancias largas también fue mínima (1.0%) con un período de una semana entre las competencias. Sin embargo los límites de confianza fueron demasiado grandes como para permitir extraer cualquier conclusión acerca de una tendencia substancial; por ejemplo, el cociente entre los coeficientes de variabilidad de los días 100 y 8 fue de 1.66 (0.77-1.69).

Evento	CV (%)		Cociente (límite de confianza del 90%)
	Mitad con peor rendimiento	Mitad con mejor rendimiento	
Carreras, carreras con vallas <3 km	1.1	0.8	1.3 (1.1-1.5)
Carreras 3-10 km	1.6	1.1	1.5 (1.2-1.9)
Salto en alto, salto triple	1.7	1.9	0.9 (0.6-1.3)
Salto en largo, salto con garrocha	2.3	2.1	1.1 (0.9-1.4)
Lanzamiento del disco, la jabalina y la bala	2.5	3.3	0.8 (0.6-1.1)

**Tabla 3.** Variabilidad del rendimiento de atletas de pista y campo que se encontraban o en la mitad con rendimiento más bajo o en la mitad con rendimiento más alto en su evento, clasificación que se llevó a cabo incluyendo todas las competencias de la serie de Grand Prix. Las variabilidades están expresadas como coeficientes de variación (CV). La comparación de las variabilidades se muestra como el cociente entre los de peor rendimiento/mejor rendimiento

### Efecto del Nivel del Atleta

Para los eventos de carrera la Tabla 3 muestra que los atletas que se encontraban en la mitad con mejor rendimiento tuvieron una menor variabilidad en su rendimiento. Respecto de esto, otros investigadores han hallado resultados similares con corredores, nadadores y ciclistas, y han atribuido esto a un mejor ritmo de carrera, a una preparación más consistente o a una mayor motivación para aquellos que se encontraron entre los mejores atletas (Hopkins and Hewson, 2001; Stewart and Hop-kins, 2001; Pyne et al., 2004; Paton and Hop-kins, 2005). La más viable de las tres posibles explicaciones expuestas parece ser la tercera: un atleta que en las primeras etapas de la competencia considera que le será difícil conseguir una medalla probablemente reduzca su esfuerzo en el resto de la carrera. La situación es menos clara en los eventos de campo, debido a la incerteza en las estimaciones. Se requieren más datos antes de buscar explicaciones acerca de porque hay mayor variabilidad entre los mejores atletas en los eventos de lanzamientos.

## CONCLUSIONES

---

El principal objetivo de este estudio fue obtener estimaciones de la menor mejora significativa en el rendimiento de atletas de elite en cada uno de los eventos de pista y campo. Dichas estimaciones pueden obtenerse a través de la valoración de la variabilidad en el rendimiento de los mejores atletas en cada evento. Los entrenadores y científicos de las ciencias aplicadas al deporte deberían concentrarse en buscar mejoras tan pequeñas como el 0.3-0.5% para atletas de eventos de pista de nivel elite y de entre el 0.9-1.5% para atletas de campo de nivel elite.

## REFERENCIAS

---

1. Gurland J, Tripathi RC (1971). A simple approximation for unbiased estimation of the standard deviation. *American Statistician* 25(4), 30-32
2. Hopkins WG (2004). How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience* 8, 1-7
3. Hopkins WG, Hawley JA, Burke LM (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31, 472-485
4. Hopkins WG, Hewson DJ (2001). Variability of competitive performance of distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, 1588-1592
5. Hopkins WG, Schabert EJ, Hawley JA (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine* 31, 211-234
6. Paton CD, Hopkins WG (2005). Competitive performance of elite Olympic-distance triathletes: reliability and smallest worthwhile enhancement. *Sportscience* 9, 1-5
7. Pyne D, Trewin C, Hopkins W (2004). Progression and variability of competitive performance of Olympic swimmers. *Journal of Sports Sciences* 22, 613-620
8. Stewart AM, Hopkins WG (2000). Consistency of swimming performance within and between competitions. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32, 997-1001
9. Stewart AM, Hopkins WG (2001). Seasonal training and performance of competitive swimmers. *Journal of Sports Sciences* 18, 873-884

### Cita Original

Will G Hopkins. Rendimiento Competitivo de Atletas de Pista y Campo de Elite: Variabilidad y Menor Mejora Significativa. *Sportscience* 9, 17-20, 2005 ([sportsci.org/jour/05/wghtrack.htm](http://sportsci.org/jour/05/wghtrack.htm))