

## Humanos en la pista y en la playa: implicaciones sobre la velocidad de los dinosaurios

Ruiz, J.<sup>1</sup> y Torices, A.<sup>2</sup>

1: Centro de Biología Molecular, CSIC-Universidad Autónoma de Madrid. E-28049 Cantoblanco. España. [jaruiz@geo.ucm.es](mailto:jaruiz@geo.ucm.es)

2: Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. E-28040 Madrid. España. [atorices@geo.ucm.es](mailto:atorices@geo.ucm.es)

Un tema clásico en paleontología es el cálculo de la velocidad de los dinosaurios a partir de la longitud de zancada observada en los rastros de pisadas fósiles de estos vertebrados. A partir de observaciones de animales moviéndose en libertad, de experimentos con humanos en una playa, y consideraciones teóricas de similaridad mecánica entre animales y estructuras de ingeniería, Alexander (1976) propuso que la velocidad (en metros por segundo) de un animal puede deducirse a partir de su longitud de zancada aplicando la ecuación

$$v \cong 0,25 g^{0,5} \lambda^{1,67} h^{-1,17} = 0,78 \lambda^{1,67} h^{-1,17} \quad (1),$$

donde  $v$  es la velocidad de desplazamiento,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $\lambda$  es la longitud de zancada y  $h$  la altura de la extremidad posterior (medida desde el suelo hasta la articulación de la cadera). Para aplicar esta ecuación a rastros de dinosaurios  $h$  debe estimarse de alguna forma a partir del tamaño y morfología de las icnitas del rastro y de la anatomía de los diferentes tipos de dinosaurios. Más aún, Alexander (1976) propuso utilizar el cociente  $\lambda/h$  deducido a partir de rastros fósiles para distinguir cuando un animal caminaba, trotaba, o corría.

En este trabajo analizamos la relación entre longitud de zancada y velocidad en humanos para poner a prueba la fiabilidad de la ecuación (1), y por tanto de las estimaciones de la velocidad de los dinosaurios basados en rastros fósiles. Los datos procedentes del análisis de competiciones de atletismo constituyen un excelente material de comparación, ya que se han obtenido en condiciones muy bien controladas (Kersting, 1999). Lamentablemente, resulta imposible encontrar información sobre la altura de la cadera en atletas. Sin embargo, las diferencias en la altura de la extremidad inferior en humanos son relativamente pequeñas, y en los estudios de biomecánica deportiva es frecuente el uso de un valor constante (Kersting, 1999), por lo que la relación entre  $\lambda$  y  $v$  puede analizarse en atletas, al menos en primera aproximación, sin tener en cuenta el valor de  $h$ .

Hemos comparado valores parciales de  $v$  en función de  $\lambda$  para varias carreras de 100 metros (correspondientes a la finales de hombres de los Campeonatos del Mundo de Tokio de 1991, de hombres y mujeres de la Copa del Mundo de Barcelona de 1989; Pascua, 1990; Ae *et al.*, 1992), 200 metros (finales de hombres y mujeres de los campeonatos del Mundo de Atenas 1997; Kersting, 1999), y 400 metros (finales de hombres y mujeres de 4 x 400 metros relevos del Campeonato del Mundo de Helsinki de 1983; Mero *et al.*, 1988). Por desgracia, no se hacen medidas parciales de  $v$  y  $\lambda$  en carreras de fondo o medio fondo, lo que limita las comparaciones a los resultados para las pruebas de velocidad.

Los resultados indican similares longitudes de zancada en 100, 200 y 400 metros, pero una importante dispersión de velocidades. En el rango de valores de  $\lambda$  empleados por atletas de 100 y 200 metros, un aumento de  $v$  con el incremento de  $\lambda$  es evidente, mientras que los diez datos de 400 m pueden agruparse en una serie propia, la cual se ajusta excelentemente mediante una regresión polinómica de segundo grado (lo que implica que la velocidad de desplazamiento presenta un máximo para una longitud de zancada de 4,9 m). Para un mismo valor de  $\lambda$  los datos de 400 metros indican velocidades más bajas que los de 100, e incluso

200 metros.

Se puede argumentar que los datos de atletas no son representativos del modo de moverse de personas (u otros animales bípedos) no entrenados para maximizar sus prestaciones deportivas. Por esa razón repetimos el experimento de Alexander (1976) en la playa de La Griega (Colunga), en las cercanías de icnitas de dinosaurios y al pie del Museo del Jurásico de Asturias, con 14 personas andando y corriendo a diferentes velocidades. Cuando se compara las observaciones de velocidad adimensional (equivalente a  $v/(gh)^{1/2}$ ) en función de la zancada relativa ( $\lambda/h$ ), con las predicciones de la ecuación (1) se puede comprobar que el método de Alexander (1976) da excelentes resultados para humanos al paso, mientras que para la carrera aparece una importante dispersión de valores, que es mayor para valores altos de  $\lambda$ .

Hemos comparado los resultados de nuestro experimento en la playa con los datos de atletas, comparando  $v$  y  $\lambda$  (pero no considerando  $h$ ) en ambas muestras, y son absolutamente consistentes entre sí. Resulta muy llamativo que todos los datos considerados conjuntamente se pueden fijar a una regresión exponencial dada por

$$v = 0,79 \lambda^{1,67} \quad (2),$$

prácticamente indistinguible de la ecuación (1) cuando  $h \approx 1$  m (lo cual es aproximadamente válido para humanos; este valor se encontraba entre 0,86 y 1,02 m en nuestra muestra).

Así, nuestros resultados implican que las argumentaciones de Alexander son correctas a rasgos generales. Pero esta comparación también implica que un valor concreto de longitud de zancada, aunque es muy fiable para calcular la velocidad de un animal que camina, no determina de manera única la velocidad de desplazamiento a la carrera. Otros factores, como la frecuencia de zancada (la cual no pueden obtenerse para animales fósiles), deben tenerse en cuenta. Por tanto, los estudios sobre la velocidad de carrera en dinosaurios bípedos (ej. Farlow, 1981), y por extensión en otros grupos de vertebrados fósiles, deben encararse con cautela.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Nieves López por su apoyo, comentarios y por sugerir la idea del experimento descrito en este trabajo, a J. Ignacio Ruiz-Omeñaca, Begoña Arenzana, Valle López y Alejandro González por su asistencia técnica durante la realización del experimento en la playa de La Griega, y a las personas que participaron en dicho experimento, en su mayoría alumnos de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

### Referencias

- Ae, M., A. Ito, A. & Suzuki, M. 1992. The men's 100 metres. *New studies in Athletics* 7, 47-52.
- Alexander, R.McN. 1976. Estimates of the speeds of dinosaurs. *Nature* 261, 129-130.
- Farlow, J.O. 1981. Estimates of dinosaur speeds from a new trackway site in Texas. *Nature* 294, 747-748.
- Kersting, U.G. 1999. Biomechanical analysis of the sprinting events. In: *Biomechanical research project Athens 1997. Final Report* (Eds. G.P. Brüggemann, D.Koszewski & H. Muller). Meyer and Meyer Sport, Oxford, 12-61.
- Mero, A., Luhtanen, P., Komi, P. & Susanka, P. 1988. Kinematics of top sprint (400m) running in fatigued conditions. *Track and Field Quarterly* 88, 42-45.
- Pascua, M. 1990. Carreras de velocidad. In: *Atletismo (I) Carreras y marcha* (Ed. J. Bravo). Comité Olímpico Español, Madrid, 25-78.