



CARTAS AL EDITOR

## Una curva de la vida: modelo matemático de la evolución etaria de la potencia máxima humana

*A life curve: mathematical model of the age evolution of human maximum power*

**José R. López**

Laboratorio de Bio-Ingeniería  
Calle I No. 506, Vedado, La Habana

.....  
\* Autor para correspondencia:  
[jrlopez@gmail.com](mailto:jrlopez@gmail.com)

La Capacidad de Trabajo Físico (CTF) es el mejor indicador singular del estado físico de un ser humano (Shephard *et al.*, 1968). El Consumo Máximo de Oxígeno (CMO) ha sido considerado como la mejor expresión de la capacidad de trabajo físico (Shephard *et al.*, 1968). En 1976, demostré que la Potencia Máxima en Equilibrio (PME) es un mejor indicador de la CTF que el CMO (López, 1978).

En Enero de 1979 encontré y validé un modelo matemático que permite expresar la CTF a partir del tiempo realizado en una carrera de esfuerzo máximo y longitud arbitraria entre 1 y 100 kilómetros (López, 1979a). En igual fecha encontré y evalué la validez de otro modelo que permite calcular el rendimiento potencial, o sea, el que podría lograr una persona esforzándose en cierto grado, cuando en realidad el esfuerzo ha sido diferente. Esto permite calcular pruebas máximas a partir de sub-máximas, con bastante exactitud (López, 1979b).

En 1979, David L. Costill, un fisiólogo norteamericano, publicó una curva de velocidad, en función de la edad, correspondiente a los record mundiales por edades en la carrera de Maratón entonces vigentes. Desde 1987, el Club de corredores experimentales "Andarín Carvajal", el cual fundé en 1979 y oriento desde entonces, comenzó a ordenar la lista de resultados de sus competencias según el por ciento del record mundial de igual edad exacta alcanzado por cada corredor en dicha competencia.

Una edad exacta equivale a calcularla en días y expresarla como años hasta la milésima de año, ya que un día es aproximadamente 3 centésimas de año. En octubre de 1990, estudiando las curvas de los record mundiales de Maratón de ambos sexos, descubrí intuitivamente que esas curvas son parábolas si como abscisa se emplea el logaritmo de la edad en lugar de la edad.

En pocos días, encontré los parámetros de la ecuación, para cada sexo, utilizando los record mundiales de Maratón de 1985, publicados por la revista *Runners World* ajustadas ligeramente para el rendimiento medio de los record mundiales absolutos para las distancias 1 500 m, 5 000 m, 10 000 m, 20 000 m y la Maratón, de 42 195 m.

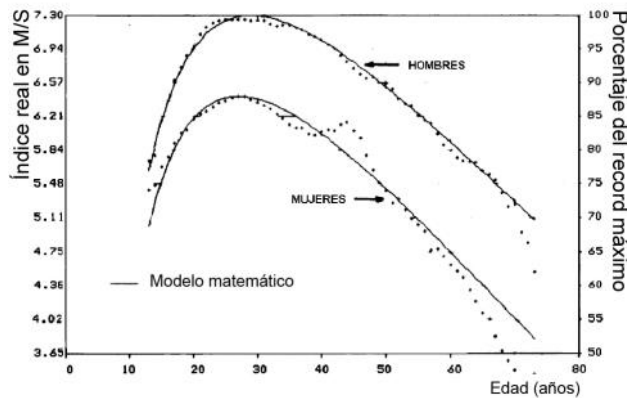
**Recibido:** 2014-01-10

**Aceptado:** 2014-04-15

El viernes 16 de noviembre de 1990, en un extenso artículo en la página 4 del periódico Granma, publiqué en forma de tablas etarias los rendimientos correspondientes a los record mundiales de ambos sexos. Estas tablas fueron calculadas con la ecuación o modelo matemático correspondiente a cada sexo. El 18 de noviembre de 1990, el Maratón de La Habana, premió a los 10 mejores rendimientos etarios, además de sus tradicionales premios absolutos y por grupos de edades.

En la figura 1 se muestran las curvas de rendimiento etario para ambos sexos y el año 1990 en coordenadas lineales. Obsérvese que el descenso, después del alcanzar el máximo entre los 27 y los 29 años, es más lento que el ascenso.

Cabe aclarar, que para trazar los gráficos anteriores y reducir el ruido o variación estadística, utilicé las medias progresivas o móviles para grupos de cinco años. Obsérvese la oscilación que experimenta el ren-



**Figura 1:** Records mundiales de maratón por edades, de 13 a 73 años.

*Figure 1: Maratón World records by age, between 13 to 73 years.*

dimiento etario femenino alrededor de los años de la menopausia. Los mismos datos anteriores, pero trazados en papel semilogarítmico, o sea, el rendimiento en función del logaritmo de la edad dan por resultado gráficos simétricos que parecen parábolas.

Mediante un programa de computación iterativo, encontraré los dos parámetros, además de la edad de máximo rendimiento, que definen la ecuación o modelo matemático, para cada sexo. La ecuación para el sexo masculino es:

$$RME_{\text{masc}} = 7,318 - 2,60 (\text{Log} (E/29))^2$$

... y para el sexo femenino es:

$$RME_{\text{fem}} = 6,5521 - 2,693 (\text{Log} (E/27))^2$$

Donde RME es el record mundial correspondiente a la edad exacta de la corredora de edad E.

Ambas ecuaciones son similares y solo difieren en los valores de sus tres parámetros dependientes en este caso del sexo. Es evidente que si se usa como abscisa el término entre paréntesis esta es la ecuación de una parábola.

La primera aplicación práctica, ya sugerida, de estas ecuaciones es la realización de competencias más justas en las carreras pedestres, ya que la actuación de cada cual se valora contra las posibilidades máximas o record mundiales de una persona de igual sexo y edad exacta. Y más amplias, pues compiten juntas personas de todas las edades y de ambos sexos. La primera aplicación práctica, ya sugerida, de estas ecuaciones es la realización de competencias más justas en las carreras pedestres, ya que la actuación de cada cual se valora contra las posibilidades máximas o record mundiales de una persona de igual sexo y edad exacta. Y más amplias, pues compiten juntas personas de todas las edades y de ambos sexos. En la tabla 1 aparece un ejemplo de la aplicación de estos modelos a los resultados de la carrera por el 34 aniversario del Club Carvajal. Los resultados individuales están ordenados por el por ciento del record mundial alcanzado por cada corredor. Cabe aclarar que las edades de los corredores se calculan en días y se expresan en años con tres cifras decimales para con ella calcular el respectivo RME. Obsérvese que el mayor rendimiento relativo lo obtuvo un hombre de 70,13 años, en quinto y sexto lugar aparecen dos mujeres de 43,67 y 52,27 años, respectivamente, mientras que el último lugar lo obtuvo un hombre de 50,55 años.

Este método puede aplicarse a otras actividades físicas cuyos resultados son prácticamente determinados por la CTF, tal como ocurre en la Natación, el Ciclismo, el Remo, el Patinaje y el Esquí, todos en su modalidad de resistencia.

Más importante aún es que estas ecuaciones permiten seguir la evolución de la CTF de una persona durante años. Cualquier afectación en el estado de salud de la persona se convierte en una reducción de su rendimiento, el cual puede determinarlo con un error del orden del 1%, con una carrera esforzada, o sacrificando un poco la exactitud, mediante una carrera de esfuerzo moderado, si valora el esfuerzo realizado y calcula el correspondiente rendimiento potencial (López, 1979b).

**Tabla 1:** Resultado de la carrera por el 34 aniversario del Club Carvajal (del 13 de mayo de 2012), mostrando el rendimiento alcanzado por cada corredor (en metros por segundo) calculado por la ecuación que aparece en López (1979a); y el Record Mundial de la Edad exacta del corredor (RME), calculado con uno de los modelos matemáticos propuestos, según el sexo del corredor.

**Table 1:** Results of the run competition for the anniversary 34 of the Club Carvajal (May, 13 2012), showing the results of each runner (in meters per second) calculated using equation in López (1979a), and the World Record of the Exact Age (RME), calculated with one of the mathematical models here proposed, according the runner sex.

Nombre	Peso	Temp	Edad	RME	Dist.	TM	TS	IR	IR/RME
Nivaldo Hernández	58,90	22,2	70,133	5,2904	5,0	25	8,1	3,7454	70,7965
Cecilio Castellanos	67,55	22,2	70,470	5,2683	5,0	26	47,8	3,5131	66,6831
José R. López Rguez.	56,99	22,3	74,894	4,9775	1,6	9	19,0	2,9662	59,5920
Roberto Varona	74,54	22,2	52,646	6,3935	5,0	26	2,6	3,6147	56,5372
Susane Martinez	58,00	21,0	43,666	5,9298	3,0	177	36,0	3,0875	52,0669
Nelida Hernandez	0,00	15,0	52,271	5,3770	6,0	44	1,6	2,6015	48,3825
Rafael Lopez Rguez	85,15	15,2	65,396	5,5988	4,0	29	22,5	2,5208	45,0246
Felipe Abel = Iron Boy	53,74	22,3	50,549	6,5153	1,6	10	12,7	2,7059	41,5319
Corredor Medio	64,98	20,3	60,003	5,6688	3,9	23	33,8	3,0944	

El rendimiento etario o %RME, como le llamamos, debe permanecer constante durante toda la vida de las personas, si mantiene un entrenamiento estable. Por supuesto, que si aumenta el entrenamiento aumenta el rendimiento, y viceversa, pero no aumenta proporcionalmente ni indefinidamente. Si se entrena excesivamente el rendimiento o %RME disminuye.

Una disminución brusca y sostenida del rendimiento, sea absoluto o relativo, indica un problema grave de salud, del cual la persona puede no percatarse. Tal reducción de la CTF puede ser incluso un presagio de muerte, tal como he observado en varios casos, en que la persona no hizo caso de la advertencia que se le dio cuanto aún se sentía bien y quiso atribuir la pérdida de rendimiento a factores externos. En un caso, la persona actuó esforzadamente durante años logrando: primero, frenar el descenso; segundo, detenerlo; y tercero volver a ascender, aunque moderadamente. Después de diez años sigue en buena salud. Cabe aclarar, que nunca hubo diagnóstico clínico que explicara la reducción sostenida y notable de la CTF.

Como los record mundiales mejoran de año en año, aunque sea muy poco en realidad, ya resulta necesario actualizar los parámetros de las ecuaciones después de casi 24 años. Varias veces he estado a punto de enfrentar la tarea, pero lo he pospuesto presionado por otras, y con casi 76 años de edad, creo que en realidad les dejaré este trabajo a mis sucesores.

Por todo lo anterior, sugiero que en investigaciones médicas y biológicas con humanos - y hasta quizás con animales y plantas- puede ser preferible usar el logaritmo de la edad en lugar de la edad expresada en días, semanas meses o años. Pienso que, de esta forma, surgirían modelos matemáticos trascendentes en lugar de polinomios que nada informan de la naturaleza de la relación entre el tiempo y la variable estudiada.

**LITERATURA CITADA**

Costill, D. L (1979): A Scientific Approach to Distance Running. *Track & Field News, USA* 11:12-15.

López, J. R. (1978): La Máxima Potencia en Equilibrio, una medida de la Capacidad de Trabajo Aerobio. *Boletín Científico-Técnico INDER-CUBA* 2: 5-18.

López, J. R. (1979a): Ecuación para evaluar carreras. *Boletín Científico-Técnico INDER-CUBA* 2: 5-20.

López, J. R. (1979b): Valoración de percepciones en las carreras de resistencia. *Boletín Científico-Técnico INDER-CUBA*. 4: 5-25.

Shephard. R. J., C. Alien, A.J.S. Benade, C. T. M. Davies *et al.*, (1968) Simmons (1968): The Maximum Oxygen Intake. *Bulletin of the World Health Organization* 38: 757-764.



Editor para correspondencia: Martha Pérez Álvarez