

# Peso en adolescentes del estudio longitudinal de Caracas. Modelo Preece-Baines 1\*

Isbelia Izaguirre de Espinoza<sup>1</sup>, M. López-Blanco<sup>2</sup>, C. Tomei<sup>1</sup>

**RESUMEN** Con Preece Baines (PBI) se ajustó el peso en una submuestra de 46 varones y 34 niñas del Estudio Longitudinal de Caracas con eventos puberales según la gráfica de velocidad. Las variables biológicas, del modelo: edad de arranque (EA) y pico de velocidad máxima (PVM), se contrastaron con las del método gráfico en las edades de mínimo incremento anual prepuberal y máximo incremento puberal, con una "t" para muestras disímiles de  $p < 0,05$ . EA por PB1 fue: 10,5 en varones y 9,5 en niñas, significativamente más temprano (0,9) y 0,5 años) que la EA gráfica, y con velocidades más altas 3,3 y 2,9 kg/año. El PVM por PB1 de 13,9 en varones y 12,4 en niñas, fue más tardío que por el gráfico y significativo en niñas (0,8 años), con velocidad de 8,7 kg/año en varones y 7,3 kg/año en niñas. El modelo PB1 ajustó bien los datos venezolanos, únicamente en la edad de arranque. *An Venez Nutr* 1992;5:49-52

**PALABRAS CLAVE:** Pubertad, crecimiento, desarrollo infantil, estudios longitudinales, modelos, ajuste.

## Introducción

Como resultado de la íntima relación que existe entre los factores genéticos y los factores ambientales, resulta un adulto con ciertas características que pueden ser detectadas durante su crecimiento. El análisis de una curva de crecimiento nos permite determinar una serie de hechos biológicos, los cuales varían poco durante la etapa de la niñez pero se hacen más evidentes en la pubertad. Estas diferencias están determinadas por la maduración característica de cada niño, es decir, cada niño tiene su propio "tempo" o ritmo de maduración.

La época puberal se caracteriza por una gran variabilidad, no sólo en su inicio, sino también en su duración y en la secuencia de aparición de los eventos que la caracterizan; estas diferencias son más evidentes cuando se comparan los dos sexos. Se puede decir entonces que el crecimiento es predecible dentro de ciertos límites y que esa predictibilidad depende del sexo, de la edad y del "tempo" o ritmo de maduración individual.

A través de una curva de crecimiento en talla o peso, podemos caracterizar algunos de estos eventos puberales como son: el inicio del brote puberal llamado también "edad de arranque (EA), se define así a la edad en la cual la ganancia de talla o peso prepuberal es menor y el "pico de velocidad máxima" (PVM) o edad en la cual la velocidad de ganancia puberal en talla o peso alcanza su máxima expresión. Estas curvas de crecimiento se obtienen gráficamente o a partir de ajustes por modelos matemáticos, los cuales estiman además los parámetros biológicos que caracterizan el período puberal.

El modelo matemático Preece-Baines 1: PB1 (1) fue diseñado para ajustar datos individuales tomados en forma longitudinal, pero también se usa para comparar poblaciones, grupos poblacionales y la relación que existe entre la talla y el peso con otros indicadores de maduración (2-6). Tanner y col. (7) demostraron que este modelo es adecuado en el ajuste de curvas de crecimiento de medias poblacionales resultantes de estudios transversales, y se puede aplicar para estimar el máximo incremento anual promedio (equivalente al pico de velocidad máximo individual), el cual es el mejor indicador del "tempo" o ritmo de maduración. Para describir el patrón de diferencias que existen en el crecimiento entre poblaciones, se considera que este modelo matemático es más adecuado que los métodos estadísticos habituales (8).

En el ajuste de curvas individuales, se ha utilizado ampliamente entre distintos grupos poblacionales, con el fin de comparar los parámetros derivados de la curva y

1. Departamento de Auxología y Técnicas Auxiliares, División de Investigaciones Biológicas, Fundacredesa.
2. División de Investigaciones Biológicas, Fundacredesa. Profesor Asociado Universidad Simón Bolívar.

Solicitar copias a: Isbelia de Espinoza, Fundacredesa. Apartado 61660. Caracas 1060-A.

\* Investigación financiada parcialmente por la subvención SI-541 de CONICIT, por la Fundación Polar y Fundación Cavendes, con el apoyo de Fundacredesa.

también la relación entre ellos y otras variables fisiológicas, como es el caso de capacidad aeróbica (9) y la menarquía (10,11). En Venezuela, este modelo de ajuste de curvas se ha aplicado en forma individual a datos de la variable talla en una submuestra del Estudio Longitudinal de Caracas (12) y en datos transversales derivados del Proyecto Venezuela (13,14).

Diversas publicaciones realizadas en nuestro país señalan un patrón de crecimiento y maduración diferente del venezolano cuando se le compara con referencias internacionales; este patrón se caracteriza por un adelanto en la edad ósea, un inicio puberal, edad de la menarquía y edad de máximo incremento en talla y peso más tempranos (15-17).

El objetivo principal de este trabajo es presentar los parámetros biológicos derivados del ajuste de la curva de peso de los púberes del Estudio Longitudinal de Caracas (ELAMC), modelada con el método de Preece-Baines 1 (1) y su comparación con los datos obtenidos gráficamente de la curva sin ajustar.

### Materiales y métodos

**Muestra:** La muestra analizada en este trabajo corresponde a 80 jóvenes: 46 varones y 34 niñas que formaron parte del Estudio Longitudinal de Caracas (ELAMC) realizado entre los años 1976-1982 (15).

**Metodología:** Los eventos puberales analizados: edad de arranque (EA) y pico de velocidad máxima (PVM) fueron obtenidos de la curva gráfica de velocidad de peso (18), tomando en consideración todas las visitas. Como inicio del brote puberal o edad de arranque se tomó la edad en la cual la ganancia de peso prepuberal fue menor y la edad en la cual la ganancia de peso puberal alcanzó su máxima expresión se denominó "edad de pico de velocidad máxima" (19). Como peso adulto (PAD) se consideró el peso de 29 varones y 15 niñas con una edad de 18 años a quienes fue posible realizar esta medición. Las curvas individuales se ajustaron con el modelo matemático Preece-Baines 1 (1); se usó el Programa Growth Package, el cual ejecuta el ajuste por el método de optimización no lineal de Nelder-Mead y el algoritmo de Olsson y Nelson (20). La calidad del ajuste se midió mediante el estudio de los residuales, con el promedio de las medias de las sumas de los cuadrados, donde se obtuvo un valor medio de 0,5993 para los varones y 0,7442 para las niñas; la prueba de rachas no fue significativa a nivel del 5% en cada uno de los casos individuales ajustados por PB1. Los parámetros biológicos se identificaron con las siguientes siglas:

PAD:	Peso en adulto.
EA:	Edad de arranque.
EPVM:	Edad de máxima ganancia o edad de pico de velocidad máxima.
PEA:	Peso en la edad de arranque.

PEPVM:	Peso en la edad de máxima ganancia.
VEL EA:	Velocidad en la edad de arranque.
VEL EPVM:	Velocidad en la edad de máxima ganancia.
PEA-PEPVM:	Incremento puberal de peso desde EA hasta EPVM.
PEPVM-PAD:	Incremento puberal de peso desde EPVM hasta edad adulta.
PEA-PAD:	Ganancia puberal.
%PAD en EA:	Porcentaje de peso adulto alcanzado en EA.
%PAD en PVM:	Porcentaje de peso adulto alcanzado en EPVM.

Se calculó la media y la desviación típica para los parámetros biológicos derivados de la gráfica y para los parámetros biológicos derivados de la función PB1. Se aplicó una prueba "t" para muestras independientes y se fijó un nivel de significación del 5% (21).

### Resultados

En los Cuadros 1 y 2, se presentan las medias y las desviaciones típicas de los parámetros biológicos obtenidos por el método gráfico y los derivados del modelo PB1.

Se observó que por el método gráfico los varones iniciaron el brote puberal (EA) a los 11,4 años de edad, con un peso de 40,2 kg, la velocidad de ganancia era de 2,3 kg/año y en ese momento habían alcanzado el 57% de su peso adulto. La máxima ganancia en peso (PVM) ocurrió a los 13,6 años con una velocidad de 8,6 kg/año; pesaban a esa edad, 53,1 kg y habían alcanzado el 74% de su peso adulto. La ganancia de peso fue de 6,5 kg entre el inicio del brote puberal y la edad de máxima velocidad y entre ésta y la edad adulta fue de 20,3 kg. El peso adulto fue de 71,0 kg en promedio.

Las niñas iniciaron el brote puberal a los 10,0 años, con una velocidad de peso de 2,2 kg/año, un peso de 33,1 kg y habían alcanzado el 59,0% de su peso adulto. La edad de PVM ocurrió a los 11,7 años, con una velocidad de 7,0 kg/año, un peso de 39,6 kg y habían alcanzado el 76% de su peso adulto. La ganancia de peso fue de 7,9 kg entre el momento de inicio del brote puberal y la EPVM y entre ésta y la edad adulta fue de 12,6 kg. El peso adulto en promedio fue de 53,8 kg.

Por el método PB1, los varones iniciaron el brote puberal a los 10,5 años, con una velocidad de 3,3 kg/año y un peso de 36,8 kg, a esa edad habían alcanzado el 56% de su peso adulto. La máxima ganancia en peso ocurrió a los 13,9 años, con una velocidad de 8,7 kg/año, pesaban a esa edad 55,5 kg y habían alcanzado el 82% de su peso adulto; la ganancia entre el inicio del brote puberal y la EPVM fue de 15,7 kg y entre ésta y la edad adulta, de 12,3 kg. El peso adulto en promedio fue de 67,3 kg.

Las niñas, por el modelo PB1, iniciaron el brote

**Cuadro 1**  
Parámetros biológicos de peso en una submuestra del ELAMC.  
Comparación de métodos

Parámetros biológicos	Varones				Ajuste PB1	
	n	Gráfico		$\Delta$	$\bar{X}$	DE
		$\bar{X}$	DE			
PAD (kg)	29	71,02	12,72	3,69	67,33	9,32
EA (años)	38	11,44	1,35	0,91*	10,53	1,18
EPVM (años)	46	13,63	0,73	-0,32	13,95	0,78
PEA (kg)	38	40,25	10,30	* 3,44	36,81	9,06
PEPVM (kg)	46	53,12	9,55	-2,39	55,51	9,05
VEL-EA (kg/año)	38	2,33	1,18	-0,93*	3,26	1,08
VEL-EPVM (kg/año)	46	8,59	2,14	-0,11	8,70	2,06
PEA-PEPVM (kg)	13	6,55	3,50	-9,13	15,68	2,80
PEPVM-PAD (kg)	14	20,31	8,70	8,03	12,28	3,30
PEA-PAD (kg)	20	30,99	10,12	1,54	29,45	6,96
%PAD en EA	20	56,67	9,56	0,52	56,05	8,79
%PAD en EPVM	14	73,71	7,32	-8,58	82,29	4,70

\* significativo para  $p < 0,05$ .

puberal a los 9,5 años con una velocidad de 2,9 kg/año, pesaban a esa edad 31,3 kg y habían alcanzado el 57% de su peso adulto. La edad de PVM ocurrió a los 12,4 años, con una velocidad de 7,3 kg/año, pesaban en esa edad 44,0 kg y habían alcanzado el 81% de su peso adulto. La ganancia en peso entre el inicio del brote puberal y la EPVM fue de 14,3 kg y entre ésta y la edad adulta, de 10,2 kg. El peso adulto en promedio fue de 54,3 kg.

**Cuadro 2**  
Parámetros biológicos de peso en una submuestra del ELAMC.  
Comparación de métodos

Parámetros biológicos	Niñas				Ajuste PB1	
	n	Gráfico		$\Delta$	$\bar{X}$	DE
		$\bar{X}$	DE			
PAD (kg)	15	53,85	4,00	-0,45	54,30	3,89
EA (años)	33	10,02	0,60	0,48*	9,54	1,02
EPVM (años)	34	11,66	1,26	-0,76*	12,42	0,78
PEA (kg)	33	33,14	5,90	1,79*	31,35	6,89
PEPVM (kg)	34	39,60	5,90	-4,40	44,00	4,59
VEL-EA (kg/año)	33	2,20	1,10	-0,72*	2,90	0,93
VEL-EPVM (kg/año)	34	7,00	1,50	-0,34	7,34	2,32
PEA-PEPVM (kg)	14	7,90	3,70	-6,37	14,27	3,23
PEPVM-PAD (kg)	10	12,61	4,90	2,41	10,20	2,40
PEA-PAD (kg)	8	22,72	2,60	-0,72	23,44	4,12
%PAD en EA	8	58,90	4,63	1,46	57,44	8,21
%PAD en EPVM	10	76,41	8,50	-4,70	81,11	4,61

\* significativo para  $p < 0,05$ .

### Discusión y conclusiones

Al comparar los parámetros biológicos obtenidos del método gráfico con los derivados del modelo PB1, encontramos al igual que otros autores (13,14) una edad de inicio del brote puberal en los jóvenes caraqueños en edades más tempranas; este hallazgo es lo esperado ya que en todo ajuste de curvas se describe este fenómeno (2). Además, cuando se analizó la variable talla, utilizan-

do los mismos métodos, en jóvenes de este estudio (12), se contró una edad de inicio del brote puberal derivada del ajuste PB1 más temprana que la obtenida por el método gráfico.

Las diferencias encontradas en los varones en la edad de máxima velocidad en peso, son menores; por el contrario, en las mujeres resultaron estadísticamente significativas más tardías por el ajuste PB1; esta edad fue similar a la reportada en las mujeres rurales del Proyecto Venezuela, quienes por este modelo tienen un comportamiento parecido a las británicas de referencia (14). La ganancia de peso en la EPVM fue similar por ambos métodos, este hallazgo difiere a lo reportado por otros autores, quienes han encontrado que la velocidad de ganancia de peso derivada, el modelo PB1 es de menor magnitud que la obtenida por el método gráfico (2).

Se puede concluir en que el modelo PB1 es adecuado para la obtención de parámetros biológicos característicos durante el crecimiento puberal, y que dentro de ellos la EPVM adquiere características importantes, ya que refleja el "tempo" o ritmo de maduración. Se demuestra una vez más que los jóvenes venezolanos tienen un ritmo de maduración dentro de la variabilidad biológica esperada, pero que difieren de las normas de referencia hasta ahora utilizadas (20,23) durante la pubertad. El inicio del brote puberal en edades más tempranas reportado en los estudios realizados en esta misma muestra (15,24) es consistente con el patrón de maduración temprana encontrado por otros investigadores venezolanos (17,25-29). Estos hallazgos justifican la utilización de normas de referencias en crecimiento y maduración nacionales.

### Referencias

1. Preece MA, Baines MJ. A new family of mathematical models describing the human growth curve. *Ann Hum Biol* 1978;5:1-24.
2. Preece MA. Analysis of the human growth curve. En: *Pediatrics and Growth, Scientific Proceedings of the 5th Unigate Workshop*. Ed D Barltrop, London: Fellowship of Postgraduate Medicine 1978;77-86.
3. Hauspie RC, Wachholder A, Baron G, Cantraine F, Susanne C, Graffar M. A comparative study of the fit of four different functions to longitudinal data of growth in height of Belgian girls. *Ann Hum Biol* 1980;7:347-58.
4. Hauspie RC, Das SR, Preece MA, Tanner JM. A longitudinal study of the growth in height of boys and girls of West Bengal (India) aged six months to 20 years. *Ann Hum Biol* 1980;7:429-41.
5. Brown T, Townsend GC. Adolescent growth in height of Australian Aborigines analyzed by the Preece-Baines function: a longitudinal study. *Ann Hum Biol* 1982;9:495-505.
6. Billewicz WZ, Mc Gregor IA. A birth-to-maturity longitudinal study of heights and weights in two West

- African (Gambian) villages, 1951-975. *Ann Hum Biol* 1982;9:109-320.
7. Tanner JM, Hayashi T, Preece MA, Cameron N. Increase in length of leg relative to trunk in Japanese children and adults from 1957 to 1977: comparison with British and with Japanese Americans. *Ann Hum Biol* 1982;9:411-23.
  8. Tanner JM. Growth as mirror of the condition of society: Secular trends and class distinctions. En: *Human Growth, a Multidisciplinary Review*. Ed A Demirjian Taylor and Francis, London-Filadelphia 1986;3-34. \*
  9. Mirwald RL, Bailey DA, Cameron N, Rasmussen RL. Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys age 7.0 to 17.0 years. *Ann Hum Biol* 1981;8:405-14.
  10. Zacharias L, Rand WM. Adolescent growth in height and its relation to menarche in contemporary american girls. *Ann Hum Biol* 1983;10:209-22.
  11. Zacharias L, Rand WM. Adolescent growth in weight and its relation to menarche in contemporary american girls. *Ann Hum Biol* 1983;4:369-86.
  12. Izaguirre de Espinoza I, López Contreras-Blanco M, Macías Tomei C. Crecimiento puberal en las niñas del Estudio Longitudinal de Caracas. Modelo Preece-Baines. *An Venez Nutr* 1989;2:57-60.
  13. López Contreras-Blanco M, Landaeta-Jiménez M, Espinoza I, Tomei C, Méndez Castellano H. Diferencias regionales en la talla de los venezolanos. *Fundacredesa*. Caracas 1989;3-6.
  14. López Contreras M, Landaeta-Jiménez M, Méndez Castellano H. Urban-rural differences in the growth status of Venezuelan children. *Am J Hum Biol* 1992;4:105-13.
  15. López Contreras-Blanco M, Izaguirre-Espinoza I, Macías-Tomei C. Estudio longitudinal mixto del Area Metropolitana de Caracas. *Arch Ven Puer Ped* 1986;49:156-71.
  16. López Contreras-Blanco M, Izaguirre-Espinoza I. Estudio del crecimiento y desarrollo en Venezuela. Comparación con las Normas de Referencia Británicas. *Arch Ven Puer Ped* 1986;49:172-85.
  17. López Contreras-Blanco M, Landaeta-Jiménez M, Izaguirre-Espinoza I, Macías-Tomei C. Crecimiento y maduración de los venezolanos de las regiones zuliana, centro occidental, nororiental y del área metropolitana de Caracas. En: *La familia y el niño iberoamericano y del Caribe*. Ed Ex-Libris. Caracas 1991:181-97.
  18. Tanner JM, Whitehouse RH, Takaishi M. Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity. British children. *Arc Dis Chil* 1966;41:454-71.
  19. Tanner JM, Whitehouse RH, Marubini E, Resele LF. The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth study. *Ann Hum Biol* 1976;3:109-26.
  20. Brow T. The Preece-Baines growth function demonstrated by personal computer: a teaching and research aid. *Ann Hum Biol* 1983;10:487-89.
  21. Spiegel MR. *Estadística*. México: Futura SA. Serie Schaum, 1983;11:188.
  22. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 1969;44:291-303.
  23. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 1970;45:13-23.
  24. Izaguirre de Espinoza I, Macías de Tomei C, López Contreras M. Estimación de la edad de la menarquía en un estudio longitudinal. Comparación de Métodos. *Act Cient Venez* 1989;40:215-21.
  25. Kohn de Brief I. Edad de la menarquía en estudiantes venezolanas residenciadas en el Area Metropolitana de Caracas. Caracas. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Economía, Escuela de Sociología y Antropología 1972;5-35.
  26. Tovar E, Contreras C. Edad de la menarquía en la zona metropolitana. *Act Med Venez* 1976;23:119-21.
  27. Pereira de Limongi I. El desarrollo puberal de los adolescentes venezolanos. *Act Cient Venez* 1977;28:160-74.
  28. Pereira de Limongi I, Izaguirre de Espinoza I, Mila de la Roca A. El desarrollo sexual de escolares del Area Metropolitana de Caracas. *Act Cient Venez* 1980;31:296-300.
  29. Farid de Coupal N, López Contreras M, Méndez Castellano H. The age of menarche in Carabobo, Venezuela, with a note in the secular trend. *Ann Hum Biol* 1981;(8)3:283-8.

## Pubertal growth in weight in children from the Caracas longitudinal study. Preece-Baines Model 1

**ABSTRACT** Preece-Baines Model 1 (PB 1) was used for fitting longitudinal weight data and for estimating the biological parameters of puberty, including peak height velocity (PHV), age at PHV and age at take-off (ATO) of 46 boys and girls from the Caracas Longitudinal Study. This paper compares the estimated biological parameters with the corresponding ones derived from the unfitted individual curves. Means and deviations were calculated and t-testing was performed with a 5% significance. PB1 ATO occurred at 10.5 year in boys and 9.5 years in girls, significantly earlier than graphical ATO, with significantly higher velocities. PB1 PHV occurred at 13.9 years in boys and 12.4 years in girls and was significantly later in these last as compares to the graphic PHV. PB1 model fitted well the data; ATO was subestimated as expected. *An Venez Nutr* 1992;5:49-52

**KEY WORDS:** Adolescence, growth in weight, child development, longitudinal studies.