

ARTICULOS ORIGINALES

Predicción de la estatura en edad adulta a partir de la madurez ósea en niños chilenos: una aproximación a través de regresión múltiple.

Drs. MAURICIO CANALS L.*, LUCIA CIFUENTES O.***, ALFREDO AVENDAÑO B.**,
CARLOS VALENZUELA Y.*** y Sr. MARCELO LLANCAQUEO V.****

RESUMEN

Se calculan las ecuaciones de predicción de la relación $R = 10^5$ (estatura actual/estatura final) a partir de una muestra de niños seguidos desde los 6 a los 20 años de edad que pertenecen a los estratos socioeconómicos medio y bajo del Área Metropolitana Norte de Santiago. Se usó el método de regresión múltiple, usando como predictores la edad cronológica y la madurez ósea calculada por los métodos de Greulich y Pyle y de Tanner y Whitehouse.

SUMMARY

The predictive equations of the relationship $R = 10^5$ (actual height/adult height) were calculated from a sample of children aged from 6 to 20 years. They were taken from the middle and low socioeconomic strata of the northern District of the Metropolitan Region. We used the multiple regression method using the chronological age and the skeletal maturity as predictors.

INTRODUCCION

Una consulta frecuente en Pediatría se refiere a la predicción estatural de los niños, cuando alcancen la etapa adulta.

Numerosos autores han desarrollado tablas que intentan predecir la estatura final, mediante distintos métodos, todos ellos basados de alguna manera en la madurez ósea; su relación con la edad cronológica y la estatura al momento de consulta.¹⁻² En Chile no contamos con tablas apropiadas de esta naturaleza, de manera que las aproximaciones que se pueden dar están limitadas por las características propias de la población nacional respecto a los modelos extranjeros disponibles.³

En trabajos anteriores hemos descrito el patrón de maduración ósea de la muñeca y mano de niños chilenos de la población del Área Norte de Santiago⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷⁻⁸ y se han descrito las variables antropométricas de estos mismos niños⁹ lo que nos suministra una abundante información para el cálculo de ecuaciones predictivas de la estatura final. Esto último constituye el objetivo de este trabajo.

POBLACION Y METODO

La muestra ha sido descrita⁷⁻⁸ y pertenece al seguimiento longitudinal que se realiza en el Área Norte de Santiago.³ Los niños de este seguimiento concurren semestralmente en forma voluntaria y se les tomó una radiografía de mano izquierda en el Servicio de Radiología del Hospital Roberto del Río o del Hospital San José, se les midió y pesó en el Centro de Crecimiento y Desarrollo.

Las radiografías fueron evaluadas por uno de los autores (MC) mediante el método de Greulich y Pyle y el de Tanner y Whitehouse.

* Médico Radiólogo.

** Médico Pediatra, Departamento de Pediatría, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

*** Médico Genetista, Departamento de Biología Celular y Genética Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

**** Interno, Carrera Medicina U. de Chile, División Ciencias Médicas Norte.

Trabajo financiado parcialmente por Grant DIB: M, 050, M797, M2342. U. de Ch. y por el Servicio de Salud Metropolitano Norte.

De esta manera se contó para el estudio con una muestra final de 240 hombres y 319 mujeres entre las edades 71 y 181 meses ($\bar{x} = 120,5$) los primeros y entre 54 y 186 meses ($\bar{x} = 119,2$) las segundas. La información está compuesta por la edad cronológica (ECR), la edad según el método de Greulich y Pyle (EGP), el recuento de Tanner y Whitehouse (TW), la estatura actual (EA) y la estatura final (Ef).

Se definió la relación R como $R = 10^5 \cdot EA/Ef$, y se determinaron para hombres y mujeres los planos de regresión múltiple usando como predictores primero ECR y TW (modelo I), y luego ECR y EGP (modelo II).

Se realizó análisis de la varianza para las regresiones, determinándose los coeficientes de correlación y determinación.

Finalmente se estudió la varianza de las predicciones y su desviación típica. Se determinaron las desviaciones correspondientes al intervalo de confianza del 95% (D) en fun-

ción de la edad cronológica en forma aproximada mediante interpolación lineal entre las desviaciones mínima y máxima. El cálculo exacto de las desviaciones es poco práctico y sus expresiones se exponen en el apéndice A.

RESULTADOS

Los planos de regresión para los hombres son:

I) $R = 213.011158 \cdot ECR + 19.226547 \cdot TW + 47543.763474$, con coeficiente de correlación $r = 0,967$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0,935$ ($F = 1710$, $p \leq 0,01$).

II) $R = 240.281549 \cdot ECR + 67.78411 \cdot EGP + 48792.179188$, con coeficiente de correlación $r = 0,960$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0,921$ ($F = 1340$, $p \leq 0,01$).

Las Figuras 1 y 2 muestran los valores observados vs valores predichos para las regresiones (I) y (II).

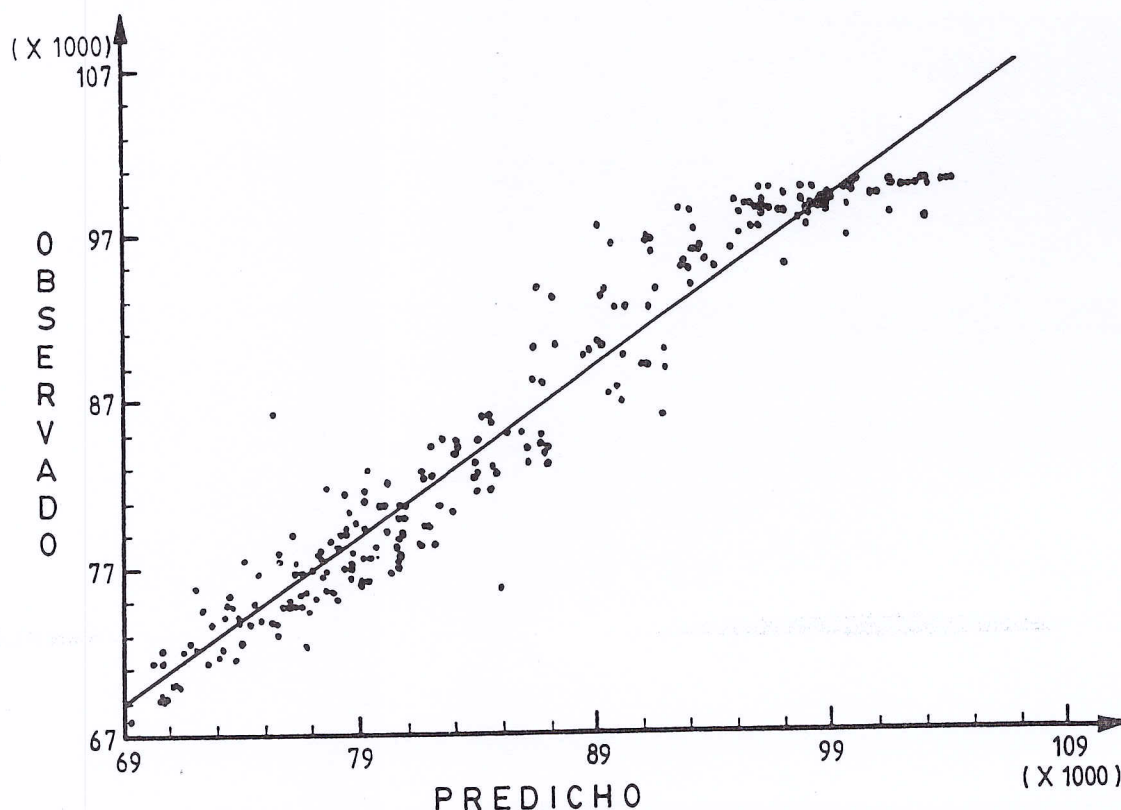


Figura 1. Valor observado vs valor predicho para el modelo I en hombres.

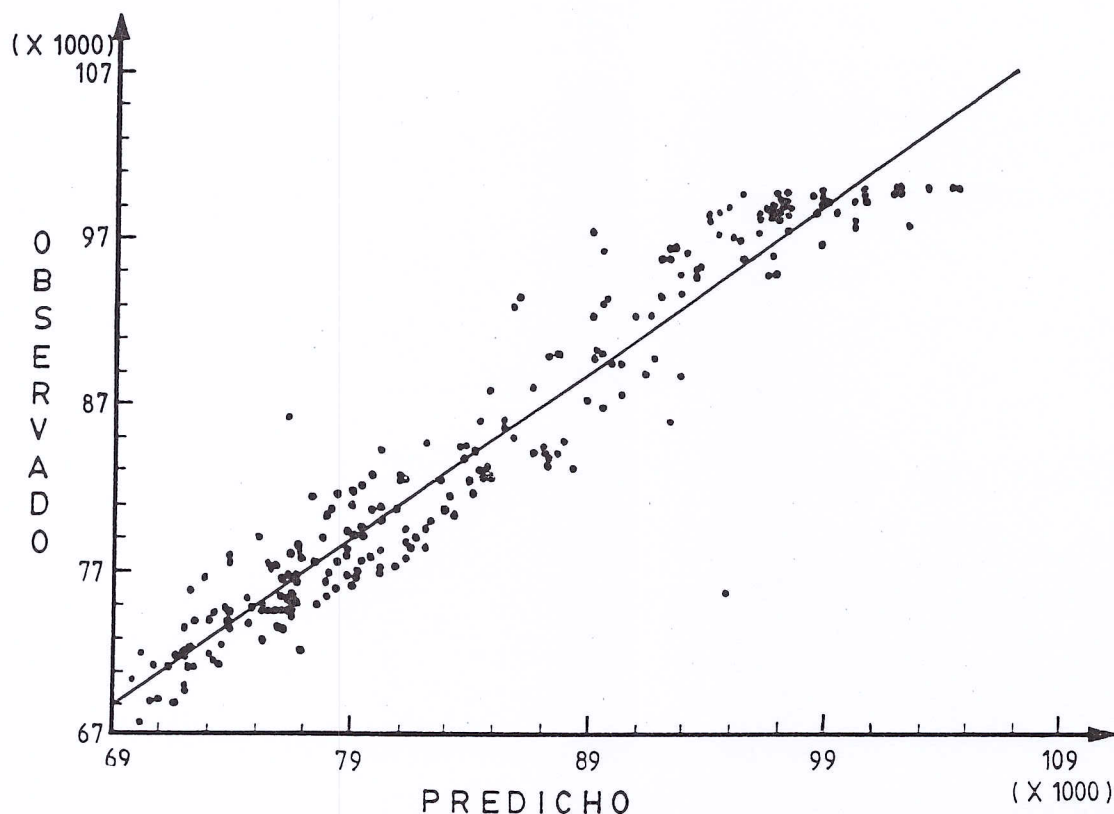


Figura 2. Valor observado vs valor predicho para el modelo II en hombres.

Tabla N° 1

Desviaciones aproximadas en la estimación de R para un 95% de confianza: Hombres

Edad (meses)	Modelo I (R vs ECR, TW)	Modelo II (R vs ECR, EGP)
90	475	580
100	387	504
110	301	427
120	214	351
130	301	427
140	387	504
150	475	580

La Tabla 1 muestra las desviaciones aproximadas para el 95% de confianza según la edad para ambos modelos.

Los planos de regresión para las mujeres son:

I) $R = 279.51527 \cdot ECR + 0.533337 \cdot TW + 55763.417465$, con coeficiente de correlación $r = 0,939$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0,883$ ($F = 1196$, $p \leq 0,01$).

II) $R = 209.807252 \cdot ECR + 66.726993 \cdot EGP + 56803.431392$, con coeficiente de correlación $r = 0,943$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0,890$ ($F = 1284$, $p \leq 0,01$).

Las Figuras 2 y 3 muestran los valores observados vs valores predichos para estas regresiones.

La Tabla 2 muestra las desviaciones aproximadas para el 95% de confianza según la edad para ambos modelos.

DISCUSION

En todas las regresiones se observan altos coeficientes de correlación y determinación. Estos últimos nos muestran que entre un 88 y un 97% de la variabilidad encontrada en la estatura es explicada por los predictores (ECR, TW y EGP).

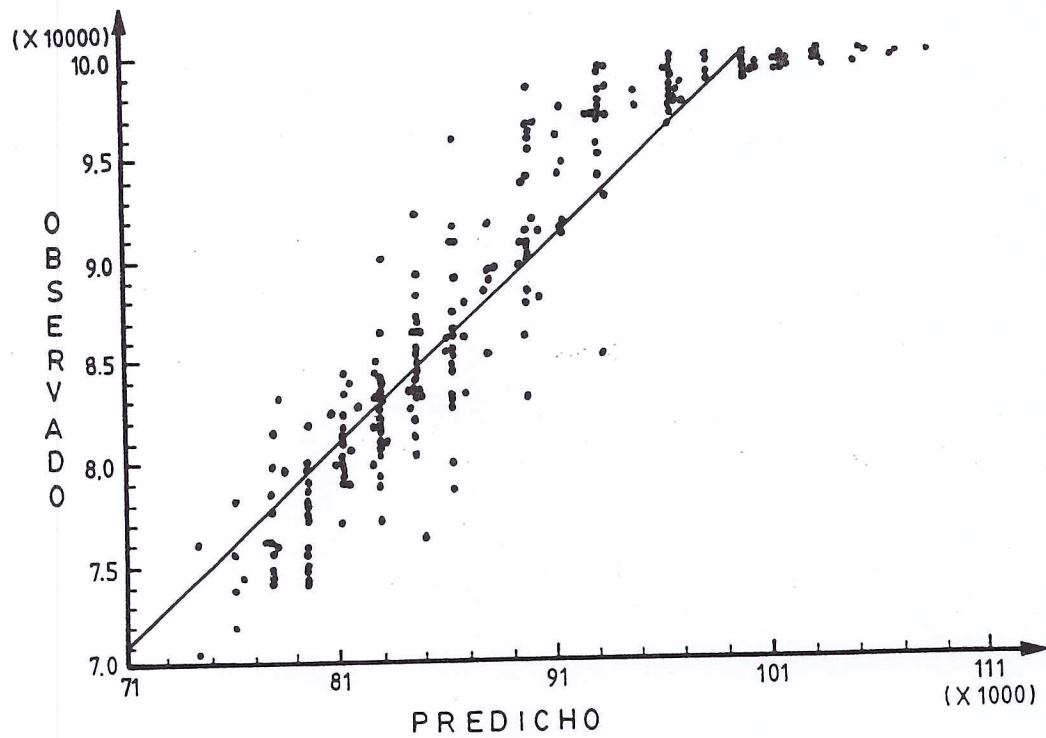


Figura 3. Valor observado vs valor predicho para el modelo I en mujeres.

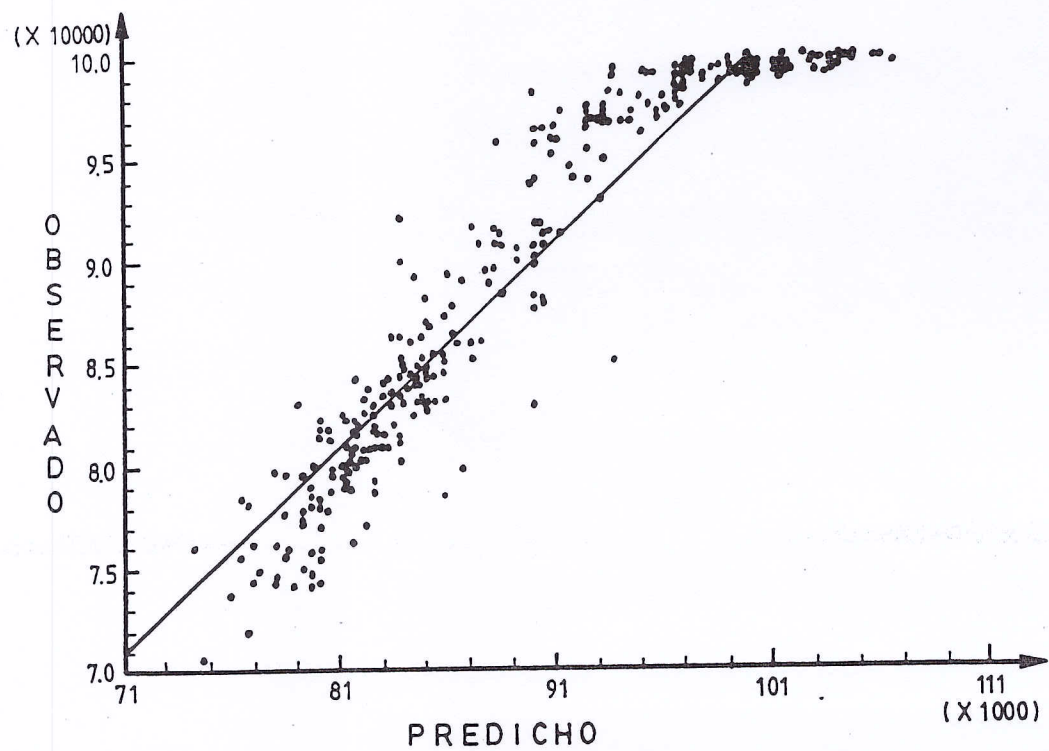


Figura 4. Valor observado vs valor predicho para el modelo II en mujeres.

Tabla N° 2

Desviaciones aproximadas en la estimación de R
para un 95% de confianza: Mujeres

Edad (meses)	Modelo I (R vs ECR, TW)	Modelo II (R vs ECR, EGP)
90	546	657
100	473	542
110	400	428
120	327	314
130	400	428
140	473	542
150	546	657

Los modelos de los hombres presentan un mejor ajuste que los de las mujeres pues estos presentan una menor varianza residual.

El ajuste de los modelos si bien es bueno, presenta regiones de mejor predicción, que son consecuencia del intervalo etario considerado para este estudio. La mejor predicción se encuentra en las regiones cercanas a la edad media de las muestras, es decir alrededor de los 120 meses.

El estudio de la varianza nos muestra que las desviaciones para un intervalo de confianza del 95% aumentan mientras más nos alejamos de la media por lo que no es recomendable el uso de las ecuaciones fuera del intervalo etario entre los 96 y 144 meses.

Las evaluaciones según el método de Greulich y Pyle y según Tanner y Whitehouse dan modelos con semejante coeficiente de correlación, sin embargo se recomienda el uso del modelo I, pues ya hemos señalado los problemas que presenta el método de Greulich y Pyle^{4, 5, 6, 7, 8} y es conocida la alta variabilidad en la evaluación de una misma radiografía por un mismo observador o por varios de ellos con este método.¹⁰

Creemos que el cálculo de la predicción y de su intervalo de confianza es bastante sencillo (ver apéndice B) y la varianza residual es pequeña, de manera que la aplicación de estas ecuaciones en el intervalo etario definido puede constituir un método bastante adecuado para estimar la estatura final de un niño de la población Area Metropolitana Norte y probablemente de la gran mayoría

de la población nacional, exceptuando los grupos étnicos específicos.³

APENDICE A

Varianza de la predicción

La varianza de una predicción, cuando se trata de regresión múltiple, tiene como expresión matemática:

$$V(Y/X = X_0) = (1 + X'_0 \cdot (X'X)^{-1} \cdot X_0) \cdot S^2$$

En donde S^2 es la varianza residual, X_0 el vector de los predictores conocidos ($[1 \text{ ECR}_0 \text{ TW}_0]$) y X la matriz de datos:

$$X = \begin{matrix} 1 & \text{ECR1} & \text{TW1} \\ 1 & \text{ECR2} & \text{TW2} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \text{ECRn} & \text{TWn} \end{matrix}$$

La notación X' significa la matriz traspuesta de X .

Las matrices $M = (X'X)^{-1}$ para cada modelo y las varianzas residuales son:

Hombres, modelo I

$$M = \begin{matrix} 0,0733665 & -6,78548E-4 & 2,00276E-5 \\ -6,78548E-4 & 2,57891E-5 & -3,86673E-6 \\ 2,00276E-5 & -3,86673E-6 & 7,098 \text{ E-7} \end{matrix}$$

$$S^2 = 6,3967E6$$

Hombres, modelo II

$$M = \begin{matrix} 0,0885 & -1,24839E-3 & 5,94089E-4 \\ -1,24839E-3 & 3,40981E-5 & -2,57024E-5 \\ 5,94089E-4 & -2,57024E-5 & 2,249 \text{ E-5} \end{matrix}$$

$$S^2 = 7,7058E6$$

Mujeres, modelo I

$$M = \begin{matrix} 0,0564547 & -4,19373E-4 & -4,52689E-6 \\ -4,19373E-4 & 5,47996E-6 & -3,17408E-7 \\ -4,52689E-6 & -3,17408E-7 & 5,75093E-8 \end{matrix}$$

$$S^2 = 8,9682E6$$

Mujeres, modelo II

$$M = \begin{matrix} 0,0616331 & -8,51137E-4 & 3,71855E-4 \\ -8,51137E-4 & 3,36249E-5 & -2,733 \text{ E-5} \\ 3,71855E-4 & -2,733 \text{ E-5} & -2,49836E-5 \end{matrix}$$

$$S^2 = 8,4238E6$$

La varianza mínima se obtiene cuando el vector de los predictores conocidos corresponde a los valores promedio de las variables independientes y la

varianza máxima cuando son valores extremos. Por esta propiedad se pueden calcular las varianzas mínima y máxima y obtener valores aproximados de las varianzas intermedias mediante interpolación lineal.

El intervalo de confianza del 95% se obtiene sumando y restando a la estimación una desviación $D = 1.96 \cdot \sqrt{V(Y/X = X_0)}$.

APENDICE B

Un ejemplo del uso

Paciente hombre de 8 años (96 meses) con un recuento de TW = 480 y que actualmente mide 127,1 cms ¿cuál será su estatura final aproximada?

ECR = 96, TW = 480.

$R = 213.011158 \cdot 96 + 19.226547 \cdot 480 + 47543 \cdot 763474$ (obtenido, aplicando la ecuación I para varones).

$R = 77221.576$

Su probable estatura final será:

$E_f = 100000 \cdot (EA/R) = 164.60 \text{ cms.}$

¿Entre qué rango estará a un 95% de confianza?

a) Método aproximado: Tiene 96 meses por lo que la desviación recomendada es $D = 420$ (Tabla 1). Así, $R_1 = R - D = 76801.577$ y $R_2 = R + D = 77641.576$.

De esta manera el límite superior para la estatura final es $E_{f2} = 100000 \cdot (EA/R_1) = 166.25 \text{ cms}$ y el límite inferior es $E_{f1} = 100000 \cdot (EA/R_2) = 163.6 \text{ cms.}$

b) Método exacto: Para el modelo I de hombres $S^2 = 6.3967E6$; el producto $[1 \ 96 \ 480] \cdot M \cdot [1 \ 96 \ 480]^T = 7.16414E-3 = m$.

Entonces $V(Y/X = X_0) = m \cdot S^2$ y $D = 1.96 \cdot \sqrt{V(Y/X = X_0)}$ $D = 419.58$ por lo que R_1 y R_2 y por lo tanto el rango de predicción no son diferentes de los obtenidos con el método aproximado.

REFERENCIAS

1. Greulich W. y Pyle J. 1959 Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist 2nd Edition. Stanford U. Press, Standford California USA.
2. Tanner J., Whitehouse y Marshall W. 1975 Assesment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 metod). Academic Press London.
3. Avendaño A. y cols. 1988 Estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo: 6 a 20 años de edad. Rev. Pediatr. 31 (1), en publicación.
4. Canals M., Valenzuela C. y Vergara P. 1985 Maduración ósea de niños de 0 a 6 años. Muñeca y mano. I Parte. Análisis cuantitativo. Rev. Chil. Pediatr. 56: 325-328.
5. Valenzuela C., Canals M. y Vergara P. 1985 Muración ósea de niños de 0 a 6 años. Muñeca y mano. II parte. Análisis de probitos para huesos aislados. Rev. Chil. Pediatr. 56: 329-333.
6. Canals M., Valenzuela C. y Vergara P. 1986 Maduración ósea de niños de 0 a 6 años. Muñeca y mano. III Parte. Comparación de muestras y métodos de evaluación. Rev. Méd Chile 114: 419-424.
7. Canals M., Valenzuela C., Avendaño A. y Samith S. 1988 Maduración ósea de niños mayores de 6 años. Muñeca y mano I Parte. Análisis cuantitativo. Rev. Chil. Pediatr. 59 (2), en publicación.
8. Valenzuela C., Canals M., Avendaño A. y Samith S. 1988 Maduración ósea de niños mayores de 6 años. Muñeca y mano II Parte. Análisis de probitos para huesos aislados. Rev. Chil. Pediatr. 59 (3), en publicación.
9. Patri A., Sepúlveda H. y Valenzuela C. 1984 Antropometría del niño chileno de 0 a 6 años Ed. Andrés Bello Santiago, Chile.
10. Johnson G., Dorst J., Kuhn J., Roche A. y Avila G. 1973 Reliability of skeletal age assesments Radiology 108 (2): 320.