

Variables métricas y angulares de la rama mandibular en radiografías panorámicas, como indicadores de la edad cronológica.

Ángela Espina-Ferreira, Ana Isabel Ortega, Fernando Alonso Barrios, Yadelsy Jackelina Maldonado y José Luis Ferreira.

Laboratorio de Odontología Forense, Área de Clínica y Patología, Instituto de Investigaciones, Facultad de Odontología, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. Correo electrónico: aespina@luz.edu.ve.

Palabras clave: Edad cronológica, edad dental, edad ósea, estimación de edad, rama mandibular.

Resumen. El presente trabajo tuvo como objetivos identificar la presencia de indicadores de la edad en la rama mandibular y estudiar su aplicabilidad para la estimación de la edad cronológica en niños de 6 a 12 años de edad. Se seleccionó una muestra de 128 individuos (70 varones y 58 hembras), sin enfermedades sistémicas agudas o crónicas. Se evaluaron variables métricas y angulares de la rama mandibular sobre radiografías panorámicas de la cavidad bucal. Se aplicó el método de Greulich y Pyle para estimar la edad ósea y el método de Demirjian y col. para estimar la edad dental. Se observó una correlación positiva y estadísticamente significativa entre las variables métricas estudiadas y la edad cronológica, mientras que las variables angulares no mostraron correlación con la edad cronológica. Se construyeron modelos de regresión para la estimación de la edad que emplean las variables métricas de la rama mandibular, que contribuyeron significativamente en el cálculo de la edad. Se encontró una consistente subestimación de la edad ósea y una sobrestimación de la edad dental, en ambos sexos. Se evidenció que la combinación de la edad dental, la edad ósea y las variables métricas obtenidas en la rama mandibular, incrementa la precisión para el cálculo de la edad cronológica, al compararla con las estimaciones aisladas de edad ósea y dental. Los modelos de regresión propuestos pueden ser empleados para la estimación de la edad en cadáveres en avanzado estado de descomposición y en individuos vivos, sin documentos válidos de identificación.

Metric and angular variables of the mandibular ramus on panoramic radiographs, as indicators for chronologic age.

Invest Clin 2007; 48(4): 403 - 418

Key words: Chronologic age, dental age, skeletal age, age estimation, mandibular ramus.

Abstract. This paper had as goals to identify the presence of age indicators in the mandibular ramus and to study their applicability in estimating the chronological age of children between the ages of 6 and 12 years. For this, a sample of 128 individuals (70 males and 58 females) was selected, all without chronic or acute sicknesses. An evaluation was made of the metric and angular variables of the mandibular ramus on panoramic radiographs of the oral cavity. The Greulich-Pyle method was applied to estimate the skeletal age, and the Demirjian et al. method was applied to estimate the dental age. A positive correlation, statistically significant, could be observed between the metric variables studied and the chronological age; nevertheless, the angular variables did not show correlation with the chronological age. Regression models were built using metric variables of the mandibular ramus in order to estimate the age, which made a significant contribution to the calculation of the age. A consistent subestimation of the skeletal age and an overestimation of the dental age were found in both sexes. It was evident that a combination of the dental age, the skeletal age and the metric variables obtained in the mandibular ramus, increases the precision for calculating the chronological age, when compared to separate-made estimations of the dental and skeletal age. The proposed regression models can be used for estimating the age of cadavers in advanced states of decomposition and in living individuals without valid identification documents.

Recibido: 14-09-2006. Aceptado: 11-01-2007.

INTRODUCCIÓN

Cada individuo posee una serie de signos que lo diferencian del colectivo, siendo la identificación, el proceso mediante el cual se establece dicha individualidad. En este procedimiento se consideran un conjunto de elementos generales que incluyen la edad, la talla, el sexo y la raza, además de elementos individuales tales como las marcas particulares relacionadas con vicios, patologías, cicatrices, tatuajes y estigmas profesionales. Entre los métodos rutinarios de identificación se incluyen las huellas dacti-

lares, el examen físico antropológico de los huesos y elementos dentarios, las pruebas serológicas y el análisis de ADN.

La Odontología Forense se ha constituido en una piedra angular dentro de los procedimientos de identificación médico-legales practicados en individuos vivos o fallecidos. Los dientes son considerados las estructuras más duras del cuerpo pudiendo sobrevivir a la mayoría de los eventos post mortem que destruyen o modifican otros tejidos corporales (1, 2). Además, la dentición se caracteriza por su individualidad, la cual se basa en la morfología de los elemen-

tos dentarios y en la presencia de anomalías, patologías y tratamientos restaurativos, que convierten a la evidencia dental en una prueba tan válida como las huellas dactilares (1, 3).

La necesidad de técnicas precisas para la estimación de la edad ha ido aumentando, debido principalmente a dos razones, ambas relacionadas con eventos socio-políticos. La primera es el incremento del número de cadáveres y restos humanos no identificados debido a la mayor frecuencia de conflictos bélicos y catástrofes naturales; la segunda está relacionada con un aumento en los casos que requieren la estimación de la edad en individuos vivos sin pruebas válidas de la fecha de nacimiento (4-6).

El término edad cronológica (EC) se refiere al tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento en que la misma es requerida. Sin embargo, se considera que el individuo tiene realmente más de una edad, debido a que los diferentes sistemas que lo constituyen, se desarrollan a través de una serie de eventos interdependientes o no, que se suceden en épocas determinadas de la vida, lo que permite la inferencia de una edad de acuerdo al grado de madurez alcanzado por el sistema en estudio (3). Es así que se han acuñado expresiones como edad morfológica, edad mental, edad circumpuberal, edad ósea y edad dental. Cuando son consideradas en conjunto estas "edades" se obtiene una estimación del estado de desarrollo del individuo, denominada edad fisiológica.

La determinación de la edad puede llevarse a cabo mediante métodos anatómicos, histológicos o bioquímicos, cuya aplicabilidad depende del grado de desarrollo del individuo y de los requerimientos de la práctica forense (4). Dentro de los métodos anatómicos empleados se incluyen el estudio de datos antropométricos, la aparición de caracteres sexuales secundarios, la cronología de aparición de puntos de osificación y

fusión de epífisis, así como del proceso de mineralización de los dientes permanentes (5, 6).

Los métodos histológicos demuestran ser particularmente útiles en cadáveres y restos esqueléticos de adultos, e incluyen el estudio de características óseas o dentales. Se ha considerado que las líneas incrementales del cemento radicular pueden ser empleadas convenientemente para la estimación de la edad (7, 8). Otros investigadores han estudiado la aposición de la dentina secundaria (9, 10), la autofluorescencia (11) y la esclerosis de la dentina (12) como indicadores de la edad. Entre los métodos bioquímicos, la racemización del ácido aspártico en la dentina ha demostrado ser bastante preciso para determinar la edad, y especialmente útil en individuos que ya han alcanzado la madurez (4, 13).

La estimación de la edad basada en el proceso de maduración esquelética, llamada edad ósea (EO), es uno de los métodos más empleados en niños y adolescentes (14-16). La EO es dependiente del sexo, la raza y de factores genéticos, hormonales, socio-económicos y ambientales (17, 18). Se han desarrollado varios métodos para estimar la EO en radiografías de mano y muñeca, siendo los más empleados el de Greulich-Pyle (19) y el de Tanner-Whitehouse (20-22).

La estimación de la edad basada en la evidencia dental difiere si se trata de un individuo en desarrollo o si el mismo es adulto (3, 4). En niños y adolescentes, la edad dental (ED) puede ser inferida a través de dos tipos de métodos. Los primeros están basados en la erupción de los dientes en la cavidad bucal (23, 24), y tienen como desventaja que pueden ser afectados por factores locales y sistémicos. Los otros métodos se sustentan en la observación del desarrollo del germen dental en radiografías (25-28), el cual es considerado un procedimiento de mayor precisión debido a que re-

sulta menos afectado por factores externos. El método de Demirjian y col. (26) es el más ampliamente utilizado a nivel mundial (29-32). En individuos adultos el cálculo de la edad utilizando la evidencia dental puede ser realizado por métodos morfológicos, histológicos, bioquímicos, radiográficos o la combinación de estos (4, 8, 11).

La radiografía panorámica constituye uno de los exámenes más prescrito por los odontólogos, y permite observar en conjunto ambos maxilares con sus elementos dentarios. Esta imagen muestra patologías así como características estructurales no patológicas de interés, las cuales pueden ser empleadas como marcadores individuales específicos para la identificación de restos humanos en la práctica forense (5, 33). Aunque se ha planteado que las mediciones métricas hechas sobre radiografías panorámicas pueden involucrar un considerable error metodológico, Catic y col. (34) demostraron que es posible hacer mediciones lineales de variables verticales, horizontales y oblicuas, en un lado de la imagen de la mandíbula, disminuyendo dicho error.

En el estudio del complejo craneofacial se han empleado métodos indirectos y directos basados en características mensurables, a través de líneas y ángulos. Los primeros son clásicos en el análisis cefalométrico para la predicción de la dirección y potencial de crecimiento en ortodoncia y en el establecimiento de dimorfismo sexual (35-37). Métodos directos que realizan mediciones sobre hueso se han utilizado para determinar diferencias entre grupos raciales (38) y la estimación de la edad en infantes, a través de la medición de la altura de la rama mandibular (39).

Por otra parte, los métodos visuales se centran en la observación de diferencias morfológicas y de robustez, que aporten indicios para la identificación. En este sentido, la presencia de la flexura de la rama mandibular y la eversión gonial han sido

utilizados como estimadores del sexo (40). Asimismo, análisis histológicos como el realizado por Hans y col. (41) establecen patrones de crecimiento de la rama mandibular.

En base a nuestra experiencia, consideramos que la rama mandibular es una de las estructuras que suele persistir después de la acción de fuerzas devastadoras, debido a su resistente constitución y a la protección que le brindan los músculos masticadores y la lengua, podría entonces esperarse que proporcione información relevante en los procesos de identificación médico-legal.

Comúnmente los métodos de determinación de la edad en niños están centrados en la estimación de la EO y la edad dental (ED), existiendo dificultades cuando se utilizan estos métodos tradicionales, en situaciones en que se ha producido la pérdida de la dentición o la ruptura de las epífisis de los huesos largos, en cadáveres mal preservados. Por lo tanto, métodos alternativos fáciles de aplicar y con una alta precisión, deben ser propuestos para ampliar las posibilidades de obtener una edad inferida con alta confiabilidad.

El presente trabajo tuvo como objetivos identificar la presencia de indicadores de la edad en la rama mandibular y estudiar su aplicabilidad para la estimación de la edad cronológica en niños de 6 a 12 años de edad, a fin de contribuir con la labor de identificación médico-forense.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

Para la realización de este estudio se utilizó una muestra de 128 pacientes (70 del sexo masculino y 58 del sexo femenino) con edades cronológicas entre 6 y 12 años, sin enfermedades sistémicas agudas o crónicas, consultantes al Centro Integral de Atención al Niño (CIAN), de la Facultad de

Odontología de la Universidad del Zulia. De cada individuo se obtuvo una radiografía panorámica (T-MAT G/RA[®], Eastman Kodak Company, Rochester, NY, USA) empleando en media 75kVp, 10mA y 15 seg. de tiempo de exposición, así como una radiografía de la mano y muñeca izquierda con 75kVp, 10mA y 2.2 seg. de tiempo de exposición (Ortho CP-G Plus 8 × 10^{''}[®], Agfa Corporation, Teterboro NJ USA) en un equipo Panex-EC (J. Morita Corporation[®]), de acuerdo a las técnicas convencionales. Las radiografías fueron obtenidas con el consentimiento escrito del paciente, tomando en cuenta las normas de protección radiológica adecuadas.

Procedimiento experimental

Sobre las radiografías panorámicas fue colocada una lámina de acetato para trazado cefalométrico (Truvision[®], Orthotech-

nology, Tampa, FL, USA) con el objetivo de obtener las siguientes variables angulares y métricas:

Variables angulares (Fig. 1):

1. Ángulo gonial (AG): formado por una tangente que pasa por el borde posterior de la rama ascendente y la línea tangente al borde inferior del cuerpo mandibular, ésta última descrita por Simões (42) (Fig. 1a).
2. Ángulo anterior de la rama (AAR): formado por la tangente del borde anterior de la rama (plano R' descrito por Simões (42)) y la línea que pasa por el borde inferior del cuerpo mandibular (Fig. 1a).
3. Flexura de la rama (FR): ángulo que se forma por la intersección del plano R descrito por Simões (42), con la tangente que pasa por el borde posterior del cóndilo de la mandíbula (Fig. 1a).

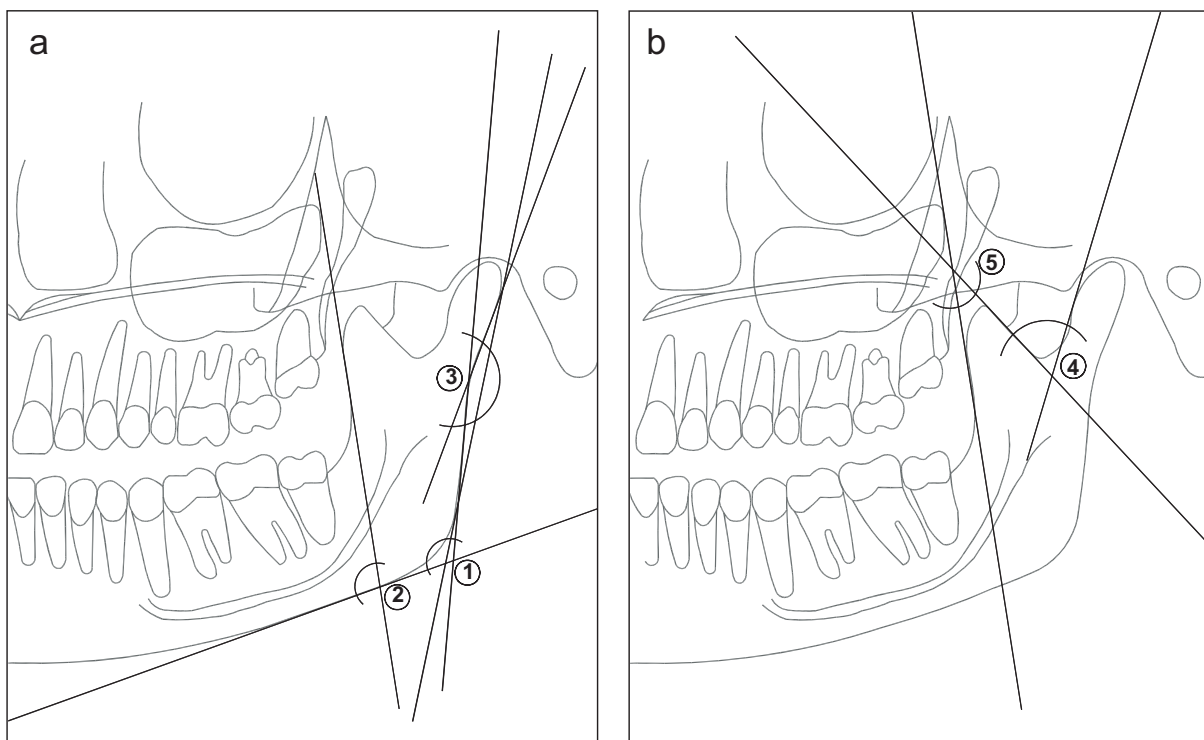


Fig. 1. Variables angulares medidas en la rama mandibular. 1a: 1. Ángulo gonial; 2. Ángulo anterior de la rama; 3. Flexura de la rama. 1b: 4. Ángulo de la abertura de la escotadura sigmoidea; 5. Ángulo de la apófisis coronoides.

4. Ángulo de la abertura de la escotadura sigmoidea (AES): formado por la intersección de la línea tangente a la eminencia articular del temporal (plano E, descrito por Simões (42)) y una línea tangente que pasa por el borde posterior de la apófisis coronoides (Fig. 1b).
5. Ángulo de la apófisis coronoides (AC): formado por la intersección de las líneas tangentes que pasan por los bordes anterior y posterior de la apófisis coronoides (Fig. 1b).

Variables métricas (Fig. 2):

1. Línea inferior (LI): formada por la tangente que pasa por el borde inferior de la rama, desde el vértice del ángulo gonial, hasta donde intercepta una línea tangente al borde anterior de la rama, a nivel del borde inferior (Fig. 2a).
2. Línea A (LA): es la longitud de la bisectriz del ángulo gonial, que se extiende desde el vértice de éste, hasta que alcanza el borde anterior de la rama (Fig. 2a).
3. Línea B (LB): formada por la longitud de una línea que cruza transversalmente la rama ascendente y se extiende desde el vértice del ángulo de la flexura de la rama, pasando por el vértice del ángulo de la incisura mandibular, hasta el borde anterior de la rama (plano R' descrito por Simões (42)) (Fig. 2a).
4. Línea C (LC): formada por la longitud de una tangente que pasa por los bordes superiores de la apófisis coronoides y la cabeza del cóndilo mandibular. Se extiende desde su cruce con la línea posterior de la rama, hasta su cruce

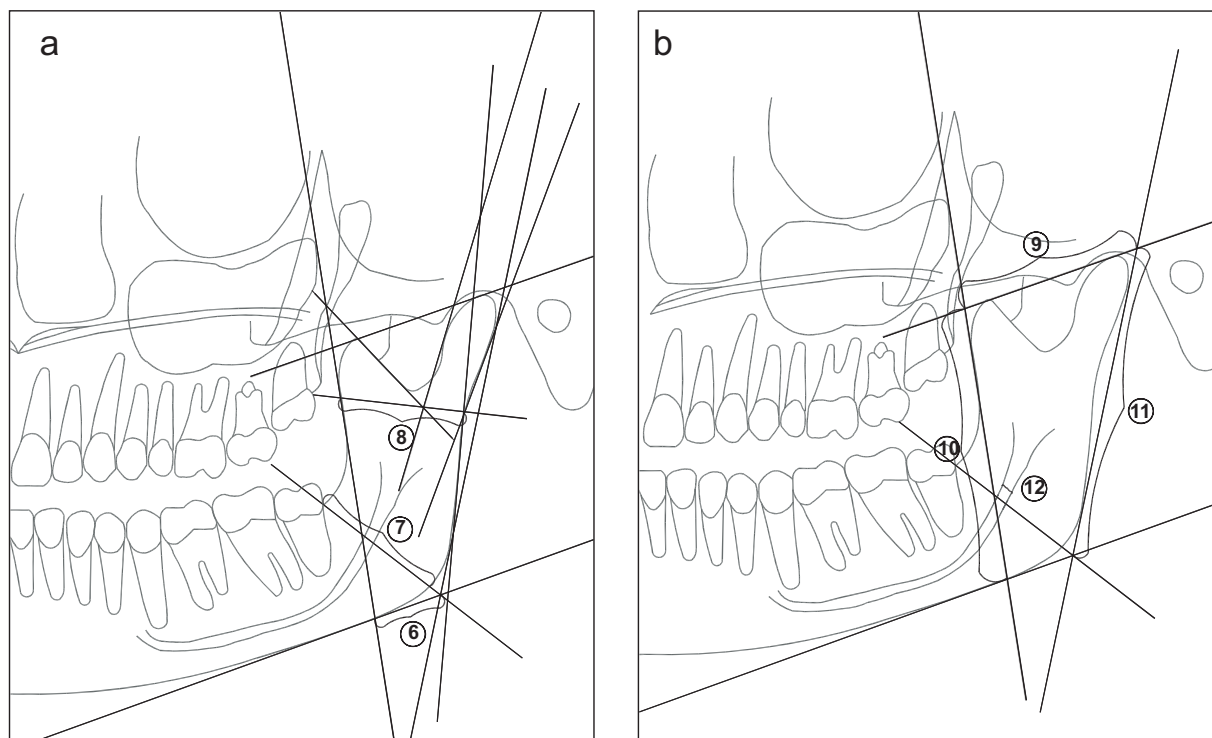


Fig. 2. Fig. 2. Variables métricas medidas en la rama mandibular. 2a: 6. Línea inferior; 7. Línea A; 8. Línea B. 2b: 9. Línea C; 10. Altura anterior de la rama; 11. Altura máxima de la rama; 12. Anchura del canal mandibular.

- con la línea tangente del borde anterior de la rama (Fig. 2b).
5. Altura anterior de la rama (AR): es la longitud de la tangente del borde anterior de la rama que se extiende desde el corte de la línea C superiormente, hasta el borde inferior del cuerpo de la mandíbula (Fig. 2b).
 6. Altura máxima de la rama (AM): formada por la tangente del borde posterior de la rama, entre los puntos "cd" (condylion)- tgo (intersección de las tangentes que forman el ángulo gonial) (Fig. 2b).
 7. Anchura del canal mandibular (ACM): es la longitud del canal mandibular a nivel de la bisectriz del ángulo gonial (Fig. 2b).

Una vez realizado el trazado, se obtuvieron los valores de las variables métricas en milímetros empleando un vernier (Meissner®, Alemania) mientras que las variables angulares fueron determinadas mediante un transportador cefalométrico (3M Unitek Corporation®, Monrovia, CA, USA).

Posteriormente, la ED fue estimada utilizando el método de Demirjian y col. (26), así como la EO en las radiografías de mano y muñeca a través del Atlas de Greulich-Pyle (19).

Calibración de los observadores

La aplicación de los métodos de estimación de EO y ED, así como la medición de las variables métricas y angulares de la rama mandibular, la llevaron a cabo dos examinadores del Laboratorio de Odontología Forense de la Facultad de Odontología de la Universidad del Zulia. La calibración de los observadores se realizó buscando las diferencias intra e interobservador mediante un análisis de varianza. La tabulación de la información se realizó cuando no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 11 para Windows (SPSS Inc.®, Chicago, ILL, USA), aplicando pruebas de diferencia de media entre las observaciones realizadas por el observador y entre los lados izquierdo y derecho de la mandíbula, así como correlaciones entre las variables. Se realizó un análisis de regresión múltiple utilizando la EC como variable dependiente para ambos sexos. El nivel de significancia asumido fue de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

En la Tabla I se observa la distribución de la muestra por edad y sexo. La Tabla II presenta la prueba *t* realizada para determinar diferencias entre las ramas derecha e izquierda de la mandíbula, en relación a las variables métricas y angulares estudiadas, observándose una diferencia significativa para el AG y la FR. Otra prueba *t* no mostró diferencias entre las observaciones hechas por el examinador (datos no mostrados).

En la Tabla III se muestran las diferencias de media entre la EO, la ED y la EC de los individuos estudiados. Entre la EC y la ED se observa una sobrestimación de la edad real, para ambos sexos; mientras que entre la EC y la EO, se constata una subestimación de la edad real, siendo menor para el sexo femenino. Todas las diferencias fueron estadísticamente significativas.

La Tabla IV muestra el análisis de correlación de Pearson entre la EC y las variables angulares, las variables métricas, la EO y la ED. En los individuos del sexo masculino se observó una correlación positiva media entre la EC y el AAR, una correlación positiva considerable entre la EC y las variables métricas LA, LB, LC, AM y ACM. Además, hubo una correlación positiva muy fuerte entre la EC con las variables LI, AR, EO y ED. En los individuos del sexo femeni-

TABLA I
DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR EDAD Y SEXO

Grupo etario (años)	Sexo	
	Masculino	Femenino
6	10	8
7	10	8
8	10	8
9	10	9
10	10	9
11	10	8
12	10	8
Total	70	58

TABLA II
PRUEBA t PARA DIFERENCIA DE MEDIAS ENTRE LAS VARIABLES ANGULARES Y MÉTRICAS OBTENIDAS EN LOS LADOS DERECHO E IZQUIERDO DE LA RAMA MANDÍBULA, INDEPENDIENTEMENTE DEL SEXO

Variable	Significancia	Media de la diferencia	
Angulares	AG	0,034*	2,460
	AAR	0,081	1,616
	FR	0,000**	-2,7977
	AES	0,188	-2,1965
	AC	0,746	0,3273
Métricas	LI	0,844	0,1102
	LA	0,995	-4.30E-03
	LB	0,490	-0,2955
	LC	0,199	-0,07677
	AR	0,436	0,5417
	AM	0,761	-0,1836
	ACM	0,872	-1,58E-02

*Nivel de significancia de $p < 0,05$.

** Nivel de significancia de $p < 0,001$.

AG: ángulo gonial. AAR: ángulo anterior de la rama. FR: flexura de la rama. AES: ángulo de la abertura de la escotadura sigmoidea. AC: ángulo de la apófisis coronoides. LI: línea inferior. LA: línea A. LB: línea B. LC: línea C. AR: altura anterior de la rama. AM: altura máxima de la rama. ACM: anchura del canal mandibular.

no se obtuvo una correlación media negativa entre la EC y el AES y una correlación positiva media entre la EC y el AAR. En cuanto a las variables métricas, se encontró

una correlación positiva media entre la EC, la LB y la LC, así como correlaciones positivas considerables entre la EC y la LI, AR, AM, ACM, EO y ED.

TABLA III
DIFERENCIA DE MEDIAS EN MESES ENTRE LA EDAD CRONOLÓGICA, LA EDAD ÓSEA
Y LA EDAD DENTAL

Variable	Sexo			
	Masculino		Femenino	
	Media de la diferencia	Significancia	Media de la diferencia	Significancia
EC-ED	-9,828	0,000*	-9,517	0,000*
EC-EO	8,514	0,000*	4,137	0,000*
ED-EO	18,342	0,000*	13,655	0,000*

*Nivel de significancia de $p < 0,001$.

EC: edad cronológica. EO: edad ósea. ED: edad dental.

Los símbolos negativos denotan una sobrestimación de la edad del individuo.

TABLA IV
CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES ANGULARES Y MÉTRICAS DE LA RAMA MANDIBULAR,
EDAD ÓSEA Y EDAD DENTAL CON LA EDAD CRONOLÓGICA

Variable	Sexo				
	Masculino		Femenino		
	R	Significancia	R	Significancia	
Angulares	AG	-0,014	0,909	0,173	0,195
	AAR	0,251	0,036*	0,427	0,001**
	FR	-0,147	0,224	0,105	0,434
	AES	0,083	0,493	-0,324	0,013*
	AC	0,136	0,260	-0,005	0,971
Métricas	LI	0,861	0,000**	0,666	0,000**
	LA	0,742	0,000**	0,242	0,067
	LB	0,807	0,000**	0,452	0,000**
	LC	0,720	0,000**	0,435	0,001**
	AR	0,842	0,000**	0,795	0,000**
	AM	0,781	0,000**	0,778	0,000**
	ACM	0,670	0,000**	0,668	0,000**
	EO	0,820	0,000**	0,806	0,000**
ED	0,891	0,000**	0,773	0,000**	

*Correlación significativa al nivel de $p < 0,05$.

**Correlación significativa al nivel de $p < 0,001$.

AG: ángulo gonial. AAR: ángulo anterior de la rama. FR: flexura de la rama. AES: ángulo de la abertura de la escotadura sigmoidea. AC: ángulo de la apófisis coronoides. LI: línea inferior. LA: línea A. LB: línea B. LC: línea C. AR: altura anterior de la rama. AM: altura máxima de la rama. ACM: anchura del canal mandibular. EO: edad ósea. ED: edad dental. R: coeficiente de correlación.

Se realizó un análisis de regresión múltiple con las variables métricas y angulares que mostraron un coeficiente de correlación significativo con la EC, con el fin de determinar cuáles contribuían para el cálculo de la edad. En la Tabla V, se observan los modelos de regresión para los individuos del sexo masculino: el Modelo I considera la LI, el Modelo II la variable AR, el Modelo III combinó las dos variables anteriores, mientras que el modelo IV adicionó la EO y la ED al modelo III. El modelo IV mostró el R² más alto.

La Tabla VI muestra los modelos de regresión construidos a partir de las variables

métricas para el sexo femenino: el Modelo I incluye la AM, el Modelo II considera la AR, el Modelo III combinó las dos variables anteriores, mientras que el modelo IV adicionó la EO y la ED al modelo III. El modelo IV presentó el R² más alto.

DISCUSIÓN

La determinación de la edad, el sexo y la raza, con propósitos de identificación, ha sido conducida a través de estudios métricos y morfológicos, o la combinación de ambos para lograr una mayor precisión. Varios métodos se han desarrollado específica-

TABLA V
ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE CON LA EDAD CRONOLÓGICA COMO VARIABLE DEPENDIENTE, CALCULADA A PARTIR DE LAS VARIABLES MÉTRICAS DE LA RAMA MANDIBULAR, PARA EL SEXO MASCULINO

Modelo	Predictores en el modelo	Beta	Significancia	Estadísticas del modelo
Modelo I	Constante	23,936	0,000*	R = 0,861
	LI	3,963	0,000*	R ² = 0,742 R ² corregido = 0,738 EE = 11,894
Modelo II	Constante	-84,619	0,000*	R = 0,842
	AR	3,284	0,000*	R ² = 0,710 R ² corregido = 0,705 EE = 12,620
Modelo III	Constante	-46,756	0,000*	R = 0,913
	LI	2,418	0,000*	R ² = 0,833
	AR	1,759	0,000*	R ² corregido = 0,828 EE = 9,636
Modelo IV	Constante	-15,776	0,111	R = 0,959
	LI	1,326	0,000*	R ² = 0,919
	AR	0,632	0,013*	R ² corregido = 0,914
	EO	0,207	0,000*	EE = 6,821
	ED	0,321	0,000*	

*Nivel de significancia de $p < 0,001$.

LI: línea inferior. AR: altura anterior de la rama. EO: edad ósea. ED: edad dental. R: coeficiente de correlación. R²: coeficiente de determinación. EE: error estándar.

TABLA VI
ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE CON LA EDAD CRONOLÓGICA COMO VARIABLE
DEPENDIENTE, CALCULADA A PARTIR DE LAS VARIABLES MÉTRICAS DE LA RAMA MANDIBULAR,
PARA EL SEXO FEMENINO

Modelo	Predictores en el modelo	Beta	Significancia	Estadísticas del modelo
Modelo I	Constante	-125,066	0,000*	R = 0,778
	AM	4,100	0,000*	R ² = 0,606 R ² corregido = 0,599 EE = 13,647
Modelo II	Constante	-88,515	0,000*	R = 0,795
	AR	3,473	0,000*	R ² = 0,633 R ² corregido = 0,626 EE = 13,171
Modelo III	Constante	-129,64	0,000*	R = 0,831
	AM	2,088	0,000*	R ² = 0,690
	AR	2,097	0,002*	R ² corregido = 0,679 EE = 12,20
Modelo IV	Constante	-66,152	0,009*	R = 0,885
	AM	0,803	0,006*	R ² = 0,783
	AR	1,385	0,206	R ² corregido = 0,766
	EO	0,233	0,018*	EE = 10,416
	ED	0,220	0,038*	

*Nivel de significancia de $p < 0,001$.

AM: altura máxima de la rama. AR: altura anterior de la rama. EO: edad ósea. ED: edad dental. R: coeficiente de correlación. R²: coeficiente de determinación. EE: error estándar.

mente para la estimación de la edad con fines forenses, empleando las estructuras maxilares y dentales (7, 12, 13, 24, 43), sin embargo, otros fueron diseñados con un propósito distinto, como por ejemplo el estudio del crecimiento y desarrollo humano, pero son empleados con éxito en los procesos de identificación (4-6, 44). Evidentemente, la selección del método dependerá tanto del grado de madurez del individuo como de las demandas específicas de la práctica forense, debido a que algunas técnicas sólo aplican en fallecidos, y no pueden ser ejecutadas en vivos por razones éticas, tal como lo sugiere Ritz-Timme y col. (4).

En el presente estudio, en relación a la EO, se observó una consistente subestimación de la edad, la cual fue de 8,514 meses para el sexo masculino y de 4,137 meses para el femenino (Tabla III). Las diferencias entre la EC y la EO son ligeramente superiores a las reportadas en otras investigaciones que aplicaron el método de Greulich-Pyle (19), tales como Andersen (45) en daneses, Roche y col. (46) en australianos, Haavikko y col. (47) en finlandeses, Vignolo y col. (48) en italianos y Haiter-Neto y col. (49) en brasileños. Nosotros concordamos con estos autores en que, el desarrollo esquelético de los individuos estudiados, es

más atrasado con relación a la muestra americana con la que se estandarizó el método de Greulich-Pyle y col. (19). Esto pudiera ser atribuible a las características étnicas, socio-culturales y ambientales de cada población. Además, cabe destacar que la diferencia de la EO con la edad real del individuo fue menor en las niñas, lo que denota un desarrollo óseo más avanzado del sexo femenino con respecto al masculino, como sugieren Graham (17) y Biggerstaff (18).

De acuerdo con lo reportado en otras investigaciones (29-31, 50, 51), la edad dental estimada a través del método de Demirjian y col. (26) tiende a sobrestimar la edad de los individuos. En el presente estudio la diferencia media entre la EC y la ED fue de -9,828 meses para el sexo masculino y de -9,517 para el sexo femenino (Tabla III). Estos valores son semejantes a los observados en una población finlandesa (50) y suiza (51) y superiores a la diferencia reportada en noruegos (31). En chinos (29) e hindúes (Sur de la India) (30), los resultados encontrados son superiores a los obtenidos en esta investigación.

Los hallazgos del presente estudio apoyan lo afirmado por los autores anteriormente citados, en relación a la consistente sobrestimación de la edad, la cual demuestra que las poblaciones donde fue aplicado el método, tienen un desarrollo dental más avanzado que la de origen franco-canadiense empleada para la estandarización del método de Demirjian y col (26). Nosotros coincidimos en que dicha sobrestimación se debe a diferencias étnicas y culturales.

Es importante destacar que aunque las diferencias entre la EO y la ED calculadas y la EC fueron estadísticamente significativas, tales diferencias se encuentran dentro de los límites aceptados en la práctica forense rutinaria. Sin embargo, como lo expresa Ritz-Time y col. (4) la estimación de la edad tiene que ser tan segura como sea posible, en casos tales como, cuando se ne-

cesita establecer la identidad de una víctima de asesinato o la imputabilidad de delinquentes juveniles.

El potencial de crecimiento mandibular está estrechamente relacionado con la maduración somática (52). Se ha reportado que la mandíbula no sigue un patrón de crecimiento uniforme a través de la vida, y es muy probable que el mapa de crecimiento mandibular varíe según la edad del individuo. Por otro lado, el proceso de desarrollo de la mandíbula consiste en una composición de vectores de crecimiento horizontal y vertical, a largo plazo, siendo que las diferencias en la remodelación mandibular ocurren y están relacionadas, con el aumento de la altura mandibular y el cierre del ángulo gonial. Asimismo, el alcance de una forma mandibular adulta no es obtenido en la misma tasa en todo el contorno óseo y obviamente factores como la erupción dental, la actividad muscular y las adaptaciones biomecánicas, influyen en este desarrollo (41, 53).

En el presente estudio se observó una correlación positiva entre la EC y las variables métricas estudiadas (Tabla IV), mostrando que entre los seis y doce años de edad, se producen fundamentalmente cambios armónicos e interdependientes en la altura y la anchura de la rama mandibular, sin afectar aparentemente las variables angulares, por lo cual para la construcción de los modelos de regresión sólo se emplearon variables métricas.

Los modelos de regresión para la estimación de la edad construidos en la presente investigación, emplean las variables métricas de la rama mandibular que contribuyeron significativamente para el cálculo de la edad, en individuos de ambos sexos en el rango de las edades estudiadas. Dichas variables son capaces de explicar aproximadamente el 70% y el 60% del total de la varianza en las estimaciones para el sexo masculino y el sexo femenino respectivamente, con

un error estándar de alrededor de 10 meses para el sexo masculino y 12 meses para el sexo femenino (Tablas V y VI).

Los modelos de regresión I y II construidos empleando una sola variable dimensional, pudieron ser aplicados satisfactoriamente para el cálculo de la edad cronológica. La variable AR fue útil como indicador de edad en el modelo I para el sexo femenino, al igual que en el estudio llevado a cabo por Norris (39). Sin embargo, sus resultados son solamente aplicables en restos esqueléticos de infantes con edades comprendidas desde el nacimiento hasta los dos años. En contraste, los modelos de regresión aquí presentados pueden ser empleados para la estimación de la edad en cadáveres en avanzado estado de descomposición y en individuos vivos, sin documentos válidos de identificación debido principalmente a que las variables son obtenidas empleando un método indirecto, como lo constituye el registro radiográfico panorámico.

A pesar de la marcada diferencia entre los grupos etarios estudiados por Norris (39) y el presente estudio, se corrobora el hecho de que a medida que avanza el crecimiento y desarrollo del individuo, la mandíbula experimenta cambios métricos que pueden ser empleados para la estimación de la edad.

Adicionalmente, en el modelo III el cual se conformó con las variables empleadas en los modelos I y II; y en el modelo IV donde se incluyeron la EO y la ED al modelo III, comportándose como variables predictoras independientes, se incrementó la precisión del cálculo de la edad (Tablas V y VI). Así, los resultados del presente estudio corroboran lo establecido por otros investigadores (54, 55), con respecto a que para la estimación de la edad con fines forenses, los métodos que consideran múltiples indicadores de edad, son más precisos que los que emplean una sola variable.

Los cuatro modelos de regresión aquí propuestos para la estimación de la edad, funcionaron satisfactoriamente como modelos predictores de edad en el grupo etario estudiado, tanto para el sexo masculino como para el sexo femenino. Para nuestro conocimiento esta es la primera vez que se proponen modelos de regresión para la estimación de la edad, que emplean las variables métricas aquí consideradas.

Se desarrollaron modelos de regresión para estimar edad, basados en cambios métricos de la rama mandibular medidos manualmente sobre radiografías panorámicas. Estos resultados tienen aplicación en cadáveres en avanzado estado de descomposición, y en individuos vivos sin documentos válidos de identificación, cuando se requiera establecer la edad como parte del perfil reconstructivo. Se deben realizar futuros estudios para establecer si las variables angulares aquí consideradas son aplicables para la estimación de la edad en individuos de otros grupos etarios.

REFERENCIAS

1. **Pretty IA, Sweet D.** A look at forensic dentistry-Part 1: the role of teeth in the determination of human identity. *Br Dent J* 2001; 190:359-366.
2. **Rothwell BR.** Principles of dental identification. *Dent Clin North Am* 2001; 45: 253-70.
3. **Sweet D.** Why a dentist for the identification? *Dent Clin North Am* 2001; 45: 237-251.
4. **Ritz-Timme S, Cattaneo C, Collins MJ, Waite ER, Schutz HW, Kaatsh HJ, Borrman HIM.** Age estimation: the state of art in relation to the specific demands of forensic practice. *Int J Legal Med* 2000; 113:129-136.
5. **Willershausen H, Löffler N, Schulze R.** Analysis of 1202 orthopantograms to evaluate the potential of forensic age determination based on third molar development stages. *Eur J Med Res* 2001; 6:377-384.

6. **Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Rösing FW, Geserick G.** Forensic age diagnostics of living individuals in criminal proceedings. *Homo* 2003; 54:162-169.
7. **Solheim T.** Dental cementum apposition as an indicator of age. *Scand J Dent Res* 1990; 98:510-519.
8. **Kvaal SI, Solheim T.** Incremental lines in human dental cementum in relation to age. *Eur J Oral Sci* 1995; 103:225-230.
9. **Gustafson G, Koch G.** Age estimation up to 16 years of age based on dental development. *Odontol Rev* 1974; 25:297-306.
10. **Solheim T.** Amount of secondary dentin as an indicator of age. *Scand J Dent Res* 1992; 100:193-199.
11. **Matsumoto H, Kitamura S, Araki T.** Autofluorescence in human dentine in relation to age, tooth type and temperature measured by nanosecond time-resolved fluorescence microscopy. *Arch Oral Biol* 1999; 44:309-318.
12. **Amariti ML, Restori M, De Ferrari F, Paganelli C, Faglia R, Legnani G.** A histological procedure to determine dental age. *J Forensic Odontostomatol* 2000; 18: 1-5.
13. **Ogino T, Ogino H, Nagy B.** Application of aspartic acid racemization to forensic odontology: post mortem designation of age at death. *Forensic Sci Int* 1985; 29: 259-267.
14. **Wenzel A, Melsen B.** Skeletal maturity in 6-16-year-old Danish children assessed by the Tanner-Whitehouse-2 method. *Ann Hum Biol* 1982; 9:277-281.
15. **Beunen G, Lefevre J, Ostyn M, Renson R, Simons J, Van Gerven D.** Skeletal Maturity in Belgian youths assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2). *Ann Hum Biol* 1990; 17:355-376.
16. **Koc A, Karaoglanoglu M, Erdogan M, Kosecik M, Cesur Y.** Assessment of bone ages: Is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys? *Pediatr Int* 2001; 43: 662-665.
17. **Graham CB.** Assessment of bone maturation-methods and pitfalls. *Radiol Clin North Am* 1972; 10:185-202.
18. **Biggerstaff RH.** Forensic dentistry and the assessment of skeletal age using hand-wrist film standards. *Dent Clin North Am* 1977; 21:159-166.
19. **Greulich WW, Pyle SI.** Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford: Stanford University Press; 1959.
20. **Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H.** Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2-method). London: Academic Press. 1975.
21. **Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy MJR.** Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2-method). 2nd. Ed. London: Academic Press. 1983.
22. **Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron, N.** Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method). London: W.B Saunders; 2001.
23. **Schour I, Massler M.** The development of the human dentition. *J Am Dent Ass* 1941; 28:1153-1160.
24. **Foti B, Lalys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O, Leonetti G.** New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption. *Forensic Sci Int* 2003; 132:49-56.
25. **Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE.** Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 1963; 42:1490-1502.
26. **Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM.** A new system of dental age assessment. *Ann Hum Biol* 1973; 45:211-227.
27. **Haavikko K.** Tooth formation. Age estimated on a few selected teeth. A simple method for clinical use. *Proc Finn Dent Soc* 1974; 70:15-19.
28. **Kullman L, Johanson G, Akesson L.** Root development of the lower third molar and its relation to chronological age. *Swed Dent J* 1992; 16:161-167.
29. **Davis J, Hägg U.** The accuracy and precision of the "Demirjian System" when used for age determination in Chinese children. *Swed Dent J* 1994; 18:113-116.
30. **Koshy S, Tandon S.** Dental assessment: The applicability of Demirjian's method in South Indian children. *Forensic Sci Int* 1998; 94:73-85.

31. Nykänen R, Espeland L, Kvaal SI, Krogstad O. Validity of the Demirjian method for dental age estimation when applied to Norwegian children. *Acta Odontol Scand* 1998; 56:238-244.
32. Liversidge HM, Speechly T, Hector MP. Dental maturation in British children: are Demirjian's standards applicable? *Int J Paediatr Dent*. 1999; 9:263-269.
33. Du Chesne A, Benthous S, Teige K, Brinkmann B. Post mortem orthopantomography-an aid in screening for identification purposes. *Int J Legal Med* 2000; 113:63-69.
34. Čatic A, Čelebić A, Valentić-Peruzović M, Čatović A, Jerolimov V, Muretić I. Evaluation of the precision of dimensional measurements on mandible on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 86:242-248.
35. Moore RN, Moyer BA, DuBois LM. Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 98:33-40.
36. Ingerslev CH, Solow B. Sex differences in craniofacial morphology. *Acta Odont Scand* 1975; 33:85-94.
37. Bibby RE. A cephalometric study of sexual dimorphism. *Am J Orthod* 1979; 76:256-259.
38. Yaşar Işcan M, Steyn M. Craniometric determination of population affinity in South Africans. *Int J Legal Med* 1999; 112:91-97.
39. Norris SP. Mandibular ramus height as an indicator of human infant age. *J Forensic Sci* 2002; 47:8-11.
40. Kemkes-Grottenthaler A, Löbig F, Stock F. Mandibular ramus flexure and gonial eversion as morphologic indicators of sex. *Homo*. 2002; 53:97-111.
41. Hans MG, Enlow DH, Noachtar R. Age-related differences in mandibular ramus growth: a histologic study. *Angle Orthod* 1995; 65:335-340.
42. Simões WA. Análisis de simetría de las radiografías panorámicas. En: Simões WA. *Ortopedia funcional de los maxilares*. Rio de Janeiro (RJ): Ediciones Ysaro; 1996, p 311-325.
43. Drusini AG, Toso O, Ranzato C. The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. *Am J Phys Anthropol* 1997; 103:353-363.
44. Messoten K, Gunst K, Carbonez A, Willens G. Dental age estimation and third molars: a preliminary study. *Forensic Sci Int* 2002; 129:110-115.
45. Andersen E. Comparison of Tanner-Whitehouse and Greulich-Pyle methods in a large scale Danish survey. *Am J Phys Anthropol* 1971; 35:373-376.
46. Roche AF, Davila GH, Eyman SL. A comparison between Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse assessment of skeletal maturity. *Radiology* 1971; 98:273-280.
47. Haaviko K, Kilpinen E. Skeletal development of Finnish children in the light of hand-wrist roentgenograms. *Proc Finn Dent Soc* 1973; 69:182-190.
48. Vignolo M, Milani S, DiBattista E, Naselli A, Mostert M, Aicardi G. Modified Greulich-Pyle, Tanner-Whitehouse, and Roche-Wainer-Thissen (knee) methods for skeletal age assessment in a group of Italian children and adolescent. *Eur J Pediatr* 1990; 149:314-317.
49. Haiter-Neto F, Almeida SM, Leite CC. Estudo comparativo dos métodos de estimativa da idade óssea de Greulich & Pyle e Tanner & Whitehouse. *Pesqui Odontol Bras* 2000; 14:378-384.
50. Nyström M, Haataja J, Kataja M, Evälahti M, Peck L, Kleemola-Kujala E. Dental maturity in Finnish children, estimated from the development of seven permanent mandibular teeth. *Acta Odont Scand* 1986; 44:193-198.
51. Mörnstad H, Staff V, Welander U. Age estimation with the aid of tooth development: a new method based on objective measurements. *Scand J Dent Res* 1994; 102:137-143.
52. Sato K, Mito T, Mitani H. An accurate method of predicting mandibular growth potential based on bone maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120:286-290.
53. Ferrario VF, Sforza C, Guazzi M, Serrao G. Elliptic fourier analysis of mandibular

- shape. *J Craniofac Genet Dev Biol* 1996; 16:208-217.
54. **Baccino E, Uberlaker DH, Hayek L-AC, Zerilli A.** An evaluation of seven methods of estimating age at death from mature skeletal remains. *J Forensic Sci* 1999; 44: 931-936.
55. **Garamendi PM, Landa MI, Ballesteros J, Solano MA.** Estimación forense de la edad en torno a los 18 años. Estudio en una población de inmigrantes indocumentados de origen marroquí. *Cuad Med Forense* 2003; 31:25-36.