

BIOLOGÍA HUMANA, ANTROPOLOGÍA FORENSE Y ARQUEOLOGÍA: PROBLEMAS METODOLÓGICOS EN OSTEOLOGÍA JUVENIL

Luis Ríos Frutos

En el siguiente trabajo se intenta enfocar la osteología juvenil, tanto en el contexto forense como arqueológico, desde la biología humana. Las ventajas que ofrece esta perspectiva son fundamentalmente dos. La primera es el conocimiento de la variabilidad que presenta el proceso de crecimiento y la variabilidad inherente a dicho proceso, y que por lo tanto se manifiesta en todas las poblaciones. También la variabilidad sistemática entre poblaciones cuyas causas pueden ser debidas a los ciclos vitales de las poblaciones que se desarrollan bajo condiciones diferentes, a diferente complemento genético entre las mismas, o ambas. La segunda ventaja es que la biología humana puede ofrecer una visión integral del patrón del crecimiento humano, que permite correlacionar diversos eventos del desarrollo óseo y dental en un marco explicativo general.

VARIABILIDAD: PERSPECTIVAS DESDE LA BIOLOGÍA HUMANA

El concepto de variabilidad es de suma importancia. La variabilidad se puede considerar a dos niveles, dentro de una población y entre poblaciones. Dentro de la población podemos definir la variabilidad como el intervalo de valores que existe para un parámetro, normalmente referido a un determinado grupo de edad (por ejemplo, el intervalo de estatura para las niñas guatemaltecas de alto nivel socio-económico de 8 años de edad), o inversamente, el intervalo de edad correspondiente a un valor específico de desarrollo (estado de maduración dental, estatura, estado de cierre de una epífisis etc). En este caso, la variabilidad es intrínseca al proceso de crecimiento y desarrollo en todas sus manifestaciones. La diferente tasa a la que crecen y se desarrollan distintos individuos va a generar para una edad determinada una distribución amplia de valores para un parámetro de crecimiento (estatura, longitud de los huesos largos), o desarrollo (mineralización dental, caracteres sexuales secundarios). Es el concepto de '*tempo*' que introdujo Franz Boas al observar que algunos individuos crecen y maduran rápidamente, estando por delante en desarrollo esquelético y otros parámetros de maduración de individuos de igual edad cronológica que maduran más tardíamente, aunque todos son perfectamente normales. Esto afecta a todos los parámetros del crecimiento y maduración. En el caso de algunos parámetros como la estatura, hay que tener en cuenta otra fuente de variación. La variabilidad observada para una edad cronológica determinada se debe o los diferentes *tempos* de crecimiento, pero también a que los adultos de mayor talla tenderán a ser más altos durante las etapas de crecimiento.

Esta variabilidad intrapoblacional es inherente al proceso de crecimiento y está presente en las poblaciones. De hecho, como explica Tañer (1995), fue esta variabilidad la que hizo necesaria alguna designación de madurez física aparte de la edad cronológica, una medida de edad fisiológica que debido a la variabilidad presente en todas las etapas del desarrollo, sea aplicable a través de todo el periodo de crecimiento. La madurez ósea y la madurez dental son las dos principales medidas, caracterizadas porque a diferente edad cronológica, todos los individuos van a pasar por las mismas etapas y van a terminar en un estadio idéntico de madurez, de manera que la asignación de una 'puntuación de madurez' va a ser independiente del estado final alcanzado, que es el mismo para todos.

¿Cuál es la relevancia del concepto de variabilidad intrapoblacional para la estimación de la edad en restos óseos? Es una fundamental. Para la estimación de una edad de muerte en un esqueleto juvenil, lo que realmente se estima es una edad biológica, que nos indica cuánto a lo largo del continuo del desarrollo ha recorrido un individuo. A partir de este valor, mediante el uso de estándares de crecimiento y desarrollo se extrapola una edad cronológica. Es importante citar que estos estudios no fueron desarrollados con este objetivo, sino con el objetivo de monitorear el crecimiento de individuos relacionados con los que se estudiaron para elaborar el estándar (Tanner 1986). Pero el rango de variabilidad presente en el estándar en cuestión para una edad biológica obtenida, ya sea ósea o dental, nos va a determinar la amplitud del rango de nuestra estimación de edad. Si el rango de variabilidad es grande, nuestro rango de estimación tendrá que ser consecuentemente grande. Un trabajo fundamental en este sentido es el de Lamp y Johnston (1996), en el que sobre el estándar dental de Demirjian (1978), se calculan los rangos de variabilidad para diferentes estados de maduración ósea, observándose su amplitud (Tabla 1). Como explican estos autores, para una puntuación de madurez de 33, el 94% de los niños en la muestra original tenían unas edades cronológicas entre 3.3 a 6.8 años, de manera que a cualquier individuo con esta combinación de dientes en desarrollo se le tendría que asignar una edad entre 3.3 y 6.8 años. Para cualquier método que se utilice para la estimación de la edad parece necesario conocer los rangos de variabilidad de la muestra. Esta variabilidad intrapoblacional aumenta con la edad cronológica, como se observa en los rangos de variabilidad para el esquema dental de Ubelaker (1978) en la Tabla 2.

TABLA 1

EDAD CRONOLÓGICA	PUNTUACIÓN MADUREZ	RANGO DE EDAD CRONOLÓGICA
4	24	2-59
5	33	33-68
6	42	42-7.5
7	53	55-83
8	71	68-96
9	83	7.6-108
10	88	8.8-12

Rangos (3-97%) de edades cronológicas para etapas de madurez dental. La columna de edad cronológica representa las edades medias para la puntuación de madurez de la segunda columna, mientras que los rangos representan las edades a las que el 94% de la muestra presenta esa puntuación de madurez

En cuanto a la variabilidad sistemática observada entre poblaciones, de manera general se puede atribuir a la interacción de factores genéticos y ambientales durante el desarrollo y maduración, entendida de manera que el complemento genético impone algunos límites de variabilidad que pueden diferir entre poblaciones, y el ambiente con el que interactúa durante el crecimiento, determina efectivamente cuánto potencial se va a desarrollar. La diferenciación entre estos factores se ve complicada, ya que más de la mitad de la población infantil mundial crece bajo condiciones precarias. Para ver revisiones completas sobre las diferencias entre poblaciones en crecimiento se recomienda consultar Eveleth (1978), Eveleth y Tanner (1990), y Bogin, (1999). Existe consenso acerca de las consecuencias sobre el desarrollo infantil debidas a condiciones ambientales adversas, de manera que las poblaciones que se desarrollan bajo condiciones precarias son menores en talla, peso y otros indicadores somáticos, están retrasados en el desarrollo óseo y ligeramente en el desarrollo dental. En el

caso de la población guatemalteca, y este es uno de los puntos más importantes de este trabajo, existe una abundante literatura que documenta que la mayoría de la población rural infantil vive bajo condiciones precarias de desnutrición y alta exposición a enfermedades infecciosas. Las diferencias en algunos de estos parámetros pueden ser muy acusadas, y en este caso representan un ejemplo de variabilidad interpoblacional sistemática debida a las condiciones adversas bajo las que se desarrolla el ciclo vital de la población rural. En la gráfica 1 se muestra la diferencia en talla entre los 6 y los 16 años para tres muestras guatemaltecas de diferente nivel socio-económico, una muestra rural, una muestra de niñas de colegios privados de cabeceras de departamento excluyendo a la capital, y una muestra de niñas de colegios privados de la capital, de acuerdo al IDH. Como se observa, el factor determinante en el caso de la estatura es el nivel socio-económico.

TABLA 2

POBLACIÓN	FÉMUR	TIBIA	HÚMERO
GUATEMALA FORENSE RURAL ADULTA	37.78	30.97	27.13
MARESH	46.29 (17 años)	38.07 (17 años)	31.54 (17 años)
ANDERSON	43.63 (18 años) -----	34.65 (18 años) 36.70 (18 años)	----- -----
GINDHART			

Medidas femeninas, valores en centímetros

Otra vez nos planteamos la pregunta, esta vez en un nivel de poblaciones, ¿cuál es la relevancia de la variabilidad interpoblacional para la estimación de la edad en restos óseos? En nuestro caso, también importante. Las condiciones bajo las que se desarrolla el crecimiento y maduración de la población infantil rural guatemalteca son muchísimo peores que las condiciones bajo las que se desarrolló el crecimiento de las poblaciones que sirvieron de muestra a la mayoría de los estudios que se usan para la estimación de la edad (una breve historia del origen de los estudios de crecimiento se puede ver en Tanner 1996). Como se comenta más abajo, el impacto de estas condiciones adversas difiere para cada sistema (somático, óseo, dental), de manera que parece que las estimaciones más útiles (edad dental) no se ven muy afectadas, y otras que ya se habían criticado como las menos exactas por su variabilidad intrapoblacional, como la longitud de los huesos largos (Reichs y Demirjian 1998), se descartan directamente (ver más abajo). Pero el conocimiento de la variabilidad debida a estos parámetros parece adecuado cuando se trata de una población con las características de la guatemalteca.

Para cerrar este primer apartado, se comentan algunos trabajos que sirven como ejemplo para determinar la diferente sensibilidad de los sistemas somático, óseo y dental, frente a condiciones de crecimiento adversas. Blanco *et al.* (1976), Bogin *et al.* (1989), Boutourline *et al.* (1973), Delgado *et al.* (1975), El Lozy *et al.* (1975), Martorell *et al.* (1979), y Garn *et al.* (1973a, 1973b), estudiaron el crecimiento teniendo en cuenta el desarrollo somático, óseo y dental en términos de emergencia en la misma población. A través de sus resultados se puede observar que frente a factores ambientales como el nivel socio-económico (Garn *et al.* 1973a, 1973b), y la desnutrición (Blanco *et al.* 1976; Bogin *et al.* 1989; Boutourline *et al.* 1973; El Lozy *et al.* 1975), la mayor sensibilidad es presentada por el desarrollo somático (estatura, peso, circunferencia de brazo, etc.), seguido del desarrollo óseo (centros de osificación de la muñeca), y finalmente del desarrollo dental en términos de emergencia, que muestra la menor variabilidad frente a factores ambientales adversos. Estudios de este tipo se comentan con detalle más abajo.

DESARROLLO DENTAL

El desarrollo dental consta de dos componentes: la formación de las coronas y raíces de los dientes, y la erupción de los mismos. La erupción es el movimiento continuo del brote dental, desde la región inferior del hueso alveolar hasta aparecer en la cavidad bucal, y a partir de este punto hasta alcanzar el plano de oclusión. Por tanto, el término adecuado para referirse a la aparición de la pieza dental en la cavidad bucal es el de emergencia. Aún para el término de emergencia existen diferentes definiciones que hay que tener en cuenta para interpretar los diferentes estudios: la emergencia clínica, definida como la aparición de cualquier región de la corona a través de la gingiva; emergencia oclusal, definida como la aparición funcional de la pieza dental en el plano de oclusión; y la emergencia alveolar, generalmente empleada en estudios osteológicos, que se define como la aparición de cualquier región de la corona a través del hueso alveolar. Los estudios de emergencia son los más numerosos, en ellos a individuos de diferentes grupos de edad de una población caracterizada étnica, socio-económica o nutricionalmente, se les realiza un examen bucal, conformando un estudio de tipo transversal, excepto en algunos casos de estudios longitudinales, que implican la inspección repetida a lo largo de un periodo de tiempo. Por otra parte, la formación de coronas y raíces se lleva a cabo mediante procesos como la formación de la matriz orgánica y su posterior mineralización, y la formación de la dentina.

Este proceso de formación continúa por algún tiempo después de la emergencia de la pieza dental en la cavidad oral. Los estudios de formación de coronas y raíces son menos comunes ya que requieren del examen radiográfico de un número elevado de individuos, y este procedimiento ya no está permitido en la mayoría de los países, o de la observación anatómica en autopsias. Estos estudios consisten en la obtención de placas radiográficas, por consenso de los dientes mandibulares, de los mismos individuos a diferentes edades, definiendo y describiendo cuidadosamente estadios arbitrarios que cubran la totalidad del desarrollo para cada tipo de diente.

El desarrollo de estándares de emergencia y formación han tenido diversos objetivos. Como ya se ha explicado, el concepto de madurez dental es introducido junto con otros indicadores debido a la variabilidad debida a los diferentes 'tempos' de individuos en el crecimiento y maduración. La edad fisiológica puede ser utilizada para determinar el tiempo adecuado para tratamiento médico, y con la edad cronológica para evaluar la normalidad del crecimiento. Cuando no hay registros locales, como en regiones de algunos países y en casos de emergencia, el desarrollo de estándares locales sirve para estimar la edad cronológica. En casos legales como la determinación de la edad de inmigrantes juveniles sin registros de identificación se están utilizando estándares de emergencia y maduración dental en diversos países. Por último, la aplicación de los estándares del desarrollo dental se aplica en contexto forense y arqueológico para la determinación de la edad cronológica del individuo, para identificación o fines paleo-demográficos respectivamente.

Ciertas generalidades del desarrollo dental se resumen a continuación. La emergencia de las piezas dentales en ambos tipos de denticiones se produce en agrupaciones, estando separada la emergencia decidua de la permanente por aproximadamente dos años. En la dentición decidua, el primer grupo consiste en los ocho incisivos y los cuatro primeros molares, seguidos de los caninos, y en último lugar de los segundos molares. En la dentición permanente hay dos agrupaciones definidas, entre los seis y ocho años emergen los incisivos y primeros molares, y entre los diez y doce años emergen los caninos, premolares y segundos molares, de manera que hay un periodo de pausa de aproximadamente dos años entre la emergencia de los dos grupos de dientes permanentes. El último tipo de diente en aparecer es el tercer molar, cuya edad de emergencia es más variable que para el resto de las piezas dentales. La secuencia de aparición puede variar en el orden de alguna pieza aunque la secuencia general permanente es de $M_1 1 1 P^1 CP^2 M^2$ para la arcada superior y de $M_1 1_1 1_2 CP_1 P_2 M_2$. Los isómeros emergen a la misma edad cronológica. Para la emergencia permanente y para la formación se ha documentado consistentemente una diferencia entre sexos, estando el femenino adelantado en ambos procesos, siendo los dientes caninos los que muestran la mayor diferencia entre sexos en la emergencia. También se han documentado diferencias en la emergencia y la mineralización entre grupos étnicos que son debidas a factores genéticos.

Algunos trabajos han estudiado el efecto de condiciones como nutrición deficiente y bajo nivel socio-económico sobre la emergencia. Estos estudios son relevantes ya que las condiciones de la población guatemalteca rural son similares. Los trabajos se pueden dividir en dos. Aquellos que relacionan el desarrollo somático de un grupo a través de variables como el peso, estatura, perímetro del brazo, con la emergencia decidua o permanente, evaluada a través del número de piezas presentes en el momento de la inspección; y los diseñados para determinar la influencia del nivel socio-económico.

Entre los primeros cabe citar algunos trabajos. McGregor *et al.* (1968) estudiaron la emergencia decidua en niños de aldeas rurales en Gambia, observando que los niños más altos o pesados para cada edad tenían más dientes emergidos. Billewicz *et al.* (1973), en un estudio sobre niños de la ciudad de Hong Kong, informan de resultados similares, observando que a partir de los 20 meses el número de dientes emergidos aumentaba con el peso al nacer. En la India, Rao *et al.* (1973) dividieron los niños de su estudio en dos grupos de acuerdo al peso, talla, y BMI, y a todas las edades, los niños del grupo más favorecido presentaban más dientes emergidos. En su estudio de erupción decidua en un grupo de bajo nivel socio-económico de Bengala, Mukherjee (1973) dividió los niños en cada grupo de edad en cinco grupos de peso decreciente, observando la existencia de un claro gradiente en el número medio de dientes emergidos para cada edad, al pasar de un grupo de peso al inferior. Kanawati y McLaren (1973) encontraron que niños libaneses con problemas de crecimiento tenían un número menor de dientes que la población sana utilizada como control. En los Estados Unidos, Infante y Owen (1973) observaron asociación entre la estatura y el número de dientes emergidos en niñas y niños, y entre el peso y la circunferencia de la cabeza y el número de dientes emergidos solo en niños. El Lozy *et al.* (1975) observaron que en niños rurales de Túnez con retraso en el crecimiento somático y deficiencias energéticas y proteicas, hay una asociación estadísticamente significativa entre la emergencia decidua y las variables como el peso y la estatura. En Guatemala, el INCAP llevó a cabo una investigación sobre la erupción decidua en niños ladinos con malnutrición proteico-calórica leve a moderada incluidos en un programa de suplementación alimenticia (Delgado *et al.* 1975). En este estudio se observó que no había un retraso en la emergencia en comparación con datos de otros países, pero a todas las edades, los niños con mayor tasa de crecimiento, con mayor peso al nacer, y cuyas madres habían tenido una suplementación mayor, tenían más dientes emergidos. Se concluye que para un peso al nacer mayor de 3 kg la estimación de la edad por el conteo de piezas emergidas es correcta, pero que para aquellos niños con un peso al nacer menor de 3 kg la edad se subestimaría entre 1 a 2 meses. Por otra parte, Korte y Mndeme (1973) en Tanzania, encontraron que la correlación parcial entre el número de dientes emergidos y el peso para la talla con la edad constante, no era significativa en su estudio.

En cuanto al segundo tipo de estudios, relacionados con el nivel socio-económico, Garn *et al.* (1973), en un trabajo sobre el impacto económico en la emergencia permanente sobre blancos y negros en los Estados Unidos, utilizaron el ingreso y tamaño familiar para calcular una medida de nivel socio-económico con la que dividieron la muestra. Observaron diferencias entre clases socio-económicas para los niños blancos y negros pero una diferencia menor para las niñas. Como nota de precaución, los autores afirman que el rango socio-económico abarca desde el nivel de pobreza al nivel de ingreso medio en los Estados Unidos, pero que el nivel inferior de pobreza no es equivalente a los niveles de Centroamérica, Sudamérica, África o la India, de manera que las diferencias reportadas no constituyen una comparación de extremos. Concluyen que existe retraso asociado al nivel económico, y que no se puede comparar la emergencia entre poblaciones verdaderamente deprimidas con estándares derivados de poblaciones de clase media, generalmente colegios privados. También concluyen que el retraso por diferencias económicas es menor que la diferencia debida a factores étnicos, estando los niños negros adelantados en la emergencia, y que el retraso es menor que el observado para la osificación (Gam *et al.* 1973). Enwonwu (1973) estudió dos grupos Yoruba nigerianos, niños de académicos de la universidad y niños de bajo nivel socio-económico, y a todas las edades, los niños de mayor nivel socio-económico eran más altos, pesaban más y tenían más dientes emergidos. Sin embargo, hay trabajos en los que no se encuentra relación entre el nivel socio-económico y emergencia. Por ejemplo, en el caso de Guatemala cabe destacar la investigación de Cifuentes y Alvarado (1973) en la que al comparar el número de dientes a una edad determinada entre tres grupos socio-económicos, pacientes de pediatras privados, pacientes desnutridos con síntomas de desnutrición proteico-calórica, y niños rurales con desnutrición moderada, no encontraron diferencias significativas entre ningún grupo. En otro estudio en Túnez, Bambach *et al.* (1973) estudian los tiempos de erupción decidua para cinco grupos socio-

económicos y no observaron diferencias significativas aunque la circunferencia del brazo, indicador antropométrico del estado nutricional, disminuía al pasar de un grupo socio-económico al inferior. Derasari (1970) en un estudio en la India, comparó niños rurales de bajo nivel socio-económico con niños de alto nivel, y observó que los niños de clase baja mostraban más dientes.

En cuanto a la formación de coronas y raíces, mineralización de aquí en adelante, la mayoría de estándares se han desarrollado sobre población norteamericana o de Europa del norte (Anderson *et al.* 1976; Demirjian *et al.* 1973; Demirjian y Goldstein 1976; Haavikko 1970; Moorrees *et al.* 1963a, 1963b; Nielsen y Raw 1976), existiendo algunos estándares para población negra y latina (Harris y Mckee 1990; Loevy 1983; Nichols *et al.* 1983). Como resumen, para Demirjian (1978) y Smith (1991), la mineralización es un método mejor que la emergencia para la determinación del grado de madurez fisiológica y para la estimación de la edad cronológica por varias razones: la emergencia es un evento puntual y, por tanto, con una temporalidad difícil de determinar, mientras que la mineralización es un proceso continuo; la emergencia de un diente puede estar alterada por factores como infecciones y pérdidas prematuras de los predecesores; el uso de la emergencia se limita a determinadas edades debido a la emergencia en agrupaciones de los dientes, separadas por periodos inactivos en erupción pero no en mineralización; los rangos de variabilidad para los dos procesos del desarrollo dental son menores en relación a otros parámetros de crecimiento y maduración (ver Lewis y Gam 1969). En cuanto a la existencia de diferencias entre poblaciones, éstas han sido mostradas en algunos estudios. Ilarris y Mckee (1990) observaron que los afroamericanos del sur de los Estados Unidos están avanzados para todas las piezas dentales con relación a los euroamericanos de la misma área. Chertkow (1980) también informa que los negros sudafricanos están avanzados sobre los blancos sudafricanos, mientras que en la muestra franco-canadiense de Demirjian *et al.* (1973), el desarrollo dental es más lento en comparación con niños latinos, afroamericanos y euroamericanos. Sobre una población arqueológica, Owsley y Jantz (1983) muestran evidencia de que los Ankara están avanzados en el desarrollo dental sobre los blancos estadounidenses usando los estándares de Moorrees *et al.* (1963a; 1963b). Y en un interesante trabajo, Tompkins (1996) evaluó la diferencia en el grado de formación entre tres grupos: franco-canadienses, negros sudafricanos y un grupo diverso de indios norteamericanos, observando que los niños franco-canadienses estaban retrasados respecto a los otros dos grupos. En cuanto a la influencia sobre la mineralización de factores como la nutrición y el nivel socio-económico, el presente autor no ha encontrado un trabajo diseñado para determinar su efecto, considerando grupos de diferente nivel socio-económico.

De estos estudios de emergencia y mineralización se pueden sacar varias consideraciones. Para los estudios de emergencia es claro que su utilidad en osteología (excepto que solo sea posible una inspección ocular) está limitada a proveer una estimación general del estadio de desarrollo, debido a los periodos de inactividad en la emergencia entre ambas denticiones y entre las agrupaciones anteriormente mencionadas para cada dentición. Sin embargo, aunque hay algunos resultados contradictorios, parece que hay relación entre el desarrollo somático y el grado de emergencia dental, de manera que para la misma edad cronológica, los niños con mayor peso, estatura, circunferencia de brazo, grasa acumulada, tienen más dientes emergidos. En cuanto al nivel socio-económico, la relación no es clara, pero parece razonable concluir que debido a la asociación entre emergencia y desarrollo somático, y la fuerte asociación entre desarrollo somático y nivel socio-económico, es esperable un retraso, no demasiado significativo, en los grupos más socialmente desfavorecidos. De cualquier manera, en un contexto osteológico de estimación de la edad a través de un intervalo cronológico, parece que la magnitud del error introducido por los factores anteriores no es importante, aunque el conocimiento de las características sociales de la población a la que pertenece el individuo sería bastante adecuado. Por supuesto, el desarrollo de estándares locales siempre es la solución ideal.

En cuanto a los estudios de mineralización, las diferencias entre estándares basados en poblaciones diferentes deberían ser evaluadas para determinar el grado de error introducido en la estimación de la edad, e idealmente, el estándar desarrollado sobre una población similar a la estudiada debería ser empleado. Por otra parte, parece que existe consenso respecto a la menor sensibilidad de la mineralización frente a la emergencia ante condiciones ambientales adversas, aunque se carece de estudios específicos para determinar el efecto de la malnutrición y el nivel socio-económico.

Para concluir, parece adecuado resumir los diferentes métodos empleados para la determinación de la edad en un contexto osteológico, y algunas pruebas de su validez realizadas sobre material de edad y sexo documentado. Los métodos se pueden dividir en cuatro grupos: emergencia, mineralización, métricos, y cuadros y gráficos. Los estudios de emergencia y mineralización han sido comentados ampliamente, de manera que solo se van a comentar los estudios que han probado su validez. Morstand *et al.* (1995) comprobaron la validez de cuatro métodos, el de Demirjian *et al.* (1973), los de Haavikko (1970, 1974), y Liliequist y Lundberg (1971), y el gráfico de Gustafson y Koch (1974), sobre 197 radiografías de niños y niñas suecos de 5, 6, 9 y 12 años. Los métodos desarrollados por Demirjian en población canadiense sobre estimaron la edad para los cuatro grupos y ambos sexos, con un rango de 0.4 a 1.8 años, mientras que los estudios basados en población escandinava y el gráfico de Gustafson y Koch obtuvieron mejores resultados, con errores del orden de 0.1 a 0.9 años. Los autores concluyen que al utilizar la metodología de Demirjian ajustada para población finlandesa se obtuvieron buenos resultados, recomendando que cuadros de madurez adaptados al método de Demirjian *et al.* (1973) deberían ser elaborados en África, Latinoamérica y Asia. Saunders *et al.* (1993), estudiando una muestra documentada de un cementerio canadiense del siglo XIX, concluyen que el mejor método de estimación de la edad es la combinación de dientes deciduos y permanentes de Moorrees *et al.* (1963a, 1963b), que es aplicable perfectamente a poblaciones blancas norteamericanas y europeas.

En cuanto a los métodos métricos, se basan en la relación entre la longitud del diente en desarrollo o su peso con la edad cronológica. Estudios de este tipo existen para el periodo fetal y los primeros meses de vida postnatal (Deutsch 1985), y estudios más recientes sobre la población de edad documentada de Spitalfields en Londres han aportado información métrica sobre la dentición decidua y permanente, con algunas precauciones metodológicas derivadas de las características de la muestra (Liversidge *et al.* 1993; Liversidge y Molleson 1996). Según estas autoras (Liversidge y Molleson 1996), los métodos que se basan en medidas, como la longitud o el peso, carecen del elemento subjetivo introducido en la evaluación radiográfica característica de los estudios de formación anteriormente mencionada. Liversidge (1994) concluye que los métodos cuantitativos son los más precisos en el primer año, aunque después recomienda por su fácil utilización y su bajo error intraobservador, los métodos atlas (ver más abajo). El cuarto y último grupo de métodos para la estimación de la edad cronológica es el de los cuadros y gráficos de emergencia y formación, de los que destacan dos: el cuadro original de Schour y Massler (1941), modificado por Ubelaker (1978), y el gráfico de Gustafson y Koch (1974). El cuadro de Ubelaker es el método más usado por su facilidad, y aunque introduce un elemento subjetivo en la asignación de una etapa concreta, como resume González (1999), funciona bien en comparación con otros métodos, por ejemplo el de Liversidge, Dean y Molleson (1993), que no mejora la relación entre simplicidad y precisión, ya que los intervalos de variación no son menores que los propuestos por Ubelaker. El cuadro de Ubelaker es el recomendado por el Whorkshop of European Anthropologists (WEA 1980) y por el conocido 'Standards' (Buikstra y Ubelaker 1994). El gráfico de Gustafson y Koch (1974), desconocido para este autor, parece interesante ya que como resume Hillson (1996), su efectividad reside en tener en cuenta varios estudios y calcular una 'media' entre ellos y verse poco afectado por dientes perdidos. Como reporta Hillson (1996) el método ha sido probado y se observan márgenes de error bajos, del orden de dos meses alrededor de la edad cronológica (Crossner y Mansfield 1983; Hagg y Matsson 1985, citados en Hillson 1996).

DESARROLLO ÓSEO

Aunque varias partes del esqueleto pueden utilizarse para evaluar la madurez ósea, por razones metodológicas la mayoría de los trabajos se han realizado sobre la muñeca y la mano. Esta evaluación se lleva a cabo mediante la observación de una placa radiográfica, existiendo dos métodos. En los métodos de tipo 'atlas' (Greulich y Pyle 1959; Hoerr *et al.* 1962), la radiografía se compara con otras que representan estándares para diferentes edades determinándose con cuál es que muestra mayor coincidencia. En los métodos más recientes, se establece una serie de estadios estandarizados a través de los que pasa cada hueso, y a cada hueso de manera individual se le asigna una de estas etapas, obteniéndose una 'puntuación total' a partir de asignaciones individuales (Tanner *et al.* 1973).

Como es obvio y explican Scheuer y Black (2000), estos métodos no son aplicables en un contexto osteológico, debido a que los carpos no se suelen conservar en edades tempranas, y si lo

hacen, no están asociados, aunque pueden aplicarse en el caso de material momificado y puede ser usado en un contexto forense para la identificación, como han mostrado recientemente Warren *et al.* (1999). A pesar de su no aplicabilidad en restos óseos, su fácil metodología ha resultado en un elevado número de estudios que han tenido en cuenta cómo afectan factores como la nutrición, el nivel socio-económico, el grupo étnico, al desarrollo de estos centros de osificación. Por tanto, a través de una aproximación a estos métodos, puede obtenerse información del impacto de estos factores sobre la maduración ósea.

Varios estudios se han centrado en el efecto de la malnutrición sobre la madurez ósea. Como evidencian numerosas investigaciones, se puede afirmar que asociado a la malnutrición existe un retraso en la maduración ósea (Chávez *et al.* 1964; Newman y Collagos 1957; Lamp *et al.* 1978), evaluada a través del método "atlas", del más moderno método TW2 (Tanner *et al.* 1983), o simplemente mediante el conteo del número de centros de osificación presentes. Para el caso de Guatemala cabe destacar los trabajos de Guzmán *et al.* (1964), Blanco *et al.* (1973), Blanco *et al.* (1976), Martorell *et al.* (1979), y Bogin *et al.* (1992). En estos estudios se observa, como ya se ha comentado anteriormente, que la maduración ósea se ve menos afectada que los parámetros somáticos de crecimiento, pero que a diferencia del desarrollo dental esta influencia sí es significativa. Blanco *et al.* (1973) encontraron que los niños con peores condiciones de nutrición tenían un menor número de centros de osificación presentes que niños en buen estado nutricional, mientras que Guzmán *et al.* (1964) y Martorell *et al.* (1979), como parte del estudio longitudinal de suplementación del INCAP, observaron que los niños con un suplemento calórico diario presentaban un avance en la maduración ósea. Bogin *et al.* (1989) muestran que también existe retraso en la madurez ósea, aunque como ya se ha comentado, de menor grado que los parámetros de crecimiento. Otros trabajos informan de la diferencia entre edad cronológica y edad estimada por estos métodos, como el de Blanco *et al.* (1976) que para un total de 1412 niños y niñas de nueve comunidades rurales guatemaltecas, evaluaron la madurez ósea a través del método de Greulich y Pyle (19) y el de Tanner y Whitehouse (Tanner *et al.* 1962), y encontraron que el retraso entre edad estimada a partir de radiografías por estos dos métodos respecto a la edad cronológica era de 10.4 meses y 16.3 meses para los niños, y de 8.8 meses y 11.9 meses para las niñas, con los métodos "atlas" y TW respectivamente. En este sentido cabe citar otra vez el trabajo de Lamp y Johnston (1996). El objetivo de estos autores fue evaluar el error introducido en la estimación de la edad a través del uso del método de Greulich y Pyle en una población mexicana con desnutrición proteico-energética crónica leve a moderada, y con una elevada tasa de enfermedades infecciosas, población que ellos mismos describen como "*generally healthy children, albeit constrained in their maturational progress*". El error introducido para un grupo de 217 niños de 4 a 4.5 años de edad cronológica es el siguiente: el 60% de la muestra tiene una edad subestimada por 1 a 2 años, y más del 20% de la muestra tendría un error de 2 a 3 años. Para ponerlo de otra manera, los autores observan que de 130 niños que fueron asignados a una edad ósea de 3.25 a 3.7 años, el intervalo de edad real de los 130 niños era de 4 a 7.5 años, de manera que todos tuvieron la edad cronológica subestimada, el 22% de ellos por un valor de 4 años. Como se observa, el error introducido es de gran magnitud.

Estas diferencias sistemáticas entre los estándares y las poblaciones en estudio reflejan las diferentes condiciones de vida bajo las que se desarrollaron los niños con los que se elaboraron los estándares, población de nivel socio-económico medio a alto, y los niños de poblaciones deprimidas, como es el caso de Guatemala. Como se menciona más arriba, los métodos de estimación de edad ósea a partir de la muñeca no tienen una aplicación práctica en el contexto osteológico, aunque con las placas radiográficas ya existentes de población guatemalteca en el INCAP, se podría elaborar un estudio preliminar sobre la fusión de las epífisis distales del cúbito y radio, comparando los resultados con los pocos estudios publicados (Bennett 1993). Sin embargo, los efectos de las adversas condiciones de crecimiento sobre la maduración ósea en la muñeca nos indican la necesidad de tener en mente estos resultados en la aplicación de los pocos estándares disponibles para el cierre de epífisis, que es el método más utilizado en la determinación de la edad, cuando una estimación dental no es posible y hay restos suficientes.

LONGITUD DE LA DIÁFISIS DE LOS HUESOS LARGOS

Otro método posible para la determinación de la edad en juveniles es la longitud de los huesos largos: midiendo la diáfisis sin o con epífisis, el valor obtenido se relaciona con un estándar de referencia extrapolándose un valor de edad cronológica. La longitud de los huesos largos, con o sin epífisis, puede ser considerada una variable de crecimiento y como se ha explicado anteriormente, estas variables (peso, circunferencia de brazo) son especialmente sensibles a condiciones ambientales adversas y poco influidas por factores genéticos. En el caso de la población guatemalteca rural, como se ha descrito gráficamente, los valores de la estatura se relacionan estrechamente con el nivel socio-económico, usando este término con relación a diversos parámetros como nutrición, salud, tamaño familiar y ambiente psicológico (ver Bogin 1999). En contraposición con las características ambientales deficientes bajo las que se desarrolló la población infantil rural durante el conflicto armado (población forense actual), las poblaciones sobre las que se elaboraron los principales estándares de crecimiento, constituían poblaciones sanas de clase social media o alta de colegios privados de estados unidos o europa. Teniendo en cuenta la sensibilidad demostrada del crecimiento en estatura ante factores ambientales, la simple observación de que las características sociales bajo las que se desarrolla el ciclo vital de la población guatemalteca son diametralmente opuestas a las de los estudios más utilizados, recomendaría no utilizar estos estándares para la determinación de la edad en la población forense juvenil guatemalteca. Pero para formalizar esta afirmación, se presentan algunas comparaciones. La Tabla 3 muestra la longitud media de fémur, tibia y húmero (diáfisis con epífisis) para el último grupo de edad de los estudios de Maresh (1973), Gindhart (1983) y Anderson (1987) para ambos sexos, junto con los mismos valores obtenidos de una muestra forense guatemalteca rural adulta en términos de fusión de epífisis con ausencia de líneas de fusión reciente. Como se puede observar, la diferencia es de varios centímetros. Esta comparación invalida el uso de los estándares mencionados para la determinación de la edad en población juvenil forense guatemalteca, y por extensión el uso de algunos métodos para determinar la estatura en juveniles (Olivier 1969), introduciendo una seria nota de precaución en la consideración de muestras arqueológicas cuyas condiciones pudieron ser similares a las de la población guatemalteca rural actual. Por otra parte ya se ha comentado ampliamente en varios trabajos que la longitud de los huesos largos en muestras arqueológicas se utiliza principalmente para estimar el retraso en el crecimiento y no para calcular la edad, a menos que se carezca de otro indicador. Con relación al crecimiento de los huesos largos, cabe destacar el trabajo en población rural guatemalteca sobre la presencia de líneas de Harris de Blanco *et al.* (1976). Las líneas de Harris se pueden definir como líneas transversas de radiodensidad en los extremos de los huesos largos que parecen estar asociadas a episodios de estrés fisiológico que detienen el crecimiento en longitud del hueso (Aufderheide y Rodríguez-Martín 1998). En su estudio, Blanco *et al.* (1976) encontraron un porcentaje medio de 40% de la muestra para cada grupo de edad con líneas de Harris, y en la comparación de la estatura entre niños con líneas y niños sin líneas, observaron que los niños con líneas eran más bajos, aunque la diferencia era estadísticamente significativa solo para algunos grupos. Teniendo en cuenta las precauciones descritas en Aufderheide y Rodríguez-Martín (1998) a la hora de interpretar las líneas de Harris, como concluyen Blanco *et al.*, la presencia tan elevada de líneas de Harris en la población rural guatemalteca es esperable debido a las pobres condiciones bajo las que se desarrolla su crecimiento.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha intentado resumir algunos de los problemas a tener en cuenta para la estimación de la edad en juveniles. Estos problemas se han enfocado desde la biología humana y su énfasis en el concepto de variabilidad. Esta variabilidad es intrapoblacional, inherente a los procesos de crecimiento, e interpoblacional, debida a diferencias en el ambiente de crecimiento y/o a diferencias en la dotación genética de las poblaciones que se consideren. El impacto de condiciones negativas de crecimiento es mayor para el crecimiento somático (estatura, peso, pliegues de grasa, en contexto osteológico, longitud de los huesos largos), seguido de la maduración ósea (maduración de los centros de osificación de la muñeca), y finalmente del desarrollo dental, que es el menos afectado. En el contexto forense guatemalteco, la casi totalidad de la población asesinada vivía en el medio rural, desarrollando sus ciclos vitales bajo condiciones adversas. Para esta población se han documentado los efectos sobre el crecimiento de este ambiente negativo. Esta realidad debería ser tenida en cuenta por las personas

que trabajan con restos óseos, ya que introduce notas de precaución cuando se usan estándares de determinación de edad elaborados sobre otra población que se desarrollo bajo un ambiente opuesto. Hemos visto que los estándares de longitud de los huesos largos deberían ser desechados para la estimación de la edad, y por extensión los estándares de estimación de estatura; la información de la maduración ósea no está directamente relacionada con los métodos de fusión de epífisis utilizados para obtener rangos de edad, pero abre la posibilidad de que también existan diferencias entre las poblaciones guatemalteca y las de referencia, debidas a las condiciones deprimidas de crecimiento. En cuanto al desarrollo dental, parece que este método de estimación, considerado el más útil, es el menos afectado por las condiciones ambientales negativas, aunque parece que es adecuado tener en mente la posibilidad de un ligero retraso. Trabajos diseñados para evaluar las posibles diferencias se deberían llevar a cabo. A esta variabilidad interpoblacional, se suma la variabilidad intrapoblacional ya mencionada, que nos indica que los trabajos originales donde se describieron los estándares deberían ser leídos y estudiados con precisión para fijar con conocimiento los intervalos de estimación de edad.

TABLA 3

POBLACIÓN	FÉMUR	TIBIA	HUMERO
GUATEMALA FORENSE RURAL ADULTA	41.39	34.47	29.96
MARESH	51.17 (18 años)	42.95 (18 años)	35.06 (18 años)
ANDERSON	47.23 (18 años)	37.29 (18 años)	
GINDHART	-----	40.42 (18 años)	-----

Medidas masculinas, valores en centímetros

Finalmente una opinión personal que emerge del panorama general formado por biología humana y antropología forense. Por su sensibilidad frente a las condiciones en las que se desarrolla, el crecimiento infantil se considera especialmente importante:

"... the growth of children ... reflects rather accurately the material and moral conditions of that society..." (Tanner 1986:3)

Las consideraciones que resume esta ponencia surgen entonces de dos problemas. Primero, en las exhumaciones frecuentemente se encuentran restos óseos de individuos juveniles, desde recién nacidos hasta adolescentes, población indefensa que fue asesinada. Segundo, esta misma población subadulta se desarrolló, y se sigue desarrollando, bajo unas condiciones que deprimieron su crecimiento y maduración. Parece ser que una reflexión sobre este panorama es obligatoria:

"The spectrum of tasks performed by forensic scientist would be complete/y misunderstood if limited only to the solving of local forensic problems. The forensic practitioner must also carry out the health political task society expects of them and must take a stand on questions of human rights transcending mere local and national interests ... it reaches beyond confines of the mere/y medical or mere/y forensic to touch the social conscience of every thinking person." Dr. I. Pedal, Institut fur Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin, Heidelberg, Alemania, extraído de "Review of: Maltreatment and Torture". Research in Legal Medicine, Vol.19, Journal of Forensic Science, 1999.

REFERENCIAS

- Anderson, D.L., Thompson, G.W. y Popovich, F. 1976. Age of attainment of mineralization stages of the permanent dentition. *J Forensic Sci* 21: 191-200.
- Aufderheide, A.C. y Rodríguez-Martín, C. 1998. *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge University Press. Pp. 422-424.
- Blanco, R.A., Acheson, R.M., Canosa, C. y Salomón, J.B. 1972. Retardation in the appearance of ossification centers in deprived Guatemalan children. *Hum Biol* 525-536.
- Blanco, R.A., Acheson, R.M., Canosa, C. y Salomón, J. B. 1976. Height, weight, and lines of arrested growth in young guatemalan children. *Am J Phys Anthropol* 40: 39-48.
- Bogin, B. y MacVean, R.B. 1978. Growth in height and weight of urban Guatemalan primary school children of high and low socioeconomic class. *Hum Biol* 50:477-488.
- Bogin, B. y MacVean, R.B. 1981a. Body composition and nutritional status of urban guatemalan children of high and low socioeconomic class. *Am J Phys Anthropol* 55: 543-551.
- Bogin, B. y MacVean, R.B. 1983. The relationship of socioeconomic status and sex to body size, skeletal maturation, and cognitive status of Guatemala City schoolchildren. *Child Develop* 54: 115-128.
- Bogin, B., Wall, M. Y MacVean, R.B. 1992. Longitudinal analysis of adolescent growth of ladino and Mayan school children in Guatemala: effects of environment and sex. *Am J Hum Biol* 1992 3: 123-135
- Chavez, A.P. Hidalgo, C. y Pitol, A. 1964. Maduración ósea en dos grupos de niños con diferente estado de nutrición. *Salud Pública México* 6: 705-717.
- Crossner, C.G. y Mansfield, L. 1983. Determination of dental age in adopted non-European children. *Swedish Dent J* 7: 1-10.
- Delgado, H., Habicht, J.P., Yarbrough, C., Lechtig, A., Martorell, R., Malina, R. y Klein, E. 1975. Nutritional status and the timing of deciduous tooth eruption. *Am J Clin Nut* 28: 216-224.
- Demirjian, A. 1978. Dentition. En : Falkner, F. y Tanner, J.M., editores. *Human Growth. Vol 2, Postnatal Growth*. New York: Plenum Press. pp. 413-444.
- Demirjian, A., Goldstein, H. Y Tanner, J.M. 1973. A new system of dental age assessment. *Hum. Biol.* 45: 211-228.
- Demirjian, A. y Goldstein, H. 1976. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Ann Hum Biol* 3: 411-421.
- Hagg, U. y Matsson, L. 1985. Dental maturity as an indicator of chronological age: the accuracy and precision of three methods. *Eur J Orthod* 7: 24-34
- Harris, E.F. y McKee, J.H. 1990. Tooth mineralization standards for blacks and whites from the middle southern United States. *J Forensic Sci* 35: 859-872.
- Garn, S.M., Nagy, J.M., Sandusky, S.T. y Trowbridge, F.L. 1973 a. Economic impact on tooth emergence. *Am J Phys Anthropol* 39: 233-238.
- Garn, S.M., Nagy, J.M., Sandusky, S.T. y Trowbridge, F.L. 1973 b. Negro-Caucasoid differences in permanent tooth emergence at a constant income level. *Arch Oral Biol* 18: 609-615.

- Gustafson, G. y Koch, G. 1974. Age estimation up to 16 years of age based on dental development. *Odontologisk Revy* 25: 297-306.
- Guzmán, M.A., Rohman, C., Flores, M. Garn, S.M. y Scrimshaw, N.S. Osseous growth of Guatemalan children fed a protein calorie supplement. *Fed Am Socs Exp Biol* 23: 38.
- Haavikko, K. 1970. The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. *Suomen Hammaslaak Toim* 66: 103-170.
- Hillson, S. 1996. *Dental Anthropology*. Cambridge University Press.
- Lamp, M. Johnston, F.E. y Malcolm, L. 1978. The effects of protein supplementation on the growth and skeletal maturation of New Guinean school children. *Ann Hum Biol.* 5, 3:219-227.
- Lamp, M. y Johnston, F.E. 1996. Problems in the aging of skeletal juveniles: perspectives from maturation assessments of living children. *Am J Phys Anthro* 101: 345-355.
- Loevy, H.T. 1983. Maturation of permanent teeth in black and Latino children. *J Dent Res* 62A: 296.
- Martorell, R., Yarbrough, C., Klein, R.E. y Lechtig, A. 1975. Malnutrition, body size, and skeletal maturation: interrelationships and implications for catch-up growth. *Hum Biol* 51: 371-389.
- Martorell, R. Yarbrough, C., Klein, R.E. y Lechtig, A. 1979. Malnutrition, body size and skeletal maturation: interrelationships and implications for catch-up growth 51, 3: 371-389.
- Moorrees, C.F.A., Fanning, E.A. y Hunt, E.E. 1963a. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42: 1490-1501.
- Moorrees, C.F.A., Fanning, E.A. y Hunt, E.E. 1963b. Formation and resorption of three deciduous teeth in children. *Am J Phys Anthropol* 21: 205-213.
- Newman, M.T. y Collagos, C. 1957. Growth and skeletal maturation in malnourished Indian boys from the Peruvian sierra. *Am J Phys Anthro* 15: 431 (abstract).
- Nichols, R., Townsend, E. y Malina, R. 1983. Development of permanent dentition in Mexican American children. *Am J Phys Anthropol* 60: 232.
- Nielsen, H.G. y Ravn, J.J. 1976. A radiographic study of mineralization of permanent teeth in a group of children aged 3-7 years. *Scan J Dent Res* 84: 109-118.
- Olivier, G. 1969. *Practical Anthropology*. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.
- Tanner, J.M. 1995. *Human Growth and Constitution*. En: Harrison, G.A., Tanner, J.M., Pilbeam, D.R. y Baker, P.T. editores. *Human Biology. An Introduction to Human Evolution, Variation, Growth, and Adaptability*. Oxford University Press. pp. 339-438.
- Tanner, J.M. 1986. Growth as a mirror for the conditions of the society: secular trends and class distinctions. En Demirjian, A. editor. *Human Growth: A Multidisciplinary Review*. London: Taylor and Francis. pp. 3-34.
- Tompkins, R.L. 1996. Human population variability in relative dental development. *Am J Phys Anthropol* 99: 79-102
- Trodden, B.J. 1982. *A Radiographic Study of the Calcification and Eruption of the Permanent Teeth in Inuit and Indian Children*. National Museum of Man Mercury Series, Archeological Survey of Canada, Paper No. 112.