

Álvaro Rodríguez Boceta

**DETERMINACIONES DE EDAD EN MENORES NO ACOMPAÑADOS
EN TARRAGONA EN EL AÑO 2024**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Dirigido por Dra. Priscila Caballero Casanoves y Dr. Francisco García Sayago



GRADO DE MEDICINA

Tarragona, 24 de mayo del 2026

1.1 AGRADECIMIENTOS

A Priscila, por ser tan natural en generar un ambiente de plena confianza y en ayudar a mejorar cualquier aspecto, tanto del trabajo como de mí, más allá de consejos académicos. Gracias por el cariño, la espontaneidad y la bondad en cada conversación y experiencia; su compañía enriquece cualquier acto humano.

A Francisco, “Paco”, por ser una fuente inagotable de energía, risas y aprendizaje que hace de cualquier momento una experiencia de por vida. Gracias por enseñarme que el humor rima con el corazón y el compromiso incluso ante los retos y situaciones más impactantes. Tiene un arte tan único y vivo ante el que solo cabe quitarse el sombrero e intentar aprender algún trazo de su talento.

A mis padres, que son mi refugio ante todas mis tormentas vitales y que me llenan el corazón cuando más lo necesito. No solo me dieron valores y sentimientos que cuidar, sino ejemplos tangibles de cómo perseguir y luchar por cada sueño, paso a paso, cambiando el rumbo mil veces si hace falta, pero sin perder la dirección.

A mis hermanos, por ser mis escuderos en numerosas batallas e incluso aceptar en sus carnes los golpes de la vida que son para mí solo, buscando así darme un hálito más de fuerza, un pedacito más de paz para volver a levantarme.

A mis sobrinos, por ser la solución a cualquier dificultad, ya que sus sonrisas y gestos, como ángeles que simbolizan la eterna primavera, me colman de tanta alegría y de tal olvido de mis penas que hacen creer que uno vuelve a nacer.

Índice:

1.1	AGRADECIMIENTOS	2
2.1	RESUMEN:.....	1
3.1	ABSTRACT:.....	2
1.	INTRODUCCIÓN:	3
1. 1	INSTITUTO DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES DE CATALUNYA (IMLCFC)3	
	I. SERVICIO DE CLÍNICA MEDICOFORENSE: SU PAPEL EN LA DETERMINACIÓN DE EDAD	
		3
1. 2	EVALUACIÓN FORENSE DE LA EDAD CRONOLÓGICA.....	5
	I ANAMNESIS Y EXPLORACIÓN FÍSICA	6
	II. RADIOGRAFÍA DE LA MANO Y LA MUÑECA.....	8
	III. ORTOPANTOMOGRFÍA DEL TERCER MOLAR	9
	IV. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE LA EPÍFISIS MEDIA DE LA CLAVÍCULA	11
2.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS:	12
3.	MATERIAL Y MÉTODOS:	13
4.	RESULTADOS	16
5.	DISCUSIÓN	19
6.	CONCLUSIONES.....	23
7.	BIBLIOGRAFÍA	24
8.	ANEXO 1.....	2
9.	ANEXO 2.....	3

2.1 RESUMEN:

OBJETIVOS: Describir las características clínicas, demográficas y medicoforenses de los menores no acompañados sometidos a estudio de determinación de edad en Tarragona durante 2024, y analizar la relación entre la radiografía del carpo, la ortopantomografía y la conclusión forense final.

MÉTODOS: Se realizó un estudio observacional, transversal, descriptivo y analítico, con recogida retrospectiva de 136 expedientes del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Catalunya, división territorial de Tarragona, del 2024. Se revisaron los datos de anamnesis, exploración física, radiografía de mano y muñeca y ortopantomografía; en ningún caso se practicó tomografía computarizada de clavícula.

RESULTADOS: La muestra estuvo compuesta por 127 varones y 9 mujeres, con predominio de sujetos procedentes de Gambia, Senegal y Marruecos. La mayoría de las edades referidas se situó entre los 16 años y 7 meses y los 18 años, y la mayor parte de los casos no presentaba antecedentes patológicos relevantes. El estudio del carpo mostró con frecuencia resultados sugestivos de mayoría de edad, aunque con bajo poder discriminativo en torno al umbral de los 18 años. La ortopantomografía presentó más hallazgos fronterizos, pero una mayor capacidad discriminativa respecto a la conclusión forense final. Los resultados obtenidos en el carpo y en la ortopantomografía se asociaron de forma significativa con la conclusión forense, y todos los casos concluidos como probables mayores de edad presentaron concordancia de ambas pruebas en ese sentido.

CONCLUSIONES: La combinación de anamnesis, exploración física, radiografía del carpo y ortopantomografía proporcionan una valoración forense útil en la mayoría de los casos. No obstante, la ausencia de tomografía computarizada clavicular limita la precisión en los sujetos próximos a los 18 años, por lo que su uso selectivo en casos dudosos podría mejorar la certeza diagnóstica.

Palabras clave: estimación forense de la edad, menores no acompañados, radiografía del carpo, ortopantomografía, medicina legal.

3.1 ABSTRACT:

OBJECTIVE: To describe the clinical, demographic and medico-legal characteristics of unaccompanied minors assessed for age estimation in Tarragona during 2024, and to analyse the relationship between hand-wrist radiography, orthopantomography and the final forensic conclusion.

METHODS: A retrospective observational, cross-sectional, descriptive and analytical study was conducted on 136 case files from the Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences of Catalonia, Tarragona division. Data from medical history, physical examination, hand and wrist radiography, and orthopantomography were reviewed; no clavicular computed tomography was performed in any case.

RESULTS: The sample consisted of 127 males and 9 females, with a predominance of subjects from The Gambia, Senegal, and Morocco. Most reported ages ranged between 16 years and 7 months and 18 years, and most cases had no relevant pathological history. Hand-wrist assessment frequently showed findings suggestive of legal adulthood, although with low discriminatory power around the 18-year threshold. Orthopantomography showed more borderline findings, but greater discriminatory capacity with respect to the final forensic conclusion. The results obtained from the carpal and third molar examinations were significantly associated with the forensic conclusion, and all cases classified as probable adults showed concordance between both tests in this regard.

CONCLUSIONS: The combination of medical history, physical examination, hand-wrist radiography and orthopantomography provides a useful forensic assessment in most cases. However, the absence of clavicular CT reduces accuracy in borderline cases close to 18 years of age, so its selective use in doubtful cases may improve diagnostic certainty.

Key words: forensic age estimation, unaccompanied minors, hand-wrist radiography, orthopantomography, legal medicine.

1. INTRODUCCIÓN:

1.1 INSTITUTO DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES DE CATALUNYA (IMLCFC)

El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Catalunya (IMLCFC) fue fundado el 20 de noviembre de 2001. Es un órgano técnico al Servicio de la Administración de Justicia, adscrito al Departamento de Justicia de la Generalitat de Catalunya y dependiente del Ministerio de Justicia. El IMLCFC tiene como misión auxiliar a los juzgados, tribunales, fiscalías y oficinas del Registro Civil mediante la práctica de pruebas periciales médicas, tanto tanatológicas como clínicas y de laboratorio, previstas en la normativa vigente de la medicina forense; la realización de actividades de docencia e investigación relacionadas con la medicina forense. En sus funciones técnicas, el IMLCFC tiene un carácter independiente y emite sus informes de acuerdo con las reglas de investigación científica que considera adecuadas.

1. SERVICIO DE CLÍNICA MEDICOFORENSE: SU PAPEL EN LA DETERMINACIÓN DE EDAD

La sección de *Clínica Medicoforense* es la responsable de estudiar y valorar cualquier cuestión médica en situaciones en las que sea necesario su dictamen en la resolución de un conflicto en el ámbito del derecho (2). Sobre este último aspecto, la determinación de edad en menores, normalmente de entrada en el país de manera irregular, ha cobrado importancia durante las últimas décadas en las naciones integrantes de la Unión Europea (UE), y es de especial relevancia en aquellos estados, como España, que poseen frontera con países no pertenecientes de la UE. Esta mayor relevancia de este tipo de estudio se debe fundamentalmente al aumento en la llegada de *menores extranjeros no acompañados*, conocidos popularmente por el acrónimo *MENA*. Aunque el conocimiento exacto de las cifras es complicado, según diferentes fuentes, en 2024, fueron aproximadamente unos 5000-6000 los menores que llegaron a territorio español no acompañados por un familiar que ejerciera su tutela, representando un incremento del 21,7% respecto a 2023; a nivel europeo la cifra total gira entorno los 30.000 ese mismo año (3–6).

Abordaje e importancia en el ámbito civil.

En el contexto de una determinación de edad no motivada por un acto delictivo, donde la edad es un elemento determinante con vistas a una futura probable sentencia, el

proceso es promovido normalmente por la Fiscalía de Menores. Son varias las circunstancias que son susceptibles de iniciar el proceso de evaluación, tales como existencia duda razonable sobre la minoría de edad por parte de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado e incongruencias en la documentación aportada, entre otras circunstancias; según estimaciones, solo un 45% de los nacimientos en el África subsahariana son registrados correctamente, en ocasiones incluso sin notificación de la fecha de nacimiento (7,8).

Para una correcta asistencia, teniendo en cuenta el carácter limitado de los recursos públicos, la llegada de menores en las circunstancias ya descritas anteriormente supone un reto para las administraciones públicas. Se debe garantizar el principio de interés del menor, el beneficio de la duda y la protección adecuada. Así, se proporciona una asistencia dentro de un sistema que los ampare y evite que adultos accedan fraudulentamente a tales recursos.

En este contexto, la actuación debe regirse por el interés superior del menor y el beneficio de la duda durante todo el proceso de evaluación. En España, este abordaje se enmarca en las recomendaciones internacionales (véase la Tabla 1) y en el Protocolo Marco sobre menores extranjeros no acompañados, que insiste en las garantías del procedimiento, el consentimiento informado, la evitación de pruebas innecesariamente invasivas y la adecuada protección jurídica y asistencial del menor.

Asimismo, en España se ha reforzado un enfoque garantista en la determinación de edad, basado en la presunción de minoría de edad, el derecho del menor a ser oído, la evitación de pruebas invasivas y la asistencia jurídica durante el procedimiento (9). En esta misma línea, el Protocolo Marco de 2014 establece la realización de pruebas medicoforenses, si son necesarias, con criterios éticos y consentimiento informado, así como medidas de protección y regularización adaptadas a la situación de cada menor para que así pueda acceder a derechos inmediatos como la educación y la sanidad (10,11).

Principios y garantías en la evaluación de la edad según EASO (2018)
Beneficio de la duda y aplicación del margen de error
Acceso inmediato a un tutor/representante cualificado e independiente
Derechos de información, participación y consentimiento informado
Confidencialidad, protección de datos y seguridad
Profesionales cualificados, perspectiva cultural y de género, método menos intrusivo

Tabla 1. Estándares internacionales consensuados respecto la determinación de edad

Importancia en cuestiones de aspecto penal.

En nuestro marco legal, dado el caso de un sujeto que ha cometido presuntamente un delito sobre el que existan dudas plausibles de la veracidad de su edad cronológica, es pertinente el inicio de un estudio medicoforense encaminado a socorrer a la institución judicial, al Juzgado de Instrucción, para esclarecer con la mayor exactitud posible la minoría o mayoría de edad. La importancia recae principalmente en dos aspectos: 1) la aplicación del Código Penal destinado a los adultos o de la legislación pertinente a los menores, cuyo enfoque es más socioeducativo, 2) la asignación definitiva del órgano/institución correspondiente como garante del proceso a la institución judicial correspondiente (12)

En primer lugar, una vez que el menor se halla bajo custodia de las autoridades competentes en el contexto de una presunta comisión de delito y con dudas razonables sobre su minoría/mayoría, el Ministerio Fiscal instará, a través de la Fiscalía de Menores, a practicar la determinación de edad. Una vez realizado el estudio, si el resultado respalda una edad menor de 18 años como la más probable, o si, en la horquilla utilizada, la edad contemplada más baja es inferior al límite legal de la mayoría de edad, dicho individuo debe considerarse como menor de edad y ser juzgado por la jurisdicción de menores (13).

En el supuesto contrario, consecuentemente, si los estudios orientan hacia una edad superior a 18 años, se aplicará el código penal común a los adultos. No obstante, según el Artículo 69 del Código Penal, aquellos sujetos de edad comprendida entre los 18 y 21 años, si la gravedad del hecho delictivo es considerada leve o moderada, a criterio del juez responsable, pueden aplicar medidas educadoras similares a las empleadas en menores (14).

1.2 EVALUACIÓN FORENSE DE LA EDAD CRONOLÓGICA

La determinación de la edad cronológica por parte de los Institutos de Medicina Legal es un proceso complejo, compuesto por varias etapas, que requiere profesionales con experiencia tanto en la exploración física como en la interpretación de las pruebas complementarias.

En España, a diferencia de buena parte de Europa, el protocolo se basa preferentemente en el Documento de Consenso de Buenas Prácticas entre los Institutos de Medicina Legal

de España (2010), aunque toma como referencia las recomendaciones de la Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik (AGFAD; en español, Grupo de Trabajo de Diagnóstico Forense de la Edad), una entidad de gran relevancia internacional en este ámbito. No obstante, el modelo español enfatiza especialmente la evitación de intervenciones innecesarias y la protección de la intimidad y la dignidad del menor, por lo que la tomografía computarizada (TC) de clavícula no se realiza de forma rutinaria, entre otros motivos, por su mayor coste, la necesidad de personal entrenado para su interpretación y la exposición adicional a radiación (15–17).

De manera estándar, las distintas fases del estudio del sujeto cuya edad se cuestiona, siempre que medie consentimiento formal, incluyen la anamnesis y exploración física, la radiografía de la mano y la muñeca, la ortopantomografía del tercer molar y, de forma opcional, la TC de clavícula. Si se siguen las recomendaciones internacionales, el criterio final se rige por una premisa básica: cuando alguna de las exploraciones sugiere que la maduración no se ha completado, debe aplicarse el beneficio de la duda y considerar al sujeto menor de 18 años; en cambio, si la radiografía de mano y muñeca y la ortopantomografía son concordantes en indicar maduración completa, puede recurrirse a una TC bilateral esternoclavicular para confirmar la probable mayoría de edad (16).

I ANAMNESIS Y EXPLORACIÓN FÍSICA

Una vez iniciada la intervención, los primeros pasos van dirigidos a obtener información que permita orientar el proceso asistencial y detectar aspectos de la historia personal del sujeto relevantes para la correcta pericial. En un primer momento se recogen el origen geográfico, la fecha de nacimiento referida y el trayecto migratorio, y posteriormente se indaga sobre los antecedentes familiares y patológicos.

Especial atención merecen aquellas enfermedades o circunstancias que puedan alterar la maduración biológica, en particular algunas endocrinopatías capaces de inducir una sobreestimación de la edad, así como situaciones relacionadas con una edad ósea avanzada, como la obesidad, la actividad física intensa o un biotipo atlético (17,18). Asimismo, resulta fundamental valorar el contexto socioeconómico, dado que factores como un aporte nutricional insuficiente o determinadas condiciones ambientales pueden modificar el desarrollo del individuo (16,19).

Los factores socioeconómicos: elemento crucial en la maduración biológica.

Los factores socioeconómicos constituyen un elemento clave en la maduración biológica. Aunque son numerosas las variables que influyen en la maduración ósea, buena parte de la bibliografía sobre estimación forense de la edad coincide en señalar que las condiciones socioeconómicas tienen un peso especialmente relevante.

De forma general, los individuos procedentes de entornos empobrecidos tienden a ser considerados más jóvenes cuando se someten a evaluación forense de la edad, una infraestimación descrita con frecuencia en el estudio del carpo que, desde la perspectiva de la protección del menor, no se considera jurídicamente perjudicial para el presunto menor (18–21). Entre los mecanismos implicados, diversos estudios señalan el déficit calórico-proteico en etapas tempranas de la vida, capaz de reducir la síntesis y la acción del insulín-like growth factor 1 (IGF-1), alterar los núcleos de osificación y disminuir la absorción de calcio y fósforo; a ello se suman otros factores de malnutrición, como el déficit de vitamina D, y la inflamación crónica asociada a un sistema inmune comprometido (22–25).

La infección tuberculosa en la infancia-adolescencia y su influencia en el crecimiento

La tuberculosis en la infancia-adolescencia puede alterar de forma significativa el desarrollo estatura-ponderal, por lo que conviene descartar tanto la enfermedad activa como sus antecedentes durante la anamnesis, no solo por su relevancia clínica, sino también por su posible repercusión sobre la interpretación de las pruebas de estimación forense de la edad. Dado que África y Asia concentran una parte muy importante de los casos mundiales de TBC y constituyen, además, áreas de origen frecuentes de la migración hacia Europa, este antecedente no resulta infrecuente en los sujetos sometidos a evaluación (26).

Desde el punto de vista fisiopatológico, la relación entre tuberculosis y retraso del crecimiento responde a un mecanismo circular: la desnutrición incrementa la vulnerabilidad frente a la infección; la infección activa induce anorexia, inflamación crónica y disfunción inmunometabólica; y todo ello agrava de nuevo el deterioro nutricional del menor. En este proceso, mediadores como IL-6 y TNF- α pueden lesionar las placas cartilaginosas e interferir con la acción de IGF-1 y de la hormona de

crecimiento (GH de *growth hormone* en inglés), contribuyendo así a una maduración biológica alterada (27–30).

II. RADIOGRAFÍA DE LA MANO Y LA MUÑECA

La maduración ósea constituye un parámetro relativamente estable, de ahí su importancia en la valoración medicoforense de la edad. Entre las diferentes exploraciones complementarias disponibles, la radiografía de la mano y la muñeca suele ser la primera en realizarse, principalmente por su fácil acceso, la baja dosis de radiación necesaria y el elevado número de centros de osificación presentes.

A pesar de estas ventajas, esta prueba presenta limitaciones relevantes en la práctica forense. En numerosos estudios se ha constatado que los factores socioeconómicos pueden retrasar la maduración ósea y favorecer una infraestimación de la edad, circunstancia frecuente en sujetos procedentes de entornos empobrecidos; en términos legales, este hecho no se considera perjudicial si orienta hacia una interpretación más favorable al menor (18–20).

Para comparar los resultados obtenidos con los datos de referencia de la población, en Europa se recurre habitualmente al atlas de Greulich y Pyle (G-P), basado en imágenes radiográficas de mano y muñeca de población blanca norteamericana. Sus principales limitaciones derivan de que la población sometida a estudio en la práctica forense suele diferir de la muestra original escogida para la elaboración de dicho atlas en su origen étnico, condiciones socioeconómicas y antecedentes patológicos, por lo que el atlas no siempre se ajusta por completo a las necesidades habituales de este ámbito (18–20).

Ciñéndonos a la aplicación habitual de este atlas en la práctica forense, los estadios que exigen mayor comprensión y familiaridad para su uso son aquellos cercanos a la mayoría de edad. En la pubertad tardía (13-15 años en mujeres; 14-16 años en hombres), las características evolutivas principales se basan en el grado de fusión epifisaria de las falanges distales de los dedos, estructura ósea que se fusiona más tempranamente que los huesos largos de la mano. Una vez superada la pubertad (15-17 años en mujeres; 17-19 años en hombres), los huesos del carpo, los metacarpianos y las falanges están totalmente desarrollados, por lo que el elemento clave en esta segunda etapa biológica se centra en el nivel de fusión epifisaria del cúbito y del radio (31). (Véase la Tabla 2).

Descripción breve de hitos discriminativos		
Edades	Hombres	Mujeres
15 años	Inicio de fusión en falanges distales...	Fusión completada de las falanges (2-5º dedos) e radio y cúbito iniciando fusión
15 años 6 meses	Falanges distales fusionadas...	-
16 años	Fusión avanzada en falanges proximales y medias...	Continuación; fusión del cúbito casi completa
17 años	Fusión iniciada en el cúbito; todas las falanges fusionadas...	Fusión completa en radio y cúbito; líneas epifisarias casi obliteradas
18 años	Todas las epífisis excepto la radial fusionadas...	Mano indistinguible de adulto joven
19 años	Epífisis radial fusionada	-

Tabla 2. Hitos diferenciales en la maduración ósea según Greulich-Pyle

A pesar de su amplio uso, el atlas de Greulich-Pyle presenta, como señalan diferentes investigaciones, un efecto “techo”: una vez alcanzada la maduración ósea, no permite estimar con precisión la edad más allá de ese punto, ya que el patrón radiológico deja de mostrar características evolutivas útiles para discriminar edades superiores. En estos casos, los pequeños cambios observables suelen explicarse más por la variabilidad interindividual o por ritmos madurativos tardíos. Esta limitación contribuye a entender, al menos en parte, por qué en los estudios forenses la dispersión de resultados puede situarse en torno a ± 2 años en individuos a los que se atribuyen 18 años como edad más probable; al disminuir la sensibilidad del método, las diferencias de interpretación adquieren mayor peso en el resultado final (32–34).

Otras obras de referencia utilizadas para contrastar las imágenes obtenidas son el atlas de Tanner-Whitehouse y otro derivado de este, adaptado a población española, como el de Hernández et al. Ambos presentan un enfoque más cuantitativo y detallado que G-P, lo que puede aportar mayor exactitud, aunque también comportan una mayor complejidad de uso y una curva de aprendizaje más exigente para el profesional. Además, se ha descrito una tasa de errores intraobservador e interobservador similar a la observada con G-P, por lo que este último sigue siendo preferible en la práctica habitual (20).

III. ORTOPANTOMOGRAFÍA DEL TERCER MOLAR

El estudio del tercer molar muestra una considerable independencia respecto a determinantes externos al individuo, como la alimentación o los antecedentes de patología dentaria. Esta característica convierte a la ortopantomografía en una

herramienta especialmente útil, ya que reduce posibles sesgos relacionados con el nivel socioeconómico de la persona evaluada; en contraposición, se ha demostrado que el origen étnico y la genética, estrechamente relacionados, sí influyen de forma significativa en el desarrollo dentario (18,35,36).

Para el cotejo y la clasificación por estadios de los terceros molares predomina el empleo de la escala de Demirjian. Esta divide el proceso madurativo en ocho fases, de la A a la H, principalmente según criterios morfológicos, aspecto relevante si se tiene en cuenta que la magnitud “longitud”, utilizada en otros métodos de valoración dental, ha mostrado escasa fiabilidad en numerosos análisis (18,35).

En la correlación entre el grado de mineralización y la edad probable, el estadio H se asocia con una baja probabilidad de que el sujeto sea menor de edad. En un estudio español se estableció, con independencia del sexo, una probabilidad del 97,5% de tener 18 años o más ante la presencia de un estadio H, mientras que en una investigación alemana multicéntrica se describieron probabilidades cercanas al 99% para ambos sexos (37,38).

Sin embargo, existen dos variables que reducen la seguridad de esta asociación. Una de ellas es la descrita en población africana subsahariana, en la que el proceso madurativo tiende a completarse a edades más tempranas que en la población caucásica; de hecho, en (18) se señala 17,3 años como límite inferior de la horquilla correspondiente a individuos con estadio H. La otra variable es la existencia de impactación del tercer molar, ya que distintas líneas de trabajo sugieren que, para un mismo grado evolutivo, los individuos con este hallazgo pueden ser entre 0,19 y 2,57 años mayores (8,39–41)

Si nos centramos en estadios inferiores al H, resulta especialmente relevante considerar los resultados F y G, ya que ambos pueden corresponderse, dentro de su variabilidad, tanto con la minoría como con la mayoría de edad:

- Respecto al estadio F, diferentes fuentes señalan que puede abarcar intervalos de edad amplios, de hasta 5 años, incluyendo tanto a menores como a adultos. En este sentido, un estudio representativo en población sudafricana observó rangos de edad de 15,0-20,0 años en hombres y de 15,0-24,7 años en mujeres para este resultado. En consonancia con ello, la probabilidad de que un estadio F

se corresponda con mayoría de edad se sitúa aproximadamente entre el 21% y el 50% (36,42–44).

- El estadio G es el más crítico, ya que la media global se sitúa en torno a los 18,5 años; sin embargo, la desviación estándar es amplia, ± 3 años en mujeres y $\pm 2,6$ en hombres, por lo que la minoría de edad no puede rechazarse con plena rigurosidad (45). Ante este estadio fronterizo, Uys et al. (36) aporta además una perspectiva adicional al comparar sexos y etnias, reforzando la dificultad de establecer límites sólidos: para un resultado G, las mujeres sudafricanas blancas presentaban una mayor probabilidad, cercana al 70%, de ser adultas que las negras, mientras que, en los varones, con independencia de la etnia, las probabilidades eran más bajas, en torno al 29-46% (36).

IV. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE LA EPÍFISIS MEDIA DE LA CLAVÍCULA

Esta prueba, por la necesidad de un profesional experto para interpretar el resultado y por el coste económico que conlleva, es por lo general el último estudio forense que se practica, a pesar de ser la exploración más precisa para inferir la minoría o mayoría de edad. El protocolo de actuación y de interpretación de los resultados para proceder o no con esta técnica difiere según la guía de referencia. (Véase la Ilustración 1).

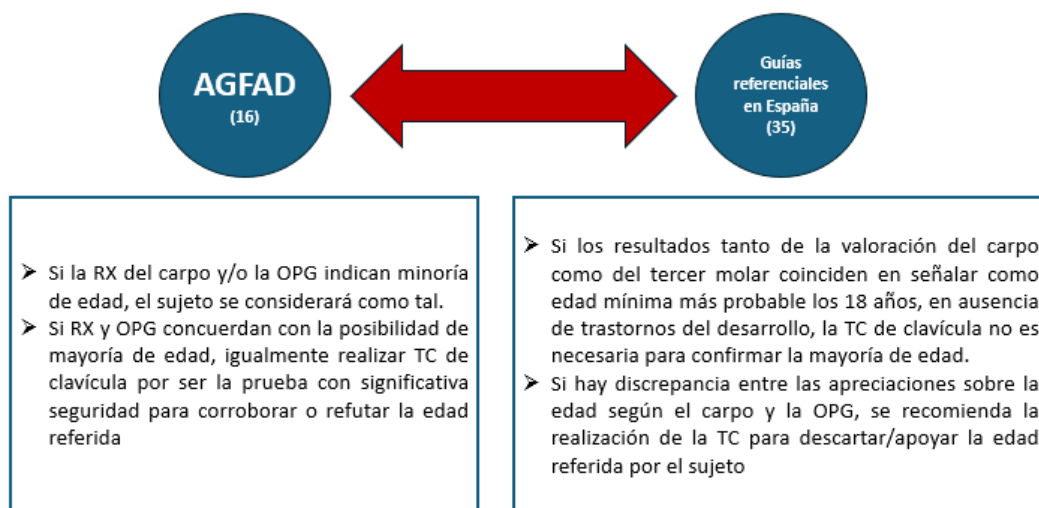


Ilustración 1. Protocolos de actuación para valorar realización de la TC

Para garantizar la fiabilidad de la TC, el estudio debe llevarse a cabo cumpliendo una serie de condiciones: debe abarcar las epífisis mediales de ambas clavículas, el grosor de corte no debe superar 1 mm, han de revisarse todas las imágenes obtenidas, conviene emplear ventana ósea y, de forma ideal, reconstrucciones 3D, los resultados deben ser interpretados por al menos dos profesionales y no deben validarse si existe constancia

de variantes anatómicas en la zona. Posiblemente, de todos estos aspectos, el más enfatizado sea no exceder el grosor de corte estipulado, ya que, cuando se supera ese umbral, la prueba tiende a infraestimar la edad (18,46).

La clasificación de la osificación clavicular ampliamente validada es la de Schmeling con la subdivisión de Kellinghaus. Sus estadios son I, IIa-c, IIIa-c, IV y V, y se ha corroborado de forma sólida que, a partir del estadio IIIc, la edad es superior a los 18 años (18,19,21,47). A continuación, con fines informativos, se presenta una tabla de los estadios recogidos en la clasificación:

Estadio (Schmeling ± Kellinghaus)	Descripción breve
Estadio I	Ausencia de centro de osificación epifisario ; no focos óseos visibles en metáfisis ni en epífisis
Estadio IIa	Foco epifisario incipiente ; centro óseo aislado y redondeado
Estadio IIb	Aumento tamaño foco epifisario ; mayor densidad y extensión de este sin contactar con la metáfisis.
Estadio IIc	Centro epifisario avanzado ; se aproxima a la metáfisis, bordes irregulares, pero no formación de puente óseo
Estadio IIIa	Fusión focal temprana ; primeros puentes óseos que abarcan <1/3 de la superficie de contacto
Estadio IIIb	Fusión intermedia ; puentes óseos ocupan 1/3-2/3 de la superficie, línea epifisaria fragmentada
Estadio IIIc	Fusión avanzada parcial ; puentes óseos >2/3 de la superficie de contacto, pocos remanentes
Estadio IV	Fusión completa con cicatriz epifisaria visible ; unión ósea completa con línea epifisaria residual
Estadio V	Fusión completa sin cicatriz visible ; remodelación ósea cuyo resultado es un contorno cortical continuo y homogéneo.

Tabla 3. Estadios de la maduración ósea clavicular (21).

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS:

HIPÓTESIS:

En al menos el 70% de los casos en que el sujeto refiere ser menor de edad, los dos métodos de estimación (Greulich y Pyle y ortopantomografía) coinciden en clasificarlo también como menor de edad.

OBJETIVOS:

- Describir las características clínicas, demográficas y medicoforenses de los menores no acompañados sometidos a estudio.
- Analizar la asociación entre la edad referida y la conclusión forense.
- Determinar el grado de concordancia entre la edad referida y la edad estimada según el estudio radiológico del carpo.
- Valorar qué concordancia se establece entre la edad referida y la edad estimada mediante ortopantomografía.
- Analizar la concordancia que se establece entre la edad referida y la edad estimada mediante tomografía computarizada de clavícula en los casos en que se haya realizado dicha prueba.

- Determinar el grado de concordancia entre la edad estimada mediante carpo y la obtenida mediante ortopantomografía.
- Evaluar la concordancia entre los resultados obtenidos en las pruebas realizadas y la conclusión forense.

3. MATERIAL Y MÉTODOS:

Se llevó a cabo un estudio observacional transversal, descriptivo y analítico, con recogida retrospectiva de datos, en el ámbito del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Catalunya (IMLCFC), división territorial de Tarragona, que incluyó los procedimientos de determinación de edad biológica efectuadas durante el 2024 en el Camp de Tarragona. La información se obtuvo de los informes medicoforenses y de los resultados de las exploraciones realizadas en cada sujeto (anamnesis y exploración física, radiografía de mano y muñeca y ortopantomografía). El estudio de imagen por TC de la epífisis medial de la clavícula no fue realizado en ninguno de los casos incluidos, por tratarse de una técnica de gran complejidad organizativa, con un elevado coste, la necesidad de personal especializado y por su indicación restringida a casos dudosos o situaciones concretas según los protocolos de actuación vigentes en España.

Se incluyeron los menores extranjeros no acompañados que fueron sometidos a estudio de la determinación de edad a lo largo de 2024, siempre que en el expediente constara la conclusión forense final. En los casos en que no se disponía de la ortopantomografía, el procedimiento se continuó con la información disponible y dichos expedientes se conservaron en el análisis. Se excluyeron aquellos registros en los que únicamente se informaba de la no comparecencia del sujeto o que el individuo en cuestión en el momento de la citación estaba adscrito a otra provincia o servicio, por lo que no procedía la intervención de la sede de Tarragona.

Se recogieron las siguientes variables de los informes medicoforenses:

- Sexo biológico: Hombre = 1; Mujer = 2.
- País de procedencia.
- Origen de la petición de inicio del estudio: Fiscalía de Menores o Juzgado de Menores.
- Médico forense responsable del estudio: Tarragona = 1; Reus = 2; El Vendrell = 3.

- Edad referida, recogida en años y meses discretos y, si constaba, fecha de nacimiento alegada por el sujeto.
- Antecedentes patológicos de interés medicolegal: 0 = ausencia; 1 = patología relevante; 2 = déficits nutricionales durante la infancia y/o adolescencia; 3 = coexistencia de ambas circunstancias.
- Tratamiento médico relevante con posible influencia en el crecimiento pondoestatural: Sí/No.
- Resultado del estudio del carpo: para cada sujeto se registró la edad ósea estimada en años y meses, utilizando los rangos disponibles en cada atlas según el sexo del individuo. Los rangos considerados en el presente estudio fueron:
 - Greulich-Pyle: desde los 14 años hasta los 19 años para hombres, y de 14 años a 18 años para mujeres
 - Hernández et cols: desde los 15 años hasta los 18 años y 6 meses para hombres, y de 14 años y 6 meses a 17 años para mujeres
- Grado madurativo del tercer molar, mediante ortopantomografía, según Demirjian: estadios A-H; cuando no era clasificable, “No se puede determinar”.
- Conclusión forense: se recogió de la siguiente manera:
 - No se puede descartar la minoría de edad.
 - Edad mínima probable mayor de 18 años.
 - No se puede determinar la minoría o mayoría de edad.

De cara al análisis estadístico, se crearon, además de las ya descritas, las siguientes variables derivadas:

- Edad referida en años decimales: calculada a partir de la edad referida expresada en años y meses.
- Grupos de edad: <16,0 años (hasta 15 años y 11 meses); 16,0–16,5 años (16 años y 0 meses a 16 años y 6 meses); >16,5–17,0 años (16 años y 7 meses a 17 años y 0 meses); >17,0–17,5 años (17 años y 1 mes a 17 años y 6 meses); 17,5–18,0 años (17 años y 7 meses a 18 años y 0 meses); >18,0 años (desde 18 años y 1 mes).
- Categoría del resultado del carpo según Greulich-Pyle: se creó para facilitar la estadística inferencial y remarcar la necesidad de considerar como dudosos ciertos resultados, dado el margen de error descrito en la literatura, de hasta ± 2

años. Los grupos fueron: “Menor” (<16,0 años); “Dudoso” (16,0 a <18,0 años); y “18 años o mayor” ($\geq 18,0$ años).

- Categorías según el resultado de la ortopantomografía: se creó esta clasificación para facilitar la interpretación de los datos y agrupar los resultados que orientan hacia una probable minoría o mayoría de edad, o bien son compatibles con ambas posibilidades. Los grupos que se elaboraron fueron: A-E = “Menor”. F-G = “Dudoso”; H = “Mayor”; y “No determinable” cuando constaba “no se puede determinar”.
- Concordancia de las pruebas: “Coinciden mayoría” (carpo = “18 años o mayor” y OPG = “Mayor”); “Coinciden minoría” (carpo = “Menor” y OPG = “Menor”); “Ambas dudosas” (carpo = “Dudoso” y OPG = “Dudoso”); y “Discrepancia/no concordancia” (cualquier otra combinación, incluido resultado de ortopantomografía como “No determinable”).
- Codificación de ciertas variables para evitar errores en la estadística:
 - Conclusión forense codificada: 1 = probable menor; 2 = no determinable; 3 = probable mayor.
 - Resultado del carpo codificado: 1 = menor; 2 = dudoso; 3 = mayor.
 - Resultado de la ortopantomografía codificado: 1 = menor; 2 = dudoso; 3 = mayor; “No determinable” tratado como dato ausente (*missing*). Esta variable, considerando ciertos datos como ausentes, era necesaria para permitir una comparación correcta de los resultados del estudio dentario y la radiografía del carpo.

Tras la informatización de los datos, se llevó a cabo un análisis descriptivo y estadístico mediante la versión 31 del programa SPSS para Windows. Para la estadística inferencial se empleó la regresión logística multinomial, el test exacto de Fisher para contrastar asociaciones entre variables cualitativas en lugar de prueba de chi-cuadrado al no cumplirse los supuestos de esta última, y el coeficiente Kappa para evaluar la concordancia entre pruebas. Se estableció el nivel de significación para $p < 0,05$. Los análisis del carpo y la ortopantomografía con la conclusión forense en el subgrupo femenino no se pudieron realizar por el bajo tamaño muestral (9 personas) y la falta de variabilidad en algunas categorías.

Este trabajo se ha realizado respetando el cumplimiento de las normas éticas que rigen y marcan el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de la subdivisión de Tarragona.

4. RESULTADOS

Del año 2024 se incluyeron 136 casos que cumplían los criterios requeridos para ser de utilidad en el estudio. 127 eran varones y únicamente 9 mujeres.

En relación con el país de procedencia, el origen más frecuentes de los sujetos fue Gambia, con 57 casos (41,9%), seguido de Senegal, con 27 (19,9%), y Marruecos con 20 (14,7%). (Véase la Tabla 4).

País de procedencia	Frecuencia (%)
Gambia	57 (41,9%)
Senegal	27 (19,9%)
Marruecos	20 (14,7%)
Pakistán	12 (8,8%)
Argelia	7 (5,1%)
Guinea	6 (4,4%)
Ghana	4 (2,9%)
Costa de Marfil	2 (1,5%)
Sierra Leona	1 (0,7%)
Total	136 (100%)

Tabla 4. Países de procedencia de los sujetos

La edad referida se concentró entre los 16 años y medio y los 18 años. En concreto, 37 sujetos (27,2%) tenían entre 16 años y 7 meses y 17 años, 35 (25,7%) presentaron edades comprendidas entre los 17 años y 1 mes y 17 años y 6 meses, y 36 (26,5%) entre 17 años 7 meses y 18 años. (Véase la Tabla 5).

Edad referida	Frecuencia (%)
Menores de 16 años	7 (5,1%)
16 años 0 meses – 16 años 6 meses	13 (9,6%)
16 años 7 meses – 17 años 0 meses	37 (27,2%)
17 años 1 mes – 17 años 6 meses	35 (25,7%)
17 años 7 meses – 18 años 0 meses	36 (26,5%)
Mayores de 18 años	8 (5,9%)
Total	136 (100,0%)

Tabla 5. Edades referidas agrupadas por rangos

Si se valora conjuntamente el origen geográfico de cada persona con la edad referida, los gambianos constituyen el grupo poblacional más grande en varios rangos de edad: 16 años y 7 meses a 17 años (43,2%), 17 años y 7 meses a 18 años (47,2%) y más de 18 años (75,0%). Si se habla de los menores de 16 años, Marruecos (42,9%) y Argelia (28,6%) fueron los orígenes más frecuentes.

Del total de peticiones de determinación de edad, 135 de estas, el 99,3%, procedieron de la Fiscalía de Menores, mientras que solo una fue promovida desde el Juzgado de Menores. En cuanto al médico especializado responsable del proceso asistencial, la demarcación de Tarragona fue la que más estudios realizó, con un total de 81 informes (59,6%), seguida de Reus con 32 (23,5%) y de El Vendrell con 23 (16,9%). La distribución de la conclusión forense según el médico responsable varía entre sedes, con un porcentaje mayor de informes compatibles con mayoría de edad en El Vendrell y una mayor proporción de imposibilidad de descartar la minoría de edad en Tarragona y Reus. (Véase la Tabla 6).

Médico responsable	Probable mayoría de edad	No se puede descartar la minoría de edad
Tarragona	28,4%	69,1%
Reus	21,9%	71,9%
El Vendrell	47,8%	52,2%

Tabla 6. Conclusiones forenses según el médico responsable

Respecto a la prevalencia de antecedentes patológicos de interés medicolegal, 101 casos (74,3%) no manifestaban ni referían ninguno de relevancia. Se registraron 22 sujetos (16,2%) con alguna patología relevante, principalmente infección tuberculosa activa o pasada; 12 (8,8%) presentaban déficits nutricionales durante la infancia y/o la adolescencia, y en un solo caso coexistían ambas situaciones. Del total de individuos con alguna patología de interés, únicamente 13 se encontraban bajo tratamiento en ese momento.

En el estudio del carpo, al centrar el análisis en los varones y en los resultados obtenidos según el atlas de Greulich y Pyle, 111 casos (81,6%) mostraron un grado de osificación sugestivo de una edad igual o superior a 18 años. En cuanto a la ortopantomografía, considerando conjuntamente a varones y mujeres, en 42 personas evaluadas (30,6%) se documentaron terceros molares compatibles con la mayoría de edad (estadio H), mientras que en 81 casos (59,6%) se observaron estadios F y G, compatibles tanto con la minoría como con la mayoría de edad.

Con el propósito de evaluar si la edad referida, al aumentar, había una mayor probabilidad de que la conclusión forense fuera uno de los 3 dictámenes posibles: compatibilidad con minoría de edad, indeterminación o probable mayoría de edad. La regresión logística multinomial para el total de la muestra no mostró una asociación global significativas entre la edad referida y la conclusión forenses (chi cuadrado de razón

de verosimilitud, $X^2 = 3,900$, $gl=2$, $p=0,142$). Al tomar como referencia la categoría “edad mínima probable mayor de 18 años”, se evidenció que el incremento de la edad referida no dio una *odds ratio* (0,562; CI 95%: 0,308-1,026; $p=0,061$) con significación estadística. De manera análoga, para el resultado “no se puede determinar la minoría o la mayoría de edad” la *odds ratio* fue de 0,617 (CI 95%: 0,137-2,769; $p=0,528$). En conclusión, la edad referida, de manera aislada, no fue un predictor robusto para la conclusión forense.

Las determinaciones del carpo ($n=127$), en la submuestra masculina, se asociaron significativamente con la conclusión forense final (prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton, $p=0,029$). No obstante, la magnitud de la asociación fue baja (V de Cramer= $0,199$; $p=0,047$). En términos descriptivos, todos los varones que finalmente fueron considerados, según el criterio forense, como probables mayores de edad ($n=41$) presentaban una exploración del carpo compatible con 18 años o más. Entre aquellos en los que no se pudo descartar la minoría de edad ($n=82$), los resultados del carpo sugestivos de maduración ósea completa se observaron en 66 casos (80,5%), mientras que 11 sujetos (13,4%) presentaban un resultado dudoso y 5 (6,1%) un carpo indicativo de menor edad. Por último, en los 4 casos en los que la conclusión forense fue indeterminada, todos los individuos mostraban un carpo compatible con 18 años o más.

En los hombres estudiados ($n=127$), el grado madurativo del tercer molar se asoció significativamente y con fuerza a la conclusión forense (prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton, $p<0,001$; V de Cramer= $0,899$, $p<0,001$). Todos los varones considerados finalmente como probables mayores de edad presentaban una ortopantomografía clasificada como ‘mayor’. Entre los casos en los que no fue posible descartar la minoría de edad, 73 sujetos (89,0%) presentaban un resultado ‘dudoso’, 6 (7,3%) un resultado ‘menor’ y solo 1 (1,2%) un resultado ‘mayor’. Por último, los 4 individuos con conclusión forense indeterminada correspondieron a casos en los que la exploración dentaria no fue determinable.

En la muestra masculina ($n=121$), se observó una asociación estadísticamente significativa entre los resultados del estudio del carpo y del tercer molar (prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton, $p=0,001$), con una concordancia baja pero significativa entre ambas pruebas (índice Kappa= $0,189$; $p=0,001$). Los 5 casos clasificados como ‘menor’ en el estudio del carpo y los 11 clasificados como ‘dudoso’ mostraron concordancia con la

ortopantomografía en esas mismas categorías. Entre los sujetos con estudio radiológico de la mano categorizado como ‘mayor’ (n=105), 62 presentaron una ortopantomografía ‘dudosa’ (59,0%), 42 una prueba sugestiva de mayoría de edad (40,0%) y solo 1 caso (1,0%) fue clasificado como ‘menor’ según la ortopantomografía.

Entre la conclusión forense y la concordancia entre las pruebas realizadas se observó una asociación estadísticamente significativa (prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton, $p<0,001$). En aquellos sujetos en los que no fue posible descartar la minoría de edad, predominó la discrepancia entre pruebas (66 casos; 72,5%), seguida de la situación en la que ambas pruebas ofrecían un resultado dudoso (18 casos; 19,8%) y, en menor medida, de la concordancia en minoría de edad (6 casos; 6,6%). Por el contrario, todos los individuos con conclusión de probable mayoría de edad presentaron concordancia entre ambas pruebas al señalar la mayoría de edad del sujeto. (Véase la Tabla 7).

Conclusión forense	Concordancia o discrepancia de las pruebas (carpo y OPG)					Total (%)
	Coinciden en la minoría de edad	Ambas pruebas son dudosas	Discrepancia entre pruebas	Coinciden en la mayoría de edad	Total (n=136)	
No se puede descartar la minoría de edad	6	18	66	1	91	66,9%
No se puede determinar la minoría o mayoría	0	0	4	0	4	2,9%
Edad mínima probable mayor de 18 años	0	0	0	41	41	30,1%
Total	6	18	70	42	136	100%

Tabla 7. Concordancia entre pruebas y la conclusión forense final

5. DISCUSIÓN

En el estudio de la determinación forense de edad en menores de la muestra de Tarragona del año 2024 se observó un predominio de población masculina y una procedencia concentrada en Gambia, Senegal y Marruecos, con sujetos cuyas edades referidas se situaban, en su mayoría, entre los 16 años y 7 meses y los 18 años. Gran parte de los evaluados no presentaba antecedentes patológicos de relevancia en el ámbito medicoforense, aunque sí hubo una pequeña proporción en la que se identificó infección tuberculosa, activa o pasada, o déficits nutricionales durante etapas del crecimiento. En el estudio del carpo, la mayoría de los resultados fueron sugestivos de

mayoría de edad, mientras que los datos aportados por la ortopantomografía fueron más heterogéneos, con un predominio de grados madurativos fronterizos entre la minoría y la mayoría de edad. En última instancia, se evidenciaron asociaciones significativas entre el estudio del carpo, el del tercer molar y la conclusión forense final, así como con la concordancia entre ambas pruebas, que coincidieron en indicar probable mayoría de edad en todos los casos concluidos como adultos.

La procedencia de nuestra muestra poblacional estudiada en su mayoría se concentra en países como Gambia, Senegal y Marruecos. Esta observación es reflejo de la presión migratoria que España experimenta desde países africanos relativamente cercanos a sus fronteras como de la consolidación de determinadas rutas migratorias. En 2024, basándonos en los datos recabados por la Memoria de la Fiscalía General del Estado (48), los principales países de origen de los menores extranjeros no acompañados fueron, en orden decreciente de frecuencia, Senegal, Marruecos, Gambia y Argelia, tratándose además mayoritariamente de personas de sexo masculino. Este patrón coincide con el descrito en otras series españolas, como la de Barcelona de Taranilla Castro et al. (41), en la que la nacionalidad más frecuente fue la marroquí y el 96,7% de los sujetos evaluados eran varones. Por lo tanto, los hallazgos presentes en nuestro estudio no se pueden considerar como un fenómeno aislado, al ya haberse descrito dicha circunstancia en otras investigaciones de nuestro entorno a lo largo de los años. En la misma línea, según los datos disponibles de 2025, las nacionalidades predominantes, en esencia, seguían siendo esencialmente las mismas, aunque con distinto orden de frecuencia, y con un porcentaje de niñas del 6% del total de los migrantes menores no acompañados, hecho que refuerza la existencia mantenida de un patrón sociodemográfico claro (49).

Las repercusiones clínicas y forenses de la infección por tuberculosis y de los déficits nutricionales, implicaciones abordadas en nuestro trabajo, concuerdan con la bibliografía. Cavallo et al. (23) indican que factores como la nutrición y el padecimiento de diversas patologías de curso crónico pueden alterar el desarrollo óseo del sujeto, recalcando así la importancia de tener en cuenta ambos elementos a la hora de la interpretación de la maduración esquelética. Bhanuprakash et al. (28) como resultado en su muestra evidenció un retraso de la edad ósea en el 65% de los menores que cursaban una infección crónica. En la misma línea, numerosas fuentes explican el efecto

sinérgico deletéreo que se establece entre la tuberculosis y la malnutrición: estados de déficit nutricional condicionan una relativa inmunosupresión que empeora el pronóstico y el curso evolutivo de enfermedades como la tuberculosis, y, a su vez, la infección tuberculosa, en ocasiones, implica un deterioro del estado nutricional por la anorexia y la inflamación sistémica asociadas (30).

La exploración del carpo mostró una asociación estadísticamente significativa con la conclusión forense, aunque de baja magnitud. Por tanto, por sí sola, esta prueba presenta una capacidad limitada para discriminar entre la minoría y la mayoría de edad, si bien puede resultar útil como una primera aproximación orientativa. Este hallazgo enfatiza la necesidad de valorar con cautela los resultados de la determinación de la edad ósea a través del carpo, especialmente en edades en torno a los 18 años, debido a la variabilidad interindividual y poblacional del desarrollo óseo (17-20,22,23). Parte de estas limitaciones, como apuntan distintos autores, estriban en los estándares de referencia que habitualmente se usan en la práctica forense, como el atlas de Greulich y Pyle. Para elaborar dicho atlas la muestra en su mayoría estaba constituida por sujetos de ascendencia caucásica. En consecuencia, ante sujetos procedentes, por ejemplo, de países africanos o asiáticos la correlación de las características óseas descritas puede no ser totalmente satisfactoria. Esta diferencia podría ser parte de la explicación de por qué muchas de las personas con carpos sugestivos de mayoría de edad no acaban siendo consideradas como adultos (22,23,32-35,41).

Por el contrario, se observó una asociación significativa y de mayor intensidad entre la ortopantomografía y la conclusión forense, lo que señala que dicha prueba presenta una notable utilidad discriminativa. La literatura sobre el tercer molar va en sintonía con el hallazgo descrito. En multitud de series de investigación se concluye que los estadios finales de la maduración dentaria del tercer molar, sobre todo el grado H de Demirjian, son un indicio sólido de mayoría de edad. Asimismo, se considera al estadio H como un elemento con capacidad predictiva satisfactoria en cuanto a la identificación de personas mayores de edad en diferentes grupos poblacionales. A pesar de la solidez de este hallazgo, es fundamental la contextualización según sexo y procedencia del sujeto para una mayor precisión, en particular en casos fronterizos o dudosos (8,36-45).

Si se examina la relación entre el estudio del carpo y la ortopantomografía, se observa que la asociación es significativa pero débil, lo que sugiere que ambas pruebas no son

intercambiables y que valoran ritmos madurativos parcialmente distintos. Esta diferencia puede deberse a que la maduración dental depende en mayor medida de factores genéticos y se ve menos afectada por condicionantes externos, mientras que la del carpo es más sensible a factores ambientales, nutricionales y patológicos, además de presentar un “efecto techo” cerca de los 16-18 años. En nuestro estudio, los carpos sugestivos de minoría de edad o con resultados fronterizos tendieron a asociarse con ortopantomografías concordantes, pero los carpos compatibles con mayoría de edad no predijeron de manera fiable un tercer molar indicativo de mayoría de edad, ya que en muchos de esos casos persistieron estadios de Demirjian fronterizos. Por ello, nuestros hallazgos respaldan la bibliografía respecto a la conveniencia de una valoración conjunta de distintos indicadores de desarrollo somático en la práctica forense (17–20,35,41,47).

Para finalizar, la asociación significativa entre los resultados de las pruebas y la conclusión forense resalta el valor de una aproximación multimodal en la determinación forense de la edad. Además, la concordancia entre pruebas refuerza el criterio empleado para llegar a la conclusión forense cuando las exploraciones coinciden en apuntar hacia el escenario más probable del sujeto. En nuestro estudio, la discrepancia entre pruebas se concentró en aquellos sujetos en los que no fue posible descartar la minoría de edad, mientras que la totalidad de los casos en los que ambas exploraciones señalaron probable mayoría de edad fueron finalmente clasificados en ese mismo sentido. Este patrón se corresponde con lo descrito en la bibliografía, donde se recomienda la interpretación conjunta de los distintos indicadores madurativos por la mayor solidez que aporta al dictamen pericial, aunque también se insiste en la necesidad de manejar con cautela los resultados discordantes y de valorar la ampliación del estudio en sujetos con hallazgos dudosos y próximos al umbral legal de los 18 años (17–20,41,47).

De cara a futuras investigaciones, sería recomendable incorporar el uso de la tomografía computarizada de forma protocolizada en los casos dudosos, aumentar la representación femenina y disponer de estándares comparativos contruidos a partir de población no caucásica, con el fin de mejorar la precisión de las valoraciones teniendo en cuenta la influencia del origen poblacional, especialmente en la maduración dental (15,16).

6. CONCLUSIONES

En los últimos años, a nivel español y europeo ha aumentado la llegada de menores en situación de vulnerabilidad y con dificultades para demostrar su edad cronológica real.

Ante el incremento de los estudios de la determinación de la edad, se debe buscar la optimización de todos los procesos implicados de cara a mejorar la situación de los menores que realmente se acaban considerando como tales, al ser los recursos socioeconómicos limitados.

La mejora de las técnicas de exploración forense en la determinación de la edad es esencial para prestar una ayuda más precisa a las instituciones judiciales ante procedimientos legales donde sea relevante el esclarecimiento de la edad del acusado. Las diferentes procedencias observadas de los menores migrantes no acompañados y sus frecuencias son concordantes con el registro nacional en los últimos años en este mismo ámbito.

Como se ha puesto de manifiesto en este trabajo y en otras líneas de investigación, es importante por parte del médico forense la constatación de la existencia o no de antecedentes patológicos, tales como procesos inflamatorios crónicos, un ejemplo de ello es la tuberculosis, enfermedad de incidencia notable en los países de origen de los migrantes, y la desnutrición, que puedan haber alterado el correcto desarrollo somático del sujeto.

En torno al 70% de los casos en los que el sujeto refirió ser menor de edad, el estudio radiológico del carpo y la ortopantomografía coincidieron en clasificarlo también como menor de edad, por lo que se cumple la hipótesis de partida.

Los resultados de este estudio son, en conjunto, similares a los descritos en otras series españolas de estimación forense de la edad que combinan anamnesis, exploración física, radiografía del carpo y ortopantomografía, y reservan la TC esternoclavicular para casos dudosos o situaciones concretas.

En este sentido, puede considerarse satisfactoria la combinación de anamnesis, exploración física, radiografía del carpo y ortopantomografía, ya que permite obtener valoraciones útiles sin necesidad de recurrir de forma sistemática a la TC (15,16).

Sin embargo, la no realización del estudio de la clavícula limita la precisión en los casos fronterizos próximos a los 18 años, en los que la TC puede mejorar la certeza diagnóstica.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Estructura y funciones - Institutos de Medicina Legal y Ciencias Forenses [Internet]. Madrid: Ministerio de Justicia; citado 2025 Oct 4. Disponible en: <https://www.mjusticia.gob.es/es/institucional/organismos/medicina-legal-ciencias/estructura-funciones>
2. Servicios que prestan los Institutos de Medicina Legal y Ciencias Forenses - Junta de Andalucía [Internet]. Sevilla: Junta de Andalucía; citado 2025 Oct 4. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/justiciaadministracionlocalyfuncionpublica/areas/justicia/medicina-legal/paginas/servicios-medicina-legal.html>
3. Vademecum Legal. ¿Cuál es la regulación y concepto de menor de edad no acompañado en España? [Internet]. 2022 Oct 25; citado 2025 Oct 4. Disponible en: <https://www.vademecumlegal.es/extranjeria/marginales/regulacion-concepto-menor-edad-no-acompanado-espana-4048>
4. Varios autores. La determinación de la edad de los MENA [Internet]. Revista Médico Jurídica. 2021 Jun 20; citado 2025 Oct 4. Disponible en: <https://revistamedicojuridica.com/blog/2021/06/20/la-determinacion-de-la-edad-de-los-mena/>
5. El Mundo. Casi 6.000 menores migrantes no acompañados llegaron a España en 2024, un 21,7% más que el año anterior: ya son 16.041 los que permanecen en el país [Internet]. 2025 Sep 5; citado 2025 Oct 8. Disponible en: <https://www.elmundo.es/espana/2025/09/05/68b9b085fdddff1a2c8b459a.html>
6. Boullón-Cassau M, Ambroa-Conde A, Casares de Cal MA, Gómez-Tato A, Mosquera-Miguel A, Ruiz-Ramírez J, et al. Exploring legal age estimation using DNA methylation. *Forensic Sci Int Genet*. 2025 Jan;74:103142. doi:10.1016/j.fsigen.2024.103142
7. Fiscalía General del Estado, Unidad de Extranjería. Menores extranjeros no acompañados: valoración de los documentos de identidad extranjeros en los expedientes de determinación de la edad. Madrid: Fiscalía General del Estado.
8. Olze A, Van Niekerk P, Schulz R, Ribbecke S, Schmeling A. The influence of impaction on the rate of third molar mineralisation in male black Africans. *Int J Legal Med*. 2012 Nov;126(6):869-74. doi:10.1007/s00414-012-0753-z
9. El Gobierno reforma los procesos de determinación de la edad para garantizar los derechos de los menores [Internet]. Madrid: Ministerio de Justicia; citado 2025 Oct 8. Disponible en: <https://www.mjusticia.gob.es/es/institucional/gabinete-comunicacion/noticias-ministerio/edad-menores>
10. Ministerio de la Presidencia. Resolución de 13 de octubre de 2014, de la Subsecretaría, por la que se publica el Acuerdo para la aprobación del Protocolo Marco sobre determinadas actuaciones en relación con los Menores Extranjeros No Acompañados. BOE. 2014 Oct 16;251:83894-919. Disponible en: [https://www.boe.es/eli/es/res/2014/10/13/\(2\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2014/10/13/(2))
11. Menores no acompañados y jóvenes extutelados con autorización de residencia: stock mensual desde el 30 de junio de 2021 al 31 de diciembre de 2023 (personas de 16 a 23 años) [Internet]. citado 2026 Mar 31.
12. La determinación de la edad de los menores extranjeros no acompañados: marco normativo actual, doctrina jurisprudencial y la reforma para la judicialización del procedimiento y la efectiva preservación de la identidad personal. *Derecho Priv Const*. 2024;(44):175-214. doi:10.18042/cepc/dpc.44.05.
13. Real Decreto 557/2011, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley Orgánica 4/2000, sobre derechos y

- libertades de los extranjeros en España y su integración social, tras su reforma por Ley Orgánica 2/2009 [Internet]. BOE. 2011 Apr 30; citado 2025 Oct 27. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-7703>
14. Artículo 69 del Código Penal español explicado [Internet]. Código Penal España; citado 2025 Nov 9. Disponible en: <https://codigopenalespana.com/articulo-69-codigo-penal/>
 15. Garamendi PM, Ordóñez de Haro AB. La estimación forense de la edad en menores migrantes sin referentes familiares: situación actual. *Bol Galego Med Leg Forense*. 2023 Jan;32:17-32.
 16. Rodes Lloret F, Galiana Vila P, Pérez Campello GS, Alegre Requena A, Pastor Bravo M. La unidad de estimación forense de la edad en menores del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Alicante. Periciales en menores sin referentes familiares durante 2023. *Gac Int Cienc Forense*. 2024 Apr-Jun;51:18-41.
 17. Garamendi González PM, Bañón González R, Pujol Robinat A, Aguado Bustos FF, Landa Tabuyo MI, Prieto Carrero JL, et al. Recomendaciones sobre métodos de estimación forense de la edad de los menores extranjeros no acompañados: documento de consenso de buenas prácticas entre los Institutos de Medicina Legal de España. *Rev Esp Med Legal*. 2011 Jan;37(1):22-9. doi:10.1016/S0377-4732(11)70057-8
 18. Schmeling A, Dettmeyer R, Rudolf E, Vieth V, Geserick G. Forensic age estimation: methods, certainty, and the law. *Dtsch Arztebl Int*. 2016 Jan 29. doi:10.3238/arztebl.2016.0044
 19. Wittschieber D, Hahnemann ML, Mentzel HJ. Forensic diagnostics of the skeletal age in the living: backgrounds and methodology. *Rofo*. 2024 Mar;196(3):254-61. doi:10.1055/a-2130-3162
 20. Díez-López I, Sarasua Miranda A, Gamarra Cabrerizo A. Valoraciones médico-legales sobre la determinación de la edad cronológica mediante pruebas radiológicas en torno a los 18 años. *Rev Esp Endocrinol Pediatr*. 2012 May 8;1:12-8. doi:10.3266/RevEspEndocrinolPediatr.pre2012.Mar.77
 21. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Pfeiffer H, Schmeling A. Enhanced possibilities to make statements on the ossification status of the medial clavicular epiphysis using an amplified staging scheme in evaluating thin-slice CT scans. *Int J Legal Med*. 2010 Jul;124(4):321-5. doi:10.1007/s00414-010-0448-2
 22. Creo AL, Schwenk WF 2nd. Bone age: a handy tool for pediatric providers. *Pediatrics*. 2017 Dec 1;140(6):e20171486. doi:10.1542/peds.2017-1486
 23. Cavallo F, Mohn A, Chiarelli F, Giannini C. Evaluation of bone age in children: a mini-review. *Front Pediatr*. 2021 Mar 12;9:580314. doi:10.3389/fped.2021.580314
 24. Bonjour JP. Invertir en tus huesos. Cómo afecta la dieta, los estilos de vida y la genética al desarrollo óseo en los jóvenes. *Rev Esp Enferm Metab Oseas*. 2002 Jan;11(1):16-8.
 25. Elkhayat HA, Elsyed NM, Abdelhaleem BA, Madkour SS. Radiological assessment of hand and wrist bones in malnourished children. *QJM*. 2024 Jun 1;117(Suppl 1):hcae070.469. doi:10.1093/qjmed/hcae070.469
 26. Tuberculosis [Internet]. Geneva: World Health Organization; citado 2025 Nov 30. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>
 27. Gupta KB, Gupta R, Atreja A, Verma M, Vishvkarma S. Tuberculosis and nutrition. *Lung India*. 2009;26(1):9-16. doi:10.4103/0970-2113.45198
 28. Bhanuprakash BPL, Kanna KR, Devaguru A. Chronic infections and pediatric growth disorders: pathophysiology and future directions. *Dialogues Cardiovasc Med*. 2024 Dec 21;29:1-6.
 29. de Geus MV, van Niekerk M, McKenzie C, Dewandel I, Zenhausern J, Wijnstma E, et al. Anthropometric growth trajectories of children presenting with presumptive pulmonary TB. *UTLD Open*. 2025 Mar 12;2(3):137-44. doi:10.5588/ijtldopen.24.0489
 30. Jaganath D, Mupere E. Childhood tuberculosis and malnutrition. *J Infect Dis*. 2012 Dec 15;206(12):1809-15. doi:10.1093/infdis/jis608
 31. Gilsanz V, Ratib O, editors. Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005. doi:10.1007/b138568
 32. Hackman L, Black S. The reliability of the Greulich and Pyle atlas when applied to a modern Scottish population. *J Forensic Sci*. 2013 Jan;58(1):114-9. doi:10.1111/j.1556-4029.2012.02294.x
 33. Tisè M, Mazzarini L, Fabrizio G, Ferrante L, Giorgetti R, Tagliabracci A. Applicability of Greulich and Pyle method for age assessment in forensic practice on an Italian sample. *Int J Legal Med*. 2011 May;125(3):411-6. doi:10.1007/s00414-010-0541-6
 34. Turbón D. Reliability of the Greulich & Pyle method for bone age estimation in a Spanish sample. *Forensic Leg Invest Sci*.

- 2015 Dec 17;1(1):1-6. doi:10.24966/FLIS-733X/100003
35. 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 [Internet]. 2003;31:13-24. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/cmfn31/Art02.pdf>
36. Uys A, Bernitz H, Pretorius S, Steyn M. Estimating age and the probability of being at least 18 years of age using third molars: a comparison between Black and White individuals living in South Africa. Int J Legal Med. 2018 Sep;132(5):1437-46. doi:10.1007/s00414-018-1877-6
37. Streckbein P, Reichert I, Verhoff MA, Bödeker RH, Kähling C, Wilbrand JF, et al. Estimation of legal age using calcification stages of third molars in living individuals. Sci Justice. 2014 Dec;54(6):447-50. doi:10.1016/j.scijus.2014.08.005
38. Melo M, Ata-Ali F, Ata-Ali J, Martinez Gonzalez JM, Cobo T. Demirjian and Cameriere methods for age estimation in a Spanish sample of 1386 living subjects. Sci Rep. 2022 Feb 18;12(1):2838. doi:10.1038/s41598-022-06917-x
39. Olze A, Van Niekerk P, Schmidt S, Wernecke KD, Rösing FW, Geserick G, et al. Studies on the progress of third-molar mineralisation in a Black African population. HOMO. 2006 Aug;57(3):209-17. doi:10.1016/j.jchb.2004.08.003
40. Olze A, Taniguchi M, Schmeling A, Zhu BL, Yamada Y, Maeda H, et al. Comparative study on the chronology of third molar mineralization in a Japanese and a German population. Leg Med. 2003 Mar;5 Suppl 1:S256-60. doi:10.1016/S1344-6223(02)00143-8
41. Taranilla Castro AM, Pujol-Robinat A, Badía García MA, Milián Sebastià S, Martínez Alcázar H, Pomés Tallo J, et al. Forensic age estimation in Barcelona: analysis of expert reports issued between 2011 and 2018. Int J Legal Med. 2023 Mar;137(2):395-402. doi:10.1007/s00414-022-02926-7
42. Devi A, Keshena JR, Vidyahayati IL, Skripsa TH, Prabowo YB, Merdietio Boedi R. Third molar assessment for legal age determination in Indonesian juveniles using Demirjian method. Morphologie. 2025 Jun;109(365):100951. doi:10.1016/j.morpho.2025.100951
43. Nambiar P. Age estimation using third molar development. Malays J Pathol. 1995;17(1):31-4.
44. Boaz K, Nagesh KR, Srikant N, Gupta N, Nandita KP, Manaktala N, et al. Demirjian's method in the estimation of age: a study on human third molars. J Forensic Dent Sci. 2015;7(2):153. doi:10.4103/0975-1475.155081
45. Solari AC, Abramovitch K. The accuracy and precision of third molar development as an indicator of chronological age in Hispanics. J Forensic Sci. 2002 May 1;47(3):531-5. doi:10.1520/JFS15292J
46. Wittschieber D, Schulz R, Pfeiffer H, Schmeling A, Schmidt S. Systematic procedure for identifying the five main ossification stages of the medial clavicular epiphysis using computed tomography: a practical proposal for forensic age diagnostics. Int J Legal Med. 2017 Jan;131(1):217-24. doi:10.1007/s00414-016-1444-y
47. Garamendi-González PM, Rodes-Lloret F, Camacho-Santos R, Núñez-Hernández S, Ordóñez de Haro AB. Forensic age estimation based on the study of the proximal epiphyses of the clavicle. State of the art and interfering factors. Cuad Med Forense. 2023;26(26):101-15. doi:10.59457/cmfn.2023.26.02.org.04
48. Fiscalía General del Estado. Menores extranjeros no acompañados. En: Memoria de la Fiscalía General del Estado 2024 [Internet]. Madrid: Fiscalía General del Estado; 2024 [citado 2026 Abr 1]. p. 649-652.
49. Observatorio Permanente de la Inmigración. Personas menores no acompañadas y jóvenes extuteladas, de 16 a 23 años, con autorización de residencia en vigor. Serie mensual: 30 junio 2021-31 diciembre 2025 [Internet]. Madrid: Ministerio de Inclusión, Seguridad Social y Migraciones; 2026 Mar 24 [citado 2026 Abr 1].

8. ANEXO 1

SOL·LICITUD DE PROPOSTA DE TREBALL DE FI DE GRAU/MÀSTER:
FACULTAT DE MEDICINA I CIÈNCIES DE LA SALUT

CURS ACADÈMIC: 2025/2026
ENSENYAMENT: MEDICINA
TÍTOL DEL TREBALL/LÍNIA DE RECERCA: Determinaciones de edad en menores no acompañados en Tarragona a el año 2024"

DADES DEL TUTOR/A I/O COTUTORS/ES DEL TFG/M:			
Departament	Cognoms	Nom	Correu electrònic
CM Bisques	Caballero Casanova	Piriscila	pcaballero@ij.gencat.cat
CM Bisques	Garcia Sayago	Francisco	francisco.garcia@urv.cat

DADES DE L'ALUMNAT (màxim 4)

Cognoms	Nom	Correu electrònic/ Telèfon
Estudiant 1: Rodriguez Boata	Alejo	ar2609401@gmail.com / 657 030 192
Estudiant 2:		
Estudiant 3:		
Estudiant 4:		

Dades de l'estudiant 1 que fa el registre: Domicili, població i codi postal: Llevant, Tarragona, 12377.
Constanti, 43120

DATA I SIGNATURA TUTOR 1
Tarragona, 15/07/2025.

DATA I SIGNATURA TUTOR 2
Tarragona, 15/07/2025.

DATA I SIGNATURA ESTUDIANT 1

DATA I SIGNATURA ESTUDIANT 2

DATA I SIGNATURA ESTUDIANT 3

DATA I SIGNATURA ESTUDIANT 4

Amb aquesta signatura, els/les estudiants es comprometen a no utilitzar les dades facilitades pels tutors per d'altres finalitats científiques o de divulgació alienes al TFG.

Sr./a Degà/na de la Facultat de Medicina i Ciències de la Salut

9. ANEXO 2

TREBALL DE FI DE GRAU. FMCS. FITXA D'AVALUACIÓ DEL TUTOR

L'avaluació del treball pràctic tindrà en compte la nota referida pel tutor respecte a la memòria impresa i el seguiment del treball. El resultat de l'avaluació del tutor ha de ser favorable per tal que l'alumne pugui presentar i defensar el treball i representa el 25 % nota total del TFG.

ENSENYAMENT: GRAU DE MEDICINA

NOM DE L'ALUMNE: ÁLVARO RODRÍGUEZ BOCETA

TÍTOL DEL TREBALL: DETERMINACIONES DE EDAD EN MENORES NO ACOMPAÑADOS EN TARRAGONA EN EL AÑO 2024.

SEGUIMENT I AVALUACIÓ DEL TREBALL PER PART DEL TUTOR DEL TREBALL PRÀCTIC (0-10)	
Ha mostrat capacitats d'anàlisi i síntesi i raonament al llarg del treball	10
Ha mostrat iniciativa durant tot el procés d'elaboració del Treball	10
El procés d'elaboració del Treball ha estat continuat	10
Ha mostrat habilitat de cerca i gestió de la informació	10
Ha mostrat capacitat d'organització i planificació	10
Ha seguit la normativa pròpia del Centre en quan a la presentació escrita del treball	10
El treball és ordenat i redactat amb cura, expressant-se correctament amb la llengua escollida	10
Els resultats del treball són originals	10
El treball presentat supera les expectatives del tutor	10
Comentaris del tutor si s'escau: <u>L'ALUMNE HA MOSTRAT, DES DE L'INICI, UN NOTABLE INTERÈS EN L'ÀMBIT DE LES DETERMINACIONS D'EDAT, FET QUE REFLECTEIX UNA ACTITUD IMPLICADA ENVERS LA MATÈRIA.</u>	
2A MATÈRIA: <u>MITJANA DE LA NOTA DEL TUTOR (0-10)</u>	10

AVALUACIÓ:

FAVORABLE ☒

NO FAVORABLE ☐

AUTORITZA a que el treball sigui públic i visible al repositori institucional de la URV*?

SI

NO ☒

* Desaconsellat en casos de treballs amb dades de pacients i amb treballs potencialment publicables

NOM I SIGNATURA DEL TUTOR**:

Priscila Caballero
Casanoves - DNI
20454060E (SIG)
Data: 2026.04.10 10:40:03
+02'00'

TARRAGONA, a 10 de ABRIL de 2026

**Lliurar una còpia al tutor i adjuntar una còpia amb la signatura original al Treball escrit. La suplantació de la signatura original està tipificada com a falta greu i serà objecte d'expedient.