

## LA APÓFISIS ESTILOIDES COMO HERRAMIENTA EN LA IDENTIFICACIÓN HUMANA POST-MORTEM

### THE STYLOID PROCESS AS A FORENSIC TOOL FOR POSTMORTEM HUMAN IDENTIFICATION

De Almeida Vergara CS<sup>1</sup>.

Nungaray Carrillo ML<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Tecnólogo en Radiología. Posgrado en Ciencia Forense y Pericia Criminal. Perito Investigador de la Sociedad Brasileña de Ciencias Forenses. Brasil.

<sup>2</sup>Cirujana dentista. Diplomada en Odontología Legal y Forense. Perito adscrito al al Servicio Médico Forense del Poder Judicial de Baja California. México.

Correspondencia: marla.nungarayca@gmail.com

**Resumen:** La identificación humana post mortem constituye uno de los principales desafíos de la medicina legal y de la antropología forense, especialmente en casos de esqueletización, traumatismos craneofaciales, carbonización o descomposición avanzada. En este contexto, la radiología forense ha adquirido un papel relevante al permitir el análisis de estructuras craneofaciales preservadas. La apófisis estiloides del hueso temporal, tradicionalmente vinculado al síndrome de Eagle, se destaca por su elevada variabilidad anatómica en cuanto a longitud, grosor, angulación y patrones de calcificación. Esta singularidad morfométrica le confiere potencial como marcador complementario en la identificación post mortem, a través de la comparación entre registros radiológicos ante mortem y post mortem. Estudios poblacionales han demostrado que factores como el sexo, la edad y la ascendencia influyen en la morfología del proceso estiloides, lo que amplía su aplicabilidad en contextos forenses, antropológicos y arqueológicos. Además, las fracturas de esta estructura pueden contribuir a la determinación de mecanismos de trauma cervical, facilitando la reconstrucción de la causa de muerte. Aunque persisten desafíos metodológicos, como la estandarización de las mediciones y la necesidad de bases de datos robustas, los avances en tomografía tridimensional y en inteligencia artificial apuntan hacia nuevas perspectivas en el empleo del proceso estiloides como recurso auxiliar en la identificación humana.

**Palabras clave:** Identificación post mortem; Radiología forense; Apófisis estiloides; Antropología forense; Tomografía computarizada.

**Abstract:** Post-mortem human identification constitutes one of the main challenges in forensic medicine and forensic anthropology, particularly in cases of skeletalization, craniofacial trauma, carbonization, or advanced decomposition. In this context, forensic radiology has acquired a relevant role by enabling the analysis of preserved craniofacial structures. The styloid process of the temporal bone, traditionally associated with Eagle's syndrome, stands out for its high anatomical variability in terms of length, thickness, angulation, and calcification patterns. This morphometric uniqueness grants it potential as a complementary marker in post-mortem identification through the comparison of ante-mortem and post-mortem radiological records. Population studies have demonstrated that factors such as sex, age, and ancestry influence the morphology of the styloid process, which broadens its applicability in forensic, anthropological, and archaeological contexts. Furthermore, fractures of this structure may contribute to the determination of cervical trauma mechanisms, facilitating the reconstruction of the cause of death. Although methodological challenges remain, such as the standardization of measurements and the need for robust databases, advances in three-dimensional tomography and artificial intelligence point to new perspectives in the use of the styloid process as an auxiliary resource in human identification.

**Keywords:** Post-mortem identification; Forensic radiology; Styloid process; Forensic anthropology; Computed tomography.

## INTRODUCCIÓN

La identificación humana post mortem constituye uno de los pilares fundamentales de la medicina legal y de la antropología forense, ya que permite no sólo la restitución de la identidad individual, sino también el cumplimiento de aspectos legales, éticos y sociales vinculados con la dignidad de la persona fallecida. Tradicionalmente, los métodos consolidados incluyen el análisis odontológico comparativo, la investigación de huellas dactilares, la determinación de perfiles antropométricos y, más recientemente, el análisis genético.<sup>1</sup> No obstante, en situaciones de descomposición avanzada, carbonización, traumatismo craneofacial severo o esqueletización, estos parámetros pueden encontrarse parcial o totalmente comprometidos, lo que exige la incorporación de nuevos marcadores morfológicos capaces de contribuir al proceso de identificación.

La radiología forense surgió a inicios del siglo XX como un hito innovador, poco después del descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895. A los pocos años, los primeros exámenes radiográficos ya eran aplicados en contextos médico-legales, permitiendo visualizar fracturas, proyectiles de arma de fuego y particularidades anatómicas en cadáveres.<sup>2</sup> La evolución de esta área acompañó el desarrollo tecnológico, pasando de radiografías convencionales bidimensionales a tomografías computarizadas multislice (TCMS) y, más recientemente, a tomografías computarizadas de haz cónico (TCHC), capaces de generar reconstrucciones tridimensionales de alta precisión. Estos avances consolidaron la radiología forense como uno de los instrumentos más relevantes en la identificación humana, sobre todo en casos donde la integridad de los tejidos blandos está ausente.<sup>3</sup>

El estudio del cráneo siempre ha ocupado un lugar central en la identificación forense. Las estructuras craneofaciales presentan alta resistencia a la descomposición, además de variaciones morfológicas significativas entre individuos y poblaciones. El análisis de suturas, forámenes, senos paranasales y características dentarias se ha consolidado como herramientas clásicas para la individualización. Entre las diversas estructuras craneofaciales, la apófisis estiloides del hueso temporal (una proyección ósea delgada y variable) ha emergido como un marcador de creciente interés. Este proceso presenta particularidades en su longitud, grosor, angulación y grado de calcificación del ligamento estilo-hioideo. Dichas características morfométricas, que pueden documentarse tanto en radiografías panorámicas como en tomografías, evidencian patrones anatómicos de alta especificidad individual. Así, además de su papel clínico, principalmente en el síndrome de Eagle, el proceso estiloides emerge como una estructura de interés en antropología y radiología forense, con potencial para actuar como elemento complementario de identificación en situaciones complejas.<sup>4</sup>

En este contexto, el presente artículo busca profundizar en la revisión de la literatura científica acerca del proceso estiloides del hueso temporal, explorando sus variaciones anatómicas, implicaciones clínicas, aplicaciones en la identificación humana post mortem y perspectivas futuras. Para ello, se consultaron bases de datos de relevancia internacional, como PubMed, Scielo y Google Académico, con el fin de reunir la evidencia actual y consolidar su importancia en el escenario forense contemporáneo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló mediante una revisión integradora y sistemática de la literatura científica sobre el proceso estiloides del hueso temporal, con énfasis en sus características anatómicas, variabilidad morfométrica, implicaciones clínicas y aplicaciones en la identificación humana post mortem. Se consultaron diversas bases de datos electrónicas de relevancia internacional, incluyendo PubMed, Scielo y Google Académico, con el propósito de garantizar la amplitud y diversidad de las fuentes.

Se incluyeron artículos originales, estudios observacionales, experimentales, clínicos, antropológicos y revisiones que abordaran mediciones morfométricas del proceso estiloides, hallazgos radiológicos, correlaciones con registros ante mortem, evaluaciones de elongación y calcificación, así como análisis poblacionales y contextos arqueológicos. Se excluyeron los trabajos sin revisión por pares, sin datos relevantes o metodológicamente inadecuados.

La información recopilada fue sistematizada y categorizada en ejes temáticos principales: anatomía y embriología, variabilidad morfométrica poblacional, hallazgos clínicos y radiológicos, relevancia forense, aplicaciones antropológicas y limitaciones metodológicas. El análisis incluyó comparaciones entre técnicas radiográficas bidimensionales y tridimensionales, evaluación de diferencias relacionadas con sexo, edad y ascendencia, además de la integración de hallazgos morfométricos con registros clínicos y forenses.

Todo el proceso de recolección, categorización e interpretación de los datos fue conducido con rigor científico, objetividad y consistencia, lo que permitió sintetizar evidencias sólidas acerca de la utilidad del proceso estiloides como

marcador anatómico complementario en la identificación humana, así como su relevancia en la práctica clínica, forense y antropológica.

## RESULTADOS

### Fundamentación teórica: Anatomía y origen embriológico

Las variaciones anatómicas de la apófisis estiloides, tanto en longitud como en angulación y grado de calcificación, han sido ampliamente documentadas a través de estudios radiográficos, especialmente mediante radiografías panorámicas y tomografías computarizadas.<sup>5</sup> Estos métodos no solo permiten una visualización clara de la morfología del proceso, sino también la realización de análisis morfométricos con un alto grado de precisión, posibilitando comparaciones entre los lados derecho e izquierdo, así como la identificación de asimetrías o alteraciones estructurales.

La importancia clínica de estas variaciones se observa, por ejemplo, en el Síndrome de Eagle, una condición poco frecuente caracterizada por dolor orofacial, disfagia, otalgia y sensación de cuerpo extraño en la garganta, generalmente asociada con la elongación o calcificación del proceso estiloides y/o del ligamento estilo-hioideo.<sup>6</sup> El diagnóstico de este síndrome, aunque clínico, suele confirmarse mediante estudios de imagen, los cuales evidencian no solo la longitud del proceso, sino también su dirección y relación con las estructuras adyacentes. De este modo, la radiología se consolida no solo como una herramienta diagnóstica, sino también como un recurso clave para la evaluación anatómica de esta estructura en contextos forenses.

Desde el punto de vista forense, la apófisis estiloides se ha destacado como un marcador morfológico de valor complementario en la identificación humana. La variabilidad individual de esta estructura permite su utilización en la comparación de imágenes ante mortem y post mortem, aportando datos que, sumados a otros parámetros (como dentición, senos paranasales y suturas craneanas), contribuyen a la individualización de restos humanos en situaciones donde la identificación convencional resulta compleja.

### Variabilidad morfométrica poblacional

El análisis morfométrico de la apófisis estiloides ha revelado una amplia variabilidad en longitud, grosor, angulación y grado de osificación del ligamento estilo-hioideo.<sup>7</sup> Estudios realizados en diferentes poblaciones han demostrado que dicha variabilidad no es solo individual, sino que también está influenciada por factores como sexo, edad, ascendencia biológica e incluso los criterios metodológicos adoptados para definir la elongación.

En muestras brasileñas de cráneos secos, por ejemplo, se describieron longitudes que oscilan desde menos de 10 mm hasta casi 70 mm, lo que refleja una gran heterogeneidad anatómica.<sup>8</sup> En cadáveres indios y en colecciones osteológicas de diversas regiones de Asia, la prevalencia de elongación varió entre 3% y 34%, lo que refuerza el papel de la etnia y de las características poblacionales en el patrón de desarrollo de esta estructura.

En población japonesa, los análisis detallados identificaron longitudes medias que oscilaron entre 22 y 27 mm, con diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres, además de variaciones en el grosor proximal que alcanzaron valores medios cercanos a 5 mm. Estos hallazgos evidencian no sólo la influencia del dimorfismo sexual, sino también la importancia de considerar las especificidades regionales y genéticas en el estudio de la apófisis estiloides.

Por su parte, una investigación realizada en España, basada en más de 800 cráneos, amplió el enfoque tradicional al incluir no solo medidas lineales, sino también ángulos sagitales y transversales. El análisis multivariado aplicado en dicho estudio, mediante técnicas como análisis de componentes principales y agrupamiento jerárquico, permitió identificar patrones morfométricos que pueden ser empleados para discriminar perfiles poblacionales e incluso sugerir potenciales aplicaciones en contextos de identificación forense.<sup>9</sup>

Esta diversidad morfológica, documentada en distintos continentes, refuerza la idea de que el proceso estiloides, pese a su aparente simplicidad anatómica, constituye una estructura altamente variable y, por lo tanto, útil para la antropología y la medicina legal. Al mismo tiempo, se evidencia la necesidad de estandarizar los criterios diagnósticos para la elongación y calcificación, con el fin de hacer comparables los datos obtenidos en diferentes regiones del mundo.<sup>10</sup>

*La Tabla 1 resume algunos estudios sobre elongación y morfometría del proceso estiloides, destacando la variabilidad registrada en distintas muestras y metodologías.*

**Tabla 1: Estudio forense de la apófisis estiloides en la identificación humana**

Estudio	Descripción
Variabilidad morfológica	Las variaciones en longitud, grosor y angulación de la apófisis estiloides están influenciadas por factores genéticos, ambientales y demográficos. Esta información resulta relevante para la identificación en casos de descomposición avanzada o esqueletización.
Métodos de análisis	Se emplea la tomografía computarizada (TC), especialmente la tomografía computarizada de haz cónico (TCFC) y reconstrucciones tridimensionales (3D), para realizar mediciones detalladas y precisas de la apófisis estiloides.
Relevancia forense	La apófisis estiloides puede constituir un marcador osteológico único para la identificación post mortem en casos de descomposición avanzada, donde otros métodos, como el análisis de ADN, no son viables.
Trauma y violencia	Las lesiones en la apófisis estiloides, como fracturas y desplazamientos, pueden indicar mecanismos de trauma cervical (por ejemplo, estrangulamiento o impacto directo), contribuyendo a la reconstrucción del mecanismo de muerte.
Estudios arqueológicos y antropológicos	El análisis de la apófisis estiloides en restos humanos antiguos permite identificar variaciones morfológicas y adaptativas en distintas poblaciones, facilitando la caracterización biológica y el estudio de la evolución de grupos humanos a lo largo del tiempo.
Desafíos y limitaciones	La preservación de la apófisis estiloides puede verse comprometida por la descomposición o el trauma. La falta de estandarización en las mediciones puede generar variaciones entre estudios, dificultando la comparabilidad de los datos.
Perspectivas futuras	El desarrollo de inteligencia artificial (IA) y bases de datos morfométricas tridimensionales puede mejorar el análisis comparativo y automatizado de la apófisis estiloides, optimizando la identificación forense y la evaluación de traumas.

#### Relevancia clínica: Síndrome de Eagle

El Síndrome de Eagle corresponde a una condición poco frecuente caracterizada por la elongación anómala de la apófisis estiloides o por la osificación parcial o total del ligamento estilo-hioideo. Esta alteración anatómica puede provocar síntomas variados, incluyendo dolor orofaríngeo crónico, disfagia, sensación de cuerpo extraño en la garganta, otalgia refleja y cefaleas recurrentes. En presentaciones más graves, particularmente cuando existe compresión de estructuras vasculares adyacentes, como la arteria carótida interna, pueden presentarse manifestaciones neurológicas derivadas de un compromiso circulatorio.<sup>11</sup>

Aunque la etiología aún es discutida, se considera que factores genéticos, procesos inflamatorios locales y traumatismos previos pueden contribuir al desarrollo de la condición. El diagnóstico del Síndrome de Eagle continúa siendo un reto debido a la inespecificidad de los síntomas, frecuentemente confundidos con cuadros otorrinolaringológicos o neurológicos. Desde el punto de vista radiológico, la confirmación generalmente depende de la correlación entre hallazgos clínicos y estudios de imagen. La radiografía panorámica puede evidenciar elongaciones del proceso estiloides, aunque presenta limitaciones debido a la superposición de estructuras anatómicas y distorsiones inherentes a la técnica.<sup>12</sup>

La tomografía computarizada, especialmente con reconstrucciones multiplanares y tridimensionales, se ha convertido en el método más preciso, permitiendo evaluar no solo la longitud y angulación del proceso, sino también su relación con estructuras vasculares y nerviosas circundantes.

El tratamiento del Síndrome de Eagle puede variar desde medidas conservadoras, como analgésicos e infiltraciones anestésicas, hasta intervenciones quirúrgicas para la resección parcial o total del proceso estiloides elongado. No obstante, la indicación terapéutica debe evaluarse cuidadosamente debido a la complejidad anatómica de la región y al riesgo de complicaciones intraoperatorias.<sup>13</sup>

### Hallazgos radiológicos y metodologías

Los métodos de imagen son fundamentales tanto para la investigación clínica como para el estudio morfométrico de la apófisis en contextos anatómicos y forenses. La **radiografía panorámica**, por su amplia disponibilidad y bajo costo, es el examen más utilizado en la práctica odontológica y, consecuentemente, el recurso diagnóstico inicial para la detección de elongaciones o calcificaciones. Sin embargo, su precisión es limitada, ya que la magnificación, la distorsión geométrica y la superposición de estructuras dificultan la obtención de medidas absolutas confiables.<sup>14</sup> Por ello, aunque útil como herramienta de detección inicial, la radiografía panorámica no debe considerarse definitiva para mediciones precisas.

En contraste, la **tomografía computarizada**, tanto multislice (TCMS) como de haz cónico (TCFC), ofrece superioridad diagnóstica, proporcionando imágenes de alta resolución espacial y permitiendo reconstrucciones tridimensionales fidedignas. Esta tecnología posibilita no sólo el análisis de la longitud real de la apófisis estiloides, sino también la evaluación de su grosor, angulación en distintos planos y relación con estructuras adyacentes. Además, los modelos tridimensionales obtenidos permiten estudios poblacionales más consistentes, aplicaciones en investigación antropológica y comparaciones forenses de alta precisión.<sup>15</sup>

Revisiones sistemáticas recientes confirman a la tomografía como **estándar de oro** en la evaluación del proceso estiloides, especialmente en contextos clínicos donde se sospecha el síndrome de Eagle y en investigaciones forenses que requieren máxima precisión morfométrica. La integración de software de análisis volumétrico y técnicas avanzadas de

reconstrucción digital amplía aún más el potencial de esta metodología, consolidando la tomografía 3D como herramienta indispensable para la caracterización de esta estructura anatómica.<sup>16</sup>



**Imagen 1: Medición del proceso estiloides en una paciente de 30 años.**

Imágenes del propio autor.

**Imagen 2: Medición del proceso estiloides en un paciente masculino (50 años) utilizando el software Ezdent-i 2D****Aplicaciones forenses: Identificación post mortem**

En contextos forenses, la identificación humana depende de la integración de múltiples parámetros, dado que raramente un solo marcador anatómico es suficiente para confirmar la identidad de manera inequívoca. En estos escenarios, la apófisis estiloides del hueso temporal surge como una estructura de interés, especialmente en situaciones de esqueletización o pérdida significativa de tejidos blandos. Su utilidad radica en que presenta variaciones morfológicas individuales en longitud, grosor, angulación y patrones de calcificación del ligamento estilo-hioideo, las cuales pueden preservarse incluso tras largos períodos post mortem.



La comparación entre estudios de imagen realizados en vida, como radiografías panorámicas odontológicas o tomografías computarizadas, y el análisis directo o radiológico del cráneo en contexto post mortem puede aportar información adicional para la comparación. La identificación se vuelve particularmente robusta cuando se observan conformaciones anatómicas singulares, como elongaciones marcadas, calcificaciones irregulares o angulaciones inusuales de la apófisis estiloides, características que difícilmente se repiten de manera idéntica en individuos distintos.<sup>17</sup>

Este tipo de correspondencia puede ser decisiva en casos donde los métodos clásicos de identificación, como el análisis dentario o la comparación genética, se ven comprometidos por destrucción tisular, ausencia de registros previos o limitaciones técnicas. Desde el punto de vista metodológico, la aplicación forense de la apófisis estiloides requiere documentación radiológica de alta calidad, preferiblemente mediante tomografía computarizada con reconstrucción tridimensional. Este recurso permite mediciones precisas y la creación de modelos digitales comparables directamente con imágenes ante mortem. Asimismo, los bancos de datos radiológicos poblacionales, cuando están disponibles, pueden contribuir a excluir o reforzar hipótesis de identidad al mostrar patrones de normalidad o variaciones específicas de determinado grupo demográfico.

Aunque la apófisis estiloides no debe interpretarse de manera aislada como marcador definitivo de identidad, su valor reside en la capacidad de aportar evidencia anatómica adicional, fortaleciendo el análisis comparativo. En pericias complejas, especialmente cuando los métodos tradicionales son inexistentes o no concluyentes, esta estructura ósea puede marcar la diferencia entre una identificación inconclusa y una confirmación positiva. De este modo, la incorporación sistemática del estudio de la apófisis estiloides en la práctica pericial amplía el repertorio de herramientas disponibles en las ciencias forenses, acercando la labor pericial a los avances de la radiología contemporánea.

### **Trauma cervical y estrangulamiento**

La apófisis estiloides, debido a su posición anatómica en la base del cráneo y a su delicada morfología, puede desempeñar un papel relevante en la investigación de muertes violentas, particularmente en casos de estrangulamiento u otras formas de asfixia mecánica.<sup>18</sup> Las fracturas de esta estructura, aunque poco consideradas en la rutina pericial, se describen como hallazgos significativos que pueden indicar compresión cervical intensa, impacto directo o movimientos bruscos de la cabeza y el cuello durante el acto agresivo. La presencia de estas fracturas, cuando se asocia con otros signos de violencia cervical (como hemorragias en músculos adyacentes, fracturas del hioides o lesiones cartilaginosas de la laringe) contribuye a establecer la dinámica de la muerte y refuerza la hipótesis de homicidio por estrangulamiento manual o con lazo.

Desde el punto de vista radiológico, la tomografía computarizada de alta resolución, especialmente con reconstrucciones tridimensionales, permite la detección temprana y precisa de estas fracturas, incluso cuando son discretas o parcialmente cicatrizadas. Esta tecnología ofrece una ventaja sustancial sobre el análisis macroscópico aislado, dado que fracturas finas pueden pasar desapercibidas durante la necropsia convencional, especialmente en estados avanzados de descomposición. Así, la inclusión de la evaluación sistemática de la apófisis estiloides en protocolos de imagen post mortem amplía la capacidad de la documentación objetiva de hallazgos traumáticos.

Además, la literatura forense señala que la incidencia de fracturas de la apófisis estiloides puede variar entre diferentes poblaciones y circunstancias, sugiriendo que factores como edad, sexo y fragilidad ósea individual influyen en la probabilidad de ruptura en situaciones de violencia cervical.<sup>19</sup> La observación de este tipo de lesión también puede ser

útil para diferenciar entre estrangulamiento y otros mecanismos de muerte por asfixia, dado que la fractura del estiloides tiende a asociarse más con fuerzas localizadas y compresivas aplicadas en la región cervical.

Por lo tanto, el análisis del proceso estiloides no solo proporciona evidencia para la identificación individual, sino que también representa un marcador de relevancia en la reconstrucción de la causa y dinámica de la muerte en contextos criminales. La integración entre evaluación radiológica tridimensional y autopsia tradicional fortalece la calidad de las conclusiones periciales, otorgando mayor precisión a las interpretaciones médico-legales.

### **Estudios antropológicos y contextos arqueológicos**

La apófisis estiloides, además de su papel clínico y forense, ha despertado un creciente interés en estudios antropológicos y arqueológicos. Sus variaciones morfológicas, que incluyen diferencias en longitud, grosor proximal, angulación respecto al hueso temporal y patrones de osificación del ligamento estilo-hioideo, proporcionan información relevante sobre la diversidad biológica entre poblaciones y pueden reflejar predisposiciones genéticas o adaptaciones evolutivas.<sup>20</sup>

Investigaciones osteológicas realizadas en distintas regiones del mundo demuestran que estas características no son aleatorias, sino que están influenciadas por factores raciales, sexuales, ambientales e incluso culturales, como el uso diferencial de la musculatura craneofacial en poblaciones históricas.<sup>21</sup>

En contextos arqueológicos, el análisis de la apófisis estiloides contribuye a la caracterización biológica de grupos humanos, permitiendo identificar patrones poblacionales que pueden correlacionarse con factores geográficos o temporales. Estructuras craneofaciales más resistentes, como el proceso estiloides, tienden a preservarse incluso tras largos períodos de enterramiento, aumentando su valor en excavaciones arqueológicas y colecciones osteológicas antiguas. Comparaciones entre restos humanos de diferentes continentes han evidenciado que ciertas poblaciones presentan mayor predisposición a elongaciones o calcificaciones del estiloides, sugiriendo la existencia de marcadores anatómicos de relevancia antropológica.

Asimismo, el uso de tecnologías avanzadas, como tomografía computarizada de haz cónico y reconstrucciones 3D aplicadas a cráneos arqueológicos, ha permitido mediciones precisas y análisis estadísticos multivariados. Estos métodos facilitan no solo la comparación de patrones morfológicos entre poblaciones, sino también la inferencia sobre salud, hábitos funcionales e incluso características genéticas de comunidades antiguas. De este modo, la apófisis estiloides trasciende su aplicación forense inmediata, contribuyendo a la comprensión de la variabilidad biológica humana a lo largo del tiempo y el espacio.<sup>22</sup>

### **DISCUSIÓN**

La apófisis estiloides del hueso temporal, aunque tradicionalmente asociado con manifestaciones clínicas como el Síndrome de Eagle, ha emergido como un marcador anatómico con considerable potencial en la identificación humana post mortem.<sup>23</sup> La principal justificación radica en su variabilidad morfológica intrínseca, que se manifiesta en dimensiones, angulaciones y patrones de calcificación únicos para cada individuo. Esta especificidad, sumada a su relativa resistencia a la descomposición, lo convierte en una herramienta valiosa en casos donde métodos convencionales, como el análisis odontológico o genético, están comprometidos o no están disponibles.

La evolución de las tecnologías de imagen, particularmente la tomografía computarizada (TC) con reconstrucciones tridimensionales (3D), ha sido fundamental para explorar el potencial forense de la apófisis estiloides. A diferencia de las radiografías bidimensionales, que sufren distorsiones y superposiciones, la TC 3D permite mediciones

precisas y objetivas, así como la visualización detallada de las relaciones espaciales con estructuras adyacentes. Esto posibilita comparaciones más confiables entre registros ante mortem y hallazgos post mortem, fortaleciendo la evidencia pericial.

La variabilidad morfométrica poblacional de la apófisis estiloides es un aspecto crucial a considerar. Estudios que investigan la prevalencia y características de esta estructura en distintas etnias y regiones geográficas muestran que existen patrones que pueden ayudar a excluir o confirmar identidades, especialmente cuando se combinan con otros datos antropológicos. La compilación de bancos de datos morfométricos poblacionales, idealmente en 3D, es un paso necesario para optimizar la aplicación forense de esta estructura.

En el contexto de trauma cervical y estrangulamiento, la detección de fracturas en el proceso estiloides puede aportar información crucial sobre la dinámica del evento, indicando la aplicación de fuerzas específicas en la región. La capacidad de la TC para identificar microfracturas o lesiones sutiles que podrían pasar desapercibidas en un análisis macroscópico convencional aumenta significativamente el valor forense de esta estructura.<sup>24</sup>

No obstante, la aplicación del proceso estiloides en la identificación forense enfrenta desafíos significativos. La fragilidad intrínseca del hueso, su ausencia en casos de descomposición extrema o carbonización, la falta de estandarización en los criterios de medición y la escasez de bancos de datos amplios y bien caracterizados son limitaciones que deben abordarse. La disparidad entre metodologías de recolección y análisis de datos en estudios previos también dificulta la comparación directa y la generalización de hallazgos.

Las perspectivas futuras apuntan hacia la integración de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (machine learning) en el análisis automatizado de imágenes tomográficas. Los algoritmos de IA podrían identificar patrones morfométricos complejos, comparar grandes volúmenes de datos y asistir en la rápida triage de posibles correspondencias, aumentando la eficiencia y precisión del proceso de identificación. La realización de estudios multicéntricos y la estandarización de protocolos de imagen y análisis son esenciales para consolidar la apófisis estiloides como una herramienta forense robusta y confiable.<sup>25</sup>

### **Enfoques complementarios**

La apófisis estiloides, aunque consolidado como un marcador anatómico de creciente interés en la identificación humana post mortem, aún presenta un amplio potencial para nuevas investigaciones y aplicaciones forenses, por lo que ciertos aspectos requieren un análisis detallado.

La comparación con otros marcadores craneofaciales tradicionales, como los senos frontales, las suturas y la morfología dentaria, permite contextualizar la relevancia comparativa de la apófisis estiloides. Mientras los senos frontales presentan alta individualidad anatómica y los dientes ofrecen gran resistencia a la degradación, el proceso estiloides se distingue por su variabilidad morfométrica única, constituyéndose en un recurso adicional capaz de reforzar los análisis comparativos en casos de identificación compleja.

Desde la perspectiva legal y ética, el uso de registros radiológicos obtenidos en vida (como radiografías panorámicas odontológicas de rutina) evidencia la necesidad de establecer protocolos estandarizados para la cadena de custodia, garantizando la validez de estas pruebas en contextos judiciales. La integración de este tipo de evidencia en procesos legales requiere además un consenso científico que respalde su confiabilidad y validez.

En este contexto, la odontología forense asume un papel central, dado que la radiología dental constituye una de las principales fuentes de registros ante mortem disponibles. La identificación basada en la comparación de radiografías

panorámicas con hallazgos post mortem del proceso estiloides representa una oportunidad práctica para fortalecer la utilidad de los archivos clínicos en el ámbito legal.

Por otro lado, el desarrollo de inteligencia artificial (IA) abre nuevas perspectivas en el análisis forense. Algoritmos de aprendizaje automático aplicados a estudios tomográficos podrían detectar elongaciones o calcificaciones de la apófisis estiloides de manera automatizada, reduciendo la subjetividad en la interpretación. Además, la creación de bases de datos internacionales estandarizadas, con registros tridimensionales digitalizados, permitiría comparar patrones morfométricos a gran escala y mejorar la precisión de las identificaciones.

En contextos extremos, como incineraciones, explosiones o inmersión prolongada, la aplicabilidad del proceso estiloides puede ser limitada, reforzando la necesidad de utilizarlo de manera complementaria y no como sustituto de otros marcadores. Asimismo, estudios en poblaciones arqueológicas y antropológicas indican que las variaciones de la apófisis estiloides pueden reflejar hábitos culturales, funcionales y evolutivos, sugiriendo un potencial adicional para la comprensión de la diversidad biológica humana.

En conjunto, estos enfoques complementarios destacan la importancia de integrar el estudio de la apófisis estiloides no solo como herramienta diagnóstica en odontología forense, sino también como un vínculo interdisciplinario entre diferentes áreas del ámbito forense.

## CONCLUSIÓN

La apófisis estiloides del hueso temporal posee un valor significativo como herramienta complementaria en la identificación humana post mortem, debido a su morfología individualizada, variabilidad anatómica y relativa preservación incluso en contextos de descomposición avanzada. Su análisis permite la documentación de características únicas, como longitud, grosor, angulación y patrones de calcificación del ligamento estilo-hioideo, que pueden compararse con registros ante mortem, fortaleciendo la evidencia pericial en casos donde métodos tradicionales, como análisis odontológico o pruebas genéticas, presentan limitaciones.

A pesar de su potencial, la aplicación forense del proceso estiloides enfrenta desafíos, incluyendo la fragilidad de la estructura, su ausencia en restos degradados, la limitación de bancos de referencia estandarizados y las distorsiones inherentes a técnicas radiográficas bidimensionales. La superación de estas restricciones depende de la adopción de métodos de imagen avanzados, como la tomografía computarizada tridimensional, y del desarrollo de protocolos de medición estandarizados, que permitan análisis comparativos precisos entre poblaciones e individuos.

Además, la incorporación de tecnologías innovadoras, incluyendo reconstrucción digital, bancos de datos morfométricos tridimensionales y algoritmos de inteligencia artificial, promete mejorar la identificación post mortem, automatizando análisis complejos y permitiendo el reconocimiento de patrones morfológicos con mayor precisión. La integración de estos avances tecnológicos con enfoques multicéntricos y estudios poblacionales ampliará el conocimiento sobre la variabilidad del proceso estiloides, reforzando su relevancia tanto en antropología como en radiología forense.

En síntesis, la apófisis estiloides representa un marcador anatómico prometedor, capaz de complementar significativamente los métodos tradicionales de identificación humana. Su estudio continuo, aliado a innovaciones metodológicas y tecnológicas, tiende a consolidar su papel en la práctica forense contemporánea, ampliando la robustez y confiabilidad de los análisis periciales.

## REFERENCIAS

1. Couto, D. M. S. E. (s.f.). *Antropometría dental en brasileños en el proceso de identificación humana*.
2. Azoia, I. J. (2024). *El cotidiano en el laboratorio de antropología forense* [Tesis]. Universidad de Coimbra, Coimbra, Portugal.

3. Ferreira, F. A., Pinheiro, I., de Lima Maeda, A. A., Fernandes, C. B., Menezes, R. B., Rodrigues, L. A., & Ferreira, J. V. (2025). Radiología forense: revisión de prácticas y normativas en el uso de equipos de imagen en institutos médico-legales. *Studies in Health Sciences*, 6(1), e14649.
4. Pacífico, F. A., Saad, B. S., da Silva, T. J. M. B., Galvão, I. F. G., Lages, D. B., de Albuquerque, L. C. A., & de Farias Campina, R. C. (2023). Estudio morfológico y morfométrico de la elongación del proceso estiloides con calcificación del ligamento estilo-hioideo en cráneo humano: un caso clínico. *Anais da Faculdade de Medicina de Olinda*, 1(10), 45–52.
5. Cansanção, R. P. S., Porto, C. C. F. N., de Almeida, L. P. C., Rocha, L. F. P., Brêda, M. B. C., de Oliveira Lima, M. D. G., et al. (2024). Consideraciones anatómicas y clínicas del síndrome de Eagle: una revisión de la literatura. *Brazilian Journal of Health Review*, 7(10), e74828.
6. da Silva, J. L. M., dos Santos Mota, M. N., dos Santos, T. S. S., Silva, K. S. H., Torquato, G. G., de Andrade Lima, C. M., & Júnior, M. D. M. (2024). Síndrome de Eagle: diagnóstico y tratamiento. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 16(13), e6919.
7. Lages, D. B., et al. (s.f.). Estudio morfológico y morfométrico de la elongación del proceso estiloides con calcificación del ligamento estilo-hioideo en cráneo humano: un caso clínico.
8. Cavalcanti, J. A., Sampaio, L. C., de Siqueira, R. M., Moura, C. A., de Souza, R. H. R., Soares, K. C. F., & de Oliveira Ferreira, É. (2023). Prevalencia de elongación del proceso estiloides en una colección osteológica de la región noreste de Brasil. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 5(5), 3104–3113.
9. Trevisan, T. C. S. (2021). *La ancestralidad en la antropología forense y su contexto en Brasil* [Tesis]. Universidad de Coimbra, Coimbra, Portugal.
10. Monteiro, S. F. F. (2020). *El potencial de identificación de calcificaciones ateroscleróticas en el contexto de la antropología forense* [Tesis]. Universidad de Coimbra, Coimbra, Portugal.
11. Lemos, A. L. B. (2022). Análisis cuantitativo de posibles alteraciones morfológicas del proceso estiloides: ¿rareza o frecuencia no diagnosticada?
12. Carvalho, D. V. B., Vidal, G. L. G., da Silva Pereira, R. D., de França Oliveira, J., Júnior, W. C. D. O. B., de Souza, C. E. C., & de Almeida Barros, R. Q. (2025). Elongación del proceso estiloides en radiografías panorámicas: una revisión narrativa de la literatura. *Revista Foco*, 18(2), e7645.
13. Andrade, K. M. D. (2011). *Estudio clínico y radiográfico de los aspectos morfológicos de la cadena estilo-hioidea en sujetos con disfunción temporomandibular y dolor orofacial* [Tesis]. Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil.
14. Silva, A. D., Gonçalves, V. P., Viana, L. R., Silva, V. D. P. (2024). Enfoques radiológicos en medicina legal: estrategias para identificación humana en casos forenses. *Revista Brasileira de Criminalística*, 13(3), 72–80.
15. Brito, A. C., de Freitas, L. M., Nunes, N. A. S., Júnior, C. E. G., & Camargos, S. M. (2024). Reconstrucción facial en antropología forense en Brasil bajo la perspectiva de la medicina legal. *Revista Brasileira de Criminalística*, 13(1), 135–142.
16. Rosa, S. (s.f.). *Selección y organización de imágenes hospitalarias de tomografía computarizada para uso en investigaciones de antropología forense* [Tesis]. Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil.
17. de Queiroz Altmann, A. F., Steffens, E., de Araujo, S. T., & Sabec-Pereira, D. K. (s.f.). Proceso estiloides elongado asociado al síndrome de Eagle: un caso clínico.
18. Azevedo, A. R. (2024). *Osteobiografía de la violencia: un estudio antropológico de la violencia doméstica* [Tesis]. Universidad de Coimbra, Coimbra, Portugal.
19. Carvalho, A. S. D., & Paula, D. L. M. (s.f.). Lesiones maxilofaciales y cervicales en mujeres víctimas de agresión y feminicidio.
20. Rocha, A. C. G., & Lini, P. (s.f.). Bioantropología y antropología forense en la identificación humana y garantía de derechos.

21. Lopes, A. R. D. O. (2023). Caracterización de una colección de huesos contemporáneos conocidos para la enseñanza/aprendizaje de osteología y antropología forense.
22. Rapaz, C. I. F. (2024). Análisis de modificaciones intencionales en restos esqueléticos.
23. Pauna, H. F., da Silva, V. A. R., de Mello, S. M. B., & Castilho, A. M. (s.f.). Evaluación del hueso temporal mediante imagen: un enfoque radiológico e histológico. Thieme Revinter.
24. Vicentin Junior, C. A. (2024). Diferencias en hallazgos balísticos entre necropsia y tomografía computarizada post mortem en la región de cabeza y cuello de víctimas de disparos: una síntesis para la toma de decisiones forenses [Tesis]. Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil.
25. Geovanini, D. R., Carneiro, A. C. A., de Oliveira Junior, P. C., Fagundes, N. S., Bezerra, F. B., & Ribeiro, I. R. (2024). *La inteligencia artificial en medicina*. Editora CRV.