

**REAL ACADEMIA DE MEDICINA Y CIRUGÍA DE
ANDALUCÍA ORIENTAL, CEUTA Y MELILLA.**



**LOGROS Y RETOS DE LA
MEDICINA LEGAL Y FORENSE.
UNA ESPECIALIDAD MÉDICA EN CONTINUA
TRANSFORMACIÓN**

**Discurso para la recepción pública de la Académica Electa
Prof.^a Dra. AURORA VALENZUELA GARACH**

**y discurso de contestación pronunciado por la
Académica Numeraria**

Excma. Sra. Doña MARÍA CASTELLANO ARROYO

GRANADA, 10 DE NOVIEMBRE DE 2023

© Aurora Valenzuela Garach
Catedrática de Medicina Legal y Forense
Universidad de Granada

Imprime: Imprenta Leyva. Churriana de la Vega,
Granada
Depósito Legal: **GR 1750-2023**

Excelentísimo Señor Presidente,
Excelentísimos e Ilustrísimos Señores y Señoras Académicos,
Señoras y Señores,

Mis primeras palabras en el solemne acto de ingreso en esta Real Academia son de agradecimiento al Excelentísimo Señor Presidente y a los Ilustrísimos Señores y Señoras Académicos de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Andalucía Oriental, Ceuta y Melilla, quienes generosamente me eligieron para ocupar el sillón nº34, correspondiente a la Medicina Legal, designación que tanto me honra, y me llena de profundo orgullo y emoción. Este agradecimiento es, si cabe mayor, a los tres académicos de esta corporación que avalaron mi solicitud, los Ilustrísimos Sres. D. Indalecio Sánchez-Montesinos García y D. Pascual Vicente Crespo, y la Ilma. Sra. D^a. Raquel Osorio Ruíz; sin su apoyo y ayuda, esto no hubiera sido posible. Con el mismo sentimiento, quiero agradecerle a la Excma. Sra. Doña María Castellano Arroyo, maestra, amiga y compañera, ejemplo de dignidad y esfuerzo ante las dificultades de la vida, el que haya aceptado contestar mi discurso de ingreso en esta corporación en la que ocupa el sillón de Medicina del Trabajo, y a quien bien le hubiera correspondido ocupar el sillón del maestro en esta Academia, por conocimientos, experiencia y capacidad. La profesora Castellano es académica de número de la Real Academia Nacional de Medicina, en la que ocupa el sillón nº19 correspondiente a la Medicina Legal; ella ha mostrado siempre hacia mi persona, una enorme generosidad y afecto, por lo que le estoy y estaré, profundamente agradecida.

Agradecimiento profundo que extiendo a todas las personas que han estado y están cerca de mí, y especialmente a mis padres, ejemplo de vida y de amor; a mi familia directa, y amigas y amigos. Ellas y ellos, me han

aconsejado, apoyado, y propiciado el ambiente necesario en mi vida personal, para poder realizar mi tarea académica y profesional, con sosiego, tranquilidad y dedicación.

También quisiera agradecer a la Universidad de Granada, a la Facultad de Medicina que me ha dado el privilegio de elegirme Decana, cargo que ostento desde octubre de 2016. Y, por supuesto, al Departamento de Medicina Legal y Toxicología, a los estudiantes de grado de medicina, y de la especialidad de Medicina Legal y Forense, que han dado sentido a mis tareas docentes, de investigación y periciales durante estos cuarenta años de dedicación académica y profesional a la Medicina Legal.

Sé que es preceptivo, cuando una nueva académica realiza su ingreso en la Corporación, que la recién incorporada haga una breve semblanza de su predecesor en el sillón de la Academia al que me destináis. Pero este deber reglamentario cobra una especial relevancia, en mi caso, por tratarse de la persona que más ha influido en mi vida profesional, y con la que me unían lazos profundos y entrañables en una relación maestro-discípula extraordinaria, el Prof. D. Enrique Villanueva Cañadas, quien ocupó este sillón desde el 23 de abril de 1983, hasta su fallecimiento, el 8 de septiembre de 2021.

Es para mí un honor ocupar el sillón dedicado a la Medicina Legal, pero este honor conlleva también una gran responsabilidad. Reconozco con humildad que no podré alcanzar las excelencias de mi maestro en conocimientos, pero confío que podré desarrollar, con dedicación y esfuerzo, las tareas que se me encomienden y poder así justificar, la relevancia que tiene para una Academia de Medicina, la existencia de un sillón dedicado a nuestra especialidad. Este sillón fue ocupado por el profesor D. Ramón Álvarez de Toledo, quien ingresó el 28 de febrero de 1915, y desde el 17 de abril de 1970, por el profesor D. Juan Antonio

Gibert Calabuig¹. El Prof. Villanueva, ya no está físicamente entre nosotros, pero estoy segura de que estaría contento y orgulloso, disfrutando de este momento, pero también crítico a lo que yo vaya a decirles esta tarde; con esa mirada serena y atenta que él tenía, y que ha sabido captar con realismo, la artista de su retrato que nos acompaña en esta sala.

En la trayectoria del Maestro, yo resaltaría tres hitos fundamentales. El primero, el haber ejercido su magisterio con exigencia, ecuanimidad y mesura. Figura indiscutible en la Medicina Legal y Forense española y europea, habiendo sido Presidente de la International Academy of Legal Medicine, que supo aprovechar su posición privilegiada en los foros profesionales, académicos y de investigación, para desde ella, reconciliar, impulsar y modernizar la Medicina Legal. Aprovecharé este discurso para realizar un homenaje al Profesor Villanueva Cañadas, y a la escuela granadina medicolegista por sus aportaciones a la investigación en Medicina Legal y Forense, reconociéndole el avance que ha supuesto para nuestra especialidad dentro y fuera de nuestras fronteras.

El segundo hito es haber sido capaz de continuar el legado de su Maestro, el Profesor Gisbert Calabuig, colaborando con él en las primeras ediciones de la obra de referencia obligada en la Medicina Legal y Toxicología en España y en Latinoamérica. Tras el fallecimiento de su maestro, ya como editor responsable, ha reeditado hasta en ocho ocasiones, la obra que ahora se llama: Gisbert Calabuig. Medicina Legal y Toxicología. E. Villanueva Cañadas. Hoy son legión los que se nos consideramos sus discípulos, por haber recibido su docencia y magisterio en los estudios de grado de la Facultad de Medicina de Granada, como especialistas de Medicina Legal y Forense, o como médicos forenses de todo el país.

¹ Juan Antonio Gisbert Calabuig. Diagnóstico de la muerte en la era de los trasplantes. Discurso para la recepción pública en la Real Academia de Medicina de Granada, Granada, 17 de abril 1970.

El tercer hito es su excelencia en la pericia médica. El profesor Villanueva dedicó su vida al Departamento de Medicina Legal, a la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada, que siempre sintió como su casa; ha sido un universitario ejemplar, con una vocación de servicio innegable, y modelo de referencia para sus discípulos. Este orgullo de pertenencia a su Alma Mater, la Facultad, y a la Universidad de Granada, ha estado unido indisolublemente a su vida en la Real Academia de Medicina de Andalucía Oriental, de la que fue presidente. Desde esta corporación, el profesor Villanueva ha emitido decenas de dictámenes medicolegales, repletos de contenido científico, profundidad y reflexión, ajustados a la posición necesaria de un perito médico. Estos documentos han versado sobre prácticamente todas las especialidades médicas y quirúrgicas y, podemos decir sin temor a equivocarnos, que forman parte esencial de la jurisprudencia médico legal española.

LOGROS Y RETOS DE LA MEDICINA LEGAL Y FORENSE. UNA ESPECIALIDAD MÉDICA EN CONTINUA TRANSFORMACIÓN

El tema elegido para desarrollar en este discurso de recepción pública como académica se titula: *Logros y retos de la Medicina Legal y Forense. Una especialidad médica en continua transformación*. Sobre la elección del tema ha influido en gran medida mi vivencia profesional, docente e investigadora que he construido sobre nuestra especialidad, ya que he estado expuesta a distintos modelos de ejercicio de la especialidad, dentro y fuera de nuestras fronteras. La Medicina Legal y Forense es una especialidad sometida a cambios profundos y en continua transformación, en búsqueda de su propia identidad y de la que, en los últimos años, se han ido conformando áreas de especialización médico forenses; e incluso algunas de ellas, podríamos decir que han iniciado un camino independiente.

En esta presentación, realizaré una justificación inicial de la importancia de una Medicina Legal cohesionada, unida por las reglas que impone la prueba pericial médica. Se expondrán los hitos esenciales de las distintas áreas medicolegales que la conforman, y se entrará en detalle en la necesidad de seguir avanzando en la aplicación de nuevos procedimientos técnico-científicos, y de transferencia del conocimiento a la práctica médico forense, permitiendo así el desarrollo de una Medicina Legal en consonancia con las exigencias del siglo XXI.

- I. Desarrollo de la Medicina Legal y Forense: la prueba pericial médica, su razón de ser.

La historia de la Medicina Legal se puede considerar dividida en dos grandes periodos, cuyo límite se sitúa en los últimos años del siglo XVI.

En el primero se produjeron ocasionales relaciones entre la Medicina y el Derecho. En el segundo, dichas relaciones se hicieron cada vez más frecuentes y tuvo lugar la institucionalización de la pericia médica ante la administración de justicia y, como consecuencia de ello la aparición de la Medicina Legal².

El impacto que supuso la promulgación de la *Constitutio Criminalis Carolina* determinó una réplica desde el campo de la medicina. Este código penal del Sacro Imperio Romano Germánico fue promulgado por el emperador Carlos V, en el año 1532, para todos los territorios de su vasto imperio. En él se determina los elementos esenciales para la comprobación de cada delito y se establece taxativamente la intervención de los médicos, cirujanos y comadronas en el proceso judicial. Pocos años después de la aparición de este texto legal, dos cirujanos, Ambroise Paré, el más célebre de los cirujanos renacentistas y, entre nosotros, Juan Fragoso, incorporaran a sus obras quirúrgicas los aspectos medicolegales de la práctica médica. No son ninguno de ellos propiamente médico-legistas, pero sin duda sus aportaciones tienen un gran significado en la historia de la Medicina Legal ya que representan las primeras contribuciones, desde el ámbito médico, a las cuestiones jurídicas que plantea el código del Emperador Carlos V.

Paolo Zacchia, protomédico de los papas Inocencio X y Alejandro VII, con su tratado *Quaestionum medico-legalium*, publicado en Roma en siete libros entre 1621 y 1635, supuso una obra verdaderamente sobresaliente para su época, en la que el estudio de la Anatomía apenas había comenzado, la Química y la Cirugía eran también rudimentarias, y Aristóteles y Galeno eran todavía las autoridades de referencia. Zacchia se adelantó en muchos siglos a lo que hoy se nos plantea como novedad pedagógica: la enseñanza

² Luis Concheiro Carro. La Medicina Legal en la Historia. Discurso para la recepción pública en la Real Academia de Medicina y Cirugía de Galicia, A Coruña, 17 de noviembre de 2006.

orientada por problemas, sistematizando los conocimientos médicos de utilidad en la práctica jurídica de la época.

La Medicina Legal, para afianzar su desarrollo, necesita también de la consolidación definitiva del pensamiento científico en la Medicina, la cual se va a producir durante el siglo XIX. La implantación del método anatomoclínico, la concepción fisiopatológica de la enfermedad y, en tercer lugar, la concepción etiopatogénica, resultaron fundamentales para la consolidación de la Medicina Legal. Todo esto coincide con un notable progreso tecnológico que va desde los métodos instrumentales de exploración clínica hasta la introducción de los rayos Roentgen, pasando por las diversas pruebas funcionales y de laboratorio. Es evidente que la tecnificación de la Medicina tuvo, así mismo, una gran repercusión en su orientación medicolegal.

En España, no es hasta mediados del siglo XIX cuando nuestra especialidad comienza a tener una presencia efectiva en la vida judicial y ello es obra, sin duda, de D. Pedro Mata y Fontanet (1811-1877), político, escritor y primer catedrático de Medicina Legal en la Universidad Complutense de Madrid, Académico de la Academia Nacional de Medicina e impulsor del Cuerpo de Médicos Forenses, funcionarios del Ministerio de Justicia adscritos a los Juzgados, para auxilio de los jueces en el esclarecimiento de los delitos. La influencia del profesor Mata en la Medicina Legal española ha sido muy considerable, bien a través de su magisterio directo o por medio de su muy conocido *Tratado de Medicina y Cirugía Legal, teórica y práctica* (1857). Durante casi un siglo, la práctica forense era realizada por médicos forenses adscritos a los juzgados y no fue hasta la década de los 90 del siglo pasado cuando se cambió el modelo de la práctica forense con la creación de los Institutos de Medicina Legal³, centros en los que se desarrollan las actividades periciales médicas,

³ Real Decreto 296/1996, de 23 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de los Médicos Forenses, y del Real Decreto 386/1996, de 1 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de los Institutos de Medicina Legal.

estando organizados en Servicios de Clínica Médico-Forense, Patología Forense, Laboratorio Forense, Psiquiatría Forense, y cualquier otro servicio que se estime necesario para su buen funcionamiento.

La Medicina Legal se identifica en el estudio de las relaciones entre la personalidad humana y el ordenamiento jurídico social. Desde el punto de vista medicolegal, la personalidad humana interesa desde la fecundación a la vida intrauterina; del nacimiento a la madurez y senectud; de la sexualidad a la patología; del comportamiento social (trabajo, deportes, servicio militar, política, arte, etc.) al comportamiento antisocial; de la involución psicosomática a la muerte. Un accidente, una intoxicación, e incluso una lesión leve, en cuanto que altera la integridad (o la existencia) de una persona, no es solamente un *acontecimiento* biológico para el individuo que lo sufre, sino que es también un *acontecimiento* jurídico para él, y para la sociedad que le rodea. No se trata, por tanto, solamente de un problema médico (diagnóstico o pronóstico); se trata también de un problema jurídico sostenido por un problema científico-médico, o de una cuestión médica planteada sobre una problemática jurídica.

La Medicina Legal nació con las exigencias de la Justicia y a estas exigencias debe quedar indisolublemente ligada, tanto por su naturaleza, como por su contenido (Palmieri, Zangani, 1985). Vino a la luz cuando una Ley requirió taxativamente la intervención de los médicos como peritos, se modificó y amplió de acuerdo con el derecho codificado, desarrollándose a la par que él (López Gómez, Gisbert Calabuig, 1972). Situada en la encrucijada entre la Medicina y el Derecho, sirve de punto de encuentro entre estas ramas del saber tan dispares. La Medicina, hija de la Biología, es vacilante, indecisa, perpleja, ya que su misma esencia es una incógnita: la vida. La verdad biológica lleva siempre un mucho de reserva, de incertidumbre, e incluso de duda. Por el contrario, el Derecho, teniendo muchas limitaciones, es más preciso, conciso, justo, su verdad está encuadrada en los códigos y textos, es por tanto una verdad elaborada por el hombre y comprensible en todo momento. Los juristas pretenden organizar la vida encuadrándola dentro de

los marcos rígidos de la Ley; los biólogos buscan su comprensión. Pero esta inferencia de la Medicina en el campo del Derecho puede resultar infructuosa si no se compaginan las exigencias de la justicia, siempre precisas, con las posibilidades de la ciencia médica, siempre relativas. A la Medicina Legal le compete la misión de tender un puente entre el pensar jurídico y el biológico, a fin de hacer eficaz la colaboración de la biología a la ejecución de la Ley. Donde hay un problema jurídico con implicaciones y cuestiones médico-biológicas, hay Medicina Legal.

Es evidente que la Medicina Legal aprovecha los conocimientos médicos y no médicos en la resolución de las cuestiones que se le plantean, pero esto, lejos de hacerla una materia dispersa, refuerza su coherencia y especificidad. Tiene pues, la Medicina Legal objetivos propios y específicos, distintos a los de otras ciencias. Tiene también métodos especiales de rigurosidad, de crítica selectiva, de duda constructiva, que no son necesarias en otras ramas de la Medicina y que le dan una fisonomía particular. Posee, finalmente, un cuerpo doctrinal ordenado y coherente, un conjunto de principios ajenos a otros estudios, constituyendo una especialidad médica con entidad propia.

El Profesor Gisbert Calabuig la define como: *El conjunto de conocimientos médicos y biológicos necesarios para la resolución de los problemas que plantea el Derecho, tanto en la aplicación práctica de las Leyes, como en su perfeccionamiento y evolución.* El profesor Villanueva enriquece esta definición al decir que la Medicina Legal es: *La aportación que hace la Medicina a la verificación de la prueba y sus medios, cuando ésta recae sobre un substrato biológico* (Villanueva Cañadas, 2018).

Es imposible, en la medida del conocimiento humano que el juez pueda conocer la diversidad de problemas que se someten a su jurisdicción y sobre los que habrá de pronunciarse en una sentencia justa, necesitando asesorarse de los peritos o expertos. *Los jueces deciden según se les informa*, decía Ambrosio Paré. Atendiendo a lo enunciado con anterioridad, la Medicina Legal es la Medicina en el Derecho, y el peritaje médico, es su razón de ser. La prueba pericial médica puede ser más o menos compleja, y puede recaer sobre

documentos médicos, sobre personas (vivas o fallecidas), o cualquier elemento biológico procedente o relacionado con ellas sobre las que se aplicaran las tecnologías disponibles para la investigación en cuestión. El perito médico se aproxima al procedimiento judicial específico sobre el que se realiza la prueba, conoce los hechos que se investigan, acepta contestar a las cuestiones medicolegales que le formula el juez, el fiscal o las partes, las estudia e interpreta, y deriva las conclusiones oportunas en contestación a las preguntas realizadas.

El resultado de la actuación pericial se tiene que reflejar en un informe o en un dictamen médico legal. En todas las jurisdicciones, la prueba pericial médica es importante pudiendo tener consecuencias para las personas afectadas, cambiar su vida porque de ella puede depender la culpabilidad o la inocencia del investigado y, por ende, su libertad, tener repercusiones económicas, afectar a su imagen social, o impactar sobre su vida laboral. Por esta enorme trascendencia, cualquiera que sea la jurisdicción en la que se desarrolle, el perito tiene que ser un profesional especializado, experto, capacitado, bien formado, y capaz de usar e interpretar los medios de prueba necesarios para el objeto de la pericia.

Por sus fines, la Medicina legal tiene como ámbitos más frecuentes de intervención al Derecho penal, civil, contencioso-administrativo, laboral y canónico. En relación con ello, y con ánimo de síntesis, consideraremos en este discurso dos apartados: el primero dedicado a las cuestiones medicolegales que se plantean en áreas de mayor influencia jurídica o normativa. Y, un segundo apartado, que contiene áreas medicolegales en las que el progreso médico-científico y tecnológico se incorpora continuamente a sus contenidos y actuaciones.

Entre las áreas medicolegales de influencia más jurídica, se pueden incluir el Derecho Médico, Ética y Deontología Médica, Sexología Forense, Medicina Legal del recién nacido y la infancia, Medicina Legal Laboral, y en cierta medida, la Psiquiatría Forense, que podríamos considerarlas ramas de la Medicina Legal vinculadas, en su desarrollo, a la propia evolución normativa,

las leyes y códigos de conducta, que van marcando su progreso. Los contenidos esenciales de estas especialidades se describen a continuación.

- Derecho Médico. Ética y Deontología Médicas. Se ocupa de resolver las cuestiones nucleares, de base legal y jurídica, de aplicación a la relación médico paciente, a la asistencia sanitaria, y a los derechos de los pacientes y de los médicos. De indudable actualidad, corresponde a esta área el análisis medicolegal de las cuestiones relativas a las reclamaciones por responsabilidad profesional, en todos los ámbitos jurisdiccionales. Igualmente se incluye el estudio de las disposiciones legales que regulan el ejercicio de la Medicina; sus implicaciones y los problemas derivados del incumplimiento de aquellas. La Ética y Deontología Médicas, tratan sobre los deberes y conductas éticas de los profesionales médicos, analizando críticamente las diversas situaciones que pueden originar conflictos en asistencia sanitaria y, particularmente entre médicos y pacientes. Los códigos éticos, desde el código Hipocrático, han ido cambiando y actualizando hasta nuestros días (el último código español es de diciembre de 2022), y son esenciales en el ejercicio médico del siglo XXI. Estas normas morales, más exigentes en cuanto a la búsqueda de calidad de la conducta profesional, se han ido adaptando a una Medicina cada vez más compleja.

Aunque un alto porcentaje de los contenidos de estos apartados, siguen formando parte esencial de la Medicina Legal, en los últimos años han existido opiniones contradictorias en el sentido de que algunos autores consideran que esta área de solapamiento entre la Medicina y el Derecho se corresponde más bien a una parcela jurídica, surgiendo por ello el Derecho Sanitario, en la que profesionales del ámbito jurídico y del médico legal comparten objetivos y se complementan en sus consideraciones. Compartimos con la Profesora Castellano⁴ la reflexión del carácter eminentemente medicolegal de las pericias relacionadas con la

⁴ María Castellano Arroyo. La construcción de la Medicina Legal y Forense en España: Después de ciento setenta años, una tarea inacabada. Discurso para la recepción pública en la Real Academia Nacional de Medicina, Madrid, 22 de mayo de 2012.

responsabilidad profesional, revelación de secreto profesional, intrusismo médico, etc., que tienen que ser realizadas por especialistas en Medicina Legal y Forense, ya que el análisis del acto médico, o la valoración de la conducta médica denunciada, sólo puede hacerse con profundos conocimientos medicolegales.

- Sexología Forense. La sexología forense incluye las bases de los conocimientos médico y biológicos precisos para resolver las cuestiones y problemas medicolegales relativos al instinto sexual y a la generación. Estos problemas surgen en los distintos campos del Derecho, que pueden ser enormemente diversos (delitos contra la libertad sexual, matrimonio, aborto, parto, medicina perinatal, estados intersexuales, aspectos medicolegales de la transexualidad, entre otros). Su desarrollo va unido a los cambios normativos profundos de los últimos años en todas las materias expuestas⁵. Necesita, no obstante, el auxilio de procedimientos analíticos (bioquímicos y genético-moleculares), en los casos concretos de separación de fluidos vaginal y seminal, y en los procedimientos de amplificación de ADN para la identificación del agresor de violencia sexual. De la misma forma, será necesario recurrir a exploraciones médicas y técnicas complementarias de imagen, imprescindibles para la resolución de cuestiones medicolegales concretas que surgen en este área, como ocurre con el establecimiento de la edad gestacional, o el diagnóstico de malformaciones fetales durante el embarazo. Hay que mencionar también la ayuda imprescindible de la psiquiatría forense en relación con la validez o no del consentimiento, la sumisión química, o la imputabilidad del agresor en las investigaciones forenses en casos de delitos contra la libertad sexual.

⁵ Ley Orgánica 10/2022, de 6 de septiembre, de garantía integral de la libertad sexual; Ley Orgánica 4/2023, de 27 de abril, para la modificación de la Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal, en los delitos contra la libertad sexual; Ley de Enjuiciamiento Criminal; Ley Orgánica 5/2000, de 12 de enero, reguladora de la responsabilidad penal de los menores; y Ley 4/2023, de 28 de febrero, para la igualdad real y efectiva de las personas trans y para la garantía de los derechos de las personas LGTBI, entre otras.

- Medicina Legal del recién nacido y de la infancia. Este capítulo comprende el estudio de las diversas actuaciones medicolegales que se realizan sobre el recién nacido, incluyendo el diagnóstico del nacimiento a término, la muerte violenta del recién nacido y sevicias. Igualmente podríamos incluir dentro de este capítulo la filiación e investigación de la paternidad, limitándolo al estudio de la legislación civil sobre la filiación y, pasando el estudio de la investigación de la paternidad al capítulo de la Genética Forense.

- Medicina Legal Laboral. Esta área es ahora una especialidad médica, la Medicina del Trabajo, pero los contenidos fundamentales sobre el accidente de trabajo, las enfermedades profesionales, otras patologías relacionadas con el trabajo, su prevención o su protección médico-social deben formar parte de los conocimientos de todo graduado en Medicina, y su enseñanza se debe impartir desde la Medicina Legal.

- Psiquiatría Forense. Este capítulo de la Medicina Legal está constituido por aquellos conocimientos médicos, y especialmente psiquiátricos, necesarios para el análisis del trastorno mental, y cómo afecta éste a las funciones mentales, a la capacidad de comprender y a la libertad de elección. La pericia psiquiátrica es común en las grandes parcelas del Derecho incluyendo: psicogénesis de la acción delictiva, diagnóstico de la delincuencia potencial; establecimiento de la peligrosidad del individuo; la imputabilidad e inimputabilidad; la discapacidad, y la tutela y curatela⁶. Además, incluye un apartado sobre el estudio de los caracteres propios de las distintas enfermedades mentales que explican, y exigen, un tratamiento legal especial.

El segundo apartado estaría constituido por otras áreas medicolegales vinculadas con el esclarecimiento de las circunstancias en relación con la muerte, violencias, o pruebas o investigaciones analíticas complementarias, que las que continuamente se incorpora el progreso científico y tecnológico.

⁶ De acuerdo con las modificaciones recogidas en el Artículo 2 de la Ley 8/2021, de 2 de junio, por la que se reforma la legislación civil y procesal para el apoyo a las personas con discapacidad en el ejercicio de su capacidad jurídica.

Sus avances vienen marcados por las nuevas tecnologías bioquímicas, genéticas y moleculares, de la imagen, informáticas y tecnológicas, que han supuesto, en las últimas décadas, una revolución y cambios inimaginables en las pruebas forenses y en su interpretación. Nos estamos refiriendo a la Tanatología, Patología Forense, Genética Forense y Criminalística e Identificación Humana. La Toxicología, que históricamente ha formado parte nuclear y esencial de la Medicina Legal⁷, incluyendo sus aspectos clínicos, analíticos, laborales y ambientales, ha evolucionado ampliamente en los últimos años adquiriendo personalidad propia y, en cierta medida, segregándose de la Medicina Legal, aunque aún ésta sigue manteniendo los aspectos dedicados a la Toxicología Forense.

- Tanatología. La tanatología se ocupa del estudio del examen del cadáver y de las transformaciones que sufre. Comprende el estudio de la legislación en torno a la muerte; el diagnóstico de muerte aparente y real; los fenómenos cadavéricos; la data de la muerte y todas aquellas diligencias que rodean a las muertes violentas o sospechosas de criminalidad. Materia de investigación genuina de la Medicina Legal incluye, además, la diligencia de levantamiento del cadáver, autopsia médico legal, exhumaciones, y la legislación propia de los procedimientos de tanatopraxia. Las modificaciones de la legislación sobre la donación de órganos en asistolia o en muerte cerebral, o la referencia a la donación de órganos intervivos, han supuesto un modelo legislativo y organizativo de referencia en el ámbito internacional⁸. Por su indudable trascendencia social, y en el ámbito del ejercicio de la profesión médica, tenemos que mencionar la reciente promulgación de la Ley de la Eutanasia en España⁹.

⁷ María Castellano Arroyo. Devenir histórico y proyección futura de la Toxicología Médica. Discurso para la recepción pública en la Real Academia de Medicina de Zaragoza, Zaragoza, 12 de mayo de 1988.

⁸ Real Decreto 1723/2012, de 28 de diciembre, por el que se regulan las actividades de obtención, utilización clínica y coordinación territorial de los órganos humanos destinados al trasplante y se establecen requisitos de calidad y seguridad.

⁹ Ley Orgánica 3/2021, de 24 de marzo, de regulación de la eutanasia.

- Patología Forense. Es el estudio de los agentes traumáticos extrínsecos, en el vivo y en el cadáver, y sus repercusiones en los diversos campos del Derecho. Resulta imprescindible sus relaciones con la patología médica, patología quirúrgica y traumatología, para la valoración medicolegal de las distintas lesiones (equimosis, contusiones, quemaduras, accidentes eléctricos, accidentes de tráfico, heridas por mordeduras humanas, heridas por arma blanca y de fuego, etc.); y poder emitir un juicio técnico sobre el mecanismo de producción, la intencionalidad o no del agresor, la data del traumatismo, el pronóstico medicolegal en relación a su gravedad, el tiempo de curación, y las posibles secuelas. Comprende también el estudio del delito de lesiones, el mecanismo de muerte en las lesiones, el diagnóstico diferencial de las heridas vitales y postmortales, así como el amplio capítulo de las asfixias mecánicas.

En este área forense, se incluye también la valoración medicolegal de las violencias contra grupos vulnerables, como las mujeres, los niños y los ancianos. A partir de la Ley de Medidas de Protección Integral contra la Violencia de Género¹⁰, los servicios forenses han de contar con Unidades de Valoración Forense Integral (UVFI), integradas en los Institutos de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Se configuraron como unidades funcionales conformadas por profesionales de la medicina, psicología y trabajo social forense, con el fin de construir un sistema probatorio de calidad en los casos de violencia de género, que incluyera la perspectiva médica, psicológica y de trabajo social en la evaluación de la víctima, los hijos e hijas menores, el agresor, su entorno y circunstancias, y así facilitar la máxima información al juzgador para su labor de resolver los aspectos penales y civiles derivados de los hechos enjuiciados. Las UVFI han de garantizar un asesoramiento técnico especializado, el diseño de protocolos de actuación, la recopilación y gestión de datos de su actividad, así como participar en la docencia e investigación en violencia de género.

¹⁰ Ley Orgánica 1/2004, de 28 de diciembre, de Medidas de Protección Integral contra la Violencia de Género.

- Genética Forense y Criminalística. Es en la primera mitad de siglo XX, tras el descubrimiento por Landsteiner de los grupos sanguíneos, cuando se comienza el desarrollo de la genética forense que no termina de avanzar hasta bien transcurrido ese siglo, con el desarrollo de las nuevas tecnologías aplicadas al análisis del ADN. Este gran apartado va tomando día a día una mayor importancia, de forma que podemos considerarlo como una ciencia independiente. La criminalística es la ciencia que estudia las técnicas médicas y biológicas usadas en la investigación criminal, incluyendo el estudio en la escena del crimen. A ella corresponde el estudio de las manchas (sangre, orina, esperma, etc.), huellas, pelos, documentos, etc. Teniendo como base la criminalística, la toxicología, y otras áreas de la Medicina Legal y Forense, se ha desarrollado y construido la Policía Científica, especialización constituida por varias áreas de conocimiento y que tiene su aplicación en el seno de los laboratorios policiales.

- Identificación Humana. Es un área forense que se ocupa del estudio de los métodos de identificación reconstructiva del perfil biológico de un individuo, aportando datos sobre el sexo, edad o grupo ancestral de pertenencia. Igualmente se interesa en la mejora de los procesos de identificación comparativa en escenarios de grandes catástrofes o exhumaciones masivas. Pertenece también a esta área de especialización los métodos de reconstrucción y de superposición facial, nutriéndose extensamente de la Odontología y Antropología Forenses.

II. Nuevos procedimientos técnico-científicos aplicados a la práctica médico forense.

En la primera parte de este discurso se han trazado las líneas esenciales de las distintas áreas medicolegales que integran una Medicina Legal diversa y extensa, pero con unos fines comunes a todas ellas lo que configuran una materia con entidad propia y de gran importancia científica y social. En esta segunda parte, voy a mencionar los principales logros alcanzados en los últimos treinta años, y los nuevos retos de futuro que se le siguen planteando a nuestra especialidad en el siglo XXI. Para ello, vamos a

exponer una nueva visión de las áreas médico forenses descritas, agrupándolas en dos bloques, siendo la característica principal de cada uno de ellos, la necesidad de compartir los mismos métodos científicos en la resolución de las cuestiones que se plantean en su seno.

A. Métodos bioquímicos, genéticos y moleculares aplicados a la Medicina Legal y Forense.

Las técnicas de biología molecular no sólo han mejorado, sino también revolucionado, los procedimientos diagnósticos en Medicina Legal y Forense, siendo de aplicación prácticamente a todas las áreas médico forenses (Madea *et al.*, 2010). Aunque son diversas y múltiples las cuestiones medicolegales en las que se aplican técnicas bioquímicas, moleculares y genéticas en la resolución de cuestiones medicolegales, en este discurso nos vamos a referir a los principales métodos aplicados en cinco aspectos específicos: 1. Estimación del intervalo postmortal o data de la muerte; 2. Diagnóstico de la causa de la muerte; 3. Diagnóstico diferencial entre las heridas vitales y postmortales; 4. Estimación de la edad biológica; y 5. Hacia una nueva genética forense: De las pruebas de investigación de la paternidad al fenotipado forense por el ADN.

1. Estimación del intervalo postmortal.

La estimación precisa del intervalo postmortal continúa siendo uno de los principales objetivos de los médicos forenses en la investigación criminal por sus claras repercusiones legales. Y esto es así por la falta de precisión de los métodos científicos existentes, y las dificultades metodológicas o analíticas de su aplicación. Uno de los principales principios en las investigaciones medicolegales sobre la estimación de la data de la muerte es la extrapolación de los cambios post mortem, reacciones supravitales o procesos físicos que ocurren sobre el cadáver a un determinado tiempo post mortem con relación al momento de la muerte (Madea, Henssge, 2003; Madea, Saukko, Musshoff, 2007). Clásicamente, para el establecimiento de datas recientes del cadáver,

se ha empleado el enfriamiento cadavérico medido por la temperatura rectal, habiéndose propuesto diversos modelos matemáticos, entre los que destacan los nomogramas de Henssge (1988), en los que se tienen en cuenta la temperatura rectal, la temperatura ambiente y el peso del cadáver, pero que muestran algunas limitaciones en la estimación precisa del intervalo postmortal por no tenerse en consideración el efecto de otros factores ambientales, situaciones de hiper o hipotermia ante mortem, o circunstancias de la muerte.

Fue Evans (1963), el que definió la tanatoquímica, como la química en el cadáver, que años más tarde ha supuesto un campo de investigación singular y original de la escuela granadina medicolegista del profesor Villanueva¹¹, que ha contribuido de manera sobresaliente a su desarrollo, proponiendo nuevos métodos bioquímicos y moleculares para la estimación del intervalo postmortal o data de la muerte, así como al diagnóstico de la causa de la muerte. En 1976, la profesora Castellano realizó la primera contribución de la escuela granadina, a la tanatoquímica con su tesis doctoral en la Universidad de Granada, titulada: *Estudio del comportamiento del material orgánico e inorgánico en el proceso de envejecimiento de restos óseos: aplicación al establecimiento de la data.*

Para que un parámetro bioquímico sea útil para el establecimiento de la data, sus cambios post mortem, incrementos o descensos, deben obedecer sólo al tiempo transcurrido tras la muerte. De todos los parámetros investigados, el que mejor se aplica al diagnóstico del cronotanatodiagnóstico es el aumento en la concentración de potasio en el humor vítreo, siendo éste el mejor fluido post mortem en el que se pueda investigar (Coe, 1969 y 1989; Sturner, 1963; Villanueva, 1982; Muñoz *et al.*, 2001). En el humor vítreo, los cambios autolíticos ocurren más paulatinamente debido a su aislamiento anatómico, definido por su propia estructura y los huesos craneales. Además, está menos expuesto a la contaminación y putrefacción que otras

¹¹ Enrique Villanueva Cañadas. Hacia una nueva frontera en la investigación médico legal, la Tanatoquímica, Discurso para la recepción pública en la Real Academia de Medicina de Andalucía oriental, Ceuta y Melilla, Granada 23 de abril de 1983.

matrices biológicas, y su lenta tasa de cambios químicos extiende el periodo de tiempo para la estimación de la data. En los últimos años, también se ha incluido, junto al potasio, el incremento de los valores de hipoxantina en el humor vítreo (Muñoz *et al.*, 2006). Posteriormente se han desarrollado nuevos métodos para la estimación de la data mediante el análisis bioquímico del humor vítreo, tenido también en consideración el efecto que otros factores de corrección, como la temperatura ambiente, el peso y la edad del cadáver, pudieran tener sobre las estimaciones del intervalo postmortal (Cordeiro *et al.*, 2019).

2. Diagnóstico de la causa de la muerte.

Cuando estas metodologías bioquímicas y moleculares se aplican al campo de la Patología Forense, se han logrado avances importantes en el diagnóstico post mortem de la causa de la muerte. Con esta finalidad, sólo serán útiles aquellos elementos que no se afectan por la autólisis y que, en consecuencia, muestran valores similares ante y post mortem. La estabilidad post mortem de estos parámetros debe haber sido establecida previamente y con precisión, constatando que no se modifican con el tiempo transcurrido tras la muerte, temperatura, edad, sexo y lugar de la toma de la muestra. La lista de parámetros que cumplen estos requisitos es amplia y extensa¹¹. Mencionaremos, para comenzar, la estabilidad post mortem de la hemoglobina glicosilada y la fructosamina en suero, de gran utilidad para el diagnóstico post mortem de la hiperglicemia y la diabetes (Valenzuela, 1988; Viveiro *et al.*, 2008).

Tal y como hemos mencionado, quisiéramos poner en valor la aportación de la escuela granadina médico legista en el diagnóstico complementario de la muerte súbita de origen cardíaco, que se inició con los trabajos del profesor Luna (1980), en los que se puso en evidencia que el líquido pericárdico en el fluido más apropiado para el estudio de la patología miocárdica. Por la importancia legal y social de la muerte súbita en el adulto y en el adolescente, el diagnóstico preciso de la causa de la muerte

sigue siendo un tema prioritario de investigación en el campo de la patología forense. En adultos, la muerte súbita se define como la muerte natural inesperada que ocurre dentro de la hora siguiente al comienzo de los síntomas. La mayoría de los casos de muerte súbita están relacionados con enfermedades cardiovasculares, siendo la cardiopatía isquémica la causa más frecuente de muerte súbita cardíaca, estando relacionada en aproximadamente el 80% de los casos con arteriosclerosis coronaria (Chung, *et al.*, 2008). Sin embargo, el diagnóstico post mortem de lesiones isquémicas miocárdicas es un problema desafiante en la medicina forense práctica, ya que los cambios morfológicos típicos que ocurren en el tejido miocárdico debido a la isquemia requieren un tiempo de supervivencia mínimo para ser detectables después de la muerte y ésta puede ocurrir, de forma súbita, sin dar tiempo a que establezcan los cambios. Con frecuencia es difícil establecer la cardiopatía isquémica aguda en la autopsia, por lo que son necesarias pruebas diagnósticas complementarias que puedan asegurar el diagnóstico certero de la isquemia cardíaca aguda como causa de la muerte súbita cardíaca.

Con relación a los marcadores post mortem del daño isquémico miocárdico de corta supervivencia, se han propuesto métodos morfológicos, histoquímicos, inmunohistoquímicos y bioquímicos (Lachica, Villanueva, Luna, 1988a; Hougen *et al.*, 1992; Pérez Cárceles *et al.*, 2004; Batalis *et al.*, 2010; Sabatasso *et al.*, 2018). El uso de métodos histológicos convencionales, consistentes en la evidencia de la aparición de necrosis del miocardiocito, están limitados porque para que se evidencie el daño miocárdico generalmente han de haber transcurrido al menos entre 4 a 6 horas desde que se estableció la isquemia (Ramos *et al.*, 1997; Ortman, Pfeiffer, Brinkmann, 2000). Por el contrario, la lesión miocárdica puede detectarse más precozmente, alrededor de 1 o 2 horas después del inicio de la isquemia, con técnicas inmunohistoquímicas, aunque estas técnicas son difíciles de interpretar debido a los artefactos causados por la autólisis, y en consecuencia, no son fáciles de usar en la práctica forense habitual (Saukko, Knight, 1989). Además, es importante tener en cuenta

que se han publicado estudios que muestran una gran variabilidad en los niveles de marcadores cardíacos en la sangre tomada de diferentes lugares del cuerpo, en el mismo individuo (Ortman, Pfeiffer, Brinkmann, 2000; Batalis *et al.*, 2010).

Por estas limitaciones que presentan los métodos histológicos para detectar daño miocárdico en etapas más tempranas de la isquemia, se han desarrollado y propuesto métodos bioquímicos, de mayor utilidad en estos casos (Ramos *et al.*, 1997). Desde los estudios iniciales de Luna *et al.* (1982 y 1983) en los que se estableció la utilidad de la creatinquinasa y sus isoenzimas, en particular la CK-MB, en el líquido pericárdico para el diagnóstico post mortem del infarto de miocardio, el grupo de la Universidad de Granada ha venido trabajando en este tema. Lachica *et al.* (1988b) estudiaron los lípidos, ácidos grasos, y carnitina en diferentes áreas del músculo cardíaco, poniendo en evidencia diferencias metabólicas importantes entre las distintas zonas del músculo cardíaco dependiendo de la actividad contráctil del músculo.

Con la finalidad de poder establecer la relación entre el grado de aterosclerosis coronaria y el infarto agudo de miocardio, en líquido pericárdico se han realizado determinaciones post mortem de lipoproteínas (HDL-colesterol y LDL-colesterol), y diversas apolipoproteínas (Apo A-1, Lp(a) y Apo B-100) (Valenzuela, Hougen, Villanueva, 1994). Los casos con aterosclerosis severa de las arterias coronarias mostraron niveles más altos de Apo B en el líquido pericárdico en comparación con los casos sin aterosclerosis. Consecuentemente se pudo concluir que la determinación de Apo B en líquido pericárdico es un marcador bioquímico adecuado para establecer la aterosclerosis coronaria. El hecho de que también se encuentren niveles elevados de Apo B en casos de infarto de miocardio apunta a la posibilidad de un origen aterosclerótico del infarto.

Se tenía evidencia científica de que diversas situaciones clínicas producían lesiones tisulares con la generación de metabolitos tóxicos derivados del oxígeno en cantidades que exceden la capacidad de autoprotección tisular (McCord, 1985). Estos radicales libres pueden lesionar las células y los tejidos (Halliwell, 1991) produciendo peroxidación de las membranas. Por otro lado, se ha demostrado que la glutatión peroxidasa (GSH-Px), y la superóxido dismutasa (SOD), son enzimas que están implicadas en la protección de las estructuras celulares frente a los peróxidos y los radicales libres (McCord, 1985; Chaudière, 1994). Los estudios llevados a cabo por Ramos *et al.* (1997) en distintas zonas de músculo cardíaco y líquido pericárdico, pusieron de manifiesto que los sistemas enzimáticos GSH-Px y SOD, están implicados en los procesos hipóxicos que pueden conducir a la lesión letal postisquémica del miocardio, sugiriendo que estos dos marcadores post mortem eran indicativos de la presencia de una patología miocárdica hipóxica. Estos resultados fueron corroborados por los realizados por Doménech *et al.* (2004) de la Universidad de Murcia.

En los estudios sobre los cambios bioquímicos consecutivos al daño miocárdico se han incluido marcadores post mortem de moléculas estructurales cardíacas como la miosina (Pérez Cárceles *et al.*, 1995), y la troponina cardíaca I y T, en sangre y líquido pericárdico (Osuna *et al.*, 1998). Sin embargo, debe recordarse que los niveles elevados de troponina en sangre y líquido pericárdico también se encuentran en otras causas de muerte como la hipertermia, el abuso de metanfetamina, la intoxicación por monóxido de carbono, y el intervalo post mortem también puede afectar su detectabilidad. Además, aunque la detección de troponina cardíaca T e I, usando métodos convencionales, ha sido de cierta utilidad para el diagnóstico post mortem del infarto agudo de miocardio (Pérez Cárceles *et al.*, 2004; Batalis *et al.*, 2010; Osuna *et al.*, 1998), resultaba necesario el empleo de métodos de alta sensibilidad para la determinación de la troponina T cardíaca, que pudieran aplicarse al líquido pericárdico. González *et al.* (2016), usaron un método de determinación de la troponina específica cardíaca de alta sensibilidad en líquido pericárdico,

evidenciándose la utilidad de esta prueba complementaria para el diagnóstico de la causa de la muerte de origen cardíaco.

En la búsqueda de marcadores más precisos del sufrimiento miocárdico isquémico, en los últimos años, se han incorporado estudios bioquímicos, moleculares y genéticos, con el valor añadido de contribuir a la valoración de los trastornos de conducción y del ritmo cardíaco, y sus implicaciones en la muerte súbita cardíaca. En concreto, los estudios post mortem de expresión génica se están convirtiendo en un interesante campo de investigación para el diagnóstico de la causa de la muerte (González *et al.*, 2013; González *et al.*, 2019; Scott *et al.*, 2020). En primer lugar, era necesario conocer la expresión de determinados genes en tejidos cardíacos y fluidos de cadáveres, para poder lograr una mejor comprensión de los mecanismos subyacentes de la isquemia miocárdica y su reparación (González *et al.*, 2013; Son *et al.*, 2014; Sabatasso *et al.*, 2018), y así poder identificar marcadores moleculares iniciales de isquemia miocárdica para el diagnóstico post mortem de la muerte súbita cardíaca. En la investigación de González *et al.* (2019), se analizó la expresión de genes de moléculas involucradas en la estructura cardíaca, la inflamación y la angiogénesis, pudiéndose reconstruir la respuesta molecular a la isquemia miocárdica. Estos resultados sugieren que la biología molecular puede proporcionar herramientas alternativas para el diagnóstico forense del daño miocárdico isquémico temprano y el infarto agudo de miocardio, y eventualmente permitir determinar la duración y la gravedad del daño miocárdico isquémico.

Mientras que la enfermedad arterial coronaria y las miocardiopatías adquiridas son las causas más frecuentes de muerte súbita cardíaca en los adultos, en los menores de 35 años, la principal causa de muerte súbita cardíaca son las patologías no isquémicas (Rodríguez-Calvo *et al.*, 2008; Arzamendi *et al.*, 2011). Las miocardiopatías son la principal causa de muerte súbita cardíaca en los sujetos menores de 35 años, y en un 40 % de estos casos, la muerte súbita cardíaca está causada por alteraciones

patogénicas en los genes que codifican los canales iónicos o las proteínas asociadas con el buen funcionamiento cardíaco (Tester *et al.*, 2012; Grassi *et al.*, 2020). Actualmente, en casi el 20% del total de muertes súbitas en jóvenes no es posible obtener conclusiones tras la realización de una autopsia completa (Sánchez *et al.*, 2016), y son los síndromes arritmogénicos hereditarios, conocidos como canalopatías, los que representan la mayoría de los casos de autopsia negativa.

Por otro lado, las miocardiopatías más frecuentes, entre las que destacamos la cardiomiopatía hipertrófica, la cardiopatía arritmogénica, y la cardiomiopatía dilatada, presentan características macroscópicas y microscópicas distintivas. Sin embargo, en el campo forense, las miocardiopatías son difíciles de diagnosticar, debido a dos factores: (i) los fenotipos de las miocardiopatías se desarrollan gradualmente, y algunos de los casos de muerte súbita cardíaca ocurren en sujetos jóvenes que tan sólo muestran signos leves microscópicos y/o macroscópicos de enfermedad; (ii) cuando el diagnóstico no se ha hecho antes de la muerte, en la autopsia puede resultar difícil distinguir una miocardiopatía de otra patología o incluso de un corazón no patológico. Por estas razones, se ha recomendado por varias sociedades científicas que se incluya la autopsia molecular, en todos los casos de muerte súbita cardíaca en jóvenes (Grassi *et al.*, 2021), habiéndose propuesto recientemente, en estas muertes, la realización en las autopsias de procedimientos estandarizados¹².

Gracias a los avances recientes en el campo de la genética, se conocen más de 100 genes asociados a síndromes arritmogénicos; unos 60 genes asociados a miocardiopatías, y otros 40 genes asociados a canalopatías (Fernández *et al.*, 2017). En la actualidad, mediante el uso de la nueva generación de procedimientos de secuenciación (NGS - siglas en inglés de

¹² Guía propuesta por TRAGADY (Trans-Tasman Response Against Sudden Death in the Young. Disponible en: <https://www.rcpa.edu.au/getattachment/b72c2a4c-0e36-4656-8704-f2e8a7b7bc20/Guidelines-on-Autopsy-Practice.aspx>

Next Generation Sequencing), que permite realizar análisis masivos de genes en poco tiempo y con menores costes (Hertz *et al.*, 2016), se ha logrado la identificación de las variantes génicas implicadas en la generación de estas patologías miocárdicas. En conclusión, en aquellos casos en que el análisis microscópico no es concluyente, se recomienda la realización de las pruebas genéticas post mortem, lo que puede orientar el diagnóstico. Los resultados de las autopsias moleculares siempre deben ser interpretados por un equipo compuesto por (al menos) un patólogo y un genetista forenses y, en caso de duda, siempre se debe enfatizar en el hecho de que una variante significativa puede ser dinámica y, por tanto, cambiante.

3. Diagnóstico diferencial entre heridas vitales y postmortales.

El estudio de las reacciones vitales y supravitales, así como el establecimiento del tiempo transcurrido desde que se produjo una herida, lo que se conoce como data, sigue siendo un reto por resolver en patología forense, pese al gran número de investigaciones realizadas en este campo (Cecchi, 2010; Pekka, Knight, 2016; Li *et al.*, 2018; Madea, Doberentz, Jackowski, 2019; Collados *et al.*, 2022; Pennisi *et al.*, 2023). Tras la producción de una herida ocurren una serie de reacciones vitales (hemorragia, infiltración de células inflamatorias, formación de tejido de granulación) que, de estar presentes, nos conduciría a deducir la vitalidad de la herida y, en consecuencia, podríamos concluir que la víctima se encontraba viva antes de que se infringiera la herida. Sin embargo, en los primeros minutos u horas después de la muerte, es posible que un examen histológico estándar no nos permita determinar si la herida se infligió en el período ante mortem o post mortem. Si bien la extravasación de glóbulos rojos se ha considerado clásicamente un signo de una reacción vital, varios estudios han demostrado que también puede ocurrir después de la muerte y, por lo tanto, no puede considerarse un método de diagnóstico preciso (Li *et al.*, 2018). Los granulocitos son las primeras células en migrar al sitio de la herida, estando presentes entre los 10 min y

12 h, con un pico entre la primera y segunda hora (Oehmichen, 2004). La reacción de los neutrófilos polimorfonucleares (PMN) comienza con la marginación del endotelio y las células de diapédesis a través del tejido vascular, y la presencia de infiltraciones de PMN, visualizadas en preparaciones histológicas nos permite diferenciar entre heridas recientes ante mortem y las post mortem. También se han descrito otras células inflamatorias que pueden proporcionar información adicional para la estimación del intervalo postraumático (Madea, Doberentz, Jackowski, 2019; Pennisi *et al.*, 2023).

Quizá sean los métodos histoquímicos, como la inmunohistoquímica y la inmunofluorescencia, los métodos más utilizados de forma rutinaria en los laboratorios de patología forense para el diagnóstico de vitalidad de las heridas, permitiendo identificar con precisión la localización de marcadores moleculares en los tejidos o en las subestructuras celulares (Bonelli *et al.*, 2003; Madea, Doberentz, Jackowski, 2019; Baldari *et al.*, 2021; Pennisi *et al.*, 2023; Pan *et al.*, 2023; Esposito, Marchand, Gauchotte, 2023).

En patología forense se han estudiado numerosos marcadores moleculares para determinar la vitalidad de una lesión, entre los que se encuentran las moléculas de adhesión, las citocinas, los factores de crecimiento y la proteína de estrés (Pennisi *et al.*, 2023). Entre las moléculas de adhesión, las más estudiadas como marcador de vitalidad son la fibronectina, la p-selectina (CD 62), y la CD15; destacando la fibronectina como el marcador más fiable para la estimación de la vitalidad de las heridas de un relativamente corto tiempo de sobrevivencia, detectándose incluso antes de que se produzca una infiltración polimorfonuclear evidente (Ortiz *et al.*, 2003; Van de Goot *et al.*, 2014; Collados *et al.*, 2022). El tiempo mínimo de supervivencia descrito para la detección de fibronectina es de unos pocos minutos con un pico entre 15 y 30 min, aunque debido a la baja sensibilidad de la fibronectina en las pruebas de laboratorio, pueden presentarse, con frecuencia, artefactos y errores en su interpretación (Van

de Goot *et al.*, 2014; Pennisi *et al.*, 2023). Otros marcadores de vitalidad, ampliamente estudiados con fines forenses, son las citocinas proinflamatorias, que son una importante familia de mediadores involucrados en la regulación de la respuesta de fase aguda a lesiones e infecciones, siendo mediadores de las respuestas celulares que son críticas para la cicatrización de heridas (Sato, Ohshima, 2000; Silk, Margolin, 2019). Entre todas ellas, los marcadores de vitalidad más estudiados son la interleucina-1 β , la interleucina-6, y el factor de necrosis tumoral- α (Pennisi *et al.*, 2023). La catepsina también es una biomolécula estudiada en patología forense como marcador de vitalidad, al estar involucrada en diferentes procesos fisiológicos y vías de señalización, y ser responsable de la descomposición metabólica de las proteínas intracelulares, la activación de factores de crecimiento y hormonas, y la regulación de la apoptosis, entre otras funciones. La escuela granadina de Medicina Legal ha trabajado con este marcador en el diagnóstico de vitalidad de las heridas, demostraron la utilidad de la catepsina D en el diagnóstico precoz con un intervalo de tiempo mínimo de entre 1 y 5 minutos (Lorente, Hernández, Villanueva, 1987; Hernández-Cueto *et al.*, 1993).

Tras la producción de una herida ocurren cambios rápidos en los niveles de ARN mensajero de citoquinas y enzimas, que se pueden poner de manifiesto mediante el empleo de la técnica de PCR (Rección en Cadena de la Polimerasa) cuantitativa en tiempo real, que permite el análisis simultáneo de decenas a cientos de genes, lo que reduce el costo de la prueba y la obtención de resultados altamente reproducibles (Casse *et al.*, 2016; Madea, Doberentz, Jackowski, 2019; Du *et al.*, 2023). En los últimos años, los micro ARN han despertado gran interés en muchos campos de la medicina forense entre los que se encuentra el diagnóstico de la vitalidad de las heridas. Los micro ARN son pequeños fragmentos de ARN no codificantes de entre 18 a 24 nucleótidos, que regulan la expresión génica después de la transcripción estando implicados en diversas actividades celulares tanto del crecimiento celular como de la muerte celular fisiológica (Saliminejad *et al.*, 2019). En estudios recientes se encontraron niveles de

expresión de miRna-21 y miRna-205 hasta dos días después de la muerte, habiéndose también descrito la detección de niveles elevados de micro ARN en fluidos y tejidos corporales, consecutivos a procesos patológicos y enfermedades (Rochi *et al.*, 2020). Además, recientemente se ha demostrado que la aplicación de estrategias integradas para construir modelos de aprendizaje automático basados en marcadores de ARNm validados, permite una evaluación objetiva y precisa del tiempo de evolución de la herida y, por tanto, de su vitalidad (Dang *et al.*, 2023; Cao *et al.*, 2023). Estos estudios apuntan al valor de la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, mediante el aprendizaje automático, combinando múltiples biomarcadores, si bien en este sentido aún es necesario continuar con más investigaciones forenses sobre humanos con bases de datos más amplias.

4. Estimación de la edad biológica.

En ocasiones, se requiere al perito forense la identificación de personas vivas, cadáveres o restos cadavéricos, de los que inicialmente no dispone de indicios que sugieran su identidad. En estas circunstancias, el informe médico forense, conocido como de identificación reconstructiva, debe incluir un análisis exhaustivo de las características identificativas de la víctima que permita obtener conclusiones científicas sobre el perfil biológico de la persona, incluyendo la determinación del sexo; ascendencia, linaje o el origen ancestral; estimación de la edad y, a ser posible, la identidad del sujeto. Por la relevancia forense que tiene la estimación de la edad en la construcción del perfil biológico de personas desaparecidas, en este apartado del discurso se van a exponer los métodos moleculares y genéticos actuales para el establecimiento de la edad biológica.

A pesar de la gran disponibilidad de métodos forenses existentes para la estimación de la edad, aún sigue siendo una cuestión compleja y de difícil solución. Aunque algunos de los métodos existentes se han considerado

herramientas prometedoras para la estimación de la edad con fines forenses, muestran ciertas limitaciones como la baja precisión o la falta de protocolos estandarizados y validados por distintos grupos de investigadores. En este sentido, cabe señalar que cualquiera que sea el método de estimación utilizado, la precisión de las estimaciones se reduce en los adultos, debido a que la discrepancia entre la edad biológica y la cronológica se hace mayor a medida que aumenta la edad (Cunha *et al.*, 2009; Zapico, Uberlaker, 2013). Además, la aplicabilidad potencial de un método dado también depende del tipo y estado de conservación del material disponible para el análisis, siendo los tejidos mineralizados, en especial los dientes, los de mayor trascendencia en la identificación humana (Valenzuela, Martín de las Heras, 2018), por ser estructuras de gran resistencia a la putrefacción y al efecto de agentes externos (físicos -traumatismos, calor-, químicos o biológicos), que sí ocasionan destrucción de las partes blandas del cuerpo (Rubio *et al.*, 2013; Lozano *et al.*, 2021).

En las últimas décadas, y de forma complementaria a los estudios morfológicos que se producen en los huesos y dientes con el envejecimiento, siendo este aspecto motivo de exposición en otro apartado de este discurso, las investigaciones forenses se han centrado en los cambios en la composición bioquímica que sufren los tejidos dentarios con el paso de los años (Meissner, Ritz-Timme, 2010). Los cambios más relevantes descritos en la dentina incluyen un incremento de los dobles enlaces del colágeno (Martín de las Heras *et al.*, 1999), y un descenso en la presencia de enzimas que lo degradan (Martín de las Heras, Valenzuela, Overall, 2000). Además, se han realizado estudios moleculares sobre los cambios graduales de las biomoléculas causadas por el proceso de envejecimiento, destacando el incremento de la glicosilación de proteínas (Meissner, Ritz-Timme, 2010; Zapico, Uberlaker, 2013; Valenzuela *et al.*, 2018), y la racemización del ácido aspártico (Ritz-Timme *et al.*, 2000a, 2000b); así como alteraciones en los niveles de ADN, incluyendo deleciones mitocondriales y acortamiento telomérico (Meissner, Ritz-Timme, 2010; Márquez, González, Valenzuela, 2018).

El creciente conocimiento de la epigenética ha llevado a identificar una relación directa entre la edad y los cambios en la metilación del ADN en regiones específicas del genoma, correlación que puede ser útil para estimar la edad cronológica (Parson, 2018). La metilación del ADN se puede definir como una modificación química que en las células eucariotas implica la presencia de un grupo metilo en la posición 5' de un nucleótido de citosina seguido de un nucleótido de guanina, conocido como un sitio CpG (Freire, Phillips, Lareu, 2017). Los niveles totales de metilación del ADN disminuyen con el envejecimiento, mientras que ciertos sitios CpG pueden volverse hipermetilados, por ejemplo, aquellos ubicados principalmente en islas CpG (grupos de dinucleótidos CpG), o los hipometilados como son aquellos ubicados generalmente fuera de las islas CpG (Freire *et al.*, 2018; Bekaert *et al.*, 2015).

En este sentido, se han realizado diversos estudios específicos para la estimación forense de la edad mediante la metilación del ADN empleando diversas metodologías y en distintos genes, habiéndose propuesto modelos de predicción de la edad inferiores a 5 años (Freire *et al.*, 2016; Freire, Phillips, Lareu, 2017; Parson, 2018; Vidaki, Kayser, 2018). Se ha descrito una gran variabilidad de los patrones de metilación del ADN en diferentes tejidos (Jung, Shin, Lee, 2017; Naue, *et al.*, 2018; Correia *et al.*, 2022; Ambroa *et al.*, 2022), y puesto que en muchos casos de identificación forense, los restos dentales y/o óseos son las únicas fuentes disponibles de ADN, varios grupos de investigación se han centrado en el tejido dentario para estudiar los cambios en la metilación del ADN y la edad (Higgins, Austin, 2013), habiéndose puesto de manifiesto un aumento de marcadores de metilación de CpG específicos localizados en los genes ELOVL2 y PDE4C del ADN (Márquez *et al.*, 2020).

No obstante, pese a los prometedores avances logrados por los investigadores forenses sobre la evaluación de los niveles de metilación del ADN y su uso en la estimación de la edad, aún no son de uso rutinario en

los laboratorios forenses, y esto es consecuencia de las grandes diferencias metodológicas existentes en los procedimientos analíticos de evaluación de la metilación con fines forenses y también, sin género de dudas, por la necesidad de clarificar el efecto que sobre la metilación del ADN, que es una característica epigenética, puedan tener algunas enfermedades, el origen ancestral, y el sexo (Correia *et al.*, 2022), quedando por tanto, mucho camino por recorrer para poder establecer que la metilación del ADN es el mejor método molecular disponible para la estimación de la edad en el campo forense al que ya, sin dudas, está contribuyendo la nueva generación de herramientas forenses para el análisis del llamado “ADN inteligente” (Aliferi *et al.*, 2022).

5. Hacia una nueva genética forense: De las pruebas de investigación de la paternidad al fenotipado forense por el ADN.

Los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP- siglas en inglés para Single Nucleotide Polymorphisms) representan la clase más abundante de polimorfismos humanos. Todavía es difícil dar una estimación del número de SNPs en el genoma humano, pero en las diferentes bases de datos públicas y privadas, se han recogido más de cinco millones de SNPs y se han validado alrededor de cuatro millones de SNPs, es decir que han sido confirmados como polimórficos, en uno o varios grupos principales de población. Su abundancia, a pesar de su simplicidad y contenido polimórfico bastante limitado, es la principal razón de su enorme interés actual en el campo médico, ya que pueden usarse como marcadores para identificar los genes que subyacen en enfermedades complejas, y para aprovechar todo el potencial de la farmacogenómica en el análisis de la respuesta variable a los fármacos.

En el campo forense, el interés de los SNPs ha crecido continuamente porque tienen una serie de características que los hacen muy apropiados, incluyendo su utilidad en pruebas de investigación de la paternidad (Phillips *et al.*, 2004). La primera es que tienen tasas de mutación muy bajas y esto es interesante para las pruebas de paternidad; segunda, son muy

adecuados para el análisis que utiliza tecnologías de alto rendimiento y esto es importante para las bases de datos y para la automatización, ya que pueden ser analizados en amplicones cortos y, en general, los tamaños cortos son muy adecuados para el análisis de muestras degradadas (Gill, 2001; Sobrino, Brión, Carracedo, 2005). Sin embargo, el uso de SNPs también tiene algunas limitaciones y quizá la más importante sea que la cantidad de SNP requerida es, por término medio, alrededor de cuatro veces la cantidad de STR (siglas en inglés para Short Tandem Repeat), por lo que se necesitan alrededor de 60 SNP bien equilibrados para tener un poder de discriminación similar al de los nuevos STR multiplex que se utilizan en el campo forense (Phillips *et al.*, 2004).

En los últimos diez años, el análisis forense de ADN utilizando perfiles de STR como pruebas de identificación que relacionan a un sospechoso con el indicio de la escena del crimen, se ha ido extendiendo hacia otras áreas de análisis genético diseñadas para predecir una serie de características físicas de donantes no identificados, definidos principalmente por los polimorfismos de un solo nucleótido. Estas pruebas de SNPs se denominan fenotipado forense de ADN (FDP -Forensic DNA phenotyping), y hasta hace poco, consistían en pruebas para inferir ascendencia biogeográfica (Phillips, 2015), o para predecir ciertas características externamente visibles (Kayser, 2015).

En Castellón, hace pocas semanas, se pudo detener a un agresor que dio muerte a una mujer en 2022. De las uñas de la víctima se obtuvo ADN del agresor que, analizado por técnicas de fenotipado de ADN realizadas en el Laboratorio de Genética Forense de la Universidad de Santiago de Compostela, permitió obtener un retrato genético del criminal: hombre de mediana edad, ojos marrones, pelo castaño, tez medianamente oscura y posiblemente de origen norteafricano. Por las investigaciones policiales realizadas, se sabía que debía tener cierta fuerza, la que exige la técnica del mataleón (que es como se conoce a la asfixia con los brazos desde atrás de la víctima), residente en la zona, porque el homicidio no había sido

planificado, sino que se planteó la posibilidad del robo al ver pasar la mujer esa mañana, con algún tipo de dependencia a las drogas y seguramente con antecedentes penales. Con esta información, la policía localizó a un sujeto con las mismas características físicas, lo sometieron a un seguimiento durante semanas y, finalmente, los agentes pudieron obtener una muestra del perfil genético del hombre para hacer las correspondientes comparaciones con el ADN obtenido en las uñas de la víctima. Este ejemplo nos ilustra de que estas investigaciones forenses son realidad en nuestros días y que no hablamos de ciencia ficción.

Recientemente, estas pruebas basadas en SNPs, se han complementado con análisis de metilación del ADN para estimar la edad cronológica (Freire, Phillips, Lareu, 2017). Si bien las pruebas de fenotipado forense del ADN han ido cobrando fuerza y estando disponibles en los laboratorios forenses, la aparición de la secuenciación paralela masiva está proporcionando avances importantes en el análisis forense de ADN, incluyendo una mayor sensibilidad para analizar cantidades mínimas de material probatorio, sistemas multiplex más grandes que pueden combinar STR de identificación convencional, con SNP para el análisis de fenotipado forense y, por último, mayor detalle sobre la variación detectable dentro de una secuencia.

El consorcio VISible Attributes through GENomics (VISAGE) se inició en 2017 para desarrollar nuevas herramientas basadas en sistemas de secuenciación paralela masiva para predecir la ascendencia biogeográfica, la apariencia basada en características externamente visibles y la edad de un donante de ADN no identificado en la escena del crimen (De la Puente *et al.*, 2021; Ruiz *et al.*, 2023). VISAGE construyó un programa en dos etapas para desarrollar la secuenciación paralela masiva para la predicción basada en el ADN de la ascendencia, la apariencia y la edad. En la primera etapa, se crearon dos prototipos de herramientas básicas que denominaron VISAGE BT. El primer prototipo de la herramienta, útil para el diagnóstico de apariencia y ascendencia, combina 41 marcadores para

predecir el color de ojos, cabello y piel, con 115 SNP informativos de ascendencia para analizar la ascendencia biogeográfica (Xavier *et al.*, 2020; Palencia *et al.*, 2020; De la Puente *et al.*, 2021). El segundo prototipo del VISAGE BT, definido para la estimación de la edad a partir de sangre, combinó en un ensayo de secuenciación paralela masiva hasta 32 CpG de cinco genes (Heidegger *et al.*, 2020). Posteriormente se continuó el desarrollo de VISAGE con herramientas más avanzadas y mejoradas incluyendo más marcadores y capacidades ampliadas (Ruiz *et al.*, 2023).

B. Aplicación forense de técnicas de imagen, informáticas, tecnologías de la información y la comunicación, e inteligencia artificial.

La aplicación de nuevas técnicas informáticas, o computarizadas, incorporadas a los procedimientos de análisis de imágenes, o a la gestión de bases de datos, han supuesto una revolución científica en la Medicina Legal y Forense. Ahora es posible aceptar como pruebas científicas forenses, cuestiones que hasta hace pocos años eran consideradas pruebas forenses de valor relativo. Destacaremos algunas áreas sobresalientes en este avance, comenzando con las técnicas aplicadas a la patología forense y al estudio del cadáver. El segundo apartado se dedicará a la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), en la organización y gestión de los escenarios de grandes catástrofes. También se describirán las técnicas morfológicas y de imagen de utilidad para la estimación de la edad, y otras técnicas complementarias para la identificación humana, incluyendo las características individualizadoras que aporta el estudio dentario y los nuevos procedimientos de superposición de imágenes. En otro apartado, se describirán las nuevas técnicas informatizadas y computarizadas aplicadas al análisis de las huellas por mordeduras humanas y, finalmente, en el sexto apartado, se expondrá la contribución de la inteligencia artificial al progreso de la Medicina Legal y Forense.

1. Técnicas de imagen aplicadas a la Tanatología y Patología Forense.

En las últimas décadas se está produciendo un avance y desarrollo vertiginoso en las metodologías de análisis de imágenes en 3D, que está impactando en su uso habitual en la práctica forense, tanto en sujetos vivos como en cadáveres (Lagalla, 2020; Ebert *et al.*, 2021). Son muchas las especialidades forenses, entre las que se incluye la propia medicina forense, la antropología forense y la reconstrucción de la escena del crimen, las que se pueden beneficiar de la valoración y análisis de imágenes post mortem (Christensen *et al.*, 2018; Norberti *et al.*, 2019).

Para la obtención de imágenes radiológicas post mortem, se utilizan multitud de técnicas entre las que podemos destacar la tomografía computarizada, angiografía por tomografía computarizada, o la resonancia magnética. En 2020, Tumanova propuso el término de *tanatorradiología* para definir la elección de las técnicas de rayos X más adecuadas para la comparación del examen radiológico del cadáver con los resultados de la autopsia, así como para contribuir al diagnóstico de la causa de la muerte mediante las imágenes radiológicas post mortem (Tumanova, Shchegolev, 2022)

De entre todos los métodos aplicados hasta el momento, la tomografía computarizada es la más empleada con fines forenses porque permite la evaluación y análisis en casos complejos de muertes traumáticas o sospechosas de criminalidad. Su uso se ha extendido en varios institutos de Medicina Legal mundiales a partir del proyecto VIRTOPSY (virtopsia en español), desarrollado por Thali en Suiza (Thali *et al.*, 2003), que combina los resultados de la autopsia con las imágenes forenses realizadas con tomografía computarizada, resonancia magnética y escáner 3D de superficie (Bolliger, Thali, 2015). Tal ha sido su importancia que se ha impuesto, como ocurre en algunos centros, la realización sistematizada de una tomografía computarizada post mortem en todos los cadáveres autopsiados en el Victorian Institute of Forensic Medicine en Melbourne, Australia (O'Donnell *et al.*, 2007), o en el Instituto de Patología Forense de la Universidad de Copenhague, Dinamarca (Poulsen, Simonsen, 2007).

Los métodos radiológicos post mortem se aplican en la valoración de traumatismos con fracturas óseas, heridas por arma de fuego, en las asfixias mecánicas (ahorcamiento, estrangulamiento y ahogamiento), en casos de cúmulo de gases, o líquidos como sangre en las hemorragias intracavitarias, y resulta finalmente también de utilidad en los exámenes post mortem de cadáveres en avanzado estado de putrefacción, o en restos carbonizados (Norberti *et al.*, 2019; Ampanozi *et al.*, 2020; Ebert *et al.*, 2021).

La tomografía computarizada es, por tanto, una excelente técnica complementaria a la autopsia convencional por la rapidez en su realización y por tratarse de una técnica no invasiva. Además, los datos digitales se almacenan con facilidad y poco coste, no se alteran con el tiempo, y son de fácil y rápido acceso por todos los profesionales forenses (Lo Re *et al.*, 2018). Sin embargo, la principal debilidad de esta técnica es su limitado valor para la visualización de órganos parenquimatosos, para lo cual se prefiere el examen forense mediante resonancia magnética que, aún en la actualidad, es de uso muy limitado en los Institutos de Medicina Legal.

Con referencia a la aplicación de estas técnicas de imagen en sujetos vivos, resulta de utilidad para el reconocimiento de cuerpos extraños intracorporales como ocurre en los casos de transporte de drogas ilegales en las personas conocidas como “mulas” (Lo Re *et al.*, 2018).

2. Aportación de las TICs en grandes catástrofes.

Uno de los objetivos de la pericial forense en casos de grandes catástrofes o en exhumaciones masivas de fosas comunes, es la identificación de las víctimas. Para ello se emplea un procedimiento de comparación entre los datos identificativos de una población de personas desaparecidas, y los encontrados en los cadáveres recuperados. No obstante, la identificación de víctimas en grandes catástrofes constituye una tarea compleja y

desafiante para los peritos forenses, no solo por el elevado número de víctimas y el mal estado de conservación en que se encuentran los cadáveres, sino también por las condiciones en que suelen desarrollarse estos operativos.

Para una resolución correcta de las cuestiones medicolegales que se plantean en las grandes catástrofes, resulta imprescindible una correcta planificación y organización previa en las intervenciones conjuntas de diversos profesionales y especialistas que permita la puesta en funcionamiento inmediata de un plan de actuación, de tal manera que el éxito de la identificación de las víctimas se basa esencialmente en la organización, la experiencia y el adecuado proceso de gestión de las víctimas e indicios (Valenzuela *et al.*, 2000; Lessig, Rothschild, 2012; Valenzuela, Martín de las Heras, 2018; Valenzuela, 2023).

De otra parte, los avances experimentados por la medicina forense en relación con las técnicas identificativas y las peculiaridades de la organización de la actividad científico judicial en nuestro país, requieren la participación y coordinación de diversos estamentos dependientes de distintas instancias administrativas, como son el Cuerpo Nacional de Médicos Forenses y los Institutos de Medicina Legal, el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, la Comisaría General de Policía Científica y el Servicio de Criminalística de la Guardia Civil, y las policías autonómicas donde estén constituidas, y por esta razón, se aprobó en 2009 un protocolo nacional de intervención en sucesos con múltiples víctimas¹³. Esa necesidad de coordinación y gestión de los equipos humanos no sólo ha sido regulada en nuestro país, sino que la INTERPOL (International Criminal Police Organization), ha elaborado y propuesto guías de coordinación y protocolos específicos de aplicación de los métodos

¹³ Real Decreto 32/2009, de 16 de enero, en el que aprueba el Protocolo nacional de actuación Médico-forense y de Policía Científica en sucesos con víctimas múltiples.

científicos de identificación de las víctimas de grandes catástrofes¹⁴ (DVI, siglas que se corresponden en inglés con Disaster Victim Identification). Estas guías y protocolos recomiendan realizar esfuerzos para una mejor recogida de datos post mortem y ante mortem. Los datos de mala calidad (p. ej., errores en la reproducción de los registros originales, problemas durante la transferencia electrónica o errores en la entrada manual) impiden la identificación comparativa, pudiendo dar lugar a exclusiones falsas o identificaciones incorrectas (Wright *et al.*, 2015).

En grandes catástrofes, las dificultades derivadas del gran número de víctimas y la participación de varias especialidades forenses, han propiciado la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para mejorar la coordinación entre los expertos forenses y policiales, y garantizar la cadena de custodia de los restos e indicios forenses mediante un control informático estricto de los registros ante mortem (AM), de color amarillo, y rosados para la recogida de los datos post mortem (PM). Quizá la mejor propuesta informática para facilitar la recogida y comparación de datos, desarrollada hasta el momento, es la aplicación KMD PlassData DVI (KMD A/S, Dinamarca), también conocido como DVI System International (Torpel, 2005). Se trata de una aplicación de base de datos para registrar, almacenar, buscar y comparar específicamente los datos PM y AM contenidos en los formularios de la INTERPOL. El uso de sistemas informatizados, como este, resulta absolutamente imprescindible cuando se trata de sucesos de múltiples víctimas con un número elevado de cadáveres, al resultar imposible la comparación manual de los datos ante mortem y post mortem.

Fruto de nuestra experiencia profesional acumulada tras la participación en las tareas de identificación de víctimas con el equipo de identificación de la Guardia Civil, en cinco grandes catástrofes ocurridas en territorio

¹⁴ Interpol. Disaster Victim Identification. Disponible en: <https://www.interpol.int/en/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI>.

nacional¹⁵, hemos detectado la necesidad de coordinar y organizar adecuadamente las operaciones de los equipos de grandes catástrofes. Con esta finalidad se ha desarrollado la plataforma informática Mobile Forensic Workspace[®] (MFW) para dispositivos móviles, que facilita un espacio de trabajo para los profesionales que trabajan en escenarios de grandes catástrofes, permitiendo la comunicación y el intercambio efectivo de información, y manteniendo las garantías de confidencialidad que obliga la seguridad de los datos forenses (Villanueva *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2023).

MFW permite almacenar y compartir cualquier tipo de datos PM y AM, ajustándose a los formularios recomendados por la INTERPOL para la identificación de las víctimas de una gran catástrofe, siendo posible la incorporación de fotografías, radiografías o bocetos del estado del cuerpo. La aplicación permite la recogida de datos en distintos formatos, textos, imágenes, bocetos, tablas, etc., incluyendo datos numéricos de medidas (metros, kilogramos, etc.), fechas, textos escaneables (códigos de barras, códigos QR, etc.), e información de sí/no. Esta solución informática evita la tradicional transcripción de datos recogidos en papel, minimizándose así los errores inherentes a las transcripciones (Lovell *et al.*, 2022).

Dentro de este espacio de trabajo, hay disponible un conjunto de aplicaciones integradas para la gestión de los datos (como crear, modificar, compartir, etc.), proporcionando a los usuarios herramientas eficaces para la cooperación, que podríamos dividir en las tres funcionalidades inherentes básicas: *comunicación*, incluyendo mensajería instantánea o llamadas telefónicas; *colaboración*, que se consigue mediante la edición simultánea de información sobre una víctima por parte de varios usuarios;

¹⁵ Miembro del equipo de identificación de víctimas de la Guardia Civil en las siguientes catástrofes: 1. Accidente de autobús, Bailén (Jaén), 28 febrero 1996; 2. Accidente de avión de la compañía Paunk-Air, Melilla, 25 de septiembre de 1998; 3. Accidente de tren, Chinchilla (Albacete), 19 de junio de 2003; 4. Incendio forestal, Guadalajara, 17 de julio de 2005; 4. Accidente de avión de la compañía Spanair, Aeropuerto de Madrid-Barajas, 20 de agosto de 2008.

y *coordinación*, como serían las anotaciones que se realizan sobre fotografías tomadas con anterioridad. El hecho de que el sistema permita a los usuarios colaborar entre ellos, utilizando plataformas móviles (smartphones o tabletas), representa importantes ventajas en términos de usabilidad, y de mejora de la calidad del sistema (Lake, James, Berketa, 2012), si se compara con los sistemas actuales de recogida y gestión de datos, como sería el formato web que tiene el DVI System International.

La plataforma fusiona de forma transparente toda la información recopilada en tiempo real, notifica cualquier dato conflictivo y, cada vez que se dispone de una conexión a internet, transfiere automáticamente todos los datos recopilados a un servidor remoto autorizado. Por otra parte, MFW garantiza los altos niveles de seguridad y privacidad necesarios (Hofmeister, 2017), gracias a la incorporación de tres mecanismos: (i) el acceso depende del nombre de usuario y la contraseña y las agencias pueden otorgar o denegar permisos individuales para acceder o editar los documentos agregados al espacio de trabajo, de acuerdo con los roles o credenciales preestablecidos asignados a cada usuario (así como en caso de pérdida o robo de un terminal); (ii) el intercambio de información entre usuarios está protegido por un protocolo de comunicación subyacente (Secure Sockets Layers, SSL), utilizando un algoritmo altamente seguro para encriptar la información y garantizar que los mensajes interceptados no se puedan leer ni modificar por software malicioso; (iii) los usuarios no podrán hacerse pasar por otros usuarios, incluso suplantando la identidad de otra persona de la que se conoce el nombre de usuario y contraseña, dado que las instituciones pueden emitir certificados digitales únicos para cada dispositivo y escenario del incidente.

En conclusión, MFW mejora la calidad de la información recogida, ayuda a la colaboración y evita la duplicidad de registros, la pérdida de información y el manejo laborioso de la documentación en papel, en situaciones de grandes catástrofes, abriendo unas amplias posibilidades de aplicación de las TICs en distintos escenarios forenses.

3. Técnicas morfológicas y de imagen para el establecimiento de la edad.

En relación con la identificación reconstructiva, en este apartado del discurso se va a exponer el valor del estudio morfológico y del desarrollo del tejido mineralizado (óseo y dentario), para la estimación de la edad. Desde el descubrimiento de los rayos X en 1895 y el desarrollo de las primeras técnicas de radiodiagnóstico médico, la medicina forense ha utilizado la radiología para la estimación de la edad tanto en sujetos vivos como en cadáveres. En los inicios, se generalizaron los estudios sobre sujetos vivos destinados a valorar y confirmar los estándares de maduración de distintas regiones de la anatomía humana y se publicaron estudios sobre series amplias de población que analizaban parámetros ya estudiados en osteología, pero desde la perspectiva específica que aportaba el método radiológico (Garamendi, Landa, 2010). De acuerdo con Krogman e Işcan (1986), el proceso de osificación en el ser humano sigue una secuencia de acontecimientos fisiológicos en los huesos, reconocibles tanto en el examen morfológico directo como en el examen radiológico, pudiéndose evidenciar la evolución en fases.

El diagnóstico de la edad basado en técnicas de radiodiagnóstico se orienta de forma distinta en función del margen de edad del sujeto de estudio. En fetos y niños pequeños los métodos diagnósticos de edad se basan en la evidencia de desarrollo de núcleos de osificación epifisarios y diafisarios; en niños mayores, adolescentes y jóvenes, se utilizan los signos de fusión metafiso-diafisaria como evidencia de maduración con la edad, así como los cambios producidos en la dentición en su paso de la fórmula decidual a la definitiva. En adultos y ancianos, son los procesos de degeneración ósea y los fenómenos de osteopenia progresiva los que marcan el diagnóstico de edad basado en técnicas de radiología.

En el contexto medicolegal, se aplican diversos métodos de diagnóstico radiográfico de edad basándose en la correlación con la edad de los fenómenos de osificación, fusión epifisaria y degeneración articular de

varias regiones anatómicas. Dicha correlación es, en ocasiones, específica de la población a la que corresponde el sujeto de estudio, por lo que el mismo método se tiene que validar en distintas poblaciones en función de factores raciales, geográficos y socioeconómicos. Como en el resto de los métodos de diagnóstico de edad en antropología física y forense, la precisión disminuye de forma progresiva a medida que aumenta la edad del sujeto de estudio.

En septiembre de 2000, el grupo multidisciplinario del Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (AGFAD) elaboró las primeras guías europeas para la estimación de la edad en individuos vivos sometidos a procesos penales (Schmeling *et al.*, 2001, 2008), en las que se incluye la recomendación de un examen físico, radiografía de la mano izquierda, radiografía dental, y examen radiográfico de la clavícula, este último en el caso que interesase confirmar si la edad cronológica es mayor o menor de 21 años. Una vez practicadas las pruebas los resultados se deben interpretar con base en estudios previos realizados en poblaciones similares a la procedencia del sujeto de estudio.

Desde hace años se ha venido investigando sobre el grado de fusión de la epífisis medial de la clavícula con fines de diagnóstico de edad tanto en sujetos jóvenes como en adultos (Schmeling *et al.*, 2001, 2004; Schulz *et al.*, 2005; Basset *et al.*, 2011). Sin embargo, existe un amplio debate en torno a la exposición a la radiación asociada a los exámenes con tomografía computarizada en los que no exista una indicación médica previa. En este sentido se han propuesto otras alternativas exploratorias, libres de radiación, como la resonancia magnética o el ultrasonido, para la estimación de la edad con fines forenses. Schultz *et al.* (2008, 2013) pusieron de manifiesto que los exámenes de ultrasonido podrían ser una buena alternativa, pero eran dependientes, en gran medida de la experiencia del explorador, y presentaban serias limitaciones técnicas y morfológicas para estimar la edad (Gonsior *et al.*, 2013; Tolsgaard *et al.*,

2013). Ha sido, en los últimos años, cuando la resonancia magnética de la clavícula se ha difundido como la mejor técnica de imagen para la estimación de la edad (Hillewig *et al.*, 2013; Schmidt *et al.*, 2017; De Tobel *et al.*, 2020; Widek *et al.*, 2023).

Como ha quedado expuesto con anterioridad, para la estimación de la edad se han aplicado las técnicas diagnósticas prácticamente en todas las regiones anatómicas, aunque quizá el estudio del desarrollo de la dentición sea uno de los métodos más útiles y el que ha acaparado un mayor número de investigaciones forenses. En este sentido, el estudio de los cambios morfohistológicos y bioquímicos que sufre el diente con el paso de los años se está imponiendo como método de indudable ayuda para la estimación de la edad biológica, que no cronológica, de un sujeto (Valenzuela, Martín de las Heras, 2018).

El análisis del grado de mineralización dentaria por el estudio radiográfico e histológico nos permite conocer la edad en el período fetal. A partir de la sexta semana de vida intrauterina, se desarrolla el epitelio oral de la lámina dental. En la semana 16 de vida intrauterina se inicia la mineralización de los incisivos temporales; y en la semana 26 de vida intrauterina los incisivos están en avanzado estado de mineralización; el primer molar temporal presenta la línea de mineralización que incluye las cúspides y el segundo molar tiene una sola cúspide mineralizada. A las 30 semanas de vida intrauterina, la mineralización de los dientes anteriores es más evidente: está ya formada la corona de los incisivos, en el primer molar temporal comienza la fusión de sus cúspides y el segundo molar temporal inferior inicia la mineralización de sus cinco cúspides; no hay evidencia de mineralización en el primer molar permanente.

En el examen radiográfico del recién nacido, se puede observar que el primer molar temporal tiene la superficie oclusal completa, el segundo molar la tiene incompleta y el primer molar permanente ha iniciado la mineralización. En el estudio histológico del diente, se observa con el

nacimiento un cambio en la actividad metabólica de las células del esmalte, provocando una interrupción del proceso de mineralización que se traduce en la producción de una línea (*línea neonatal*) más oscura en el esmalte del diente. El hallazgo de la línea neonatal revelará que el neonato nació vivo y vivió durante al menos 7-10 días, que es el tiempo necesario para la visualización de la línea neonatal como una banda entre el esmalte pre y posnatal.

Durante las dos primeras décadas de la vida, la dentición de los sujetos se encuentra en período de formación, desarrollo y erupción. Es posible, por ello, en estos sujetos, estudiar el estadio de erupción dentaria y el grado de mineralización del diente para estimar la edad dental. Para la valoración de la erupción dentaria, se emplean tablas de referencia, como las de Nolla (1960), Schour y Massler (1941), o Demirjian (1973). El estudio del grado de mineralización del diente permite estimar la edad dentaria, estando bien establecido que la calcificación dentaria es un proceso continuo y secuenciado, que comienza por la corona, continúa por la raíz y termina con el estrechamiento y cierre del ápice radicular. Los métodos existentes se basan en la comparación del grado de desarrollo mineral de los diferentes dientes observado mediante estudio radiológico, y los esquemas estandarizados que se han obtenido de poblaciones de edad y sexo conocidos (Schour, Massler, 1941; Nolla, 1960; Moorees, Fanning, Hunt, 1963; Demirjian, Goldstein, Tanner, 1973; Haaviko, 1974).

Alrededor de los 14 años de vida es cuando se produce el cierre del ápice del segundo molar permanente, y a los 18 años, el tercer molar es el único diente en desarrollo, por lo que su estudio tiene una gran trascendencia forense. Este diente presenta variaciones interindividuo e intraindividuo, lo que dificulta su utilidad para el establecimiento preciso de la edad en este rango de edades tan complicado e interesante desde el punto de vista legal. La estimación de la edad dental en este período se basa en la comparación del estado de desarrollo del tercer molar del sujeto, con esquemas estandarizados en los que se clasifica en estadios la

mineralización del cordal (Mincer, Harris, Berryman, 1993). La utilidad de este método, propuesto por el American Board of Forensic Odontology (ABFO), se basa en la posibilidad de conocer en términos de probabilidad, si un individuo tiene al menos 18 años.

Se han hecho estudios de determinación de la mayoría de edad por el desarrollo del tercer molar en diferentes poblaciones (Prieto *et al.*, 2005; Martín de las Heras *et al.*, 2008), empleándose en la mayoría de los casos, la comparación del grado de mineralización del tercer molar sobre radiografías panorámicas como las ortopantomografías, con los esquemas de desarrollo propuestos por Dermijian, Goldstein y Tanner (1973). Más recientemente se han publicado estudios poblacionales de maduración de los terceros molares a partir de imágenes dentarias en tres dimensiones (Bassed, Briggs, Drummer, 2011; Treviño *et al.*, 2016). En un intento de contribuir a la estimación precisa de la mayoría de edad, problema de gran interés en la práctica forense, se ha diseñado la aplicación informática DentaVol[®] (Márquez *et al.*, 2017), que permite la visualización en 3D de los terceros molares y el cálculo automatizado de los volúmenes de estas piezas dentarias a partir de imágenes de TACs dentales, objetivándose de esta forma, el grado de mineralización de los terceros molares, y mejorando la estimación de la mayoría de edad

Tras el desarrollo completo de la dentición, a partir de la segunda década de la vida, la edad dental se estima por los cambios que sufre la estructura dentaria con el paso de los años. En este apartado del discurso sólo se van a exponer los cambios morfológicos (macroscópicos y microscópicos), ya que los cambios bioquímicos han sido expuestos con anterioridad.

Los cambios morfológicos que sufre el diente con la edad son la atrición o desgaste del diente; cambio de color del diente; nivel de inserción periodontal; formación de dentina secundaria; transparencia radicular; reabsorción de la raíz; y aposición de cemento, que se pueden medir con

el uso de una batería de métodos y técnicas disponibles en los laboratorios forenses (Valenzuela, Martín de las Heras, 2018).

La *atrición o desgaste del diente* es la reducción del tejido dentario por el contacto que se produce entre los dientes antagonistas, que causa facetas de desgaste en las caras oclusales o en los bordes incisales. Como puede verse afectado por otros factores (tipo de alimentación, hábitos o costumbres, patologías como el bruxismo, tipo de oclusión e incluso la propia morfología dentaria), se acepta que este parámetro funciona mejor para estimar la edad en combinación con otros.

Se acepta que el *cambio de color* de esmalte con la edad es debido al aumento del contenido en nitrógeno y al agrietamiento que sufre en la superficie, lo que conduciría a un cambio en la refracción de la luz. Los cambios de coloración de la dentina relacionados con el envejecimiento se atribuyen a modificaciones en la composición mineral y orgánica. Como la corona se puede ver afectada por procesos patológicos con más frecuencia que la raíz (p. ej., por caries o tinciones), el color se debe medir en el tercio proximal de la dentina radicular, previa eliminación del cemento de la zona, lo que implica la extracción del diente. En sujetos vivos, el color es medido en el esmalte. Los métodos clásicos de medida del color por comparación con una guía de colores de uso clínico se están sustituyendo por métodos más objetivos y precisos mediante el empleo de la espectrofotometría o la espectrorradiometría, que permiten cuantificar el color de manera objetiva (Martín de las Heras *et al.*, 2003; Martín de las Heras *et al.*, 2018).

Fisiológicamente, con la edad, se produce una destrucción de las fibras periodontales en su borde cervical, que va progresando hacia el ápice lo que genera una *retracción del nivel de inserción periodontal*. En procesos inflamatorios agudos o crónicos, como la enfermedad periodontal, la reacción es más marcada y no tiene relación directa con la edad del sujeto.

La *dentina secundaria* se produce después de la formación completa del diente, ocasionando una reducción del tamaño de la cavidad pulpar propio de los procesos de envejecimiento. Se inicia en la región coronal de la pulpa al ser la zona de contacto con el diente antagonista durante la masticación. Cuando se completa el relleno de la pulpa coronal, el proceso de formación de dentina secundaria se continúa por el conducto o conductos radiculares. Este cambio se puede medir por observación directa del diente cortado bajo lupa binocular o, indirectamente, mediante radiografías en las que se estima el tamaño pulpar.

La *transparencia radicular* tiene su origen en el aumento de los depósitos de dentina peritubular que cambian el índice refractario de la dentina radicular. Se inicia en la dentina periapical, extendiéndose hacia la corona con el paso de los años. Existen varios métodos, pero el más usado consiste en medir la máxima longitud de la zona translúcida radicular desde el ápice hacia la corona; generalmente por la cara distal del diente (Lamendín *et al.*, 1992). La superficie radicular se hace más rugosa e irregular con los años.

La medida de la *rugosidad de la raíz* se combina con la apreciación en la lupa binocular de los defectos de aquella producidos por la reabsorción radicular. Finalmente, con el envejecimiento, se produce una *aposición de cemento* en la raíz del diente. La composición del cemento es diferente, siendo acelular en la porción coronal de la raíz, mientras que en la mitad apical radicular está formado por una mezcla de cemento celular y acelular. Son importantes las variaciones de este parámetro en relación con la zona de la raíz que se estudia, siendo máxima en el ápex y mínima en las proximidades de la unión amelocementaria.

Diversos autores han estudiado estos cambios en piezas dentales extraídas, y los han relacionado en fórmulas matemáticas que, con mayor o menor precisión, se emplean para la estimación de la edad dental. El primer método morfológico científico, llevado a cabo sobre cortes de dientes, fue

presentado por Gustafson (1950), quien valoró macroscópicamente seis parámetros: atrición (A), formación de dentina secundaria (S), recesión periodontal (P), aposición de cemento (C), reabsorción radicular (R) y transparencia radicular (T). Estos parámetros se estudian con lupa binocular, atribuyéndoles valores que oscilan de 0 a 3 puntos. Con la suma de estos seis parámetros, obtuvo una recta de regresión que permitía estimar la edad. Aplicando la fórmula siguiente: $\text{Edad} = 11,43 + 4,56x$, se consigue una estimación de la edad con un error aproximado de ± 10 años.

Posteriormente ha sido criticado por muchos autores y razones, entre las que hay que destacar el no haber tenido en cuenta que los distintos parámetros pueden influir de manera diferente en el cálculo de la edad, y el hecho de aplicar una única fórmula para cualquier diente. Más tarde Johanson (1971), estudió también los seis cambios estructurales relacionados con la edad. Aplicó un análisis estadístico de regresión múltiple y estableció una fórmula general, cuyos parámetros contribuyeron en el cálculo de la edad. La fórmula es la siguiente: $\text{Edad} = 11,02 + (5,14 \times A) + (2,3 \times S) + (4,14 \times P) + (3,71 \times C) + (5,57 \times R) + (8,98 \times T)$. Esta aportación permitió una mayor exactitud en el cálculo de la edad que el método de Gustafson.

Solheim (1993) propuso una fórmula para cada tipo de diente, eligiendo para cada uno de ellos los parámetros que tengan una correlación más fuerte con la edad. Así, en el primer premolar superior, el cálculo de la edad se basa en la aplicación de la siguiente fórmula: $\text{Edad} = 8 + (7,3 \times \text{CEST}) + (4,1 \times \text{SJ}) + (1,4 \times \text{TID})$; donde *CEST* es el color estimado del diente por comparación con una guía de colores; *SJ*, la formación de dentina secundaria medida según el método de Johanson, y *TID*, la medida de la longitud (mm) de la dentina transparente en el diente intacto. La aplicación de este método requiere frecuentemente la preparación del diente, que consiste en un desgaste con pieza de mano y fresa en sentido longitudinal, desde mesial a distal, hasta el área medio pulpar, consiguiendo un corte en sentido vestíbulo lingual. Esta técnica, descrita

en 1984 y llamada técnica del medio diente, evita que se pierdan los ápices que presentan curvatura, como ocurría con la técnica del corte fino que se realizaba en el método de Gustafson. Una vez preparado el diente, se miden los diferentes parámetros bajo un estereomicroscopio (lupa) y la ayuda de un planígrafo. El método supuso una innovación y avance dentro de los métodos morfológicos de estimación de la edad a través del estudio dentario. En el Departamento de Medicina Legal de la Universidad de Granada se ha desarrollado un sistema de medición incorporando un programa informatizado aplicado sobre imágenes digitalizadas de cortes de las piezas, permitiendo analizar de forma automática las distintas estructuras dentarias y sus tamaños, disminuyendo el error propio de la subjetividad del operador (Mandojana *et al.*, 2001).

En sujetos vivos se usan métodos no invasivos y no destructivos que permiten el estudio directamente sobre el sujeto sin la necesidad de la extracción del diente. Clásicamente se ha valorado el grado de atrición de las superficies incisales y oclusales de los dientes, y se ha correlacionado con la edad. También se han propuesto métodos de estimación de la edad en adultos valorando los cambios morfológicos dentarios mediante estudios radiográficos sobre radiografías intraorales o panorámicas (Kvaal *et al.*, 1995; Cameriere *et al.*, 2012), o tomografía computarizada (Jensen *et al.*, 2020). La mayoría de esas investigaciones se basan en la medición del estrechamiento de la cavidad pulpar debido a la formación de dentina secundaria con la edad, realizándose el cálculo de la relación entre el área de la pulpa y el diente, en muestras de diverso origen poblacional.

4. Otras técnicas complementarias en la identificación: De la diversidad de los patrones dentarios a la superposición facial.

En los últimos años, muchos autores han abogado por un cambio de paradigma en las ciencias forenses, virando desde un modelo arraigado en la percepción humana y el juicio subjetivo, hacia métodos más rigurosos basados en datos, mediciones cuantitativas y modelos estadísticos (Saks, Koehler, 2005; Morrison, 2022).

Como ya ha quedado expuesto con anterioridad, el tejido mineralizado y, en particular el tejido dentario, por su alta resistencia a los cambios post mortem y a los agentes externos, su estudio es de una gran ayuda en la identificación. En este sentido, el grado de individualidad en la dentición humana se puede cuantificar desde dos perspectivas diferentes: evaluando por separado cada característica dental (morfológica, patológica o terapéutica) que pueda considerarse rara o extraordinaria, o evaluando combinaciones particulares de características de la dentición para discernir patrones dentales distintivos. Este último modelo ha resultado muy atractivo para los odontólogos forenses, y se han llevado a cabo estudios sobre la diversidad dental, la mayoría de ellos, basados en la observación empírica de grandes bases de datos de poblaciones de referencia (Adams, 2003a). Analizando *la diversidad de patrones dentales* en una población determinada, se pueden realizar los cálculos de probabilidad para la identificación forense (Adams, 2003a, 2003b; Martín de las Heras *et al.*, 2010).

De hecho, en un esfuerzo por determinar el potencial discriminatorio de la dentición, se han realizado varios estudios sobre la diversidad de patrones dentales en diferentes poblaciones partiendo de los resultados de las encuestas nacionales de salud oral (Martín de las Heras *et al.*, 2010; Biazovic *et al.*, 2011), o sobre poblaciones militares (Guimarães *et al.*, 2017; Martínez-Chicón *et al.*, 2023). De estos trabajos se puede concluir que las diferentes características clínicas registradas en los odontogramas, constituyen patrones dentales que son lo suficientemente diversos como para suponer una ayuda importante en la identificación humana, con una alta capacidad de discriminación. Además, se ha demostrado que los tratamientos dentales hacen que los patrones dentales sean más diversos e individualizados con la edad. Por lo tanto, se deben hacer más esfuerzos para establecer grandes conjuntos de datos de patrones dentales actualizados periódicamente en diferentes poblaciones, incluidas las militares, para corroborar la certeza de la identificación dental (es decir, la

probabilidad de que dos individuos puedan compartir el mismo patrón dental), a través de los estudios de la diversidad de patrones dentales.

Entre los métodos de identificación forense basados en el estudio del esqueleto, la *superposición craneofacial* es posiblemente el que supone un mayor desafío (Iskan y Helmer, 1993; Stephan, 2009). Esta técnica implica la superposición de una imagen de un cráneo con una o más fotografías ante mortem del rostro de un individuo y el análisis de sus correspondencias morfológicas. El proceso del solapamiento cráneo-cara se lleva a cabo normalmente mediante la localización y marcado de una serie de puntos anatómicos en el cráneo (craneométricos) y en la cara (cefalométricos), pudiéndose así comparar dos objetos de naturaleza diferente, la cara y el cráneo.

En el año 2020, el consorcio MEPROCS, que involucró a los principales expertos e investigadores en superposición craneofacial a nivel mundial, publicó el Handbook on Craniofacial Superimposition que se puede considerar la primera guía integral sobre este valioso método de identificación (Damas, Cordon, Ibanez, 2020). Los procedimientos y técnicas aplicados a la superposición craneofacial diferencian tres etapas consecutivas (Damas *et al.*, 2015; Huete *et al.*, 2015): (i) Adquisición y procesado del cráneo o de sus modelos en 3D, y de las fotografías ante mortem sobre las que se realiza el marcado de los puntos antropométricos; (ii) Realización de técnicas de superposición cráneo-fotografía para cada fotografía disponible; (iii) Toma de decisiones en base a la correlación morfológica entre el cráneo y la cara, el emparejamiento de los puntos craneométricos y los cefalométricos, teniendo en cuenta los valores de grosor de tejido blando, y la consistencia de asimetrías existentes en el cráneo y la cara (Damas *et al.*, 2015).

Pese a los grandes avances que han supuesto las nuevas técnicas de superposición en 3D, aún en nuestros días, sigue siendo una técnica de aplicación controvertida entre la comunidad científica, sin que se alcance

un consenso respecto a su fiabilidad. Mientras que algunos autores la califican como una técnica adecuada para la identificación positiva; otros consideran que es más apropiada para la exclusión de candidatos o como un método complementario asociado a otros procedimientos de identificación.

5. Técnicas informáticas y computarizadas aplicadas al análisis de las huellas por mordeduras humanas.

Las mordeduras pueden considerarse marcas figuradas o huellas dejadas por los dientes de humanos o de animales sobre un sustrato, que puede ser la piel de sujetos vivos, cadáveres u objetos inanimados relativamente blandos. Se pueden analizar usando métodos similares a los empleados para comparar otros indicios físicos o impresiones en los que la comparación física de marcas producidas por instrumentos implica una medida y comparación detallada de los modelos de la huella con los modelos de una determinada herramienta. El análisis se basa en que las impresiones dejadas por los dientes, que generalmente es la piel de la víctima, poseen unas características individualizadoras que pueden ser empleadas para la identificación del individuo que causó la herida.

La problemática medicolegal de las mordeduras es amplia y debe dar respuesta a cuestiones comunes que se presentan en otros campos de la identificación, como el diagnóstico de especie y de individuo. Una evaluación medicolegal completa de la mordedura puede colaborar en la resolución de otros problemas en el campo de la patología forense, como la violencia en la agresión, la secuencia en la producción de las mordeduras, vitalidad o no de las lesiones y la data de estas (Valenzuela, Martín de las Heras, 2018).

En el análisis de las huellas por mordeduras existen varios problemas que lo hacen especialmente complejo, limitando prácticamente su estudio a los especialistas (odontólogos forenses). El primero es la dificultad del reconocimiento de las mordeduras, que pueden pasar desapercibidas en

una primera exploración. Esta dificultad radica, esencialmente, en los diferentes tipos de lesiones que pueden producir los dientes, incluyendo, según la intensidad de la agresión: eritemas, equimosis, abrasiones lineales, laceraciones y pérdida de sustancia de los tejidos blandos. La segunda dificultad en el análisis de este tipo de huellas es que pueden adoptar formas y patrones múltiples, ya que se trata de una agresión por parte de un instrumento móvil, como es la boca, y particularmente la mandíbula, al incidir sobre una superficie generalmente móvil y blanda, como es el cuerpo de la víctima. Además, si la agresión es sobre la piel, el problema puede ser aún mayor, ya que es un material inadecuado para mantener las marcas, además de no ser un buen soporte para la posterior toma de impresiones.

De hecho, quizá el principal problema limitante en el análisis de las heridas por mordeduras se refiere a la calidad de la impresión de las características individualizadoras del sujeto dejadas sobre la piel de la víctima; bien porque no es posible distinguir con claridad las características de clase e individualizadores de la dentadura del agresor, o bien por el bajo grado de detalle en la fotografía de la herida, no siendo posible la realización de la comparación de patrones, ni la superposición de imágenes y, por tanto, no se pueden derivar conclusiones sobre la identidad del agresor, careciendo por tanto de valor forense.

Hasta el momento presente no ha sido posible demostrar que los patrones dentales que se pueden recoger en una huella por mordedura sean únicos o diferenciables a nivel individual. Puede haber algunos casos excepcionales en los que, por malposiciones dentales, ausencias de piezas, o presencia de características individualizadoras extraordinarias (es decir, que se dan en una proporción muy baja en la población general), se pudiera resolver algún caso. En dos informes recientes publicado por el NIST de

Estados Unidos¹⁶, se concluyó que las impresiones dentales en piel humana no registrarán suficientes detalles para hacer una identificación a nivel individual y que el método de registro fotográfico no capta las características necesarias para el análisis dado que ese método no puede determinar la fuerza de la mordida, la profundidad de la herida, o el movimiento durante la mordida. Además, se puso en evidencia que una misma dentadura puede generar huellas de mordedura diferentes en un mismo sujeto, dependiendo de la zona de la mordedura, y la distorsión de las impresiones dejadas en la piel de la víctima (Lewis, Marroquin, 2015). En un trabajo realizado sobre simulación de mordeduras con la misma dentadura, sobre un cadáver embalsamado (Bush *et al.*, 2009), de las 23 mordeduras realizadas, ninguna de ellas fue idéntica y, en algunos casos, se apreciaron cambios importantes de las mediciones de los arcos dentales debidas a la distorsión.

En el informe publicado por la National Academy of Sciences¹⁷, conocido como el NAS-Report, se recoge que la comparación de huellas de mordedura es el área más controvertida dentro de la Odontología Forense, existiendo un gran desacuerdo entre la comunidad científica acerca del valor y la validez científica de comparar e identificar huellas de mordedura. Las razones fundamentales en las que se basa para hacer esta afirmación se refieren a que las huellas de mordedura en la piel cambian con el tiempo y pueden estar distorsionadas por la elasticidad de la piel, los desniveles de la superficie de la mordedura, la hinchazón y los procesos de curación. También se incluyen otras dificultades prácticas, tales como la distorsión

¹⁶ Reczek KK. Standards and Guidelines in Forensic Odontology. NIST, National Institute of Standards and Technology, US Department of Commerce, Septiembre 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8352sup2>.

Sauerwein K, Butler JM, Reed C, Reczek KK. Bitemark Analysis: A NIST Scientific Foundation Review. US Department of Commerce, Octubre 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8352-draft>

¹⁷ Committee on identifying the needs of the Forensic Sciences Community. National Research Council of the National Academies. Strengthening Forensic Sciences in the United States: A Path Forward. The National Academy Press, Washington, D.C. USA, 2009.

en las fotografías, y los cambios en el tiempo de la dentadura del sospechoso, que puede limitar la exactitud de los resultados.

En un estudio realizado por Saks *et al.* (2016), se ha cuestionado sobre la admisibilidad de esta prueba en los tribunales de justicia y las declaraciones en juicio de los peritos forenses, que tienen que conocer bien los límites de sus testificales y el valor de la prueba. Estos autores realizan una revisión de los principales factores que condicionan la interpretación de las heridas por mordeduras e insisten en los cambios de la configuración de la huella dependiendo de la posición de la parte del cuerpo en la que incida la mordedura, siendo especialmente llamativo en las extremidades superiores, variando cuando el brazo se encuentra por encima de la cabeza o estando extendido a lo largo del cuerpo.

En septiembre de 2016 se publicó el informe PCAST¹⁸, realizado por el Comité de Asesores en Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos de América, sobre la validez de los métodos científicos comparativos en las ciencias forenses en casos judiciales penales.

En relación con el análisis de las mordeduras, se concluye en el informe PCAST que el análisis comparativo de las mordeduras carece de los fundamentos científicos necesarios para justificar su validez como prueba, por lo que anima a la comunidad científica forense a seguir trabajando para alcanzar dichos estándares científicos. Las principales dificultades radican en que los examinadores no coinciden sobre si se trata o no de una herida por mordedura y, en segundo lugar, no pueden confirmar de manera rotunda la identidad del agresor.

Podríamos asumir y aceptar que la dentadura humana es única para cada sujeto y, en consecuencia, también sería única la huella dejada por sus

¹⁸ Executive Office of the President. President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST). Report to the President: Forensic Science in Criminal Courts: Ensuring Scientific Validity of Feature-Comparison Methods. Washington. 2016. Disponible la traducción en español en: <https://revistes.udg.edu/quaestio-facti/article/view/22743/26429>

dientes. Ahora bien, no disponemos de suficientes bases de datos con estudios poblacionales que nos permitan obtener, en algunas ocasiones, conclusiones absolutamente certeras de una identificación positiva de un presunto agresor. En este campo forense, el testimonio de los peritos está generalmente fundamentado en su experiencia, y su método particular de aplicación del análisis de las mordeduras. Algunas condenas, basadas principalmente en huellas de mordedura han sido anuladas como resultado de la aportación de otras pruebas contundentes que la contradice, generalmente con el ADN, como ha sido puesto de manifiesto en decenas de casos en el Inocent Project¹⁹.

Estos aspectos no invalidan completamente la utilidad del análisis de las huellas por mordeduras, pero enfatizan la necesidad de un reconocimiento rápido de las mordeduras, una técnica impecable de recogida de estas, un análisis cuidadoso y completo de todos los indicios disponibles, y un proceso de comparación objetivo y estandarizado que se ajuste a los protocolos y recomendaciones internacionales. Existen, por tanto, dos áreas de mejora necesarias en el análisis de las huellas por mordeduras que deben dirigir las investigaciones forenses en el futuro: (i) Conocer la variabilidad de los patrones dentales dejados sobre piel humana en distintas localizaciones corporales por una misma dentadura, así como por otras dentaduras en el mismo soporte; y (ii) Desarrollar métodos de comparación y superposición de imágenes más objetivos, validados, y verificados por la comunidad científica forense sobre bases de datos amplias.

Aunque los estándares de calidad científica en el análisis y la valoración médico-forense de las huellas de mordedura pueden variar entre países, existe un amplio consenso en la comunidad científica internacional de que, dada la enorme complejidad de esta pericial, es altamente recomendable seguir el protocolo consensuado por la ABFO contenido en el manual

¹⁹ Inocent project, New York, Disponible en: <https://innocenceproject.org>

titulado *Standards and the Guidelines for Evaluating Bitemarks*²⁰. En este protocolo se describe todo el procedimiento de análisis de las mordeduras, siendo el último paso la comparación de la mordida desconocida encontrada en la víctima, generalmente partiendo de las fotografías a tamaño real de la herida en la piel, con la huella dentaria que se obtiene a partir de los modelos en yeso del sospechoso o sospechosos.

El proceso de comparación se realiza siguiendo dos abordajes complementarios:

(i) *Análisis métrico* en la fotografía de la huella y sobre los dientes de los modelos del sospechoso. La finalidad de este paso es conseguir detectar rasgos individualizadores medibles que permitan una comparación (expresada en unidades de medida) entre la huella por mordedura y las dentaduras de los posibles actores de aquella. Es necesario, por tanto, medir las marcas dentarias identificadas en la fotografía de la mordedura que correspondan con estructuras anatómicas concretas, que definan los rasgos y las características específicas. Las medidas más frecuentes que se realizan sobre las dos arcadas dentarias incluyen el tamaño de las arcadas, la anchura y la longitud de cada diente, el espacio entre ellos, los diámetros mesiodistales de cada uno de los dos incisivos centrales e incisivos laterales, la distancia máxima en línea recta de las piezas dentarias del grupo anterior en su conjunto (se mide la cuerda del arco que forman), la distancia en línea recta entre las cúspides de los caninos contralaterales (distancia intercanina), las rotaciones y malposiciones de los dientes, y, en general, cualquier característica individualizadora (fracturas, restauraciones, etc.). También se han aplicado técnicas de morfometría para el análisis de las mordeduras que presentan indentaciones (Martín de

²⁰ American Board of Forensic Odontology (ABFO) Standards and Guidelines for Evaluating Bitemarks. 2018. Disponible en: <http://abfo.org/wp-content/uploads/2012/08/ABFO-Standards-Guidelines-for-Evaluating-Bitemarks-Feb-2018.pdf>

las Heras, Tafur, 2009; Martín de las Heras *et al.*, 2014; Molina, Martín de las Heras, 2014).

(ii) *Análisis comparativo* de las heridas por mordeduras y los modelos de las arcadas dentarias consistente en la superposición de los dientes del sospechoso sobre la fotografía de la mordedura. Para ello hay que generar una huella de los bordes de los dientes en un papel transparente, generalmente una transparencia de papel de acetato. Una de las técnicas más utilizadas para producir la transparencia de la huella dental, es escanear en 2D los modelos dentales. La superposición de las transparencias de acetato y las fotografías de las heridas se pueden hacer por superposición directa en papel o empleando el programa Adobe Photoshop®, que es el procedimiento más ampliamente usado y recomendado por el ABFO (Johansen y Bowers, 2000). Las técnicas bidimensionales tienen sus limitaciones, ya que el acto de morder es tridimensional y producido por dos elementos en movimiento; la víctima y la boca del agresor.

En los últimos años, se ha avanzado en el proceso de generación de las transparencias de acetato de las huellas de la mordedura partiendo de las imágenes en 3D de los modelos dentales. En este sentido, es importante resaltar la aportación realizada por el equipo de odontología forense de la Universidad de Granada que ha desarrollado el programa informático DentalPrint®, realizado por un equipo multidisciplinar formado por odontólogos forenses e informáticos, y que conllevó publicaciones científicas en revistas de reconocido prestigio de nuestra especialidad (Martín de las Heras *et al.*, 2005, 2007). Los modelos en yeso de las dos arcadas dentarias se escanean en 3D y el programa los incorpora directamente en su interfaz, permitiendo la posibilidad de selección precisa, objetiva y automática de los bordes de los dientes, y la generación de diversas huellas de mordida en función de la presión ejercida (intensidad de la mordida), y la desviación de la mordida. Las huellas generadas están ajustadas y corresponden a una relación 1:1, con el tamaño

de los modelos dentales. La superposición de las transparencias generadas sobre las fotografías de las heridas se realiza utilizando el programa Adobe Photoshop®. En conclusión, el programa DentalPrint® aporta una serie de mejoras al proceso clásico de creación de transparencias partiendo de modelos dentales escaneados en 2D, suponiendo un avance importante en la construcción de una prueba de base científica, aunque aún quedan grandes retos para lograr una prueba convincente para el perito forense (Daily, 2011; Bush, Bush, 2011).

6. Contribución de la Inteligencia Artificial al progreso en la Medicina Legal y Forense.

En los últimos años se han realizado multitud de estudios basados en técnicas de inteligencia artificial (IA) en el campo forense, planteando nuevos desafíos y poniendo en evidencia las ventajas e inconvenientes del uso de metodologías de IA para resolver algunos problemas forenses (Galante et al., 2023). Específicamente, la tecnología de IA ha tratado de superar las limitaciones del sesgo subjetivo del perito forense que es habitual en las ciencias forenses. Este enfoque requiere tiempo, esfuerzo y experiencia de parte de los expertos forenses en la extracción manual de la información y la obtención de conclusiones basadas en distintas ramas del conocimiento como la medicina, biología, antropología, odontología, patología, o genética (Taylor, Powers, 2018; Peña *et al.*, 2020; Khanagar *et al.*, 2021).

Uno de los objetivos de la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en las ciencias forenses, es la obtención de información a partir de conjuntos de datos masivos para mejorar el conocimiento, reducir la subjetividad y los errores humanos y, así poder proporcionar una mayor base científica que soporte la prueba científica forense y su admisibilidad en los tribunales de justicia. Además, las capacidades cognitivas de las habilidades humanas, modeladas mediante métodos computacionales, ofrecen nuevas herramientas para reforzar el método científico en la

ciencia forense, mejorar las competencias profesionales del perito forense, y proporcionar una opinión alternativa sobre un caso.

En este sentido se han propuesto aplicaciones innovadoras de IA en diferentes ramas de las ciencias forenses destacando, entre otras, la estimación del sexo a partir de mediciones morfométricas del esqueleto (Bewes *et al.*, 2019), el origen ancestral o ascendencia (Navega *et al.*, 2015), y el establecimiento de la edad a través de estudios antropológicos y dentales (Bewes *et al.*, 2019; Stern *et al.*, 2019; Mauer *et al.*, 2021). En odontología forense, la tecnología de inteligencia artificial se ha aplicado para predecir la edad y el sexo en base al estudio de las características dentales (Vila-Blanco *et al.*, 2020; Patil *et al.*, 2020; Esmaeilyfard, Paknahad, Dokohaki, 2021). También se han utilizado otras técnicas de IA aplicadas a los procedimientos de identificación humana mediante la comparación de registros dentales post mortem con registros dentales ante mortem, obtenidos a partir de ortopantomografías (Fan *et al.*, 2020), desarrollándose un modelo computacional que mostró una gran eficacia con una precisión del 97,7%, que pudiera tener relación con la gran cantidad de imágenes que se utilizaron para entrenar el modelo. Sin embargo, esta técnica muestra claras limitaciones para su aplicación rutinaria ya que se realizó sobre individuos vivos y no incluyó casos de dentición mixta.

En el análisis de mordeduras humanas se han realizado pocas investigaciones aplicando técnicas de IA. Mahasantipiya *et al.* (2011) realizaron un estudio con 250 imágenes de huellas de mordeduras de dientes inferiores, usando 100 de ellas para las pruebas. La precisión promedio del modelo, para la identificación de las huellas, fue del 82%. No obstante, es necesario un mayor número de estudios para mejorar el rendimiento en escenarios forenses reales. En conclusión, los odontólogos forenses podrían utilizar razonablemente la IA sólo para el aprendizaje de peritos altamente especializados, ya que su aplicación aún está lejos de

estar integrada entre los métodos utilizados actualmente en la práctica forense.

Quizá una de las herramientas más útiles de inteligencia artificial para la medicina forense, son las redes neuronales, ya que el reconocimiento de características singulares está automatizado dentro de la red y, en consecuencia, las observaciones son independientes de la subjetividad del explorador. También son sistemas extremadamente rápidos, no requieren ninguna experiencia especializada y tardan milisegundos en clasificar las características morfológicas una vez que han sido entrenados. En concreto, la antropología y la odontología forense puede beneficiarse de estas técnicas de la IA, ya que las imágenes radiográficas y las mediciones post mortem tradicionales pueden estandarizarse fácilmente para entrenar el aprendizaje automático, para la predicción del sexo y la estimación de la edad.

Recientemente se han realizado investigaciones sobre modelos de IA con redes neuronales en patología forense para la identificación de ciertas causas de muerte entre las que se incluyen, el diagnóstico de la sumersión mediante el reconocimiento de diatomeas; el diagnóstico post mortem sobre imágenes macroscópicas y microscópicas; la identificación de lesiones cerebrales severas, y el diagnóstico del hemopericardio (Galante *et al.*, 2023). La estimación del intervalo post mortem es otro tema de gran interés para los patólogos forenses; sin embargo, pocos estudios se han centrado en el uso potencial de la IA para estimar el tiempo transcurrido desde la muerte (Cantürk, Ozyilmaz, 2018; Zhang *et al.*, 2019). En particular, el intervalo post mortal es más difícil de evaluar cuando la putrefacción está avanzada. También se han propuesto modelos de aprendizaje para establecer la data de los hematomas en una muestra de personas vivas, mostrando un alto rendimiento en la clasificación de las imágenes, arrojando los mejores resultados en la identificación de casos de hematomas recientes (Tirado, Mauricio, 2021). En conclusión, en el campo de la patología forense, existen grandes limitaciones al uso de estas

técnicas de IA como consecuencia de los cambios post mortem que ocurren el cadáver, la imposibilidad de crear grandes conjuntos de bases de datos, y el alto grado de subjetividad de los patólogos forenses, que son quienes tienen que entrenar a las máquinas. Por todas estas razones, en el momento actual no es posible la aplicación de la IA a la rutina de los procedimientos en patología forense.

En el campo de la genética forense, el empleo de técnicas de IA, con métodos bioinformáticos, algoritmos matemáticos y cálculos estadísticos automáticos, está resultando de gran utilidad para procesar e interpretar grandes bases de datos (Moretti *et al.*, 2017), si bien siempre resultará imprescindible la opinión del genetista forense para la interpretación final de los resultados.

Como conclusión hay que mencionar que hoy en día todavía quedan muchas preguntas abiertas sobre la viabilidad real de la aplicación de la inteligencia artificial en las ciencias forenses, de hecho, aún no es posible explicar completamente los procesos que caracterizan la forma en que los métodos computacionales, elaboran y transforman los datos en resultados que sean fiables e interpretables. Además, estos modelos deben entrenarse con grandes conjuntos de datos de calidad para lograr un rendimiento eficaz. Muchos estudios han mostrado resultados prometedores para aplicaciones futuras; sin embargo, esta tecnología avanzada aún está lejos de integrarse entre los métodos que se utilizan actualmente en la práctica forense diaria.

Por último, la confiabilidad y la integridad de los sistemas de IA son esenciales para garantizar que las tecnologías de IA funcionen por el bien de las sociedades, la justicia y el medio ambiente, especialmente en el campo forense. Por estos motivos, junto con las muchas ventajas que presentan estos modelos computacionales, también generan riesgos y desafíos negativos, derivados del uso malicioso de la tecnología o de una confiabilidad insuficiente, siendo necesaria una reflexión profunda sobre

si la inteligencia artificial realmente va a sustituir, diversificar o complementar, y ampliar, respuestas y soluciones ya conocidas a antiguas cuestiones forenses (Spivak, Shepherd, 2021).

III. Epílogo.

Excelentísimo Señor Presidente, Ilustrísimos Señores Académicos, al final de este discurso quisiera de nuevo agradecerles el inmenso honor que me han otorgado al admitirme como académica en esta institución. He pretendido ofrecerles una visión panorámica de los logros más importantes ocurridos en la Medicina Legal y Forense en los últimos cincuenta años, pasando someramente por las principales contribuciones científicas que han tenido mayor impacto práctico en la interpretación de las pruebas periciales forenses. También en mi discurso he dejado planteados algunos retos desafiantes para el desarrollo futuro de la Medicina Legal y Forense, que nos seguirá demandando esfuerzo, honestidad y trabajo.

De alguna forma, quisiera concluir como empecé, enfatizando la relevancia de la prueba pericial forense como el eje central sobre el que pivota nuestra actividad medicolegista. Permítanme que parafrasee las palabras del doctor Antoine Louis, quien ya hace más de dos siglos, enunciaba *que si sublime es el cometido de los médicos de curar y aliviar a los seres humanos cuando padecen el infortunio de la enfermedad, no resulta menos noble, cuando actúan como peritos judiciales.*

Junto a este orgullo de desempeño de esta tan noble tarea, se une la responsabilidad que tenemos, desde las posiciones que desempeñamos, de contribuir de la mejor forma posible a la aplicación de una justicia ecuánime y a la construcción de un mundo mejor.

He dicho.

IV. Bibliografía.

Adams BJ. Establishing personal identification based on specific patterns of missing, filled, and unrestored teeth. *J Forensic Sci.* 2003a, 48: 487-96.

Adams BJ. The diversity of adult dental patterns in the United States and the implications for personal identification. *J Forensic Sci.* 2003b, 48: 497-503.

Aliferi A, Sundaram S, Ballard D, Freire A, Phillips C, Lareu MV, Court DS. Combining current knowledge on DNA methylation-based age estimation towards the development of a superior forensic DNA intelligence tool. *Forensic Sci Int Genet.* 2022, 57: 102637.

Ambroa A, Girón L, Mosquera A, Phillips C, Casares de Cal MA, Gómez A, Álvarez J, de la Puente M, Ruiz J, Lareu MV, Freire A. Epigenetic age estimation in saliva and in buccal cells. *Forensic Sci Int Genet.* 2022, 61:102770.

Ampanozi G, Halbheer D, Ebert LC, *et al.* Postmortem imaging findings and cause of death determination compared with autopsy: a systematic review of diagnostic test accuracy and meta-analysis. *Int J Legal Med.* 2020, 134:321-37.

Arzamendi D, *et al.* Increase in sudden death from coronary artery disease in young adults. *Am. Heart J.* 2011, 161: 574-80.

Baldari B, Vittorio S, Sessa F, Cipolloni L, Bertozzi G, Neri M, *et al.* Forensic application of monoclonal anti-human glycophorin A antibody in samples from decomposed bodies to establish vitality of the injuries. A Preliminary Experimental Study. *Healthcare (Basel).* 2021: 9.

Bassed RB, Briggs C, Drummer OH. Age estimation and the developing third molar tooth: an analysis of an Australian population using computer tomography. *J Forensic Sci.* 2011, 56: 1185-91.

Bassed RB, Drummer OH, Briggs C, Valenzuela A. Age estimation and the medial clavicular epiphysis: analysis of the age of majority in an Australian population using computed tomography. *Forensic Sci Med Pathol.* 2011, 7: 148-54.

Batalis NI, Marcus BJ, Papadea CN, Collins KA. The role of postmortem cardiac markers in the diagnosis of acute myocardial infarction. *J Forensic Sci.* 2010, 55: 1088–1091.

Bewes J, Low A, Morphett A, Pate FD, Henneberg M. Artificial intelligence for sex determination of skeletal remains: application of a deep learning artificial neural network to human skulls. *J Forensic Leg Med.* 2019, 62:40-3.

Bekaert B, Kamalandua A, Zapico SC, Van de Voorde W, Decorte R. Improved age determination of blood and teeth samples using a selected set of DNA methylation markers. *Epigenetics.* 2015, 10: 922-30.

Biazevic MGH, de Almeida NH, Crosato E, Michel-Crosato E. Diversity of dental patterns: application on different ages using the Brazilian National Oral Health Survey, *Forensic Sci Int.* 2011, 207: 240.e1–240.e9.

Bolliger SA, Thali MJ. Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. *Phil Trans R Soc B.* 2015, 370: 20140253.

Bonelli A, Bacci S, Vannelli GB, Norelli GA. Immunohistochemical localization of mast cells as a tool for the discrimination of vital and postmortem lesions. *Int J Legal Med.* 2003, 117: 14-8.

Bush MA, Miller RG, Bush PJ, Dorion RBJ. Biomechanical factors in human dermal bite marks in a cadaver model. *J Forensic Sci.* 2009, 54:167-76.

Bush MA, Bush P. Current context of bite mark. *Analysis and Research.* En: *Bite marks evidence: A color atlas and text*, Dorion RBJ, 2^a ed. 2011, Capítulo 20, pp: 303-16.

Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. *Forensic Sci Int.* 2012, 214:105-12.

Canturk I, Ozyılmaz L. A computational approach to estimate postmortem interval using opacity development of eye for human subjects. *Comput Biol Med.* 2018, 98:93-9.

- Cao J, An G, Li J, Wang L, Ren K, Du Q, Yun K, Wang Y, Sun J. Combined metabolomics and tandem machine-learning models for wound age estimation: a novel analytical strategy. *Forensic Sci Res.* 2023, 8: 50-61.
- Casse J-M, Martrille L, Vignaud J-M, Gauchotte G. Skin wounds vitality markers in forensic pathology: an updated review. *Med Sci Law.* 2016, 56: 128-37.
- Cecchi R. Estimating wound age: looking into the future. *Int J Legal Med.* 2010, 124: 523-36.
- Chaudière J. Some clinical and biochemical constraints of oxidative stress in living cells. En: Rice-Evans CA, Burdon RH (eds). *Free Radical Damage and its Control.* Elsevier Science, New York, 1994, pp 23-64
- Christensen A, Smith M, Gleiber D, et al. The use of x-ray computed tomography technologies in forensic anthropology. *FA.* 2018, 1:124-40.
- Chugh SS, Reinier K, Teodorescu C, *et al.* Epidemiology of sudden cardiac death: clinical and research implications. *Prog Cardiovasc Dis.* 2008, 51:213–28.
- Coe JI. Postmortem chemistries on human vitreous humor. *Am. J. Clin. Pathol.* 1969, 51:741-750.
- Coe JI. Vitreous potassium as a measure of the postmortem interval: an historical review and critical evaluation. *Forensic Sci Int.* 1989, 42: 201-213.
- Collados A, Bacci S, Luna A, Legaz I. Forensic impact of the omics science involved in the wound: a systematic review. *Front Med.* 2022, 8:786798.
- Cordeiro C, Ordóñez L, Lendoiro E, Febrero M; Nuno Vieira D, Muñoz JI. A reliable method for estimating the postmortem interval from the biochemistry of the vitreous humor, temperature, and body weight. *Forensic Sci Int.* 2019, 295:157-168.
- Correia Dias, H, Cunha E, Corte Real F, Manco L. Challenges and (Un)Certainties for DNAm Age Estimation in Future. *Forensic Sci.* 2022, 2: 601-14.

Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, Lynnerup N, Cattaneo C. The problem of aging human remains and living individuals: a review. *Forensic Sci Int*. 2009; 193:1-13.

Daily JC. Methods of Comparison. En: *Bitemarks evidence: A color atlas and text*, Dorion RBJ, 2ª ed. 2011, Capítulo 25, pp: 469-89.

Damas S, Cordon O, Ibañez O. *Handbook of craniofacial superimposition. The MEPROCS Project*. Springer, 2020.

Damas S, Wilkinson C, Kahana T, Veselovskaya E, Abramov A, Jankauskas R, Jayaprakash PT, Ruiz E, Navarro F, Huete MI, Cunha E, Cavalli F, Clement J, Leston P, Molinero F, Briers T, Viegas F, Imaizumi K, Humpire D, Ibañez O (II): Best practices proposal. *Forensic Sci Int*. 2015, 257: 504-8.

Dang L, Li J, Bai X, Liu M, Li N, Ren K, Cao J, Du Q, Sun J. Novel prediction method applied to wound age estimation: Developing a stacking ensemble model to improve predictive performance based on multi-mRNA. *Diagnostics*. 2023,13: 395.

De la Puente M, *et al.*, on behalf of the VISAGE Consortium. Development and Evaluation of the Ancestry Informative Marker Panel of the VISAGE Basic Tool. *Genes*. 2021,12:1284.

Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Hum Biol*. 1973, 45: 211-27.

De Tobel J, Hillewig E, Wijk M, Fieuws S, Haas MB, Rijn R, Thevissen PW, Verstraete KL. Staging clavicular development on MRI: pitfalls and suggestions for age estimation. *J Magn Reson Imaging*. 2020, 51:377-88.

Doménech P, Carbonell L, Pérez Cárceles MD, Falcón M, Luna A, Osuna E. Application of postmortem lipid peroxidation in heart tissue to the diagnosis of myocardial damage. *Int J Legal Med*. 2004, 118:19-23.

Du Q, Dong T, Liu Y, Zhu X, Li N, Dang L, Cao J, Jin Q, Sun J. Vitality markers in forensic investigations: a literature review. *Forensic Sci Med Pathol*. 2023,19:103-116.

Ebert LC, Franckenberg S, Sieberth T, Schweitzer W, Thali M, Ford J, Decker S. A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigations *Int J Legal Med.* 2021, 135:1855-1867.

Esmacilyfard R, Paknahad M, Dokohaki S. Sex classification of first molar teeth in cone beam computed tomography images using data mining. *Forensic Sci Int.* 2021, 318:110633.

Espósito A, Marchand E, Gauchotte G. Skin injuries in forensic histopathology: a descriptive study. *Forensic Sci Med Pathol.* 2023. <https://doi.org/10.1007/s12024-023-00610-9>

Evans WED. *The chemistry of death.* Springfield, Charles C. Thomas, 1963.

Fan F, Ke W, Wu W, Tian X, Lyu T, Liu Y, Liao P, Dai X, Chen H, Deng Z. Automatic human identification from panoramic dental radiographs using the convolutional neural network. *Forensic Sci Int.* 2020, 314:110416.

Fernández A, Sarquella G, Brugada J, Brugada R, Campuzano O. Cardiac channelopathies and sudden death: recent clinical and genetic advances. *Biology.* 2017, 6:7.

Freire A, Phillips C, Lareu MV. Forensic individual age estimation with DNA: from initial approaches to methylation tests. *Forensic Sci Rev.* 2017, 29: 121-144.

Freire A, Phillips C, Mosquera A, Girón L, Gómez A, Casares de Cal M, Álvarez J, Ansedé J, Torres M, Schneider PM, Pospiech E, Branicki W, Carracedo A, Lareu MV. Development of a methylation marker set for forensic age estimation using analysis of public methylation data and the Agena Bioscience EpiTYPER system. *Forensic Sci Int Genet.* 2016, 24: 65-74.

Freire A, Phillips C, Girón L, Mosquera A, Gómez A, Casares de Cal MA, Álvarez J, Lareu MV. Tracking age-correlated DNA methylation markers in the young. *Forensic Sci Int Genet.* 2018, 36: 50-59.

Galante N, Cotroneo R, Furci D, Lodetti G, Casali MB. Applications of artificial intelligence in forensic sciences: Current potential benefits, limitations, and perspectives. *Int J Legal Med.* 2023, 137: 445-58.

Garamendi PM, Landa MI. Determinación de la edad mediante la radiología. *Rev Es Med Legal*. 2010, 36/1:3-13.

Gill P. An assessment of the utility of single nucleotide polymorphisms (SNPs) for forensic purposes. *Int J Legal Med*. 2001, 114: 204-10.

González L, Valenzuela A, Marchal JA, Lorente JA, Villanueva E. Studies on RNA integrity and gene expression in human myocardial tissue, pericardial fluid and blood, and its postmortem stability. *Forensic Sci Int*. 2013, 232: 218-228.

González L, Valenzuela A, Ramos V, Blázquez A, Villanueva E. Cardiac troponin T determination by a highly sensitive assay in postmortem serum and pericardial fluid. *Forensic Sci Med Pathol*. 2016, 12:181-188.

González L, Márquez AB, Serrano MJ, Ramos V, Lorente JA, Valenzuela A. mRNA expression patterns in human myocardial tissue, pericardial fluid and blood, and its contribution to the diagnosis of cause of death. *Forensic Sci Int*. 2019, 302: 109876.

Gonsior M, Ramsthaler F, Gehl A, Verhoff M. Morphology as a cause for different classification of the ossification stage of the medial clavicular epiphysis by ultrasound, computed tomography, and macroscopy. *Int J Legal Med*. 2013, 127:1013–21.

Grassi S, Campuzano O, Coll M, Brión M, Arena V, Iglesias A, Carracedo Á, Brugada R, Oliva A. Genetic variants of uncertain significance: How to match scientific rigour and standard of proof in sudden cardiac death? *Leg Med*. 2020, 45: 101712.

Grassi S, Campuzano O, Coll M, Cazzato F, Sarquella-Brugada G, Rossi R, Arena V, Brugada J, Brugada R, Oliva A. Update on the diagnostic pitfalls of autopsy and post-mortem genetic testing in cardiomyopathies. *Int J Mol Sci*. 2021, 22: 4124.

Guimarães MI, Silveira A, Sequeira T, Goncalves J, Carneiro Sousa MJ, Valenzuela A. Forensic medicine and the military population: international dental records and personal identification concerns, *Acta Med. Port*. 2017, 30: 100-7.

- Gustafson G. Age determination on teeth. *J Am Dent Assoc.* 1950, 41:45-54.
- Haavikko K. Tooth formation age estimated on a few selected teeth. A simple method for clinical use. *Proc Finn Dent Soc.* 1974;70(1):15-9.
- Halliwell B. Reactive oxygen species in living systems: source, biochemistry, and role in human disease. *Am J Med.* 1991, 91:14-22.
- Heidegger A, Xavier C, Niederstätter H, de la Puente M, Pospiech E, Pisarek A, Kayser M, Branicki W, Parson W. VISAGE consortium, development, and optimization of the VISAGE basic prototype tool for forensic age estimation, *Forensic Sci Int Genet.* 2020 48: 102322.
- Henssge C. Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram. *Forensic Sci Int.* 1988; 38: 209-36
- Hernández-Cueto C, Lorente JA, Pedal I, Villanueva E, Zimmer G, Girela E, et al. Cathepsin D as a vitality marker in human skin wounds. *Int J Legal Med.* 1993, 106: 145-7.
- Hertz CL, *et al.*, Next-generation sequencing of 100 candidate genes in young victims of suspected sudden cardiac death with structural abnormalities of the heart. *Int J Leg Med.* 2016, 130: 91-102.
- Higgins D, Austin JJ. Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains: a review. *Sci Justice.* 2013, 53: 433- 441.
- Hillewig E, Degroote J, Van der Paelt T, Visscher A, Vandemaele P, Lutin B, D'Hooghe L, Vandriessche V, Piette M, Verstraete K. Magnetic resonance imaging of the sternal extremity of the clavicle in forensic age estimation: towards more sound age estimates. *Int J Legal Med.* 2013, 127: 677-89.
- Hofmeister U, Martin SS, Villalobos C, Padilla J, Finegan O. The ICRC AM/PM Database: Challenges in forensic data management in the humanitarian sphere. *Forensic Sci Int.* 2017, 279: 1-7.
- Hougen HP, Valenzuela A, Lachica E, Villanueva E. Sudden cardiac death: a comparative study of morphological, histochemical, and biochemical methods. *Forensic Sci Int.* 1992, 52: 161-169.

Huete MI, Kahana T, Ibáñez O, Wilkinson C. Past, present, and future of Craniofacial Superimposition: literature and international surveys. *Legal Med.* 2015, 17: 267-78.

Işcan MY, Helmer RP. Forensic analysis of the skull. Wiley-Liss, 1993.

Jensen ND, Cornejo P, Arge S, Bindslev DE, Lynnerup N. Odontological identification dental charts based upon postmortem computed tomography compared to dental charts based upon postmortem clinical examination. *Forensic Sci Med Pathol.* 2020, 16: 272-80.

Johanson G. Age determination from human teeth. *Odon Rev.* 1971, 22(Suppl 21): 40-126.

Johansen RJ, Bowers CM. Digital analysis of bite mark evidence using Adobe Photoshop®. Santa Barbara: Forensic Imaging Services, 2000.

Jung SE, Shin KJ, Lee HY. DNA methylation-based age prediction from various tissues and body fluids. *BMB Rep.* 2017, 50: 546-53.

Kayser M. Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. *Forensic Sci Int Genet.* 2015, 18: 33-48.

Khanagar SB, Vishwanathaiah S, Naik S, Al-Kheraif A, Devang-Divakar D, Sarode SC, Bhandi S, Patil S. Application, and performance of artificial intelligence technology in forensic odontology - a systematic review. *Leg Med (Tokyo).* 2021. 48:101826.

Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int.* 1995, 74: 175-85.

Krogman WM, Işcan MY. *The Human Skeleton in Forensic Medicine.* 2^a ed. Springfield: Charles C Thomas.1986.

Lachica E, Villanueva E, Luna A. Comparison of different techniques for the postmortem diagnosis of myocardial infarction. *Forensic Sci Int.* 1988a, 38: 21-6.

Lachica E, Villanueva E, Luna A. Regional study of free fatty acids and free carnitine behaviours in cardiac tissue in relation to different causes of death. *J Forensic Sci.* 1988b, 33:1483-1490.

Lagalla R. A brief history of forensic radiology. En: *Radiology in Forensic Medicine. From Identification to Post-Mortem Imaging.* Lo Re G, Argo A, Midiri M, Cattaneo C, eds., Springer Nature, Switzerland, 2020, pp: 1-2.

Lake AW, James H, Berketa JW. Disaster victim identification: quality management from an odontology perspective. *Forensic Sci Med Pathol.* 2012, 8: 157-63.

Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, Tavernier JC, Nossintchouk RM, Zerilli A. A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method. *J Forensic Sci.* 1992, 37:1373-9.

Lessig R, Rothschild M. International standards in cases of mass disaster victim identification (DVI). *Forensic Sci Med Pathol.* 2012, 8: 197-9.

Lewis C, Marroquin LA. Effects of skin elasticity on bite mark distortion. *Forensic Sci Int.* 2015, 257: 293-6.

Li N, Du Q, Bai R, Sun J. Vitality and wound-age estimation in forensic pathology: review and future prospects. *Forensic Sci Res.* 2018, 5: 15-24.

Lo Re G, Salerno S, Terranova MC, Argo A, Lo Casto A, Zerbo S, Lagalla R. Virtopsy and living individuals evaluation using computed tomography in forensic diagnostic imaging. *Semin Ultrasound CT MRI.* 2018, 40: 67-78.

López Gómez L, Gisbert Calabuig JA. *Tratado de Medicina Legal.* 3 volúmenes, 3ª ed., Valencia, Saber, 1972.

Lorente JA, Hernandez C, Villanueva E. Cathepsin D: a new marker of the vitality of the wound. *Z Rechtsmed.* 1987, 98: 95-101.

Lovell D, Vella K, Muñoz D, McKague M, Brereton M, Ellis P. Exploring technologies to better link physical evidence and digital information for disaster victim identification, *Forensic Sci Res.* 2022, 7: 467-83.

Lozano D, Rubio L, Santos I, Gaitán MJ, Viguera E, Martín de las Heras S. DNA degradation in human teeth exposed to thermal stress. *Sci Rep.* 2021, 11: 12118.

Luna A. Estudio del comportamiento bioquímico del líquido pericárdico en función de la causa de la muerte y del tiempo de agonía. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, 1980.

Luna A, Carmona A, Villanueva E. The postmortem determination of CK isozymes in the pericardial fluid in various causes of death. *Forensic Sci Int.* 1983, 22: 2330.

Luna A, Villanueva E, Castellano M, Jimenez G. The determination of CK, LDH and its isoenzymes in pericardial fluid and its application to the postmortem diagnosis of myocardial infarction. *Forensic Sci Int.* 1982, 19: 8591.

Madea B, Henssge C. Timing of death. En: *Forensic Medicine: Clinical and Pathological Aspects*, Payne-James J, Busuttill A, Smock W (Eds.), Greenwich Medical Media, London, 2003, pp. 91-114.

Madea B, Doberentz E, Jackowski C. Vital reactions – an updated overview. *Forensic Sci Int.* 2019, 305:110029.

Madea B, Saukko P, Musshoff F. Tasks of research in forensic medicine – different study types in clinical research and forensic medicine. *Forensic Sci Int.* 2007, 165: 92-97.

Madea B, Saukko P, Oliva A, Musshoff F. Molecular pathology in forensic medicine-Introduction. *Forensic Sci Int.* 2010, 203: 3-14.

Mahasantipiya PM, Yeesarapat U, Suriyadet T, Thaiupathump T. Bite mark identification using neural networks: a preliminary study. *Proc. Int. MultiConference Eng. Comput. Sci.*, Hong Kong, 2011.

Mandojana JM, Martín de las Heras S, Valenzuela A, Valenzuela M, Luna JD. Differences in morphological age-related dental changes depending on postmortem interval. *J Forensic Sci.* 2001, 46: 889-92.

Márquez AB, González L, Valenzuela A. Usefulness of telomere length in DNA human teeth for age estimation. *Int J Legal Med.* 2018, 132: 353-9.

Márquez AB, Treviño MC, González L, Sánchez B, González AR, Valenzuela A. Three-dimensional analysis of third molar development to estimate age of majority. *Sci Justice*. 2017, 57: 376-83.

Márquez AB, González L, Luna JD, Valenzuela A. DNA Methylation levels and telomere length in human teeth: usefulness for age estimation. *Int J Legal Med*. 2020, 134: 451-9.

Martín de las Heras S, Tafur D. Comparison of simulated human dermal bite marks possessing three-dimensional attributes to suspected biters using a proprietary three-dimensional comparison. *Forensic Sci Int*. 2009, 190: 33-7.

Martín de las Heras S, Tafur D, Bravo M. A quantitative method for comparing human dentition with tooth marks using three-dimensional technology and geometric morphometric analysis. *Acta Odontol Scand*, 2014, 72: 331-6.

Martín de las Heras S, Valenzuela A, Villanueva E. Deoxypyridinoline crosslinks in human dentin and estimation of age. *Int J Legal Med*. 1999, 112: 222-6.

Martín de las Heras S, Valenzuela A, Overall CM. Gelatinase A in human dentin as a new biochemical marker for age estimation. *J Forensic Sci*. 2000, 45: 807-11.

Martín de las Heras S, Valenzuela A, Bellini R, Salas C, Rubiño M, García JA. Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry. *Forensic Sci Int*. 2003, 132: 57-62.

Martín de las Heras S, Valenzuela A, Ogayar C, Valverde AJ, Torres JC. Computer-based production of comparison overlays from 3D-scanned dental casts for bite mark analysis. *J Forensic Sci*. 2005, 50: 127-33.

Martín de las Heras S, Valenzuela A, Valverde AJ, Torres JC, Luna JD. Effectiveness of comparison overlays generated with Dentalprint® software in bite mark analysis. *J Forensic Sci*. 2007, 52: 151-6.

Martín de las Heras S, García-Fortea P, Ortega A, Zodocovich S, Valenzuela A. Third molar development according to chronological age in populations from Spanish and Magrebian origin. *Forensic Sci Int*. 2008, 174: 47-53.

Martin de las Heras S, Valenzuela A, Luna JD, Bravo M. The utility of dental patterns in forensic dentistry. *Forensic Sci Int.* 2010, 195: 166.e1-166.e5.

Martín de las Heras S, Del Rey MA, Molina A, Rubio L. Spectrophotometric dental colour measurement to assess age in living adults. *Aust J Forensic Sci.* 2018, 52; 82-9.

Martínez-Chicón J, Márquez AB, González L, Luna JD, Valenzuela A. Dental pattern diversity in a military population and its usefulness for assessing the degree of certainty in dental identification. *Forensic Sci Inter.* 2023, 345:111609.

Mata, P. *Tratado de Medicina y Cirugía Legal. Teórica y Práctica.* Ed. Carlos Bailly-Bailliere, Madrid, 1857

Mauer MA, Well EJ, Herrmann J, Groth M, Morlock MM, Maas R, Saring D. Automated age estimation of young individuals based on 3D knee MRI using deep learning. *Int J Legal Med.* 2021, 135: 649-63.

McCord JM. Oxygen-derived free radicals in post-ischaemic tissue injury. *New Engl J Med.* 1985, 76: 159-63.

Meissner C, Ritz-Timme S. Molecular pathology and age estimation. *Forensic Sci Int.* 2010, 203: 34-43.

Mincer HH, Harris EF, Berryman HE. The ABFO study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. *J Forensic Sci.* 1993, 38: 379-90.

Molina A, Martin de las Heras, S. Accuracy of 3D Scanners in Tooth Mark Analysis. *J Forensic Sci.* 2014, 60: S222-S226

Moorees CF, Fanning EA, Hunt EE. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res.* 1963, 42: 1490-502.

Moretti TR, Just RS, Kehl SC, Willis LE, Buckleton JS, Bright JA, Taylor DA, Onorato A. Internal validation of STRmix™ for the interpretation of single source and mixed DNA profiles. *Forensic Sci Int Genet.* 2017, 29: 126-44.

Morrison GS. Advancing a paradigm shift in evaluation of forensic evidence: The rise of forensic data science. *Forensic Sci Int Synerg*. 2022, 5:100270.

Muñoz JI, Suárez JM, Otero XL, Rodríguez-Calvo MS, Costas E, Miguéns X, Concheiro L. A new perspective in the estimation of post-mortem interval (PMI) based on vitreous, *J Forensic Sci*. 2001, 46: 209-14.

Muñoz JI, Costas E, Rodríguez-Calvo MS, Suárez JM, Lopez-Rivadulla M, Concheiro L. A high-performance liquid chromatography method for hypoxanthine determination in vitreous humour: application to estimation of postmortem interval, *Hum Exp. Toxicol*, 2006, 25: 279-81.

Naue J, Sanger T, Hoefsloot HCJ, Lutz-Bonengel S, Kloosterman AD, Verschure PJ. Proof of concept study of age-dependent DNA methylation markers across different tissues by massive parallel sequencing. *Forensic Sci Int Genet*. 2018, 36:1 52-9.

Nolla CM. The development of the permanent teeth. *J Dent Child*. 1960, 27: 254-66.

Navega D, Coelho C, Vicente R, Ferreira MT, Wasterlain S, Cunha E. Ancestrees: ancestry estimation with randomized decision trees. *Int J Legal Med*. 2015, 129:1145.53.

Norberti N, Tonelli P, Giacconi C, et al. State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature. *Virchows Arch*. 2019, 475: 139-50.

O'Donnell C, Rotman A, Collett S, Woodford N. Current status of routine post-mortem CT in Melbourne, Australia. *Forensic Sci Med Pathol*. 2007, 3: 226-32.

Oehmichen M. Vitality and time course of wounds. *Forensic Sci Int*. 2004, 144: 221-31.

Ortiz JA, Suárez JM, Muñoz JI, Alvarez C, San Miguel P, Rodríguez MS, et al. Expression of fibronectin and tenascin as a demonstration of vital reaction in rat skin and muscle. *Int J Legal Med*. 2003, 117: 356-60.

Ortmann C, Pfeiffer H, Brinkmann B. A comparative study on the immunohistochemical detection of early myocardial damage. *Int J Legal Med.* 2000, 113:215–220.

Osuna E, Pérez Cárceles MD, Álvarez MV, Noguera J, Luna A. Cardiac troponin I (cTn I) and the postmortem diagnosis of myocardial infarction. *Int J Legal Med.* 1998, 111: 173-6.

Palencia L, Xavier C, de la Puente M, Hohoff C, Phillips C, Kayser M, Parson W. VISAGE consortium, evaluation of the VISAGE basic tool for appearance and ancestry prediction using PowerSeq chemistry on the MiSeq FGx system. *Genes.* 2020, 11: 708.

Palmieri VM, Zangani P. *Medicina legale e delle assicurazioni.* Napoli, Morano, 1982.

Pan AK, Chaudhari VA, Das S, Gochhait D, Sontakke YA, Harichandrakumar KT. Predictive accuracy of histopathological profile and immunohistochemical markers for the aging of abrasion: an autopsy-based study. *Forensic Sci Med Pathol.* 2023. <https://doi.org/10.1007/s12024-023-00611-8>

Parson W. Age estimation with DNA: From forensic DNA fingerprinting to forensic (Epi) genomics: a mini review. *Gerontology,* 2018: 64: 326-32.

Patil V, Vineetha R, Vatsa S, Shetty DK, Raju A, Naik N, Malarout N. Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: a comparative retrospective study. *Cogent Eng.* 2020, 7: 1-12.

Pekka S, Knight B. *Knight's Forensic Pathology. IV.* Taylor & Francis Group, editor. CRC Press, Washington, 2016.

Pennisi G, Torrisi M, Cocimano G, Esposito M, Salerno M, Sessa F. Vitality markers in forensic investigations: a literature review. *Forensic Sci Med Pathol.* 2023, 19: 103-16

Peña-Solórzano CA, Albrecht DW, Bassed RB, Burke MD, Dim-mock MR. Findings from machine learning in clinical medical imaging applications- lessons for translation to the forensic setting. *Forensic Sci Int.* 2020, 316:110538.

Pérez Cárceles MD, Osuna E, Vieira DN, Luna A. Usefulness of myosin in the postmortem diagnosis of myocardial damage. *Int J Legal Med.* 1995, 108: 14-18.

Pérez Cárceles MD, Noguera J, Jiménez JL, Martínez P, Luna A, Osuna E. Diagnostic efficacy of biochemical markers in diagnosis post-mortem of ischaemic heart disease. *Forensic Sci Int.* 2004, 142: 1-7.

Phillips C. Forensic genetic analysis of bio-geographical ancestry. *Forensic Sci Int Genet.* 2015, 18: 49-65.

Phillips C, Lareu MV, Salas A, Fondevila M, Berniel G, Carracedo A, Morling N, Schneider P, Syndercombe D. Population specific single nucleotide polymorphism. En: *Prog. Forensic Genet*, 10^a ed, Elsevier, 2004, pp. 233-5.

Poulsen K, Simonsen J, Computed tomography as routine in connection with medico legal autopsies. *Forensic Sci Int.* 2007, 171. 190–197.

Prieto JL, Barbería E, Ortega R, Magaña C. Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int J Legal Med.* 2005;119(6):349-54.

Ramos V, Valenzuela A, Villanueva E, Miranda MT. Antioxidant-related enzymes in myocardial zones and human pericardial fluid in relation to the cause of death. *Int J Legal Med.* 1997, 110: 1-4.

Rodríguez-Calvo MS, Brion M, Allegue C, Concheiro L, Carracedo A. Molecular genetics of sudden cardiac death. *Forensic Sci Int.* 2008, 182: 1-12.

Rodríguez C, Márquez AB, Garrido JL, Benghazi K, González L, Valenzuela A. Technical note: A mobile collaborative workspace to assist forensic experts in disaster victim identification scenarios. *Forensic Sci Int.* 2023, 344: 111601.

Ritz-Timme S, Cattaneo C, Collins MJ, Waite ER, Schutz HW, Kaatsch HJ, Borrman HI. Age estimation: the state of the art in relation to the specific demands of forensic practice. *Int J Legal Med.* 2000a, 113: 129-136.

Ritz-Timme S, Rochholz G, Schutz HW, Collins MJ, Waite ER, Cattaneo C, Kaatsch HJ. Quality assurance in age estimation based on aspartic acid racemisation. *Int J Legal Med.* 2000b, 114: 83-86.

Rocchi A, Chiti E, Maiese A, Turillazzi E, Spinetti I. MicroRNAs: an update of applications in forensic science. *Diagnostics*. 2020;11.

Rubio L, Santos I, Gaytan MJ, Martín de las Heras S. Time-dependent changes in DNA stability in decomposing teeth over 18 months. *Acta Odontol Scand*. 2013, 71: 638-43.

Ruiz J, *et al.*, on behalf of the VISAGE Consortium. Development and evaluations of the ancestry informative markers of the VISAGE Enhanced Tool for Appearance and Ancestry. *Forensic Sci Int Genet*. 2023, 64: 102853.

Sabatasso S, Moretti M, Mangin P, Fracasso T. Early markers of myocardial ischemia: from the experimental model to forensic pathology cases of sudden cardiac death. *Int J Legal Med*. 2018, 132: 197-203.

Saks MJ, *et al.* Forensic bitemark identification: weak foundations, exaggerated claims. *J Law Biosciences*. 2016, 538-75.

Saks MJ, Koehler JJ. The coming paradigm shift in forensic identification science. *Science*. 2005, 309: 892-5.

Saliminejad K, Khorshid HRK, Fard SS, Ghaffari SH. An overview of microRNAs: Biology, functions, therapeutics, and analysis methods. *J Cell Physiol*. 2019, 234: 5451-65.

Sánchez O, *et al.* Natural and Undetermined Sudden Death: Value of Post-Mortem Genetic Investigation. *PLoS ONE*. 2016, 11: e0167358

Spivak BL, Shepherd SM. Ethics, artificial intelligence, and risk assessment. *J Am Acad Psychiatry Law*. 2021, 49: 335-37.

Saukko P, Knight B. Evaluation of eosinfluorescence in the diagnosis of sudden cardiac death. *Forensic Sci Int*. 1989, 40:28590.

Sato Y, Ohshima T. The expression of mRNA of proinflammatory cytokines during skin wound healing in mice: a preliminary study for forensic wound age estimation (II). *Int J Legal Med*. 2000, 113:140-5.

Schmeling A, Olze A, Reisinger W, et al. Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *Lancet*. 2001, 358: 89-90.

Schmeling A, Schulz R, Reisinger W, Muhler M, Wernecke KD, Geserick G. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *Int J Legal Med*. 2004, 118: 5-8.

Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch H-J, Knell B, Ramsthaler F, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, Rosing FW, Rotzschker K, Geserick G. Criteria for age estimation in living individuals. *Int J Legal Med*. 2008, 122: 457-460.

Schmidt S, Ottow C, Pfeiffer H, Heindel W, Vieth V, Schmeling A, Schulz R. Magnetic resonance imaging-based evaluation of ossification of the medial clavicular epiphysis in forensic age assessment. *Int J Legal Med*. 2017, 131:1665-73.

Schour I, Massler M. The development of the human dentition. *J Am Dent Assoc*. 1941; 20: 379-427.

Schulz R, Muhler M, Mutze S, Schmidt S, Reisinger W, Schmeling A. Studies on the time frame for ossification of the medial epiphysis of the clavicle as revealed by CT scans. *Int J Legal Med*. 2005, 119: 142-5.

Schulz R, Zwiesigk P, Schiborr M, Schmidt S, Schmeling A. Ultrasound studies on the time course of clavicular ossification. *Int J Legal Med*. 2008, 122: 163-7.

Schulz R, Schiborr M, Pfeiffer H, Schmidt S, Schmeling A. Sonographic assessment of the ossification of the medial clavicular epiphysis in 616 individuals. *Forensic Sci Med Pathol*. 2013, 9: 351-7.

Scott L, Finley SJ, Watson C, Javan GT. Life and death: A systematic comparison of antemortem and postmortem gene expression. *Gene*, 2020: 731:144349.

Silk AW, Margolin K. Cytokine therapy. *Hematol Oncol Clin North Am*. United States. 2019, 33:261-74.

Sobrino B, Brión M, Carracedo A. SNPs in forensic genetics: a review on SNP typing methodologies. *For Science Int*. 2005, 154: 181-94.

Solheim T. A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Sci Int.* 1993, 59: 137-47.

Son GH, Park SH, Kim Y, Kim JY, Kim JW, Chung S, et al., Postmortem mRNA expression patterns in left ventricular myocardial tissues and their implications for forensic diagnosis of sudden cardiac death. *Mol. Cells.* 2014, 37: 241-247.

Spivak BL, Shepherd SM. Ethics, artificial intelligence, and risk assessment. *J Am Acad Psychiatry Law.* 2021, 49: 335-37.

Stephan CN. Craniofacial identification: techniques of facial approximation and craniofacial superimposition. En: Blau S, Ubelaker DH, editores. *Handbook of forensic anthropology and archaeology.* California: Left Coast Press. 2009, pp. 304-21.

Stern D, Payer C, Giuliani N, Urschler M. (2019) Automatic age estimation and majority age classification from multi-factorial MRI data. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2019, 23:1392-403.

Sturmer WQ. The vitreous humour: postmortem potassium changes. *The Lancet.* 1963, 1: 8078.

Taylor D, Powers D. Teaching artificial intelligence to read electropherograms. *Forensic Sci Int Genet.* 2018, 25:10-8.

Tester DJ, Medeiros A, Will ML, Haglund CM, Ackerman MJ. Cardiac channel molecular autopsy: Insights from 173 consecutive cases of autopsy-negative sudden unexplained death referred for postmortem genetic testing. *Mayo Clin Proc.* 2012, 87: 524-39.

Thali MJ, Yen K, Schweitzer W, Vock P, Boesch C, Ozdoba C, Schroth G, Ith M, Sonnenschein M, Doernhoefer T, Scheurer E, Plattner T, Dirnhofer R. Virtopsy. A new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) - A feasibility study. *J Forensic Sci.* 2003, 48: 386-403.

Tirado J, Mauricio D. (2021) Bruise dating using deep learning. *J Forensic Sci.* 2021, 66: 336-46.

Tolsgaard MG, Todsen T, Sorensen JL, Ringsted C, Lorentzen T, Ottesen B, Tabor A. International multispecialty consensus on how to evaluate ultrasound competence: a delphi consensus survey. *PLoS One*. 2013, 8:57687.

Torpet LA. DVI System International: software assisting in the Thai tsunami victim identification process. *J Forensic Odontostomatol*. 2005, 23:19-25.

Treviño, MC, Valenzuela, A, Elizondo R, Cerda RM, Vargas J, González F. Age estimation of teenagers from Monterrey (Mexico) by the evaluation of dental mineralization after multi-slice helical computed tomography. *Australian J Forensic Sci* 2016, 48: 138-149.

Tumanova UN, Shchegolev AI. The role and place of thanatoradiological studies in the pathological examination of fetuses and newborns. *Bull Exp Biol Med*, 2022. 173: 691-705.

Valenzuela A. Postmortem diagnosis of diabetes mellitus. Quantitation of fructosamine and glycated hemoglobin. *Forensic Sci Int*. 1988, 38: 203-8.

Valenzuela A. La odontología en la identificación de sucesos con víctimas múltiples. *Rev Esp Med Legal*. 2023, 49: 47-54.

Valenzuela A, Martín de las Heras, S. Odontología Forense. En Gisbert Calabuig Medicina Legal y Toxicología, E. Villanueva Cañadas (ed.), 7ª edición, Elsevier, Barcelona, 2018, pp. 1401-1413.

Valenzuela A, Hougen HP, Villanueva E. Lipoproteins and apolipoproteins in pericardial fluid: new postmortem markers for coronary atherosclerosis. *Forensic Sci Int*. 1994, 66: 81-88.

Valenzuela A, Martín de las Heras S, Marqués N, Expósito N, Bohoyo JM. The application of dental methods of identification to human victims in a mass disaster. *Int J Legal Med*. 2000, 113: 236-9.

Valenzuela A, Guerra E, Rufián JA, Márquez AB, Hougen HP, García-Villanova B. Differences in non-enzymatic glycation products in human dentine and clavicle: changes with aging. *Int J Legal Med*. 2018, 132:1749-58.

Van de Goot FRW, Korkmaz HI, Fronczek J, Witte BI, Visser R, Ulrich MMW, et al. A new method to determine wound age in early vital skin injuries: a probability scoring system using expression levels of Fibronectin, CD62p and Factor VIII in wound hemorrhage. *Forensic Sci Int*. 2014, 244:128-35.

Vidaki A, Kayser M. Recent progress, methods, and perspectives in forensic epigenetics. *Forensic Sci Int Genet*. 2018, 37:180-195.

Vila-Blanco N, Carreira MJ, Varas-Quintana P, Balsa-Castro C, Tomas I. Deep neural networks for chronological age estimation from OPG images. *IEEE Trans Med Imaging*. 2020. 39: 2374-84.

Villanueva E. Cronotanodiagnóstico: Métodos y Crítica. En: Estudios dedicados a Juan Peset Aleixandre. Tomo III. Universidad de Valencia, 1982, pp. 779809.

Villanueva Cañadas, E. Gisbert Calabuig: Medicina Legal y Toxicología, 7ª edición, Elsevier, Barcelona, 2018

Villanueva E, Rodríguez C, Benghazi K, Garrido JL, Valenzuela A. Applying information technology to forensic sciences. *Int J Leg Med*. 2012, 126: S1–S4.

Vivero G, Vivero-Salmerón G, Pérez Cárcelos MD, Bedate A, Luna A, Osuna E. Combined determination of glucose and fructosamine in vitreous humor as a post-mortem tool to identify antemortem hyperglycemia. *Rev Diabet Stud*, 2008, 5(4):220-4.

Widek T, De Tobel J, Ehammer T, Genet P. Forensic age estimation in males by MRI based on the medial epiphysis of the clavicle. *Int J Leg Med*. 2023, 137: 679-89.

Wright K, A. Mundorff A, Chaseling J, Forrest A, Maguire C, Crane DI. A new disaster victim identification management strategy targeting “near identification-threshold” cases: Experiences from the Boxing Day tsunami. *Forensic Sci Int*. 2015, 250: 91-7.

Xavier C, de la Puente M, Mosquera A, Freire A, Kalamara V, Vidaki A, Gross TE, Revoir A, Pospiech E, Kartasinska E, et al. Development and validation of

the VISAGE AmpliSeq basic tool to predict appearance and ancestry from DNA. *Forensic Sci Int Genet.* 2020, 48: 102336.

Zhang Y, Pechal JL, Schmidt CJ, Jordan HR, Wang WW, Benbow ME, Sze SH, Tarone AM. Machine learning performance in a microbial molecular autopsy context: a cross-sectional postmortem human population study. *PLoS ONE.*2019, 14: e0213829.

Zapico SC, Ubelaker DH. Applications of physiological bases of ageing to forensic sciences. Estimation of age-at-death. *Ageing Res Rev.* 2013, 12; 605-17.

**DISCURSO DE CONTESTACIÓN PRONUNCIADO
POR LA ACADÉMICA NUMERARIA
Excma. Sra. Doña MARÍA CASTELLANO ARROYO**

Excmo. Sr. Presidente, Excmos. e Ilustrísimos señores y señoras académicos, autoridades, amigos, familia de D^a Aurora Valenzuela Garach, bienvenidos al acto de su ingreso en esta Real Academia para recibir el sillón nº 34 de Medicina Legal, que ocupó previamente el profesor Enrique Villanueva Cañadas, mi maestro y su maestro, perteneciente a aquella clase de maestros de los que Alexandra Trefor decía “*que te enseñan dónde mirar, pero no te dicen qué tienes que ver*”; lo quisimos, lo admiramos y sigue en nuestro corazón.

Tomo la palabra en nombre de la Institución lo que representa un alto honor que agradezco a nuestro Presidente, y lo hago cuando llevo 52 años dedicada a esta especialidad médica. En ese dilatado tiempo he asistido a sus continuos cambios y he conocido personalmente a muchos de quienes los impulsaron y me hicieron partícipe de una aventura apasionante por su naturaleza y por el ritmo trepidante de dichos cambios. Era el Curso 1971-72 cuando descubrí a la Medicina Legal, en una Universidad que era la de las cátedras, los catedráticos, los maestros y los discípulos.

Al ingresar como Alumna interna tuve la suerte de encontrarme con el profesor D. Juan Antonio Gisbert Calabuig, con D. José Castilla Gonzalo y con D. Enrique Villanueva Cañadas; compartíamos 40 m² de despacho-biblioteca y unos espaciosos laboratorios, plagados de reactivos y preciosos instrumentos y aparatos de vidrio soplado y fina porcelana. D. Juan Antonio era autoridad científica, magisterio, elocuencia y acogimiento; D. José, el médico forense, amigo del magistrado al que servía (en el Juzgado de Baza) y ejemplo de claridad didáctica y D. Enrique, la inquietud científica de la Medicina Legal del futuro inmediato. Allí se hablaba de todo y yo asistía sorprendida, curiosa e interesada porque todo aquello empezaba a formar parte de mi vida. Así conocí el que entonces era el *panorama actual medicolegal español y europeo*, asociado a las sagas familiares o a las Escuelas científicas. En Madrid D. Bonifacio Piga Sánchez-Morate, hijo de D. Antonio Piga Pascual

que había llegado a la cátedra en 1942 y era discípulo de Maestre; en Barcelona D. Miguel Sales Vázquez, que accedió a la cátedra en 1950 y era discípulo de Manuel Saforcada; en Valencia D. Leopoldo López Gómez, maestro de D. Juan Antonio; en Santiago de Compostela D. José Pérez López-Villamil, que antes (1934-1940) había sido catedrático de Salamanca; ya ellos mencionaban a Luis Concheiro Carro que estaba en periodo de formación con el profesor Arsenio Nunes y Fernando Oliveira de Sá en el vecino Portugal; en Zaragoza estaba D. Valentín Pérez Argilés, discípulo de Bastero Lerga y anteriormente catedrático de Santiago de Compostela desde el año 1934; en Salamanca estaba D. Blas Aznar de la Escuela de Madrid, que accedió a la cátedra en 1968; en Sevilla D. José Domínguez, que había estado antes en Granada como discípulo de D. Ramón Álvarez de Toledo y sacó la cátedra de Cádiz en 1963, plaza que permutó con D. Cesáreo Remón Miranda, que llegó a Cádiz en 1968, discípulo del profesor Guija Morales, en una época en la que la Psiquiatría, aún permanecía como parte de la Medicina Legal en varias facultades y muchos de los catedráticos ejercían como psiquiatras. El mismo D. Juan José López Ibor había estudiado en Valencia, siendo discípulo de D. Juan Peset y catedrático de Medicina Legal de Santiago en 1932 y de Valencia en 1934, pasando a Madrid, poco después, como catedrático de Psiquiatría.

Cuando estos relatos de Don Juan Antonio, Don José y Don Enrique se remontaban al año 1940 aparecía un acontecimiento triste que todos lamentaban: el recuerdo de D. Juan Peset Aleixandre, catedrático de Valencia e iniciador de la más prestigiosa Escuela española en los años 20, de la que D. Juan Antonio procedía. Don Juan Peset, de familia de brillantes intelectuales liberales y militante de Izquierda republicana, había destacado como catedrático de Medicina Legal, Rector de Valencia y político de primera fila ostentando importantes cargos en la España republicana; despidió al presidente Negrín y al rector de Valencia en el aeródromo de Elda y se negó a acompañarlos al exilio, soportando después dos consejos de guerra y su ejecución el 24 de mayo de 1941. Este drama se mantenía como un recuerdo doloroso y conmovedor para la Medicina Legal española.

Al retirarle oficialmente la cátedra en 1939 se produjo un reajuste en los destinos, de varios de los catedráticos de Medicina Legal; así, al quedar vacante la cátedra de Valencia la ocupó D. Leopoldo López Gómez, valenciano que se había formado con el mismo Don Juan y que estaba en Zaragoza; al quedar vacante Zaragoza, D. Valentín Pérez Argilés, que estaba en Santiago, pasó a Zaragoza, su ciudad natal, y al quedar vacante Santiago, la ocupó D. José López Pérez-Villamil, vinculado a Galicia y procedente de Salamanca; a todos ellos los conocí ya en estos destinos hasta su jubilación.

Esto había dado lugar a algunos comentarios sobre la pasividad de los compañeros ante el trágico destino de D. Juan Peset. Cuando yo llegué a Zaragoza, en 1980, el afecto que me manifestó siempre D. Valentín y la confianza con la que habitualmente hablábamos me permitió preguntarle por la realidad de lo ocurrido y él me dijo, con palabras muy similares a las que empleo en el relato: Don Juan Peset era considerado por todos nosotros un maestro y hombre de grandes méritos científicos. Cuando vimos el cariz de los acontecimientos nos reunimos los profesores de Medicina Legal y otros compañeros de influencia como Laín Entralgo o López Ibor, y elaboramos un escrito exponiendo su valía científica y su labor universitaria y pidiendo clemencia a las más altas instancias, pero nuestras gestiones no tuvieron el resultado deseado. Todos lo sentimos mucho.

Decía Dionisio de Halicarnaso que *“la historia es una filosofía de ejemplos”* y con Edmund Burke pensamos que *“las gentes que nunca se preocupan por sus antepasados, jamás mirarán a la posteridad”*. Por ello, para recuperar esos ejemplos y para mirar a la posteridad, volvemos, en esta breve historia de la Medicina Legal española a la situación de la década de los años 70. Como he mencionado, las Escuelas de Madrid y Barcelona, se mantenían, como referentes en una línea clásica, seguidas de Salamanca, Valladolid, Sevilla o Cádiz. En Granada el profesor Gisbert Calabuig, llegado en 1960, había iniciado ya una línea científica muy reconocida convirtiéndose su Tratado de Medicina Legal y Toxicología en una guía bibliográfica reconocida a nivel nacional en las Facultades de Medicina y como texto para los médicos que

optaban por las oposiciones a Médicos Forenses. En 1974, al jubilarse D. Leopoldo López Gómez, D. Juan Antonio Gisbert se fue a Valencia y finalizando 1975, en una triple oposición D. Enrique Villanueva Cañadas ganó la cátedra de Granada, D. José Castilla la de Valladolid y dos años después la recién creada en la Universidad de Málaga y D. Luís Concheiro, la de Santiago de Compostela, en las que se jubilaron felizmente con gran reconocimiento.

Ese momento, coincide con una nueva Medicina Legal forjada sobre los nuevos métodos de investigación y descubrimientos como los genéticos en identificación, la espectrofotometría o la cromatografía, en sus diversas modalidades y otros, lo que dio lugar a la configuración de las modernas Escuelas que serían referente en los últimos 20 años del siglo XX y el siglo XXI: la de Granada, la de Santiago de Compostela, la de Zaragoza, la murciano-valenciana, entre otras. En las nuevas Facultades de Medicina se fueron creando las cátedras de Medicina Legal, al tiempo que se desdoblaban en las Facultades más clásicas; la creación de los Departamentos, los vivimos como instrumentos de disolución de prestigios personales y espacio facilitador de las subespecialidades y áreas interdisciplinares. Ese tiempo ya nos es más familiar a todos.

Y siguiendo con nuestra Medicina Legal, yo misma, en 1980 sucedí a D. Valentín Pérez Argilés en Zaragoza y, en años sucesivos, Vicente Moya ocupa la cátedra de Madrid, Jacinto Corbella ocupa Barcelona, Luis Frontela llega a Sevilla, José Luis Romero a Cádiz, Aurelio Luna va a la cátedra, de Murcia, Juan B. Martí Lloret ocupa Alicante, Rafael Hinojal ocupa Oviedo (1987), Delfín Villalaín gana Valencia (1990), estando en Valladolid Pelegrín Martínez Baza y en Salamanca Rafael Muñoz Garrido, unos años después se incorporaron Emilio Huguet a Barcelona, Eduardo Osuna a Murcia, Joaquín Gamero a Cádiz y Ángel Carracedo a Santiago de Compostela. En la década de los 90 y primeros 2000, la Medicina Legal académica se feminizó, destacando notables catedráticas como Begoña Martínez Jarreta en Zaragoza, Aurora Valenzuela Garach y Stella Martín de las Heras en

Granada, Mari Sol Rodríguez Calvo y M^a Victoria Lareu en Santiago, M^a Dolores Pérez Cárceles en Murcia, siendo aún más numerosas las profesoras Titulares como Marina Gisbert que rigió la cátedra de Valencia junto a su padre y maestro. Esta feminización fue aún más importante en la Medicina Forense judicial, lo que fue sucediendo, también, en el resto de las especialidades médicas.

Quienes elegimos la carrera académica en las cátedras de Medicina Legal de la década de los 80 y siguientes, sabíamos que nos comprometíamos en un proceso de cambio en el que era obligado salir al extranjero para una formación postdoctoral exigente, elegir un buen Instituto de Medicina Legal y entender las áreas diversas de la Medicina Legal como espacios que tomaban personalidad propia en las que había que especializarse; los cambios llegaban para quedarse y los teníamos que realizar todos nosotros.

La Medicina Legal, aparte del conocimiento del Derecho, para prestar el mejor auxilio a la Administración de Justicia en la resolución de problemas médico-biológicos, incluía una investigación moderna basada en técnicas instrumentales y docencia de altos vuelos en grado y postgrado. Al mismo tiempo había que pelear y defender una especialidad médica (la más antigua de la Medicina por obra de D. Pedro Mata y Fontanet desde 1985) pero que ahora debía mirar a Europa y crear Institutos Universitarios de Medicina legal, en los que se desarrollaran en armonía la Medicina Legal Académica y la pericia oficial al servicio de la Administración de Justicia. Esta ingente tarea necesitaba de mucho entusiasmo, lo que tuvimos muy presente, porque como decía Hipócrates *“el paso del tiempo arruga tu piel, pero la falta de entusiasmo arruga tu alma”*; así que nuestras almas no se arrugaron y fue tarea de todos llevar adelante el proyecto, pleno de dificultades de hacer más europea una Medicina Legal y Forense estancada en la realidad del siglo XIX.

Este bosquejo histórico ha tenido el objetivo de llevarnos a la Medicina Legal y Forense con la que se encuentra Aurora Valenzuela Garach al finalizar su licenciatura en Medicina en el curso 1980-81. Ella era una mujer

inteligente, muy trabajadora, osada en sus proyectos, segura de su capacidad para hacer realidad lo que se propusiera, con perspectivas de futuro y dispuesta al esfuerzo y dedicación que fueran necesarios.

Sin embargo, antes de proseguir en sus méritos, aunque sea brevemente, he de referir algunos detalles de su biografía, lo que nos lleva a sus orígenes familiares. De ambas familias paterna y materna ella destaca matrimonios estables, de fuertes vínculos afectivos, valores y creencias tradicionales, inteligentes y trabajadores ejemplares. Sus abuelos paternos tuvieron cinco hijos, siendo Fernando, padre de Aurora, el 4º de ellos; estudió Derecho y siempre reconoció que fue su esposa Elenita (como él la llamaba y a la que hemos perdido recientemente) la que lo puso en el camino de la vida, en todos los sentidos; D. Fernando desempeñó muchos cargos en el ámbito del Derecho Administrativo, desde habilitado del magisterio español a profesor universitario, Juez sustituto y abogado con ejercicio; excelente conversador, y muy ilustrado sobre cualquier tema que se tratara. D^a Elena, su madre, nació en una familia de origen humilde y alto sentido empresarial, ya que el abuelo pasó de ser un excelente artesano zapatero a tener una primera zapatería que se siguió de otras varias, hasta que, en la siguiente generación, los Calzados Garach, fueron conocidos en toda Andalucía, y esto sin publicidad mediática, sin redes sociales ni ventas *on-line*, era la época de la relación directa y la confianza en lo bien hecho. El matrimonio de los abuelos maternos tuvo 11 hijos de los que sobrevivieron 9. Elena fue la 3ª; encontró la felicidad junto a Fernando, con un proyecto de vida plena compartida y proyectada en sus 4 hijos, oscurecida sólo por el fallecimiento prematuro de Fernando, que sigue estando muy presente en la familia. Aurora, tras asistir al Colegio de la Asunción y después al Sagrado Corazón, cursó el año de COU en el Instituto Padre Manjón por decisión propia de conocer otros ambientes educativos.

Tras su licenciatura, llegó a la plaza de Alumna Interna, aun sin decidir su vocación médico-legista. Había sido una alumna brillante en un curso del que han salido tres Decanos de nuestra Facultad, Don Indalecio Sánchez

Montesinos, Don José M^a Peinado, y ella misma, y reconocidos profesores universitarios y excelentes especialistas, algunos en la misma Medicina Legal, como Claudio Hernández y Emilia Lachica.

Realizando Aurora su Tesina sobre la investigación de barbitúricos mediante técnicas cromatográficas, una avería del aparato retrasó la defensa de su trabajo hasta septiembre, pasando, la incipiente investigadora el verano a pie de cromatógrafo, lo que le proporcionó la oportunidad de obtener una Beca de Personal Investigador y Docente muy valoradas en aquella época como inicio de formación investigadora con oportunidades docentes. Vivir e magisterio del profesor Enrique Villanueva la vinculó definitivamente a la Medicina Legal y al Departamento que él dirigía. Siguiendo sus instrucciones en 1984, al tiempo que preparaba la Tesis doctoral hizo las oposiciones al Cuerpo Nacional de Médicos Forenses, donde encontrábamos una formación doctrinal médico-legal completa y entrábamos en contacto con los Juzgados y la Administración de Justicia; su plaza, durante unos meses estuvo en Santa Cruz de Tenerife; aunque poco después, en 1986, obtuvo por oposición la plaza de Profesora Titular en Granada, lo que motivó, la obligada elección entre ambas plazas, al ser incompatibles. Aurora Valenzuela optó por la plaza docente, para entregarse a la carrera académica y hacer de la docencia y la investigación, el camino hacia la cátedra que obtendría en el año 2000.

A partir de 1987 y ya profesora Titular, Aurora Valenzuela se entusiasma con el mundo abierto y diverso de la Medicina Legal en Institutos Universitarios de referencia coordinando sus obligaciones docentes en Granada con estancias formativas sucesivas que la llevaron al Hospital Fernand Vidal de Paris, referente en Toxicología; al que siguieron el Instituto de Medicina Legal de Copenhague, donde la patología forense desplazó a la toxicología en sus intereses investigadores. Fue después en el Departamento de Medicina Oral (Odontología Forense) en la British Columbia de Vancouver en Canadá, donde surgió la odontología como una oportunidad de ampliar conocimientos y de servicio a la Universidad de

Granada, que necesitaba cubrir el área de Odontología Forense en su nueva Facultad. Esta circunstancia lleva a la profesora Valenzuela a licenciarse en Odontología en 1993 y a representarla en el ámbito forense al más alto nivel; sus publicaciones sobre el ADN en saliva, o las mordeduras como signo de identificación del agresor, son un referente bibliográfico obligado en nuestro ámbito. En los últimos años ha completado sus estancias internacionales en el Victorian Institute of Forensic Medicine y la Monash University en Melbourne, en Australia. Así Aurora fue haciendo amigos por todo el mundo; recuerdo al danés Hans Petter Hougen, o al canadiense David Sweet que pasaron a ser amigos de todos nosotros y venían por el Departamento de Granada como por su casa.

En este discurso de recepción es habitual hacer una referencia a la labor investigadora de la nueva académica, lo que haré con brevedad, ya que su discurso nos ha proporcionado una información extensa, pero precisa y puntual de sus aportaciones principales y su huella en la Medicina Legal española e internacional de los últimos 40 años.

Aurora Valenzuela es especialista en Medicina Legal y Forense, en Medicina del Trabajo; licenciada en Odontología, Máster en Biotecnología y Diplomada en Gestión sanitaria. Es autora de más de 70 publicaciones de alto impacto y forma parte del grupo de investigación BIO-253 de la Junta de Andalucía, en el seno del cual ha participado en una veintena de proyectos de investigación autonómicos, nacionales e internacionales, todos ellos en relación con la especialidad. Son numerosos sus capítulos de libros y participaciones en Congresos con destacadas ponencias. También ha suscrito contratos de investigación con empresas y entidades públicas y privadas en el sector médico forense.

Ha impartido docencia de posgrado en la Universidad de Granada, Universidad Autónoma de Monterrey, en la Universidad de Oaxaca, en la Autónoma de Sinaloa y en la de Baja California, entre otras. Ha sido docente invitada en múltiples cursos de formación para especialistas en las ciencias

forenses en la Universidad de Zaragoza; Instituto Andaluz de Administraciones Públicas y en la Dirección General de la Guardia Civil.

Sus actividades periciales se han plasmado en Informes de contenidos diversos y con solicitantes entre los que están la OMS, la Consejería de Salud y Consumo de la Junta de Andalucía, el Colegio Oficial de Odontólogos y Estomatólogos de España, la Dirección General de la Guardia Civil o la Corte Penal de Costa Rica o de Perú. Estas actuaciones estuvieron relacionadas con temas como: la situación jurídica de los enfermos mentales en Andalucía y la reforma psiquiátrica, con la estimación de la edad en menores inmigrantes en Andalucía, o con la identificación de víctimas en las hostilidades de Yugoslavia (1992). También ha tratado la situación de asistencia odonto-estomatológica en pacientes y la infección por el VIH, en España. Su colaboración en Costa Rica se ha relacionado con casos concretos de estudios de mordeduras e identificación criminal y la consulta recibida de la Fiscalía Superior de Derechos Humanos y Terrorismo de Perú, en septiembre de 2022, se ha referido a un Informe técnico sobre la violencia ocurrida en este país entre 1980 y 2000, y que ahora se estudia.

Su colaboración con la Guardia Civil ha sido permanente en el tiempo, destacando sus estudios de identificación en 5 catástrofes con numerosas víctimas en territorio español, lo que motivó más de 200 informes médico-forenses de identificación, siendo reconocida por esta Institución hasta con tres Cruces de Plata con Distintivo Blanco. En las Escuelas Profesionales de Medicina Legal y de Medicina del Trabajo, integradas en el Departamento ha participado durante décadas en la formación de los especialistas que pasaron por ellas.

Sus seis sexenios de investigación, seis quinquenios de docencia, y un sexenio de transferencia de la investigación, acreditan las actividades que ha desarrollado y la excelencia de las mismas. Su completa formación, su labor docente e investigadora y su actividad pericial fueron destacadas en este lugar por la Académica D^a Raquel Osorio Ruíz, que defendió su candidatura.

Todo ello garantiza a nuestra Real Academia que tendrá continuidad entre nosotros la tarea científica correspondiente al sillón y la pericial que con acierto y brillantez desempeñó el profesor Villanueva durante tantos años; era habitual desde 2005 que su sillón y el de Medicina del Trabajo que yo ocupé se complementaran en las tareas periciales y en la organización científica de Sesiones sobre aspectos médico-legales de actualidad; esos trabajos, ahora también, se seguirán complementando, estoy segura de que la función pericial de nuestra Real Academia se beneficiará con la incorporación de la profesora Valenzuela Garach y se incrementará su reconocimiento como organismo consultivo de la Administración de Justicia.

Nuestra nueva Académica ha expuesto en el discurso sus aportaciones más relevantes y sus proyectos de futuro fundamentados en su experiencia, su madurez intelectual y en un proceso de reflexión organizativo de lo que desea para el último tramo de su actividad profesional, el de los resultados más personales, el de mayor aprovechamiento, el de propuestas concretas para situaciones concretas.

Mis comentarios a su discurso, en el que ha desarrollado los “*Logros y retos de la Medicina Legal y Forense: Una especialidad médica en continua transformación*”, necesariamente tienen que ser breves, pero quiero destacar que cuando antes, yo hablaba de la Medicina Legal que encontró la profesora Valenzuela, decía que significaba un compromiso con los cambios necesarios para seguir siendo una materia médica rigurosa y actualizada, que cumpliera las exigencias sociales de una Justicia conforme a los conocimientos científicos del momento. Por eso, enfatizo que se trata de un discurso completo y actualizado sobre la Medicina Legal del 2023.

En el mismo se ha desarrollado todo lo que caracteriza a esta disciplina en sus contenidos, sus fines y la trascendencia de su relación con la Administración de Justicia. Se pone en el centro del mismo la prueba pericial y se describen todos los procedimientos de investigación que harán más

científica y rigurosa a dicha prueba, estando encaminada la investigación médicolegal a alcanzar los máximos niveles de evidencia científica en aras de una mayor seguridad de los ciudadanos y de una justicia más justa.

Respecto a los métodos de que disponemos, la profesora Valenzuela dice, siguiendo al profesor Madea, que las técnicas de biología molecular no sólo han mejorado, sino también revolucionado, los procedimientos diagnósticos en Medicina Legal y Forense, siendo de aplicación prácticamente a todas las áreas médico forenses. El extenso discurso repasa problemas como la data, el diagnóstico de la causa de la muerte, o el diagnóstico diferencial entre lesiones vitales y postmortem. Muy importantes son las publicaciones sobre la gran variabilidad en los niveles de marcadores cardíacos en la sangre tomada de diferentes lugares del cuerpo, en el mismo individuo. La Escuela granadina y la murciana, pusieron de manifiesto que los sistemas enzimáticos GSH-Px y SOD, están implicados en los procesos hipóxicos que pueden conducir a la lesión letal postisquémica del miocardio, proponiendo a estos dos marcadores como indicativos de la presencia de una patología miocárdica hipóxica. Otras publicaciones destacan la importancia de la troponina en líquido pericárdico, con alta sensibilidad diagnóstica para la causa de la muerte de origen cardíaco. Importantes estudios ha aportado también, nuestra Académica, en las patologías cardiacas no isquémicas. Además de esto, los estudios postmortem de expresión génica se están convirtiendo en un interesante campo de investigación para el diagnóstico de la causa de la muerte de origen cardíaco.

Respecto al amplio campo de la identificación humana, se señala en el discurso que, a pesar de la gran disponibilidad de métodos existentes, la identificación de personas vivas, cadáveres o restos cadavéricos sigue constituyendo una cuestión que siempre resulta compleja y difícil. Procedimiento de elección es la identificación reconstructiva, que incluye un análisis exhaustivo de las características identificativas de la víctima, lo que puede llevar al perfil biológico de la persona, con la determinación del sexo o la edad, así como la ascendencia, linaje o el origen ancestral, con el fin de llegar a la identidad

del sujeto. En este apartado la profesora Valenzuela expone los métodos moleculares y genéticos para la construcción del perfil biológico de personas desaparecidas para un posterior cotejo entre estos datos y posibles hallazgos de restos sin identificar.

Igualmente, nos ha contado todo sobre las tecnologías de estudio del ADN y su aplicación a los diversos problemas forenses. Otra novedad la aporta respecto a las técnicas de imagen, informatizadas o computarizadas, al aplicarse al análisis de imágenes o a la gestión de las bases de datos, ya que han revolucionado la pericia forense, proporcionándole rigor y evidencia científica.

En su discurso, Aurora Valenzuela Garach derrocha conocimientos y experiencia en todas las áreas de la investigación médico forense, pero quiero destacar sus aportaciones en el estudio de los métodos odontológicos en la identificación de víctimas de las grandes catástrofes, en las que ha participado personalmente. Como dije, al principio, se trata de un discurso, muy laborioso y que, seguro, se convertirá en referencia imprescindible para los profesionales de la Medicina Legal y Forense.

Aurora Valenzuela incluye en este discurso una valoración de las tecnologías de la información y la comunicación en la difusión del conocimiento y las importantes aplicaciones, difíciles aún de vislumbrar en su alcance y, sobre todo, en lo que significará la inteligencia artificial, aunque, sin duda, esos procedimientos informáticos ayudarán a conocer de inmediato los últimos avances y su interpretación en cualquier ámbito de la ciencia y también de la ciencia forense.

Dicho todo esto y manifestando mi admiración y apertura ante el progreso científico y las formas modernas en que se va manifestando, me van a permitir unas palabras de añoranza hacia aquellas otras formas en que, quienes ya somos historia, obteníamos la información y nos comunicábamos en aquellos años que pasaron tan lentos y tan rápidos. Por supuesto que

accedíamos a las publicaciones medicolegales, el número de Revistas especializadas no era excesivo y nos servíamos del CNR (Centro Nacional de la Recherche) francés para pedir, a París, los artículos que tenían mayor interés y que recibíamos por correo postal. Pero los núcleos duros de nuestra información eran los Congresos. La International Academy of Legal and Social Medicine (IALM) agrupaba a los médicos legistas de toda Europa y poco a poco a los orientales, a médicos legistas de países mediterráneos, y a algunos hispanoamericanos. Organizaba sus Congresos, primero, por las principales capitales europeas, siendo el Congreso de Coimbra de 1969 el primero al que asistió el profesor Villanueva desplazándose en coche con Don Juan Antonio Gisbert y Doña Marina; después Munich, 1976, Bergen 1980, Viena 1982, Lieja 1988, Zaragoza 1991, Hamburgo 1993, Estrasburgo 1994, Budapest 1995, Heidelberg, Estambul..., y después en Canadá, Australia o Singapur, En el año 1991 Enrique Villanueva fue elegido Presidente y yo Secretaria General, tras organizar en Zaragoza el XXXIII Congreso.

Los españoles, no olvidamos que hasta bien entrado el siglo XX, la Medicina Legal “*hablaba francés*”, por ello éramos asiduos a los Congresos denominados “de Lengua Francesa”, resultando memorable el organizado en septiembre de 1980 en Granada, presidido por el profesor Villanueva y del que yo actué como secretaria general, siendo mi último acto en Granada, antes de incorporarme a Zaragoza. Los Congresos franceses nos llevaron por todas las ciudades universitarias de Francia (París, Dijon, Estrasburgo, Rennes, Lyon...). Otra Sociedad científica, la Mediterránea de Medicina Legal fundada en Mompellier por los profesores Fourcade y Gisbert en 1977 agrupaba a países mediterráneos y a algunos europeos como Bélgica o Alemania que se sentían vinculados y comprometidos con el progreso medicolegal de estas áreas geográficas, con encuentros en Montpellier, Valencia, Tunes, Argel, Sevilla, El Cairo, Tesalónica...

Portugal fue un país que destacó en la organización de Congresos en los años 90 y primeros del siglo XXI. El profesor Duarte Nuno Vieira,

aprovechó su presidencia de IALM y ya en Lisboa, en Coimbra o en Madeira nos congregó en numerosas ocasiones captando a numerosos colegas hispanoamericanos. No podemos olvidar a la Sociedad Española de Medicina Legal y Forense, con una brillante historia, cuyas Jornadas se iniciaron, por orden alfabético en Alicante en 1987, continuando hasta las celebradas en Madrid en 2001, estando hoy en día pendientes de las que se deben organizar en Navarra. Como decía anteriormente, los encuentros científicos, en la actualidad, han cambiado en su estructura, contenidos y organización.

La asistencia a uno o dos Congresos anuales nos permitía preparar y presentar con ilusión nuestros trabajos más recientes; estos quedaban publicados en Proceedings o en Actas de Congreso de gran calidad y que forman parte de nuestras bibliotecas particulares y las de todos los Institutos de Medicina Legal de medio mundo. Los Congresos nos daban la oportunidad de la difusión del conocimiento y del encuentro personal que generaba una amistad con los colegas nacionales y extranjeros que perduró durante décadas, con el calificativo de familiar y que, hoy en día, en muchos casos sigue viva. Desde que el profesor Gisbert organizó en Valencia en 1977 las II Jornadas Mediterráneas de Medicina Legal, que fueron un gran éxito científico y social, el mismo Don Juan Antonio se encargaba de configurar el grupo de españoles que decidíamos asistir al Congreso internacional de turno. Todos hacíamos el viaje juntos y lo complementábamos con un postcongreso que aprovechábamos para conocer lo más interesante de la región o país donde se había celebrado; después, el profesor Villanueva tomó el relevo de esta tarea que reunía hasta 50 personas. Eso era comunicación científica y comunicación personal. Ahora entenderán porqué he hecho al inicio del discurso esa historia de los que protagonizaron, en España, la Medicina Legal y Forense desde que yo la conocí en 1971.

Mi recuerdo no es nostálgico; con él quiero reconocer lo que supuso el tiempo pretérito hasta lo que es la situación actual. Enlazamos así con la

excelente exposición que ha hecho la profesora Valenzuela de los instrumentos de que dispone hoy la investigación y la importancia de unos resultados con un valor y una certeza digna de la mayor confianza.

No obstante, para terminar, me permito hacer una reflexión de lo que mi larga vida profesional me ha enseñado. La tecnificación, la digitalización de todo, no puede relevar a la huella humana que se crea en una relación próxima y plena de sentimientos y emociones; lo que se crea, comenta y discute personalmente tiene un carácter y deja una impronta que va mucho más allá de lo que se lee en una pantalla.

Lo vivido nos debe dejar un poso de sabias experiencias, que sirvan de sólidos cimientos sobre los que apoyar todo lo nuevo, todo aquello aún revestido de incertidumbre, porque lo nuevo es incierto hasta que se comprueba; este principio llevó a Willian Osler a referirse a la Medicina diciendo: “que ésta es la ciencia de la incertidumbre y el arte de la probabilidad”. Reconocer y apreciar la sabiduría que emana de la experiencia es deber de todos, porque como decía Laurence Sterne “la ciencia se puede aprender de memoria, pero la sabiduría no”.

Somos optimistas y esperamos lo mejor, pero debemos evitar el peligro de la pérdida del control responsable sobre lo que va determinando el proceso evolutivo de la humanidad. En Medicina Legal decimos “lo que es previsible es evitable” y yo me pregunto ¿Hacemos lo posible para que el mundo sea cada vez mejor evitando los riesgos de una huida hacia adelante donde lo material, el placer o el poder se hacen todopoderosos y los valores éticos se diluyen en una relatividad utilitarista?

Debemos preservar que el ser humano, cada persona, siga siendo un fin en sí mismo, y su dignidad y destino trascendente, un valor universal.

He dicho.

SUMARIO

Discurso de ingreso de la Prof^a. Dra. Aurora Valenzuela Garach.

LOGROS Y RETOS DE LA MEDICINA LEGAL Y FORENSE. UNA ESPECIALIDAD MÉDICA EN CONTINUA TRANSFORMACIÓN.....7

I. Desarrollo de la Medicina Legal y Forense: la prueba pericial médica, su razón de ser.7

II. Nuevos procedimientos técnico-científicos aplicados a la práctica médico forense.18

A. MÉTODOS BIOQUÍMICOS, GENÉTICOS Y MOLECULARES APLICADOS A LA MEDICINA LEGAL Y FORENSE.19

1. Estimación del intervalo postmortal.19

2. Diagnóstico de la causa de la muerte.21

3. Diagnóstico diferencial entre heridas vitales y postmortales. ...27

4. Estimación de la edad biológica.30

5. Hacia una nueva genética forense: De las pruebas de investigación de la paternidad al fenotipado forense por el ADN.33

B. APLICACIÓN FORENSE DE TÉCNICAS DE IMAGEN, INFORMÁTICAS, TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN, E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.36

1. Técnicas de imagen aplicadas a la Tanatología y Patología Forense.36

2. Aportación de las TICs en grandes catástrofes.38

3. Técnicas morfológicas y de imagen para el establecimiento de la edad.43

4. Otras técnicas complementarias en la identificación: De la diversidad de los patrones dentarios a la superposición facial.51

5. Técnicas informáticas y computarizadas aplicadas al análisis de las huellas por mordeduras humanas.54

6. Contribución de la Inteligencia Artificial al progreso en la Medicina Legal y Forense.61

III. Epílogo65

IV. Bibliografía.67

Discurso de contestación de la Excma Sra. Dña María Castellano Arroyo.....	89
--	----



Granada. Septiembre 1980. Congreso de Lengua Francesa. Catedráticos españoles: Enrique Villanueva, José L. Romero, José Castilla, María Castellano, Juan A. Gisbert, Cesáreo Remon, Jacinto Corbella, Juan B. Martí, Luís Concheiro y Luís Frontela.



Facultad de Medicina de Granada. Septiembre 2005. Inicio del proceso de incorporación de Catedráticas de Medicina Legal: José L. Romero, Aurora Valenzuela, Luis Concheiro, Begoña Martínez Jarreta, María Castellano, Ángel Carracedo, M^a. Victoria Lareu, Enrique Villanueva y Eduardo Osuna.

