

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Anatomía Patológica, Medicina Legal y
Forense y Toxicología

TRABAJO FIN DE GRADO
2015



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:
DATA DE LA MUERTE;
TANATOQUÍMICA.

Realizado por: Raúl Diago Gómez

Dirigido por: Ana María Remacha Andrés

Índice

1.	Resumen	1
1.	Abstract	1
2.	Introducción: definición e historia	2
3.	Métodos para la data:	4
3.1.	Cadáveres no recientes	5
3.1.1.	Procesos destructores	5
3.1.1.1.	Autolisis	5
3.1.1.2.	Fases de la putrefacción	6
3.1.2.	Procesos conservadores	6
3.1.3.	Entomología	7
3.1.4.	Datación por isótopos radiactivos	8
3.1.5.	Otros métodos	8
3.2.	Cadáver reciente	9
3.2.1.	Signos de muerte molecular	9
3.2.1.1.	Fenómenos cadavéricos abióticos	10
3.2.1.1.1.	Enfriamiento cadavérico	10
3.2.1.1.2.	Deshidratación cadavérica	11
3.2.1.1.3.	Livideces	11
3.2.1.1.4.	Hipostasis visceral	12
3.2.1.2.	Fenómenos cadavéricos bióticos	12
3.2.1.2.1.	Rigor mortis	12
3.2.1.2.2.	Espasmos	12
3.2.1.2.3.	Cambios físico – químicos	12

3.2.1.2.4.	Tanatoquímica	13
3.2.1.2.5.	Microbiología	18
3.2.2.	Signos paramédico	18
3.2.3.	Signos de vida residual	19
3.2.4.	Signos derivados del cese de funciones vitales	20
3.2.5.	Nuevas tecnologías	20
4.	Bibliografía	21
5.	Anexo	27



1. Resumen

Siendo la data de la muerte asunto de interés y de estudio desde hace tanto tiempo, existen hoy en día una gran cantidad de técnicas de las que nos podemos valer para su estimación. Algunas de las utilizadas clásicamente como la temperatura corporal o la observación de las fases de putrefacción van siendo complementadas con la ayuda de otros campos de la ciencia y desplazadas por otros métodos que se ayudan de la tecnología más reciente. Entre los primeros podemos destacar los estudios entomológicos, que si bien ya vienen utilizándose desde hace años, seguimos encontrando estudios que aportan nueva información de gran interés para estos fines, demostrando que puede ser uno de los métodos más precisos en manos de un experto y bien compaginado con la información recogida por los médicos forenses. En cuanto a métodos más modernos se están desarrollando técnicas que hacen uso por ejemplo de la tomografía axial computerizada o que buscan parámetros de estudio en lugares diferentes a los típicamente estudiados, destacando la precisa relación demostrada entre la variación del potasio en el humor vítreo o en el líquido sinovial con el intervalo desde la muerte, que apuntan a ser las técnicas de referencia en un no mucho tiempo.

Palabras clave: data de la muerte, intervalo postmortem, cronotanatodiagnóstico.

1. Abstract

The postmortem interval has been a matter of interest and study for a long time, so that nowadays there are a lot of techniques that we can assert for its estimation. On the one hand, some of the techniques conventionally used as body temperature or observing the phases of putrefaction are being complemented by other fields of science and replaced by more innovative methods. In relation to these methods, we can emphasize that although the entomological studies have already been used for years, there are still studies that provide us new information on this subject which demonstrate that that it is one of the most accurate methods available today. On the other hand, they are developing new techniques such as computed tomography or finding new study parameters, highlighting the variation of potassium in the vitreous humor or synovial fluid which are related to the time of death. These techniques could be the main methods in a short period of time.

Keywords: time of death, PMI, postmortem interval, dating death.



2. Introducción: **definición e historia**



El cronotanatodiagnóstico se podría definir como un conjunto de observaciones, técnicas y métodos con los que buscamos establecer un intervalo temporal en el cual se ha producido con mayor probabilidad una muerte. Es uno de los problemas de mayor dificultad en la medicina legal, afirmado así por autores como Orfila, Thoinot o Corin, y una de las 3 preguntas que se plantean siempre en la criminalística: causa de la muerte y circunstancias en las que se produjo, lugar en el que se produjo la muerte y **data de la muerte**.

Esta determinación puede ser necesaria no solo con la finalidad de conocer únicamente el momento exacto en que fallece un individuo, también puede ser utilizada para establecer una cronología entre la muerte de varios así como de establecer una secuencia temporal en que hayan transcurrido ciertos hechos.

Conseguir averiguar este intervalo de forma precisa puede volcar la balanza en un lado u otro a la hora de resolver un crimen. Así podremos ayudarnos del cronotanatodiagnóstico en situaciones tales como investigaciones policiales; para aceptar o descartar una coartada, que es el argumento de inculpabilidad de una persona, por hallarse en otro lugar en el momento de un crimen; para establecer las consecuencias económicas, relativas a los testamentos y algunas relaciones comerciales; o para el reconocimiento jurídico de una paternidad póstuma. Y aquí es donde radica la gran importancia de estos estudios en el ámbito de la investigación policial así como en el legal.

Sin embargo, hay algunos aspectos a tener en cuenta a la hora de estudiar la data de la muerte. Uno de ellos es que las lesiones no tienen por qué ser necesariamente coincidentes con el momento de la muerte. Una lesión puede causar el fallecimiento tiempo después de haberse producido y no de forma inmediata, debido a los efectos fisiopatológicos sobre el organismo que van produciendo con el paso del tiempo. Otros aspectos a tener en cuenta son factores tanto extrínsecos (humedad, temperatura, causa de la muerte, etc.) como intrínsecos (talla, edad, constitución, etc.) que harán variar los parámetros que podemos objetivar.

Por todo ello, tendremos que basarnos en diferentes datos recogidos y, haciendo un balance de todos ellos, conseguiremos dar un intervalo sobre la data aproximada, pero nunca obtendremos un resultado exacto, ya que la única manera exacta sería la observación directa del hecho. Y más grande será el error cuanto más alejado este el momento de la muerte del momento del estudio.



3. Métodos para la **data:**



Los signos de los que podemos valernos a la hora de investigar la data de una muerte pueden clasificarse cronológicamente, y por ello se dividen los métodos utilizados sobre cadáver reciente o cadáver no reciente.

3.1. Cadáveres no recientes

Se entiende por cadáver no reciente aquel en el que la putrefacción es ya manifiesta es sus tres primeras fases.

En estos casos, los datos de que más nos podemos valer serán a través de la observación de los fenómenos de descomposición cadavérica, la cual puede verse modificada por factores externos y, en ocasiones, de la entomología forense, siendo habitualmente menos importantes los datos paramédicos.

3.1.1. Procesos destructores

Aquí deberemos tener en cuenta los fenómenos que suceden por acción de las enzimas propias, la autólisis, y los que ocurren por la acción descomponedora de las bacterias, la putrefacción.

Si bien pueden servir como guía en algunos casos, son métodos poco precisos cuyo valor es poco significativo si no se encuadran junto con otros datos como temperaturas, condiciones ambientales, etc. (8)

3.1.1.1. Autólisis

Clásicamente se han observado los siguientes cambios: (2, 5, 6)

- Hemólisis: signos en suero a las **2h**, en vasos y válvulas cardíacas a las **24h**.
- Imbibición biliosa
- Acción de enzimas pancreáticas
- Cápsulas suprarrenales
- Rápida destrucción del timo
- Reblandecimiento ácido de estómago y esófago: los jugos gástricos normalmente mantienen su actividad unas **6 - 7h**.
- Encéfalo: es afectado **muy precozmente**, sobre todo en recién nacidos.
- Fetos: se produce la maceración de éste.



- Orgánulos celulares: las mitocondrias tienden a hincharse mientras que los lisosomas aumentan su permeabilidad, con lo que aumenta la autólisis.

3.1.1.2. Fases de la putrefacción

- Fase cromática: comienza a las **24-36h**. Se inicia normalmente con una mancha verde en fosa ilíaca derecha que se va tornando parda y extendiendo al resto del cuerpo.
- Fase enfisematosa: las bacterias anaerobias producen gases que invaden el tejido subcutáneo, abombando y desfigurando el cadáver. La red venosa superficial se hace muy visible. Dura desde **días hasta 2 semanas**.
- Fase colicuvativa: el gas va escapando, desapareciendo el aspecto hinchado, la epidermis se desprende formando ampollas. La piel puede desprenderse de manera que es fácil confundirlo con quemaduras de segundo grado. Los anejos cutáneos se desprenden. Esta fase dura generalmente entre **8 y 10 meses**.
- Fase de reducción (en sepultados en tierra):
 - Aparición de moho: de **2 - 4 años**.
 - Desaparición de partes blandas: **2 - 4 años**.
 - Desaparición de cartílagos y ligamentos: a partir de **5 años**.
 - Desaparición de médula ósea: más de **6 años**.
 - Desaparición de la grasa en huesos: **5 - 15 años**.
 - Desaparición de materia orgánica en canal medular: más de **10 años**.
 - Inicio de la destrucción de algunos huesos: **10 - 15 años**.
 - Estado quebradizo, frágil y poroso de los huesos: al menos **50 años**.(2, 5, 6, 9)

3.1.2. Procesos conservadores

En ocasiones el proceso de putrefacción puede no iniciarse o detenerse por determinados agentes físicos que lo impiden. Estos agentes pueden actuar de forma natural o artificial. Los naturales son:

- Momificación: Consiste en una desecación de los tejidos de forma más o menos rápida, de manera que las bacterias no pueden crecer



en ellos. Esto permite que los tejidos persistan de forma prolongada. Suelen ser necesarios entre **1 y 12 meses** para que se produzca, según las condiciones ambientales y el volumen corporal.

*La data en estos cadáveres se ve dificultada, ya que una vez producida la momificación disminuyen considerablemente los cambios que se dan con el tiempo, pudiendo apenas diferenciar entre momias recientes y no recientes según su peso (contenido en agua).

- Saponificación: Consiste en la transformación de la grasa corporal en un compuesto céreo similar al jabón, formando una capa de adipocira. El tiempo necesario normalmente varía entre **3 y 12 meses**. Al principio la adipocira es más untuosa y maleable, y con el tiempo se va volviendo más seca y quebradiza.
- Corificación: se produce en cadáveres encerrados en cajas de zinc soldadas, que toman una consistencia similar al cuero curtido. El tiempo necesario suele ir desde los **2 - 3 meses hasta 1 - 2 años**.
- Congelación: el frío intenso y prolongado puede condicionar una conservación casi indefinida. Sin embargo, una vez descongelado, los fenómenos de putrefacción ocurren de forma acelerada.

(3, 5, 14)

3.1.3. Entomología

El estudio entomológico se basa en el hecho de que cada especie de artrópodo acude al cadáver en periodos concretos tras la muerte, lo que permite clasificarlos en grupos, así como con la ayuda de la observación de la etapa en que se encuentran de su ciclo vital.

Grupos: (ver Anexo, Tabla 1)

- Periodo 1: larvas de dípteros (grupos 1 y 2), dura alrededor **3-4 meses**. Si faltan, se puede deducir que no había moscas, algo que ocurre de octubre a marzo (etapa invernal).
- Periodo 2: encontramos coleópteros (grupo 3), dura otros **3-4 meses**.
- Periodo 3: se pueden encontrar larvas de dípteros y de coleópteros (grupos 4 y 5), dura de **4 a 8 meses**.
- Periodo 4: aparecen ácaros (Grupos 6, 7 y 8), y dura de **6 a 12 meses**.



Hoy en día la tendencia es a estudiar la familia Anthomyiidae, que contiene los principales dípteros y que, en condiciones favorables, depositan los huevos inmediatamente después.

Los datos a valorar sobre sus ciclos biológicos son los recogidos en la *tabla 5 del Anexo*, teniendo siempre en cuenta que se pueden ver modificados por condiciones externas como la temperatura, la humedad o el medio nutritivo. (17)

Además están apareciendo otras técnicas en este campo, como la medición de hidrocarburos en las pupas que quedan en el cadáver, que parecen tener cierto futuro por la precisión que están demostrando, así como el estudio de la morfología de la pupa según las distintas etapas por las que va pasando. Por otro lado también encontramos otros estudios que se centran en insectos autóctonos, por lo que su aplicación práctica fuera de este ámbito es poco significativa. (18, 20, 21, 22)

En definitiva, el estudio de los artrópodos es uno de los métodos que, en manos de un experto entomólogo, puede predecir con mayor precisión el momento de la muerte, incluso en casos en que otras técnicas no pueden ser llevadas a cabo. (15, 16, 17, 19)

3.1.4. Datación por isótopos radiactivos

Este método se basa en el hecho de que los átomos radiactivos se desintegran a una velocidad constante para cada elemento. El elemento comúnmente utilizado en estos exámenes es el ^{14}C . Con él podremos datar restos de entre 500 y 60.000 años, con un error de unos ± 40 años. (5)

Sin embargo, es una técnica cara, por lo que se está estudiando la posibilidad de hacer estudios previos con luminol y análisis histológico, lo que ahorraría tiempo y ayudaría en las indicaciones iniciales antes de realizar la técnica del ^{14}C . (10)

3.1.5. Otros métodos

Existen otros métodos que, si bien no son utilizables para datar con exactitud los restos, sí sirven para ordenar la cronología de los sucesos, comparar restos, etc.



- Mineralización ósea: Permite estudiar en que zona geográfica han estado los restos y cuanto tiempo aproximadamente.
- Prueba de Tirelli: para comparar la antigüedad entre 2 o más huesos.
- Prueba del ácido ósmico: para descartar restos óseos antiguos.
- Test del carbonato: para descartar restos óseos antiguos.
- Fluorescencia ultravioleta: para distinguir huesos antiguos de recientes.
- Por presencia de proteínas: distingue hueso antiguo de reciente.
- Por determinación de actividad óptica: para distinguir huesos antiguos de recientes.
- Por contenido de prolina/hidroxirolina: para huesos de menos de 50 años.
- Por pérdida de colágeno: para comparar cronológicamente restos óseos.

Recientemente se han estudiado nuevos métodos a través de la urea, potasio y azufre en la cortical de los huesos así como la variación en la difracción de los rayos X, que parece que podrían tener alguna utilidad en la data. (5, 23)

3.2. Cadáver reciente

Se entiende por cadáver reciente aquel que no tiene signos evidentes de putrefacción.

3.2.1. Signos de muerte molecular

Aquí podemos distinguir cambios que se producen en el cadáver dependientes de circunstancias ambientales, que se pueden conocer y medir, son los fenómenos abióticos; y los de naturaleza físico – química que tienen lugar en el cadáver tras la muerte, los fenómenos bióticos. Si bien pueden utilizarse como predictores de la data de la muerte, habrá muchos casos en los que se deberán complementar junto con muchos otros datos para hacer un análisis correcto. (1, 5, 24)



3.2.1.1. Fenómenos cadavéricos abióticos

3.2.1.1.1. Enfriamiento cadavérico

En términos generales, el enfriamiento cadavérico se produce de forma progresiva siguiendo una curva exponencial, hasta igualarse con el medio ambiente.

Normalmente pies, manos y cara quedan fríos a las **2 horas**, extendiéndose a extremidades, pecho, dorso y, finalmente, vientre, axilas y cuello. Los órganos abdominales pueden conservar el calor **hasta 24**. El enfriamiento al tacto suele ser completo a las **10 - 12 horas**, y el enfriamiento completo se da en unas **24 horas** a un ambiente de 10-16°C. (1, 4, 5)

Sin embargo, este parámetro se puede ver modificado por factores extrínsecos (una muerte por hemorragia dará un enfriamiento más rápido, cambios de temperatura con el tiempo o superficies de contacto con el cadáver) e intrínsecos (edad, estatura o IMC son variables importantes que afectan a la curva). (1, 4, 33)

Estudios realizados en 2013 han demostrado que la temperatura tomada en los globos oculares puede ser un nuevo método con ventajas sobre la más común, que es la toma rectal. El globo ocular no se ve tan afectado por la temperatura corporal, lo que conlleva que los efectos de la meseta que se produce en el resto del cuerpo sean mínimos sobre este, consiguiendo una precisión de ± 1 h con un intervalo de confianza del 95%. Sin embargo, el modelo propuesto solo funciona con esa precisión a temperaturas constantes y condiciones ambientales naturales, sin luz solar directa, inmersión en agua, u otras condiciones inusuales. (28, 29, 30)

En definitiva, la temperatura, aunque lleva más de siglo y medio siendo objeto de estudio, es un mal predictor del intervalo postmortem, existiendo ya métodos mucho más precisos y efectivos ante periodos más largos desde la muerte. (7, 27, 33)



3.2.1.1.2. Deshidratación cadavérica

Este será un fenómeno que observaremos en la pérdida de peso del cadáver (prácticamente insignificante en el adulto), apergaminamiento cutáneo, desecación de mucosas y modificaciones oculares.

- Comenzaremos a ver turbidez corneal a partir de los **45 minutos** si el cadáver está con los ojos abiertos o **24 horas** si los ha tenido cerrados.
- La tensión ocular empezará a disminuir a partir de las **15 horas**, pudiendo obtenerse el signo de Ripault (deformación del iris con la compresión).
- Aparecerá la mancha esclerótica o de Sommer – Larcher, por adelgazamiento de la esclera, pudiendo verse la coroides, en unas **10 - 12 horas** si ha permanecido con los ojos abiertos.
(1, 4, 5, 6)

3.2.1.1.3. Livideces

Este fenómeno es producido por el paso de la sangre del territorio arterial al venoso sumado al efecto de la gravedad sobre esta, llevándola a las partes declives y dando lugar a manchas de color rojo violáceo. Se considera un método algo subjetivo, por lo que algunos estudios están intentando objetivarlo mediante colorimetría. (1, 4, 33)

- **1h:** Pequeñas manchas en la parte posterior del cuello.
- **1-5 h:** Livideces abundantes en partes declives. Palidez total al cambio de posición.
- **5-8 h:** Desaparición a la presión. Palidez al cambio de posición en 15 minutos. Comienza la hemólisis.
- **8-14 h:** Palidez a la presión sin desaparición total. No desaparecen al cambio de postura. Hay hemólisis y extravasación de la hemoglobina a la dermis.
- **14 h:** Ya no se produce palidez a la presión. No se forman nuevas manchas con los cambios de posición tras 24 h. (1, 5, 31, 32)



3.2.1.1.4. Hipostasis visceral

Al igual que las livideces, este fenómeno se produce por la acumulación de sangre en las partes declives de los órganos internos. La importancia de la hipostasis es saber diferenciarla de los estados patológicos de los órganos, especialmente los que cursan con congestión. (1, 5, 34)

3.2.1.2. Fenómenos cadavéricos bióticos

3.2.1.2.1. Rigor mortis

El fenómeno de la rigidez muscular es un proceso anaerobio, consecuencia de la alteración bioquímica que afecta a ATP, ATPasa, Ca/Mg, glucógeno o fosfocreatina. La rigidez aparece algo antes en la musculatura lisa que en la estriada. Suele **iniciarse** entre las **3 y 6 primeras horas, completa** entre las **8 y 12 horas y máxima** a las **24 horas, desapareciendo** unas **36 - 48 horas** tras la muerte. Sin embargo su variabilidad con diferentes factores como la temperatura (siendo inversamente proporcional), extenuación del músculo o la causa de la muerte puede ser bastante importante, por lo que no se considera uno de los métodos más precisos. (1, 4, 5, 35, 36)

3.2.1.2.2. Espasmos

Se trata de un rigor mortis que se produce de forma instantánea, sin que tenga lugar la fase de relajación previa. Es muy poco frecuente y se asocia estrechamente con ciertos factores de la muerte, por lo que su valor es básicamente etiológico y escaso para la data de la muerte. (1)

3.2.1.2.3. Cambios físico – químicos

Las transformaciones que se producen tras la muerte en este apartado han sido ampliamente estudiadas: hematocrito, índice de refracción, permeabilidad de los eritrocitos, etc.

Ya en 1988 Querido y Pillay estudian la pérdida gradual de agua que se da en el eritrocito tras la muerte, encontrando que el



contenido de agua dentro del eritrocito varia lineal e inversamente proporcional al tiempo. (38)

También se han intentado utilizar la información que puedan dar pruebas de imagen como la resonancia magnética o la tomografía axial computerizada. Recientemente se ha encontrado una relación entre las unidades Hounsfield en el TC y el estado de descomposición de los fluidos y la sangre. Mientras que en cadáveres frescos podemos diferenciar un rango de HU entre ellos, en estados de descomposición más avanzados no es así. Cabe destacar además que estos valores se ven poco influenciados por la energía del haz y por la temperatura. (37, 40)

Otros estudios proponen también la utilización de la conductividad eléctrica de los órganos y otros tejidos y la respuesta contráctil de la musculatura lisa, combinada con otros parámetros para la determinación del momento de la muerte. (39)

3.2.1.2.4. Tanatoquímica

Como consecuencia de los procesos que se dan con la muerte, muchos compuestos y elementos sufren cambios tanto cualitativos como cuantitativos. En caso de que estos cambios se produzcan de una forma regular, se podrán ajustar a un modelo matemático que permita conocer en qué punto de su evolución se encuentra.

Clásicamente la muestra recogida ha sido la sangre del ventrículo derecho. Ésta tenía varios inconvenientes en cuanto a la composición bioquímica, algunos de ellos derivados de la agonía previa a la muerte, por lo se convierte en una muestra con menos valor. Por este motivo se comienzan a investigar otros fluidos que se ven menos afectados, como el líquido sinovial, el líquido cefalorraquídeo o el humor vítreo, siendo este último uno de los que ofrecen más ventajas por su fácil acceso, poca variación por los procesos agónicos o la baja celularia que hace que su composición se vea poco influenciado por la citolisis. Por ello, hoy en día este es uno de los objetivos de investigación más estudiados.



Ya en 1950 Schourup, corroborando el trabajo de Pucher y Burd, demuestra que en el líquido cefalorraquídeo se produce un aumento de los aminoácidos que se ajusta a una función matemática con una precisión de 1,5 horas (*ver Anexo, Tabla 2*) (4)

Sin embargo, de entre todos los parámetros estudiados, y aunque se han demostrado variaciones en muchos de ellos con el aumento del intervalo postmortem, cabe destacar los electrolitos por el valor que tienen para la data de la muerte. Esto es así ya que la homeostasis hace que sus valores se encuentren dentro de límites muy estrechos durante un periodo de tiempo significativo.

Han sido estudiados sodio, cloro, calcio, magnesio o fósforo entre otros, pero el que más ventajas parece ofrecer es el potasio, y por ello es uno de los objetos de investigación principales en este campo.

Estudios como el nombrado anteriormente de Querido y Pillay ya habían demostrado que la concentración de potasio varía lineal y directamente proporcional así como una relación entre la variación de niveles de fósforo y potasio dentro de las primeras 17 y 18 horas respectivamente y la data de la muerte, con una precisión de ± 3 horas (*ver Anexo, Tabla 3*) (4, 38)

Posteriormente en 2006, y con intención de corroborar los hechos descritos por Querido, estudios realizados en India intentan profundizar en el análisis de los electrolitos en líquido pericárdico, revelando una correlación entre el tiempo y el potasio, sodio / potasio y fósforo con una $p < 0,001$ durante las primeras 2,5 – 58 horas. Con la fórmula logarítmica derivada de estos análisis, y a pesar de las variaciones producidas por los cambios de temperatura, se podría estimar la hora de la muerte con un error estándar de 0.1840 horas. (43)

En lo referente a la sangre, aun hoy en día se sigue estudiando, y comprendiendo mejor los procesos que en ella se dan. En un estudio de 2013 realizado con cerdos y ratas se han observado y analizado cambios en el pH, ácido láctico, hipoxantina, ácido úrico, amoníaco, NADH y ácido fórmico, comprobando que



podrían ser buenos marcadores para la data de la muerte. El primer cambio bioquímico que se da es la caída de oxígeno, por lo que el catabolismo pasa a ser anaerobio, acumulando ácido láctico y NADH. Se da también un aumento de ácido fórmico que se atribuye a la putrefacción bacteriana. El acúmulo de estos dos, sumado a que el sistema tampón de la sangre deja de funcionar, hace que el pH de la sangre comienza a caer, pasando de 7,45 a 6,0 en las primeras 24 horas. El amoníaco aumenta de forma muy significativa, llegando incluso a las 250 veces el valor inicial. Puesto que no hay xantina oxidasa en la sangre de los mamíferos (se encuentra en hígado e intestino), la hipoxantina no se degrada, manteniendo los niveles de ácido úrico y aumentando los de hipoxantina. Todos estos datos fueron comparados con los obtenidos de sangre in vitro humana recogida antemortem, y aunque se encontraron algunas diferencias, se llega a la conclusión de que son parámetros que podrían ser de gran utilidad para el diagnóstico del intervalo postmortem. (42)

En cuanto al humor vítreo, lleva siendo estudiado más de medio siglo. Hablando de forma general, en el humor vítreo los niveles de ciertos componentes químicos, como el potasio, magnesio, amoníaco, urea, creatinina, ácido úrico, hipoxantina o el ácido láctico aumentan gradualmente con el tiempo después de la muerte, mientras que otros tales como calcio, sodio, las enzimas, la glucosa o la vitamina C disminuyen. Son varios los autores que han propuesto su propia regla matemática para predecir la data de la muerte, la mayoría de ellos haciendo uso de la concentración de potasio (*ver Anexo, Tabla 4*).

Sin embargo, la relación que se le daba a éste era como variable dependiente del intervalo postmortem, y por ello, en 2006, Medea propone tratarlo como una variable independiente, y aunque no consiguió unas estimaciones exactas del momento de la muerte sí demostró una precisión algo mayor utilizando este método. (45)

Pero otros investigadores siguen prefiriendo utilizar las concentraciones de los compuestos y elementos como variables lineales dependientes del tiempo, y siguen desarrollando sus estudios con esta premisa. Así en 2010 un grupo de



investigadores del Charitable Hospital desarrollan una nueva fórmula basada en la concentración de potasio en la que parece influir poco la edad, sexo, causa de la muerte y temperatura, y concluyen que el estudio de este fluido es de gran utilidad para estos fines. (50)

Algunos autores hablaban de la falta de estudios acerca de las diferencias entre ambos ojos, pero en 2011 desde la Universidad de Veracruz se publica un artículo en el que se demuestra que en las muestras recogidas de ambos ojos no hay diferencias, con un intervalo de confianza del 95%. Además, sus resultados con respecto a la evolución de la concentración del potasio corroboran una vez más su variación lineal directa junto al tiempo desde la muerte. En 2013 desde JSS Medical College de India se publica un nuevo estudio con idéntico resultado en la comparación de ambos ojos y añadiendo además que no hay diferencias estadísticamente significativas en la concentración de sodio, potasio, los niveles de cloruro y la relación de potasio y sodio entre hombres y mujeres. (44, 46, 48)

Médicos forenses de china, intentando también encontrar la relación entre la bioquímica del humor vítreo y el intervalo post mortal, llegan en su estudio a la conclusión de que las concentraciones de potasio e hipoxantina son buenos predictores del intervalo ($R^2 = 0,866$), mientras que las concentraciones de sodio y cloro no. (47)

Siguiendo el estudio en el humor vítreo pero en este caso con otro protagonista, en 2013 se publica un estudio centrado en las variaciones que se dan con el paso del tiempo en el micro ARN. Aunque no se demostró una relación entre sus niveles y el intervalo desde la muerte, sí se consiguió establecer diferencias en sus niveles comparando muestras recogidas de muertes durante el día y muertes durante la noche, por lo que se piensa que la luz o el ritmo circadiano pueden estar implicados en este proceso, dato que podría ser útil para establecer el momento de la muerte. (49)

También se buscan parámetros útiles en otros fluidos diferentes al humor vítreo, y siendo este de los más estudiados desde los



años 60 y teniendo las ventajas que tiene con respecto a otros, en 2011 investigadores indios realizan un estudio que demuestra que los niveles de potasio y glucosa en el líquido sinovial son al menos tan precisas como los mismos en humor vítreo. (54)

Siguiendo esta línea, otros investigadores se han dedicado al estudio del líquido sinovial. Dos grupos por separado, uno el 2013 y otro a finales de 2014 presentan sus estudios en los que se busca un método para el cronotanodiagnóstico a través de las concentraciones de varios elementos medidos en este líquido, para casos en los que el acceso o la disposición del humor vítreo no sea el adecuado. La conclusión a la que llegan en ambos es que hay una fuerte relación lineal positiva entre el tiempo de la muerte y la concentración de potasio en líquido sinovial, no siendo así las concentraciones de sodio y glucosa encontradas. En el más reciente de los estudios, los cambios en las concentraciones de sodio y potasio demostraron ser previsibles en un 71% dentro de las primeras 72 horas. Sin embargo, y aunque los estudio parecen arrojar datos alentadores, no se consiguió establecer los efectos que tienen las condiciones climáticas sobre estas variables, por lo que aun será necesario seguir investigando al respecto. (51, 52)

En 2014 también, un tercer grupo con el mismo objetivo desarrolla una fórmula de regresión que proporciona un intervalo de confianza del 95% de ± 3 horas y un coeficiente de correlación de 0,739, proporcionando menos error estándar que en otros estudios similares. (53)

Pero no solo la concentración de los electrolitos en los diferentes fluidos del cuerpo es el objeto de las investigaciones más recientes. También se realizan estudios que investigan los niveles de ATP (trifosfato de adenosina) o ARN entre otros en diferentes órganos de ratas. En uno de ellos, publicado en 2013, se encuentra la relación que se da entre los niveles de los productos de degradación del ATP en el cerebro, el bazo y los riñones de ratas y el tiempo desde la muerte, demostrando que podrían ser buenos predictores. Otros estudios en 2014 se centran en el RNA extraído de la piel de ratas, o GAPDH2, ACTB2 y 18S rRNA del bazo, demostrando igualmente que



podrían llegar a ser utilizados adicionalmente para estos fines.
(56, 57, 58)

3.2.1.2.5. Microbiología

Como expone Isabel Fernández Corcobado en su tesis doctoral, también podríamos valernos de las bacterias para estimar el momento de la muerte, observando el número generaciones y velocidad de crecimiento de *Propionibacterium acnes*. Según explica, la datación por este método utilizando la fórmula de la *tabla 6 recogida en el Anexo* coincidió en el 100% de los casos estudiados con la de los médicos forenses, con la ventaja de la simplificación del trabajo y la reducción del tiempo de estudio a 48 horas, que son las necesarias para el cultivo y la incubación de la bacteria en el laboratorio.

Por tanto concluye que existe una fuerte correspondencia entre los parámetros de crecimiento de *P. acnes* sobre restos cadavéricos, respecto al tiempo transcurrido desde la muerte, que permiten una mayor aproximación al cálculo del intervalo postmortem. (5)

3.2.2. Signos paramédico

Hay datos no relacionados con el mundo de la medicina que pueden auxiliar al establecimiento de los límites temporales entre los que puede haberse producido una muerte, e incluso establecerla casi exactamente.

Estos son todos los elementos que rodean al cadáver y la situación en que se encuentra, como puede ser la observación de características del lugar del crimen (humedad del cadáver si ha llovido, indicando que ya estaba ahí antes o durante la lluvia por ejemplo), objetos de la víctima o de los alrededores (medios electrónicos con baterías que aun no se hayan agotado, una fogata cuyas ascuas siguen calientes...) o las deducciones que se pueden establecer de la situación (que alguien siempre pase a cierta hora por el lugar del crimen y aun no lo viese por ejemplo), etc.

Una buena capacidad de observación, la colaboración con otros profesionales y una deducción prudente pueden ser elementos complementarios de mucho valor en el cronotanatodiagnóstico.



3.2.3. Signos de vida residual

Como organismo pluricelular que es el ser humano, la muerte del individuo no conlleva la muerte instantánea de todas las unidades básicas de vida que lo componen, es decir, las células. Esta muerte se producirá de forma diferida y de ello podremos deducir cierta información.

- Motilidad de células espermáticas: se puede observar hasta **34 – 36 horas** después de la muerte.
- Reacción pupilar a la luz: Puede durar hasta **4 horas**.
- Reacción pupilar a atropina y pilocarpina: se da hasta **2 – 4 horas** postmortem.
- Contracción muscular: ya sea con estímulos mecánicos o eléctricos, hasta **3 – 4 horas** tras la muerte.

(4)

Existen otros signos que han sido estudiados como la excitabilidad de las glándulas sudoríparas, la transformación blástica de los linfocitos o la coagulación de la sangre, que no han demostrado gran relevancia en el campo del cronotanatodiagnóstico.

En la actualidad, diferentes estudios han presentado una disminución gradual y proporcional en los condrocitos tras la muerte, y dicha disminución se puede utilizar para la determinación objetiva del periodo postmortem. La estructura y la localización anatómica del cartílago, junto con sus propiedades mecánicas, físicas y químicas permiten a los condrocitos sobrevivir durante varias semanas después de la muerte de una persona. Por lo tanto, el cartílago podría ser un nuevo parámetro para la determinación de la data de la muerte. Esta idea había sido confirmada parcialmente por unos pocos estudios in vitro. Estos estudios se fundamentan más que en el número total de condrocitos, en la relación entre condrocitos muertos y vivos en el cartílago articular. Esta proporción varía en función de la temperatura ambiental y corporal y se puede establecer una relación matemática entre todos los factores. Los autores prevén la necesidad de establecer estudios en cuerpos reales para comprobar la verdadera utilidad en la práctica. (55)



3.2.4. Signos derivados del cese de funciones vitales

Se basa en observar el estado en que han quedado detenidas las funciones fisiológicas al interrumpirse tras la muerte. Clásicamente se ha propuesto el estudio de 3 datos, pero hoy en día no se admiten como fiables: repleción de la vejiga, longitud del pelo de la barba y la fase de la digestión y tránsito intestinal. (4)

3.2.5. Nuevas tecnologías

Y es que incluso los desarrolladores de software de hoy en día quieren aportar algo a este campo. Se crea para ello en 2011 una aplicación gratuita para iPhone que intenta ayudar en la estimación de este intervalo. Solo con la medición de la temperatura rectal en el mismo lugar del crimen y el algoritmo ya integrado, esta aplicación nos dará una estimación del momento de la muerte. Se publica en 2013 un estudio para intentar demostrar la verdadera utilidad de esta aplicación en la práctica. (59, 60)



4. *Bibliografía*



1. Gisbert Calabuig JA. 'Capítulo 18: Fenómenos cadavéricos', in Villanueva Cañadas E. Editor: Gisbert Calabuig JA. Medicina legal y toxicología. Barcelona: Masson, S.A, 2004. pp. 163-171.
2. Gisbert Calabuig JA, Villanueva Cañadas E. 'Capítulo 19: Procesos destructores del cadáver', in Villanueva Cañadas E. Editor: Gisbert Calabuig JA. Medicina legal y toxicología. Barcelona: Masson, S.A, 2004. pp. 172-185.
3. Castillo Gonzalo J. 'Capítulo 20: Procesos conservadores del cadáver', in Villanueva Cañadas E. Editor: Gisbert Calabuig JA. Medicina legal y toxicología. Barcelona: Masson, S.A, 2004. pp. 186-193.
4. Villanueva Cañadas E, Concheiro Carro L, Suárez Peñaranda JM. 'Capítulo 21: Problemas tanatológicos médico-legales', in Villanueva Cañadas E. Editor: Gisbert Calabuig JA. Medicina legal y toxicología. Barcelona: Masson, S.A, 2004. pp. 194-218.
5. Fernández Corcobado IC. Termomicrobiología forense: Aproximación criminalística a la data de la muerte [Internet]. Granada: Laboratorio de antropología de la Universidad de Granada. 2008.
6. Verdú Pascual FA (18/12/2000) Cronotanatodiagnóstico, Available at: <http://www.uv.es/fevepa/tercera/CRIMINOLOGIA/temas/T6.html#%C3%ADndice> (Accessed: 1st May 2015).
7. Knight B. The evolution of methods for estimating the time of death from body temperature. Forensic Sci Int. 1988; 36:47-55.
8. Aydin B, Colak B, Balci Y, Demirüstü C. Consistency of postmortem interval estimations of physicians using only postmortem changes of putrefied dead bodies. Am J Forensic Med Pathol. 2010; 31:243-6.
9. Kercheval J (22/03/2001) Standards employed to determine time of death, Available at: <http://www.arrakis.es/~jacoello/date.pdf> (Accessed: 1st May 2015).
10. Cappella A, Gibelli D, Muccino E, Scarpulla V, Cerutti E, Caruso V, et al. The comparative performance of PMI estimation in skeletal remains by three methods (C-14, luminol test and OHI): analysis of 20 cases. Int J Legal Med. 2015; 27.
11. Sánchez Sánchez JA(15/11/2011) Procesos putrefactivos y su evolución. Fenómenos conservadores del cadáver, Available at: <http://pendientedemigracion.ucm.es/centros/cont/descargas/documento29638.pdf> (Accessed: 1st May 2015).
12. Tamayo Calderón M. "Compendio de Medicina Legal y Judicial". Primera edición. Barcelona-España, 2002.
13. Grandini Gonzales J. "Medicina Legal". Editorial Mexicana. Primera edición. México, 2004



14. Casas Sánchez JD (20/10/2009) Revista de la Escuela de Medicina Legal Septiembre de 2006 27 Fenómenos de conservación cadavérica. Saponificación, Available at: http://pendientedemigracion.ucm.es/info/medlegal/5%20Escuelas/scumedlegal/revista/articulos_pdf/3_3_2006.pdf (Accessed: 1st May 2015).
15. Zydek L, Barzdo M, Michalski M, Meissner E, Berent J. [Part I. The use of entomological methods in determination of the time of death -- case presentations]. Arch Med Sadowej Kryminol. 2007; 57:347-50.
16. Barzdo M, Zydek L, Michalski M, Meissner E, Berent J. [Part II. The use of entomological methods in determination of the time of death -- case presentations]. Arch Med Sadowej Kryminol. 2007; 57:351-4.
17. Chen LS, Xu Q, Shi F. [Estimation time of death by necrophagous flies life cycle]. Fa Yi Xue Za Zhi. 2010; 26:332-5.
18. Vairo KP, Corrêa RC, Lecheta MC, Caneparo MF, Mise KM, Preti D, et al. Forensic use of a subtropical blowfly: the first case indicating minimum postmortem interval (mPMI) in southern Brazil and first record of *Sarconesia chlorogaster* from a human corpse. J Forensic Sci. 2015; 60 Suppl 1:S257-60.
19. García-Rojo AM, Martínez-Sánchez A, López R, García de la Vega JM, Rica M, González M, et al. A mathematical model applied for assisting the estimation of PMI in a case of forensic importance. First record of *Conicera similis* (Diptera: Phoridae) in a corpse. Forensic Sci Int. 2013; 231:e11-8.
20. Zhu GH, Yu XJ, Xie LX, Luo H, Wang D, Lv JY, et al. Time of death revealed by hydrocarbons of empty puparia of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae): a field experiment. PLoS One. 2013; 8:e73043.
21. Frere B, Suchaud F, Bernier G, Cottin F, Vincent B, Dourel L, et al. GC-MS analysis of cuticular lipids in recent and older scavenger insect puparia. An approach to estimate the postmortem interval (PMI). Anal Bioanal Chem. 2014;406:1081-8.
22. Brown K, Thorne A, Harvey M. *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) pupae: a timeline of external morphological development and a new age and PMI estimation tool. Int J Legal Med. 2014.
23. Prieto-Castelló MJ, Hernández del Rincón JP, Pérez-Sirvent C, Alvarez-Jiménez P, Pérez-Cárceles MD, Osuna E, et al. Application of biochemical and X-ray diffraction analyses to establish the postmortem interval. Forensic Sci Int. 2007; 172:112-8.



24. Wu YF, Zhu ZW, Pan LL, Zhou JL. [Estimation of PMI using late postmortem phenomena in the basis of 49 cases]. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2012; 28:435-7.
25. Riepert T, Lasczkowski G, Becker J, Urban R. [Extremely varied rectal temperatures in 10 fatalities after a house fire--a contribution to the significance of body weight in cadaver cooling]. *Arch Kriminol*. 1993; 191:107-13.
26. Nelson EL. Estimation of short-term postmortem interval utilizing core body temperature: a new algorithm. *Forensic Sci Int*. 2000; 109:31-8.
27. Wardak KS, Cina SJ. Algor mortis: an erroneous measurement following postmortem refrigeration. *J Forensic Sci*. 2011; 56:1219-21.
28. Kaliszan M. Studies on time of death estimation in the early post mortem period -- application of a method based on eyeball temperature measurement to human bodies. *Leg Med (Tokyo)*. 2013; 15:278-82.
29. Smart JL. Use of postmortem temperature decay response surface plots of heat transport in the human eye to predict time of death. *J Forensic Sci*. 2014; 59:390-8.
30. Smart JL, Kaliszan M. Use of a finite element model of heat transport in the human eye to predict time of death. *J Forensic Sci*. 2013; 58 Suppl 1:S69-77.
31. Prieto JL, Sánchez JA, Magaña C, Roselló J, Gremo A (08/06/2010) Curso básico de antropología forense, Available at: <http://www.agmf.es/boletines/boletin10.pdf> (Accessed: 1st May 2015).
32. Protocolo de servicios periciales del gobierno de México www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/254303/752742/file/PROTOCOLO%2520DE%2520SERVICIOS%2520PERICIALES.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es
33. Romanelli MC, Marrone M, Veneziani A, Gianciotta R, Leonardi S, Beltempo P, et al. Hypostasis and Time Since Death: State of the Art in Italy and a Novel Approach for an Operative Instrumental Protocol. *Am J Forensic Med Pathol*. 2015.
34. Sánchez Sánchez JA (15/11/2011) Curso básico de antropología forense, Available at: <http://pendientedemigracion.ucm.es/centros/cont/descargas/documento29637.pdf> (Accessed: 1st May 2015).
35. Ozawa M, Iwadate K, Matsumoto S, Asakura K, Ochiai E, Maebashi K. The effect of temperature on the mechanical aspects of rigor mortis in a liquid paraffin model. *Leg Med (Tokyo)*. 2013; 15:293-7.



36. Anders S, Kunz M, Gehl A, Sehner S, Raupach T, Beck-Bornholdt HP. Estimation of the time since death--reconsidering the re-establishment of rigor mortis. *Int J Legal Med.* 2013; 127:127-30.
37. Zech WD, Jackowski C, Buetikofer Y, Kara L. Characterization and differentiation of body fluids, putrefaction fluid, and blood using Hounsfield unit in postmortem CT. *Int J Legal Med.* 2014; 128:795-802.
38. Querido D, Pillay B. Linear rate of change in the product of erythrocyte water content and potassium concentration during the 0-120-hour postmortem period in the rat. *Forensic Sci Int.* 1988; 38:101-12.
39. Aulov AA, Bogomolov DV. [The contribution of the scientific school of Yu.I. Pigolkin, corresponding member of the Russian Academy of Medical Sciences, to the development of modern methods for the estimation of the time of death]. *Sud Med Ekspert.* 2012; 55:59-61.
40. Ermakova IuV, Kil'diushov MS, Kil'diushov EM, Reznikov II. [The substantiation of the mathematical model of the process of postmortem spin probe recovery for the ascertainment of the time of death]. *Sud Med Ekspert.* 2012; 55:22-4.
41. Querido D. In vitro loss of potassium from erythrocytes during the 0-108 h postmortem period in rats: relationship between potassium loss and postmortem interval. *Forensic Sci Int.* 1991; 51:111-23.
42. Andrea ED, Iain LL. Biochemistry Changes That Occur after Death: Potential Markers for Determining Post-Mortem Interval. *PLoS One.* 2013; 8: e82011.
43. Singh D, Prashad R, Sharma SK, Pandey AN. Estimation of postmortem interval from human pericardial fluid electrolytes concentrations in Chandigarh zone of India: log transformed linear regression model. *Leg Med (Tokyo).* 2006; 8:279-87.
44. Nidhi Sachdeva, Yashoda Rani, Ritu Singh, Atul Murar. Estimation of Post-Mortem Interval from the Changes in Vitreous Biochemistry. *J Indian Acad Forensic Med.* 2011, Vol. 33, No. 2.
45. Madea B, Rödiger A. Time of death dependent criteria in vitreous humor: accuracy of estimating the time since death. *Forensic Sci Int.* 2006; 164:87-92.
46. Báez Jiménez A, Ruz Saldívar C, Del Ángel Pérez A, García Ramírez P. Importancia de los componentes bioquímicos de humor vítreo en patología Forense. 2011; 5: p. 36-46.
47. Fang C, Wang SC, Sun LM, Zhang XT, Long WQ, Jing HL. [Concentration changes of potassium and hypoxanthine in vitreous humor of swine and its application to postmortem interval estimation]. *Fa Yi Xue Za Zhi.* 2011; 27:9-12, 21.



48. Chandrakanth HV, Kanchan T, Balaraj BM, Virupaksha HS, Chandrashekar TN. Postmortem vitreous chemistry--an evaluation of sodium, potassium and chloride levels in estimation of time since death (during the first 36 h after death). *J Forensic Leg Med.* 2013; 20:211-6.
49. Odriozola A, Riancho JA, de la Vega R, Agudo G, García-Blanco A, de Cos E, et al. miRNA analysis in vitreous humor to determine the time of death: a proof-of-concept pilot study. *Int J Legal Med.* 2013; 127:573-8.
50. Jashnani KD, Kale SA, Rupani AB. Vitreous humor: biochemical constituents in estimation of postmortem interval. *J Forensic Sci.* 2010; 55:1523-7.
51. Siddhamsetty AK, Verma SK, Kohli A, Verma A, Puri D, Singh A. Exploring time of death from potassium, sodium, chloride, glucose & calcium analysis of postmortem synovial fluid in semi arid climate. *J Forensic Leg Med.* 2014; 28: 11-4.
52. Arikeri SM, Laveesh MR, Neena Priyadarshini AV, Suja P, Farsana UK, Michael N, et al. Determination of time since death by estimating sodium and potassium levels in synovial fluid. *Int J Pharm Biomed Res* 2013, 4: 194-196.
53. Tumram NK, Ambade VN, Dongre AP. Thanatochemistry: Study of synovial fluid potassium. *Alexandria Journal of Medicine* 2014;, 50: 369–372
54. Tumram NK, Bardale RV, Dongre AP. Postmortem analysis of synovial fluid and vitreous humour for determination of death interval: A comparative study. *Forensic Sci Int.* 2011; 204:186-90.
55. Alibegović A. Cartilage: a new parameter for the determination of the postmortem interval?. *J Forensic Leg Med.* 2014;27:39-45.
56. Mao S, Fu G, Seese RR, Wang ZY. Estimation of PMI depends on the changes in ATP and its degradation products. *Leg Med (Tokyo).* 2013; 15:235-8.
57. Pan H, Zhang H, Lü YH, Ma JL, Ma KJ, Chen L. [Correlation between five RNA markers of rat's skin and PMI at different temperatures]. *Fa Yi Xue Za Zhi.* 2014; 30:245-9.
58. Lv YH, Ma KJ, Zhang H, He M, Zhang P, Shen YW, et al. A time course study demonstrating mRNA, microRNA, 18S rRNA, and U6 snRNA changes to estimate PMI in deceased rat's spleen. *J Forensic Sci.* 2014; 59:1286-94.
59. Romodanovskii PO, Barinov EK, Malyshev AP. [Time of death software product as a readily available tool for the work of a forensic medical expert at the place of occurrence]. *Sud Med Ekspert.* 2013; 56:38-9.
60. Medicon Apps (24/05/2015) Time of Death: CSI Forensic Calculator, Available at: <https://itunes.apple.com/es/app/time-death-csi-forensic-calculator/id397128738?mt=8>



5. Anexo



Tabla 1

1. *Primera cuadrilla*. Está formada por dípteros, moscas de las especies *Musca* y *Curtonevra*, en un primer momento, y después por otras moscas, *Calliphora* y *Anthomia*. Ataca solamente los cadáveres frescos.
2. *Segunda cuadrilla*. Actúa tan pronto como se hace sentir al aire libre el olor cadavérico. Sus componentes son moscas *Lucilia* y *Sarcophaga*.
3. *Tercera cuadrilla*. Interviene de 3 a 6 meses después de la muerte, atraída por las grasas fermentadas (fermentación butírica). La componen coleópteros (*Dermestes*) y lepidópteros (*Aglossa*).
4. *Cuarta cuadrilla*. Es atraída por la fermentación caseica o albuminoidea y se compone de moscas (*Anthomia*, *Pyophila casei*) y coleópteros (*Corynetes*).
5. *Quinta cuadrilla*. La atrae la fermentación amoniaca. Se compone de dípteros de los géneros *Tyreophora*, *Lonchea*, *Ophyra* y *Phora*, de coleópteros de la familia de los sílfidos y de los géneros *Necrophora*, *Silpha*, *Hister* y *Saprinus*.
6. *Sexta cuadrilla*. Absorbe el resto de los humores líquidos dejados por las anteriores cuadrillas, con lo que se desecan y hasta momifican las partes orgánicas que aún resistían. Son todos acarrianos de los géneros *Uropoda*, *Trachinotus*, etc.
7. *Séptima cuadrilla*. Aparece cuando ya sólo quedan restos momificados que no dan pábulo a los agentes fermentativos; los obreros de esta cuadrilla son los mismos que roen los vestidos, tapices, pieles, etc. Son coleópteros (*Dermestes*, *Attagenes*, *Anthraxes*) y lepidópteros (*Aglossa* y *Tineola*).
8. *Octava cuadrilla*. La componen tan sólo dos especies de insectos que hacen desaparecer los restos que dejaron los demás: *Tenebrio* y *Ptinus*.

Tabla 2

$$36 - T + \frac{\text{antilog AL}}{180} + \frac{\text{AR} - 15}{16,7} + \frac{\text{AA} - 1}{7,35}$$

4

T, temperatura axilar; AL, concentración del ácido láctico en mg. por ciento; AR, nitrógeno residual en mg.; AA, aminoácidos en mg.



Tabla 3

Para COE la ecuación desarrollada por STURNER es la más adecuada cuando el cadáver permanece en un ambiente térmico moderado. El intervalo *post mortem* según esta ecuación se calcula como sigue:

$$\text{Tiempo post mortem} = 7,14 \times K - 39,1$$

MADEA tras realizar un estudio crítico de todas las ecuaciones publicadas propone la siguiente:

$$\text{Tiempo post mortem} = 5,26 \times K - 30,9$$

ecuación que da unos resultados muy similares a los que se obtienen con nuestra fórmula

Tabla 4

Autor	Año	Fluido	Ecuación
ADELSON	1963	Humor vítreo	$y = 5,36 + 0,17 x$
STURNER	1963	Humor vítreo	$y = 5,60 + 0,14 x$
HANSSON	1966	Humor vítreo	$y = 8 + 0,17 x$
LIE	1967	Humor vítreo	Pendiente: 0,14 mEq/l
COE	1969	Humor vítreo	Primeras 6 h: $y = 4,99 + 0,332 x$ > 6 h: $6,19 + 0,1625 x$
ADJUTANTIS	1972	Humor vítreo	> 12 h: $y = 3,14 + 0,55 x$
VILLANUEVA	1977	Humor vítreo	$y = 5,89 + 0,2065 x$
STEPHENS	1987	Humor vítreo	$y = 6,34 + 0,238 x$
MADEA	1987	Humor vítreo	$y = 5,99 + 0,203 x$
LUNA	1980	Pericárdico	$y = 10,93 + 1,62 x$
QUERIDO	1988	Eritrocitos	$y = 259 \text{ mmol/kg} - 0,435 x$

$x = K$ expresado en mEq/l; $y =$ tiempo en horas.



Tabla 5

1. Las características generales de estas familias, a saber:
 - a) Períodos del año en que están presentes (generalmente desde la primavera a otoño).
 - b) Actividad con respecto a la luz, por ejemplo, la *Calliphora eritrocephala* (mosca azul de la carne) no vuela más que con luz diurna. El encontrar huevos o larvas de esta mosca indica que la puesta fue con luz diurna.
 - c) Tipo de alimento que prefieren. Así a la mosca azul la atrae la carne fresca, mientras que a la mosca doméstica lo hacen los excrementos y la carne corrompida.
2. Tiempo que tarda la larva en salir del huevo.
3. Crecimiento medio diario, en longitud, de las larvas.
4. Momento de transformarse en pupas.
5. Momento en que la mosca adulta sale de ellas.

Tabla 6

$$\text{HORAS} = 21,20 + (-16,56 \cdot \text{VC}^1) + (0,82 \cdot \text{n}^{\circ}\text{G}^2)$$

¹Velocidad de crecimiento individual de P. acnes.

²Número de generaciones individual de P. acnes.