

Medicina Forense y Criminalística

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López
Barcelona, julio de 2015

Tabla de contenidos

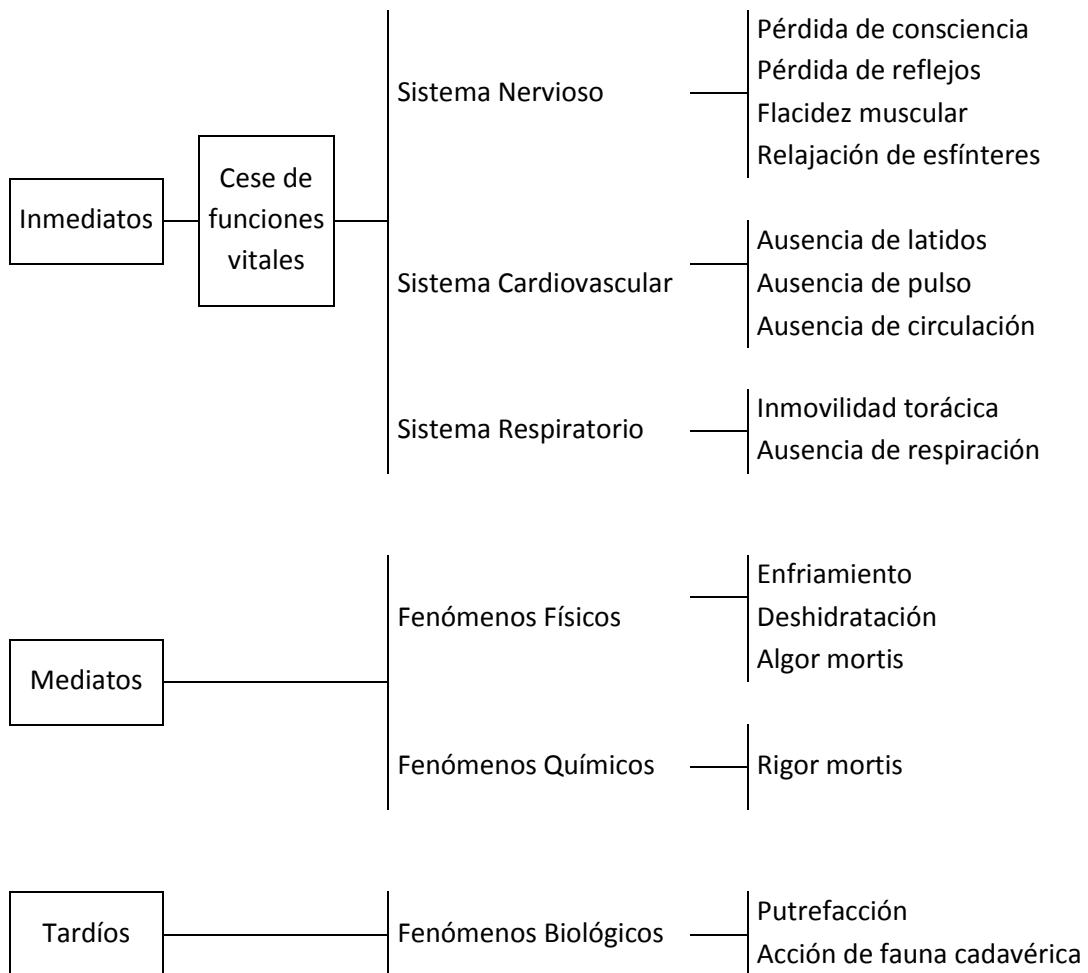
Introducción.....	3
El caso de Esther Solymossy.....	4
Historia de la Tanatología	7
La Temperatura Corporal	9
Normograma de Henssge.....	11
Factores modificadores y diagnóstico diferencial.....	11
Deshidratación	13
Pérdida de peso.....	13
Desecación de las mucosas	14
Apergaminamiento de la piel	14
Fenómenos Oculares.....	15
Hundimiento Ocular.....	15
Opacidad de la Córnea	16
Mancha de Sommer-Larcher.....	16
Otros fenómenos Oculares	17
Livideces Cadavéricas o Algor Mortis.....	18
Factores modificadores y diagnóstico diferencial.....	19
Rigor Mortis	21
Factores modificadores y diagnóstico diferencial.....	23
Espasmos.....	23

Otros métodos de averiguación del IPM	24
Excitabilidad mecánica	24
Excitabilidad eléctrica.....	24
Estudio del contenido gástrico.....	25
Métodos tanatoquímicos	26
Otros fenómenos importantes para datar el IPM.....	26
La Putrefacción Cadavérica	28
Fauna cadavérica.....	28
Fenómenos de Conservación Cadavérica.....	29
Conclusiones	30
Bibliografía.....	32

Introducción

Pese a que la datación de la muerte nunca es una ciencia del todo exacta, hay un gran número de factores que nos ayudan a hacernos una idea mucho más exacta del tiempo que ha transcurrido desde el fallecimiento.

Estos factores denominados fenómenos cadavéricos, son modificaciones físicas, químicas y biológicas que tienen lugar en el cadáver desde el comienzo de la muerte, y se pueden clasificar en inmediatos, mediatos o tardíos según el tiempo que tardan en aparecer.



Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Para datar la hora de la muerte en cadáveres recientes, debemos centrarnos de los fenómenos mediatos, que son los que tienen lugar inmediatamente después de la muerte, y hasta pasados los dos primeros días.

Estos fenómenos que nos ayudan a determinar el IPM son el Rigor Mortis, el Algor Mortis, el Livor Mortis, la deshidratación, y algunos fenómenos que se pueden inducir de manera artificial y que se detallarán más adelante.

Cabe mencionar también, refiriéndonos estrictamente a la tanatología como disciplina médico-legal, que para ser una ciencia relativamente nueva dentro de la medicina, los avances que se han realizado en los últimos 200 años han sido exponenciales, y es por ello que me ha parecido oportuno incluir unas breves pinceladas de su evolución dentro de este tratado.

El caso de Esther Solymossy

"En el pequeño poblado húngaro de Tisza, una sirviente doméstica de catorce años de edad llamada Esther Solymossy había desaparecido mientras cumplía con un recado de su patrona en el comienzo de la primavera.

Poco después, se rescató del río el cuerpo de una mujer. El cadáver llevaba un vestido parecido al que Esther vestía el día de su desaparición, y su altura era similar a la de la chica desaparecida. No constaba la desaparición de ninguna otra mujer en el área, y muchos de los habitantes de Tisza insistían en que se trataba del cuerpo de Esther Solymossy.

La joven llevaba meses desaparecida, y sin duda, si había pasado todo aquel tiempo en el río, el deterioro físico ya habría trazado unas espantosas rutas interiores. No sorprende que, al ver el cuerpo, la madre de Esther negase con furia que se tratara de su hija.

Tres médicos sin estudios ni experiencia alguna en patología forense recibieron el encargo de determinar la identidad de la chica pescada en el río y la causa de la muerte. Ante sí tenían un cuerpo femenino muy pálido, de uñas delicadas y pulcras en las manos y en los pies. Los genitales se hallaban severamente inflamados. Los intestinos y demás órganos internos se encontraban en buen estado de conservación. El cuerpo parecía haberse desangrado.

A partir de aquellas observaciones, los médicos anunciaron solemnemente sus conclusiones: la muerta tenía al menos dieciocho años de edad y quizás fuese un poco mayor. Venía de un ambiente privilegiado, y aunque no estaba acostumbrada a las

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

labores físicas, los genitales inflamados indicaban que estaba muy habituada a tener relaciones sexuales. La causa de la muerte había sido una anemia, y no podía haber muerto hacia más de diez días. En resumen, claramente, aquél no podía ser el cadáver de Esther Solymossy, que tenía catorce años, solía caminar descalza y debía de estar morena por las frecuentes caminatas sin sombrero bajo el sol.

Sin embargo, el caso atrajo la atención de la prensa y se convirtió en objeto de airadas discusiones en todo el continente europeo. Un grupo de abogados de Budapest exigieron que el cuerpo fuese exhumado y examinado por tres doctores expertos en medicina legal. En medio del glacial frío decembrino, el cuerpo fue exhumado de su lugar de descanso, y los profesores Johannes Belki, Schenthauer y Michalkovics, todos de Budapest, llevaron a cabo una segunda autopsia. Los hallazgos diferían de manera sorprendente del informe de los médicos locales.

El grupo de Budapest insistía en que el cuerpo era de una mujer no mayor de quince años, como lo demostraba la inmadurez de sus huesos. Los genitales hinchados eran el resultado de una larga inmersión en el agua, no de contactos de tipo sexual, y su palidez extrema se debía a que el agua del río había eliminado la capa externa de la piel, dejando sólo el pálido corium, la capa interna, a través del cual la sangre se había filtrado.

Las uñas, inusualmente limpias, según había señalado el primer informe, no eran tales, sino la piel que había estado alguna vez debajo de las mismas, que también había arrancado la corriente fluvial. Por otra parte, puesto que la helada corriente del río había frenado la descomposición del cadáver, era posible que Esther hubiese pasado hasta tres meses en aquella gélida tumba. La ropa que llevaba el cuerpo exhumado y otros detalles físicos coincidían con los de la chica desaparecida. Los profesores de Budapest concluyeron de tal suerte que se trataba de los restos de Esther Solymossy.”¹

Este famoso caso de 1882 ilustra perfectamente cómo las circunstancias medioambientales pueden afectar de manera negativa los cadáveres a la hora de datar la muerte, ya que pueden llegar a llevar a los expertos más experimentados a confusión.

Un cuerpo sumergido en agua corriente, se conservará mucho mejor que si no lo está, ya que, por todos es sabido que cuanto más baja es la temperatura, más tarde empezará a descomponerse cualquier tipo de tejido orgánico. No obstante, por acción de la corriente y la humedad, las capas superficiales de la piel se desprenden, así como las uñas.

¹ Cita Textual: Wagner, E.J. “Dialogo con los Muertos” en *La Ciencia de Sherlock Holmes*. Barcelona: Ed. Planeta, 2010.

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

A continuación se muestra una tabla con los cambios principales que se producen en los cadáveres recientes y la comparación de los mismos fenómenos en un medio acuático a temperatura ambiente, donde se pueden observar cambios muy significativos.

Periodo	Cambios en el Cuerpo a la intemperie	Cambios si está sumergido en agua
HORAS	ENFRIAMIENTO DEL CUERPO	ENFRIAMIENTO DEL CUERPO
0 - 12	0.8 a 1.1 °C por hora	1.6 °C de promedio por hora
12 - 24	0.4 a 0.5 °C por hora	0.8 °C de promedio por hora
10 - 12	El cuerpo está frío al tacto	5-6 horas el cuerpo está frío al tacto
20 - 24	El cuerpo se ha enfriado	8-10 horas el cuerpo se ha enfriado
HORAS	LIVIDEZ	LIVIDEZ
3 - 5	Empieza a desarrollarse	Empieza a desarrollarse
HORAS	RIGOR MORTIS	RIGOR MORTIS
5 - 7	Empieza en cara, mandíbula y cuello	Desarrollo variable
7 - 9	Brazos, tronco y piernas	
12 - 18	Rigor mortis Completo	
24 - 36	Desaparición en el mismo orden	Presente hasta entre 2 y 4 días después

Tabla 1: Relación de los cambios en cadáveres a la intemperie en comparación con los cambios en cadáveres sumergidos en agua

Obviamente, en los albores de la medicina forense, no todos los profesionales disponían de dicha información ya que las comunicaciones eran lentas y la información tardaba en llegar, contando que llegara a su destino. Sin tener en cuenta por supuesto, con que tampoco se disponía de las poderosas herramientas de hoy en día como internet.

Todo ese cúmulo de circunstancias, además de la falta de referencias (ya que hay que tener en cuenta que la tanatología no sería considerada como práctica médica hasta 1500, y que los primeros estudios de fenómenos cadavéricos no tuvieron lugar hasta finales de 1800) daban lugar a errores en dataciones del IPM, acusaciones erróneas o causas de la muerte que no eran correctas.

El objetivo de éste escrito es, recopilar y exponer de la forma más didáctica posible todos estos fenómenos y hacerlos comprensibles y útiles para interesados o estudiantes de un nivel básico de la materia, hasta para profesionales experimentados.

Para ello se estudiarán y se compararán, para poder arrojar un poco de luz y elaborar una “guía básica” para determinar el intervalo post mortem teniendo en cuenta todos los factores modificadores que se encuentran normalmente en casos de muertes sospechosas.

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Historia de la Tanatología

La primera autopsia documentada fue en 1286 durante una plaga en Italia, pese a que se sabe que ya se realizaban con anterioridad. Posteriormente también hay constancia de procedimientos en busca de conocimientos anatómicos, que se realizaban a través de autopsias y no de disecciones, como habría sido de esperar.

En la escuela de medicina en Bolonia hacia el siglo XIV, se realizaban autopsias por causas legales antes que disecciones, ya que también dependían de la escuela de derecho y, en muchas ocasiones colaboraban para determinar muertes en casos muy difíciles. Más tarde, en 1360 se realizaron autopsias en Europa, con cadáveres de criminales ejecutados, pese a que las actuales religiones no lo veían con buenos ojos.



Ilustración 1 Lección de anatomía del Dr. Nicolaes Tulp (Rembrandt, 1632)

No es hasta 1507 que las autopsias empiezan a ser consideradas una práctica médica para determinar la causa de algunas muertes o la evolución de enfermedades. Ese fue el punto de inflexión que necesitaba ésta ciencia para empezar a evolucionar hacia lo que ahora conocemos.

Los fenómenos cadávericos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Fue a partir de finales de 1800, cuando la autopsia empezó a ser la forma de determinar la hora de la muerte, gracias a que empezaron a identificarse los fenómenos cadávericos y su evolución. No obstante, todavía no se sabía a ciencia cierta la causa de esos cambios, y eso daba lugar a errores de varias índoles.

Lo que en aquel entonces se interpretaba a veces como una mueca de horror o de pánico, era en verdad el resultado del cambio físico o del daño causado por un arma, una sustancia cáustica, un animal o un insecto. O bien podía tratarse del cambio de color causado por el sofocamiento, la lividez o el comienzo de la descomposición.

Muchos médicos veían y observaban, pero aún no comprendían plenamente lo que ocurría a los cadáveres.

Alexander Lacassagne, realizó varios estudios en Lyon que supusieron un verdadero avance en el campo de la tanatología, más concretamente en la comprensión de los fenómenos que tienen lugar en un cuerpo inmediatamente después de su muerte.

Lacassagne tomó apuntes sobre el rigor mortis y su evolución cronológica, el algor mortis y cómo la temperatura se iguala con el entorno, el livor mortis y la palidez cadáverica. Se dio cuenta de que estos fenómenos eran útiles para determinar el IPM, y también de las variaciones que podían experimentar según sus factores modificantes.

Con él, llegó una fascinación por la práctica forense y varios profesionales presentaron mejoras y nuevos métodos, como Karl Rokitanski, que desde Viena enseñó a sus alumnos un método post mortem en el cual se descubrían los órganos internos y se investigaban dentro del cuerpo.

Gohn fue un paso más allá e introdujo la técnica de extracción de órganos según su función, técnica que aún se utiliza hoy en día en algunas escuelas de medicina.

Rudolf Virchow desde Berlín, tenía su propio método, que consistía en extraer y examinar los órganos por separado. Es ésta la técnica más utilizada hoy en día en las autopsias. Es un procedimiento más delicado, mediante el cual es menos probable que se pierdan fragmentos minúsculos de evidencia médica.

Por supuesto, la medicina forense así como todas las demás disciplinas médicas, se vio muy favorecida a partir de 1900 con invenciones tecnológicas tales como el microscopio electrónico, los rayos X o la resonancia magnética.

La Temperatura Corporal

El enfriamiento o Algor Mortis es quizá el fenómeno más útil para determinar el IPM, ya que disminuye de forma gradual y progresiva hasta igualarse con el medio ambiente aproximadamente a 1°C por hora. Un cuerpo tarda entre 15 y 20 horas en igualar su temperatura con la del medio ambiente por completo dependiendo de múltiples factores.

Con la llegada de la muerte, cesa nuestro sistema de regulación homeotérmico y a consecuencia, cae la temperatura corporal. Para determinar la temperatura de un cadáver, hay que tomar la temperatura intra-abdominal de forma rectal y repetir a cada hora; también es importante anotar la temperatura ambiental ya que es uno de los factores que más pueden alterar la caída de la temperatura en un cadáver. Se dice que es un signo seguro de muerte cuando la temperatura rectal es inferior a 20°C.

FASE DE ENFRIAMIENTO	FENÓMENOS	TIEMPO DESDE LA MUERTE
Hipertermia post mortem	Se da en muertes por insolación, electrocuciones, rabia, etc.	Inmediatamente
Equilibrio térmico	Meseta en la que no varía la temperatura	Durante las 2 primeras horas
Descenso lento	Descenso de 0.5°C/hora	Entre 2 y 5 horas tras el IPM
Descenso rápido	Descenso de 1°C/hora	Entre 5 y 13 horas tras el IPM
Descenso lentísimo	Descenso entre 0.75°C/hora y 0.25°C/hora hasta equilibrarse con el medio	Entre 13 y 24 horas tras el IPM
Infradescenso	Evaporación de fluidos biológicos	A partir de las 24 horas tras el IPM

Tabla 2: Enfriamiento del cadáver en relación al IPM

En cuanto a la forma, el enfriamiento sigue siempre el mismo patrón, empezando por extremidades donde es más difícil el riego sanguíneo de por si, como pies, manos y cara, siguiendo por la espalda y extendiéndose hacia el abdomen. Las vísceras, al ser la parte más protegida, son las últimas en enfriarse, llegando a tardar hasta 20 horas en culminar.

Para calcular el intervalo post mortem mediante la temperatura, se sigue un modelo doble exponencial propuesto por Marshal y Hoare en 1962 y que postula que es posible diferenciar una doble fase de enfriamiento: una meseta donde prácticamente no hay enfriamiento, y una fase final progresiva.

Hay que tener en cuenta también, que la grasa actúa como aislante térmico, y que por ello, el enfriamiento no es del todo progresivo en la misma intensidad en todo el cuerpo. También puede variar según el momento del día en que se ha producido el deceso ya que la temperatura normal varía a lo largo del día.

A continuación se muestra el diagrama propuesto por Marshal y Hoare para determinar el momento de la muerte basándose en el enfriamiento corporal.

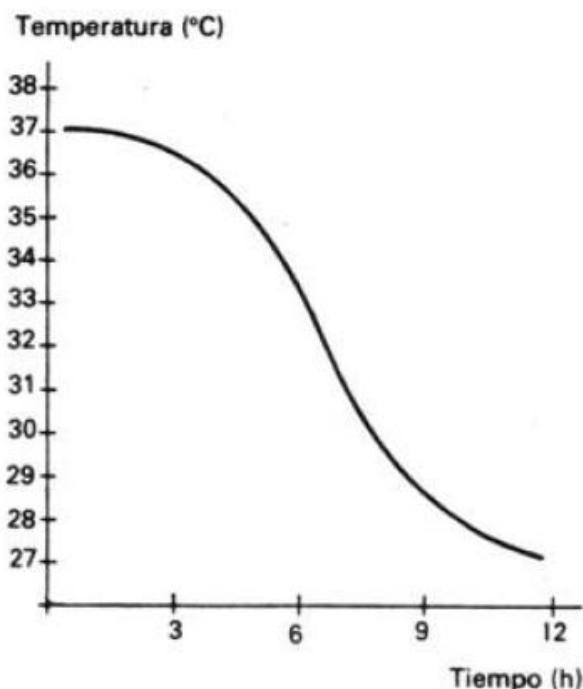


Tabla 3: Curvatura de enfriamiento cadáverico

Se pueden observar a simple vista en la tabla la meseta inicial, una caída de temperatura brusca, y un descenso más lento hasta llegar a igualar la temperatura con el entorno.

Más tarde, este método fue perfeccionado por Henssge incluyendo también los factores externos modificadores, haciendo más precisa la datación del IPM.

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte
Casandra Vergara López

Normograma de Henssge

Para el cálculo de la hora de la muerte a partir de la temperatura, Clause Henssge estableció un normograma que facilita la tarea ya que incorpora como novedad, que tiene en cuenta la temperatura rectal en relación a la ambiental.

La precisión se calcula que ronda las tres horas dentro de las primeras 24 horas, y mejora hasta una hora y media en las primeras seis horas después del deceso. Hasta ahora, constituye el medio más reconocido y fiable, no obstante, se recomienda combinar este método con otros sistemas de estimación.

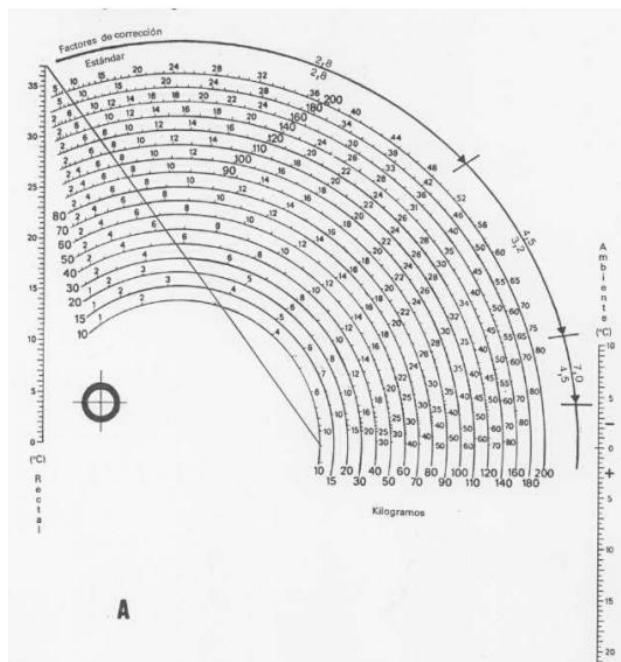


Ilustración 2: Normograma de Henssge

En todos los informes, junto al normograma se incluyen marcadores a llenar según la temperatura ambiental, momento de la muerte, sexo y edad, cantidad de ropa, etc.

Factores modificadores y diagnóstico diferencial

Ya que los métodos de datación por temperatura dependen de la diferencia de temperatura corporal con relación a la ambiental, su efectividad se reduce notablemente en lugares con temperatura alta así como en lugares con cambios bruscos de temperatura, y es posible llegar a conclusiones erróneas.

Hay que tener en cuenta también la corrección térmica en relación al peso y las capas de ropa (para ello se toma como referencia la cantidad de prendas sobre la parte inferior del tronco) corrientes de aire, humedad... Además, las situaciones de hipertermia, el estrés, algunas enfermedades, etc. alteran las mediciones de la curva de enfriamiento.

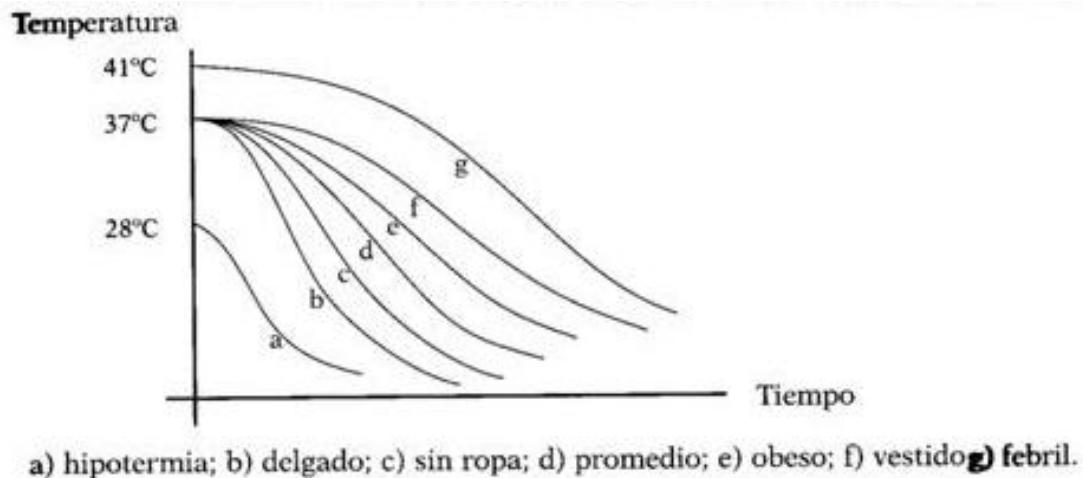


Tabla 4: Descenso de la temperatura corporal en relación a los factores modificantes

Según la hora del día, puede llegar a haber una variación de hasta tres grados, siendo las 6 a.m. el punto de temperatura más bajo, y entre las 4 y las 6 p.m. el más alto; además, la temperatura corporal es más alta en mujeres que en hombres².

También hay enfermedades cardíacas como la insuficiencia congestiva que provocan un aumento en la temperatura corporal, hecho que se deberá verificar con el historial médico del cadáver a la hora de realizar la autopsia.

Los niños se enfrian mucho más rápido debido a que su masa corporal es inferior, y por lo tanto, también la superficie.

² Mackowiak, P. A., Wasserman, S. S., A critical appraisal of 98.6°F, the upper limit of the normal body temperature, and other legacies. JAMA. 1992. Num 268: pags 1578-1580.

Deshidratación

La deshidratación ocurre a causa de las temperaturas y corrientes de aire del medio, dando lugar una evaporación de líquidos cadavéricos. Mediante este proceso, el cadáver experimenta cambios como pérdida de peso (sobre todo en lactantes y recién nacidos), apergaminamiento cutáneo, desecación de mucosas y fenómenos oculares.

Pérdida de peso

La pérdida de peso en un cadáver suele ser constante y escasa, por ello resulta mejor apreciable en lactantes y niños de corta edad. En los adultos, la disminución de peso solo se tiene en cuenta en casos extremos, como en momificaciones, dónde el peso tiene un descenso ponderal de consideración.

Para data la hora de muerte en cadáveres de corta edad, se calcula que la disminución es de 8 gramos/Kg de peso total al día; teniendo en cuenta que en las primeras 24 horas puede llegar a haber pérdidas de hasta 18 gramos/Kg de peso total.

Este factor inicial puede llegar a dar lugar a error en la determinación de la época de gestación en no natos, por lo que en esa situación no se debe tener en cuenta por el alto porcentaje de error.

Desecación de las mucosas

La deshidratación de las zonas húmedas como los labios o la vulva en niñas de corta edad origina un ribete rojizo o negro en la zona más externa. Hay que ir con cuidado ya que puede confundirse con lesiones de compresión, tocamientos de carácter sexual o escarificaciones cáusticas.

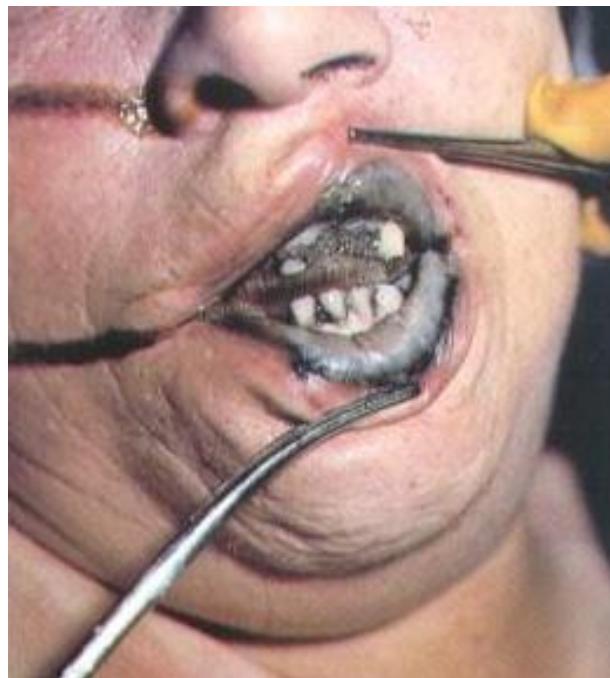


Ilustración 3: Desecación de las mucosas labiales

Apergaminamiento de la piel

El apergaminamiento cutáneo es el fenómeno que se produce cuando, por acción de la deshidratación, desaparece la capa córnea epidérmica (la cual funciona como escudo protector de la piel, aislando la piel de las influencias medioambientales) y consecuentemente, la piel expuesta sufre un fenómeno de desecación.

En este fenómeno, la linfa se coagula en la superficie de la piel y forma una placa dura, seca y de consistencia espesa, con una tonalidad amarillenta recorrida por arborizaciones basculares de un tono más oscuro. Es precisamente por su aspecto, que es llamada apergaminamiento o placa apergaminada.



Ilustración 4: Apergaminamiento de la piel

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Esta lesión es variable en extensión y localización, y carece de reacción inflamatoria circundante. Normalmente aparece también en zonas de piel muy finas, como el escroto; a veces incluso se da en sujetos agónicos.

Puede comprobarse comprimiendo la piel con una pinza de forcipresión, expulsando los líquidos orgánicos y dando lugar a un apergaminamiento artificial que puede resultar útil para datar el IPM.

El apergaminamiento también puede ser de ayuda para averiguar la causa de la muerte, ya que también puede aparecer a causa de una fricción tangencial de un agente traumático que haya desprendido el estrato córneo de la piel.

Puede confundirse con excoriaciones dérmicas comunes, dando lugar a error al determinar la hora o la causa de la muerte.

Fenómenos Oculares

La deshidratación ocular da lugar a fenómenos muy llamativos y conocidos desde la antigüedad, ya que se ven a simple vista y son de mucha utilidad para determinar la hora de la muerte.

Estos fenómenos son el hundimiento ocular, la opacidad de la córnea, la mancha esclerotical o de sommer-larcher, y otros fenómenos no tan conocidos, como la concentración de potasio o la reacción de las pupilas.

Hundimiento Ocular

El ojo del cadáver se pone flojo y blando a consecuencia de la evaporación de los líquidos intraoculares, lo que provoca un hundimiento de la esfera ocular. Éste fenómeno puede apreciarse desde los primeros momentos con la ayuda de un tonómetro.

Es de gran ayuda pero su evolución cronológica está condicionada dependiendo de si el cadáver ha permanecido con los ojos abiertos o cerrados. En caso de tener los ojos abiertos, el fenómeno se producirá dentro de la primera hora después de la muerte, y en ojos cerrados puede tardar hasta 15 horas en aparecer.

Opacidad de la Córnea

Al igual que el hundimiento ocular, la pérdida de transparencia de la córnea o fenómeno de Stenon-Louis, es un fenómeno precoz pero condicionado cronológicamente según si el cadáver permanece con los ojos cerrados o no.

Si tiene los ojos abiertos, la córnea empieza a turbarse en los primeros 45 minutos posteriores a la muerte; de lo contrario no se aprecia hasta pasadas 24 horas. Si no se aprecia una córnea totalmente opaca, es indicio de que la muerte se ha producido menos de dos horas antes.

Dentro de estas primeras dos horas, también se puede usar el método del fondo de ojo para determinar, según la segmentación vascular de la retina (truckling), una datación más precisa.

Ésta pérdida de transparencia se debe a la formación de una telilla albuminosa creada por restos del epitelio corneal que se ha desprendido y reblandecido, y también por materias albuminoideas trasudadas y polvo ambiental.



Ilustración 5: Opacidad de la córnea post-mortem

Mancha de Sommer-Larcher

La mancha esclerótica o de Sommer-Larcher es quizás el fenómeno ocular más fácil de reconocer.

Se inicia rápidamente, entre las tres y cinco primeras horas post-mortem, formando una mancha negruzca de borde mal limitado, normalmente iniciada en el ángulo exterior del ojo. Se forma otra de iguales características cerca del lagrimal y ambas se extienden transversalmente hasta unirse en una mancha con forma oval o redondeada, con la base orientada hacia la córnea.



Ilustración 6: Mancha de Sommer-Larcher

Se crea a causa de la desecación de la esclerótica, que adelgaza y se vuelve transparente, dejando ver el pigmento de la coroides negra subyacente.

Otros fenómenos Oculares

Además de estos tres fenómenos, que son los más conocidos y utilizados, también hay otros cambios oculares tanto o más útiles a la hora de datar un fallecimiento, como la reactividad química pupilar o la estimulación farmacológica esclerocorneal.

La reactividad química pupilar es el fenómeno más útil para calcular el momento de la muerte entre las primeras dos y cuatro horas posteriores. El procedimiento consiste en la observación de la reacción o su ausencia administrando un colirio de antropina que reacciona a las 4 horas provocando midriasis, o de pilocarpina, que en las dos primeras horas provoca miosis en las pupilas.

La estimulación farmacológica se realiza para inducir la acción pupilomotriz mediante una inyección de 18 sustancias diferentes en el limbo esclerocorneal. Según la concentración de cada una, se obtendrán respuestas en los 5-30 minutos siguientes, y se prolongarán hasta una hora después.

Lividices Cadavéricas o Algor Mortis

Son manchas rojas o violáceas que aparecen en las zonas declives del cuerpo por acción de la gravedad y acumulación de la sangre estancada a falta de pulso. Su posición está determinada por la posición del cuerpo (siempre y cuando haya estado invariable al menos por tres horas) y es uno de los métodos menos fiables ya que depende de demasiadas variables.

No se forman en las zonas comprimidas (por ejemplo, por un cinturón) o de apoyo (glúteos) o si el cuerpo se mueve de posición constantemente, y para que se formen, debe haber suficiente sangre y estar en estado líquido.

El fenómeno se hace visible una hora después de la muerte, y a medida que pasa el tiempo se hace más llamativo, llegando a romperse los vasos capilares y formando petequias. Al principio, las livideces se pueden mover, pero transcurrido un tiempo se quedan fijas por acción de la hemolización de la sangre, fenómeno que también avisa del comienzo de la fase de descomposición.

Mallach y Mittmeyer proponen el siguiente diagrama de evolución cronológica:

HORA	FASE
0 - 2	Comienzo
1 - 4	Confluencia
3 - 16	Máxima Intensidad
1 - 20	Desplazamiento por presión suave
2 - 6	Cambio completo de Posición
4 - 24	Cambio incompleto de Posición

Tabla 5: Evolución de las livideces en relación al intervalo post mortem

Como se puede observar, las livideces se forman muy lentamente, pero también tienen un periodo de máxima intensidad y de desplazamientos muy amplias, con lo que son un método muy utilizado en diferentes periodos dentro de las primeras 24 horas ya que ofrecen una flexibilidad horaria notable.

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte
Casandra Vergara López

A las 8hrs alcanza su máxima intensidad y se fijan a las 13hrs aprox. por lo que, aunque se mueva el cuerpo, las livideces no se alterarán. La fijación se comprueba por presión digital. Pasadas 24 horas, ya no se forman nuevas livideces.



Ilustración 7: Comprobación de livideces por presión digital

En ocasiones, han sido confundidas por contusiones por forenses inexpertos. En caso de duda, una incisión nos revelará si la sangre está dentro de los vasos sanguíneos, en cuyo caso se trata de lividez, o en el espacio extravascular, lo cual es indicio de contusión.

Factores modificadores y diagnóstico diferencial

En ciertas muertes, las livideces pueden tener un color no habitual, como en las intoxicaciones por monóxido de carbono o cianuro, en cuyo caso la coloración será de un tono rojo cereza. La refrigeración prolongada, da lugar al mismo fenómeno también.

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

La Esquímosis se caracteriza por unas manchas del mismo aspecto; en caso de no estar seguros habría que descartar el posible diagnóstico diferencial con el historial médico del cadáver.

En muertes por fallos cardíacos, las livideces pueden llegar a desarrollarse antes de la muerte.



Ilustración 8: Livideces rosáceas por intoxicación de Cianuro o Monóxido de Carbono

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Rigor Mortis

La rigidez cadavérica es un estado de endurecimiento de los músculos estriados, lisos y cardíacos, debido a la acidificación y deshidratación post mortem. Se desarrolla siempre después de un periodo variable de flacidez muscular post mortem.

Es un proceso químico-enzimático, en el que la degradación del ATP en medio anaerobio produce

acumulación

ácida. Con la

disminución de

ATP muscular

comienza la

rigidez, la cual

termina con el

comienzo de la

putrefacción

cuando la acidez

retorna a la

alcalinidad.



Ilustración 9: Rigor mortis

Durante la primera hora post mortem se contraen todos los músculos de fibra lisa (corazón, diafragma, vesículas seminales, etc) y se hace aparente a las tres horas después, cuando la rigidez se hace visible en la parte superior del cuerpo.

Los cambios en la musculatura lisa producen midriasis (Retracción de las pupilas) y piel de gallina por contracción de los músculos piloerectores dando lugar a eyaculaciones. En caso de embarazadas, puede llegar a haber expulsión del feto.

Es progresivo y descendente, comienza en mandíbula y nuca, se extiende hacia la cara, tronco y extremidades superiores, y finalmente a las extremidades inferiores. Son necesarias entre 6 y 12 horas para desarrollar un rigor mortis completo; no obstante, persiste durante las 24-36hrs posteriores hasta el comienzo de la descomposición del cuerpo.

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López



Ilustración 10: Rigor Mortis

Su mayor inconveniente en la detección de la causa de la muerte, y es que, la rigidez de la musculatura estriada puede enmascarar fracturas fijando las articulaciones.

En circunstancias estándar, evaluando temperatura y rigidez, Toinot elaboró una regla según la cual tenemos que:

ESTADO DEL CUERPO	TIEMPO DESDE LA MUERTE
Tibio y flácido, sin livideces	Entre 2 y 5 horas
Tibio y rígido en cara y cuello, formación de livideces	Entre 6 y 10 horas
Frío y totalmente rígido, livideces fijas	Entre 12 y 18 horas
Frío, livideces fijas, parte inferior flácida	Entre 18 y 24 horas
Frío y totalmente flácido, com livideces	Entre 24 y 36 horas

Tabla 6: Evolución del Rigor Mortis en relación al IPM

Factores modificadores y diagnóstico diferencial

El ejercicio violento produce depleción de ATP, así como las temperaturas corporales elevadas, que aceleran la instauración del fenómeno. El tipo de muerte también es un factor modificador, que dará como resultado los valores de la siguiente tabla:

TIPO DE MUERTE	PRESENTACIÓN DEL RIGOR
Violenta y repentina	Tardío, intenso y largo
Con larga agonía	Precoz, débil y corto
Con convulsiones	Precoz, intenso y corto
Intoxicaciones	Precoz, intenso y largo
Parálisis	Tardío, débil y largo
Lesiones nerviosas	Precoz, intenso y largo
Atropina	Tardío, débil y largo

Tabla 7: Presentación del Rigor Mortis en relación al tipo de muerte

La masa y actividad muscular (convulsiones, tétanos, intoxicación por estricnina) también son un factor modificador del rigor mortis, así como la temperatura ambiental, que provoca una desaparición de la rigidez en menos de 24 horas en clima cálido o la persistencia del mismo durante días en climas fríos.

También pueden darse rigideces catalépticas, hipnóticas o esquizofrénicas que se llegan a confundir con el propio rigor mortis.

Espasmos

Los espasmos se clasifican como un tipo especial de rigidez cadavérica instantánea y sin fase de relajación previa. Puede ser localizada o generalizada, y tiene lugar en casos de tensión nerviosa o emoción antes de la muerte, y en muertes causadas por convulsiones, hemorragias cerebrales, electrocución o heridas por armas de fuego.

Son un fenómeno muy raro y solamente hay dos casos documentados en más de 30 años, uno era secundario a la temperatura corporal alta y el otro debido a un esfuerzo violento.

Otros métodos de averiguación del IPM

Pese a que los anteriores son los métodos más conocidos y estudiados, durante una autopsia a veces son necesarios otros métodos de apoyo o doble confirmación para tener mayor seguridad del momento del fallecimiento.

Excitabilidad mecánica

El Fenómeno de Zsakó y la contracción muscular permiten ver una contracción muscular después de un golpe con el martillo de reflejos en el cuádriceps o en el bíceps braquial. Se pueden registrar desde el momento de la muerte hasta transcurridas varias horas después, aproximadamente 2,5 h en el caso del cuádriceps y algo más en el bíceps.

Excitabilidad eléctrica

Es un fenómeno que presenta evidentes ventajas para el cálculo del IPM, ya que es de fácil manejo, puede usarse en el lugar de los hechos y su realización dura 1 min y ofrece información inmediata.

Se introducen dos electrodos en la parte nasal del párpado superior y otros dos a ambos lados de la comisura bucal, y se estimula el músculo mediante impulsos rectangulares de 10 ms de duración, 30 mA de frecuencia, a ciclos de 50 impulsos por segundo. La intensidad de la reacción muscular se comprueba registrando la superficie facial que se ve afectada por la contracción.

MÚSCULO QUE REACCIONA	TIEMPO DESDE LA MUERTE
Párpado superior, parte nasal	13.5 hrs
Uno o dos tercios del párpado	10.5 hrs
Párpado superior completo	8.25 hrs
Párpado superior e inferior	5.5 hrs
Párpados y frente	4.5 hrs
Párpados, frente y mejilla	3.5 hrs

Tabla 8: Relación de músculos que reaccionan a la electroestimulación

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Hay que tener en cuenta que los resultados se ven alterados en casos de hipotermia grave y en situaciones de hematoma orbicular o enfisema palpebral.

Estudio del contenido gástrico

La información que nos proporciona el contenido gástrico ofrece viene dada tanto de la naturaleza de su contenido como de la cantidad y el estado de la digestión, no obstante su utilidad depende de muchos factores y es demasiado variable para ofrecer resultados, así que su uso queda limitado a algunos casos.

En los casos en los que se conoce la hora de la última ingesta, se ha intentado determinar el IPM tratando de estimar el tiempo que se tarda en digerir un alimento. Sin embargo, estudios a través de radioscopios han revelado grandes variaciones entre alimentos, personas, o incluso diferentes días en la misma persona.

El tiempo de vaciado gástrico es uno de los parámetros que permiten establecer relación entre el IPM y la hora de la última ingesta si ésta es conocida, aunque se ha demostrado que, con el mismo tipo de comida, de una persona a otra, este tiempo puede variar entre 60 y 338 minutos para vaciar el contenido gástrico.

No obstante, sabemos la permanencia de algunos alimentos comunes que nos pueden ayudar también a la datación del IPM, como los que se muestran a continuación:

- 1-2 horas: leche, agua, té, café.
- 3 horas: huevos, pasta, pan duro, carne picada, naranjas.
- 4-5 horas: cordero, cerdo, pato, repollo.

Tenemos pues, una media de 227 minutos +/- 44 minutos. Según varios estudios, se puede realizar la siguiente aproximación partiendo del contenido gástrico obtenido durante la autopsia:

PORCENTAJE DEL CONTENIDO	TIEMPO DESDE LA MUERTE
90%	1 h
50%	3-4 hrs
30%	4-5 hrs

Tabla 9: Relación de contenido gástrico en relación al IPM

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Hay que tener en cuenta también, que el estrés puede provocar que no se digieran los alimentos en horas, o en casos extremos, hasta en un día.

Métodos tanatoquímicos

Existen numerosas aportaciones que muestran la utilidad de diversos componentes microscópicos en los fluidos corporales, sin embargo, no han alcanzado relevancia práctica ya que tienen una fiabilidad muy reducida en comparación con las técnicas anteriores.

Quizá la que más destaca es la que habla de la concentración de potasio en el humor vítreo ya que, a consecuencia del deterioro estructural de la membrana celular, se eleva proporcionalmente después de la muerte. Sturner y Gantner³ propusieron una fórmula para hacer esta determinación, no obstante, teniendo en cuenta el grado y la rapidez de descomposición, es un método mal aceptado por muchos profesionales.

Posteriormente, se ha demostrado que el principal factor en el grado de concentración en el vítreo, es la descomposición, por lo cual, el tiempo solo es uno de los muchos factores que contribuyen a dicho proceso, haciendo la fórmula poco fiable.

Por todo ello, éste método es interesante pasadas las primeras 24 horas, cuando ya no es posible evaluar los fenómenos cadavéricos precoces como la temperatura o la excitabilidad, y es necesaria alguna aproximación.

Otros fenómenos importantes para datar el IPM

Pese a que no son fenómenos cadavéricos de por sí, tenemos también otros indicios en los cadáveres que nos pueden ayudar a determinar la data de la muerte, como el estado de la vejiga o el crecimiento de la barba en hombres.

Los métodos que tienen en cuenta el estado de repleción de la vejiga, están basados en principios y hábitos tales como orinar antes de acostarse o al levantarse.

³ Sturner, W. O., Gantner, G. E., The postmortem interval: a study of potassium in the vitreous humor. Am J. Clin Pathol. Vol 42: pags 134-144. Agosto de 1964.

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Dicen que si la vejiga está llena y es por la mañana, hay un lapso de unas seis horas desde que se acostó hasta el momento de la muerte, pero si está vacía, significa que murió poco después de acostarse.

Para tomar como referencia el pelo de la barba, debemos saber que crece a una velocidad de 0.5 mm/día, pero se detiene inmediatamente con la muerte.

Qué Pasa Después

Pasadas las 24 primeras horas post mortem, el cadáver sigue sufriendo modificaciones, los fenómenos cadavéricos tardíos. Los más comunes son la putrefacción o descomposición y la acción de la fauna cadavérica, conocida como fauna entomológica.

La Putrefacción Cadavérica

Es la destrucción paulatina del cadáver por la acción bacteriana, produciendo gran cantidad de gas. Se pueden distinguir varias fases cronológicamente hablando:

- A partir del segundo día: La fase cromática, que se caracteriza por manchas verdes.
- Durante la primera semana: Periodo enfitomatoso, donde el cadáver se hincha por acción de los gases.
- Entre 8 y 10 meses después: La fase colicativa, cuando se desprenden uñas, epidermis, pelo, partes blandas de la cabeza, se reblandecen todos los órganos.
- Entre un año y cinco años: Periodo de reducción esquelética, donde se pierden los tejidos resistentes y cartílagos, dejando al descubierto el esqueleto.

Una vez llegados al último periodo, su datación e identificación será una tarea más apropiada para un antropólogo forense en lugar de un profesional médico.

Fauna cadavérica

Después de la muerte, un conjunto de insectos invaden sucesivamente un cadáver, favoreciendo su descomposición hasta llegar a la fase de reducción esquelética. Está compuesta por un total de 20 especies, agrupadas en 8 escuadras según el momento en que invaden el cuerpo.

El orden en que las faunas lo hacen, es el siguiente: californiana (hasta el tercer mes), sarcofaguiana (entre el primer y el tercer mes), demestiana (del cuarto al noveno mes), corinetiana (del noveno al duodécimo mes), silfiana (durante el segundo año), acariana (entre el segundo y tercer año), anthrenes (entre el segundo y tercer año) y tenebris iptineus (durante el tercer año).

Fenómenos de Conservación Cadavérica

Aunque no es muy común, pueden darse en algunos cadáveres de forma natural y siempre y cuando el ambiente disponga de las características necesarias, dos procesos que conservan el cuerpo en buen estado. Estos procesos son la momificación y la saponificación.

La momificación es la desecación del cadáver por evaporación, y tiene lugar durante el primer año. El cuerpo pierde volumen y peso, disminuye y se vuelve quebradizo. Para que este fenómeno tenga lugar, el medio debe tener temperaturas elevadas, aire seco y renovable, así como suelos porosos y secos.

La saponificación o conservación adiproca es la transformación del tejido graso en jabones por medio de los álcalis que se producen en la descomposición de las albúminas corporales. Se produce siempre después de los tres o cuatro primeros meses, y se completa en un año o más. Se produce en medios húmedos, como aguas estancadas con poca corriente, y se localiza en zonas del cuerpo ricas en grasa, como las mejillas o los glúteos.

Los fenómenos cadávericos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

Conclusiones

Si tenemos en cuenta todos los cambios que se dan después de la muerte y los ponemos en común, obtendremos la siguiente tabla:

IPM en Horas	Fenómeno que tiene lugar				
	Algor Mortis	Livor Mortis y Deshidratación	Rigor Mortis	Contenido en el estómago	Reacciones por estimulación inducida
Inmediatamente	Hipertermia post mortem: En muertes por insolación, electrocuciones, rabia, etc. Se da en muertes por insolación, electrocuciones, rabia, etc.	Comienzo de las livideces y aparición del signo de Stenon-Louis en cadáveres con los ojos abiertos	Se puede dar en muertes violentas	90%	Fenómeno de Zaskó en cuádriceps y bíceps
Hasta 1 hora	Equilibrio térmico: Meseta en la que no varía la temperatura				
1 hora			Cuerpo flácido		Fin de miosis ocular por medio de pilocarpina
2 horas		Confluencia			Párpados, frente y mejilla reaccionan a electroestimulación
3 horas	Descenso lento: Descenso de 0.5°C/hora		Empieza a desarrollarse	50%	Fin de midriasis ocular por medio de antropina
4 horas					Párpados y frente reaccionan a la electroestimulación
5 horas		Desplazamiento por presión suave		30%	Párpado superior e inferior reaccionan a la electroestimulación
6 horas			Cara, mandíbula y cuello rígidos		Párpado superior completo reaccionan a la electroestimulación
7 horas			Brazos, tronco y piernas rígidos		Uno o dos tercios del párpado reaccionan a la electroestimulación
8 horas					
9 horas			Rigor mortis Completo		
10 horas					
11 horas					
12 horas					
13 horas					

Los fenómenos cadavéricos que nos ayudan a datar la hora de la muerte en cadáveres recientes y sus

posibles modificaciones en relación al entorno y la causa de la muerte

Cassandra Vergara López

14 horas				Párpado superior, parte nasal reacciona a la electroestimulación
15 horas	Descenso lentísimo:			
16 horas	Descenso entre 0.75°C/hora y 0.25°C/hora			
17 horas	hasta equilibrarse con el medio			
18 horas				
19 horas				
20 horas				
21 horas				
22 horas				
23 horas				
24 horas				
A Partir de 24 horas	Infradescenso: Evaporación de fluidos biológicos	Fijación de las livideces	Desplazamiento incompleto por presión suave	Desaparición del rigor en el mismo orden

Tabla 10: Fenómenos cadavéricos en relación al IPM

No obstante, la tabla no resultará nada fiable de no tener en cuenta todos los factores anteriormente mencionados, como el tipo de muerte, los factores medioambientales, etc. por lo que la teoría tanatológica o medicina forense, nunca será fiable por sí sola, ya que siempre se ve alterada por todos los factores que rodean al cadáver así como por la propia muerte.

Bibliografía

- Aso, J., Corrons, J., Cobo., J. A. *El intervalo postmortal. Interés sanitario, policial, legal y forense*. Barcelona: Masson; 1998.
- Bañón R. M., Hernández, J. P. Determinación de la data en el periodo precoz de la muerte. Métodos instrumentales. *Revista Española de Medicina Legal*. Vol. 36. Núm. 02. Mayo - Agosto 2010
- Di Maio V. J. M., Dana S. E. *Manual de Patología Forense*. Madrid. Ed. Díaz de Santos S.A., 2003.
- Estudio Criminal. “*Tanatología*” en Curso de Medicina Forense y Criminalística.
- Henssge C, Knight B, Krompecher T. *The estimation of the time since death in the early postmortem period*. London: Arnold, 2002.
- Knight B. *The estimation of the time since death in the early postmortem period*. London: Arnold; 2002
- Mackowiak, P. A., Wasserman, S. S., A critical appraisal of 98.6°F, the upper limit of the normal body temperature, and other legacies. *JAMA*. 1992. Num 268: pags 1578-1580.
- Reverte, J. M. *Antropología Forense*. Madrid: Ministerio de Justicia, 1999.
- Sturner, W. O., Gantner, G. E., The postmortem interval: a study of potassium in the vitreous humor. *Am J. Clin Pathol*. Vol 42: pags 134-144. Agosto de 1964.
- Wagner, E. J. *La Ciencia de Sherlock Holmes*. Barcelona: Ed. Planeta, 2010.