

Especialización en Medicina Legal

Trabajo Final de Especialización

Autor: Luciano Luis Fusco

LA BIOQUÍMICA FORENSE EN LOS FENÓMENOS CADAVERÍCOS

2024

Citar como: Fusco, L. L. (2024). La bioquímica forense en los fenómenos cadavéricos. [Trabajo Final de Especialización, Universidad ISALUD]. RID ISALUD. <http://rid.isalud.edu.ar/handle/1/3431>



Resumen

Introducción. La bioquímica forense surge para explicar los procesos moleculares que acontecen en el cadáver. Con este término se pretende introducir un nuevo concepto y una nueva metodología en la forma de investigar el cadáver. En éste aún existen indicios de vida y se dan procesos enzimáticos, aunque con algunas particularidades que los hacen absolutamente distintos a los que acontece en la célula viva integrada en un tejido funcionante.

Objetivos. El objetivo general de este trabajo medicolegal es simular tres escenarios en donde el cadáver será sometido a la libre evolución de los elementos en un ambiente controlado con el fin de observar cómo influyen los factores ambientales en los procesos cadavéricos.

Los objetivos específicos, por su partes son: Realizar definiciones conceptuales sobre fenómenos cadavéricos y química de la putrefacción pasar revista a los distintos procesos enzimáticos, hasta las bases de la química elemental, proceder a revisar las concepciones clasificatorias de las transformaciones cadavéricas, realizar una propuesta original de metodología y sistemática para hacer una observación directa de los procesos de descomposición, poner en un nivel concreto de conocimiento, los resultados en general de las transformaciones macroscópicas y enzimáticas del proceso de descomposición tisular.

Método. Estudio analítico y descriptivo del proceso de descomposición. Se utilizaron tres tubos de ensayo, en los cuales se incluyó la pieza de estudio (carne de cerdo) en tres escenarios distintos (medioambiente, confinado y sumersión), durante 21 días.

Resultados. La pieza privada de oxígeno, se homologa a situaciones de confinamiento o sepultamiento donde se demora el proceso de putrefacción. En la pieza librada y expuesta a los elementos, los procesos afloran en toda su expresión. En la pieza sumergida se produce un fenómeno característico que se denomina maceración epidérmica

Conclusiones. Los fenómenos de descomposición tienen diferente injerencia en la autólisis del cadáver, los procesos enzimáticos de degradación cambian de acuerdo en el medio donde esta se desarrolla.

Palabras clave

Bioquímica, Procesos enzimáticos, Putrefacción, Cadaverina, Putrescina.

Abstract

Introduction. Forensic biochemistry arises to explain the molecular processes that occur in the corpse. This term is intended to introduce a new concept and a new methodology in the way of investigating the corpse. In this there are still signs of life and enzymatic processes occur, although with some particularities that make them absolutely different from those that occur in the living cell integrated into a functioning tissue.

Objectives. The general objective of this work is to simulate three scenarios in which the corpse will be subjected to the free evolution of the elements in a controlled environment in order to observe how environmental factors influence cadaveric processes.

The specific objectives, on the other hand, are: To make conceptual definitions of cadaveric phenomena and the chemistry of putrefaction, to review the different enzymatic processes, up to the bases of elementary chemistry, to proceed to review the classificatory conceptions of cadaveric transformations, to make an original proposal of methodology and systematics to make a direct observation of the processes of decomposition, to put at a specific level of knowledge, the results in general of the macroscopic and enzymatic transformations of the tissue decomposition process.

Method. Analytical and descriptive study of the decomposition process. Three test tubes were used, in which the study piece (pork) was included in three different scenarios (environment, confinement and submersion), for 21 days.

Results. The oxygen-deprived piece is homologated to situations of confinement or burial where the putrefaction process is delayed. In the piece released and exposed to the elements, the processes emerge in all their expression. A characteristic phenomenon called epidermal maceration occurs in the submerged piece

Conclusions. The phenomena of decomposition have different interference in the autolysis of the corpse, the enzymatic processes of degradation change according to the environment where it develops.

Keyword

Biochemistry, Enzymatic processes, Putrefaction, Cadaverine, Putrescine.

Indice

1. Introducción	5
2. Planteamiento del problema	7
3. Desarrollo	9
3.1 Teoría	9
3.2 Datos	14
3.3 Análisis y Resultados	15
4. Conclusiones	23
5. Referencias bibliográficas	26
6. Anexo	27

1. Introducción

Debe considerarse en principio que el médico, al igual que todo hombre ético-jurídico-moral y social, es responsable por sí, salvo las excepciones y reconocimientos que prevé la Ley. Lo legal es el único límite aceptable por una sociedad de derecho y es en su seno donde deben producirse y llevarse a cabo las relaciones entre los individuos. Su labor específica es el Acto Médico, al que se agregan entre otros la educación, la investigación y la relación con el paciente e instituciones. La integración a un grupo multidisciplinario y la responsabilidad por y con el equipo que conduce. Es en ese sentido que debe nutrirse de todos los recursos científicos para la recolección, selección y análisis de todo indicio físico, químico o biológico que pueda llegar a establecer un parámetro de utilidad para la disciplina que demande su atención. (Achával, A., 1998).

La práctica médico legal engloba un conjunto de ciencias cuyo principal objetivo es la búsqueda de la verdad, y en su ejercicio cotidiano, la labor pericial exige la protocolización de las operaciones técnicas, conforme a los requerimientos judiciales y en consonancia con los conocimientos científicos actuales. Fundamental es el trabajo en equipo, ya que se necesita contar con la mayor cantidad de datos posibles, para poder valorar adecuadamente los resultados de los estudios. Debe ser interdisciplinaria para lograr de manera conjunta obtener de cada subespecialidad los elementos que contribuyan a esclarecer el hecho que se investiga. En esta línea de ideas es importante orientar tanto a quienes, desde la vertiente judicial, deben formular los requerimientos periciales del caso, como para quienes tienen la responsabilidad pericial de realizar los procedimientos necrópsicos. (Bonnet, E., 1980).

En un medio donde el acto médico se testa "correcto o incorrecto", al ser realizado, puede encontrarse básicamente con dos situaciones de repercusión social y legal: a) ser aceptado, lo que usualmente comprende a la mayoría de los actos asistenciales y no trae aparejado ningún conflicto legal; b) no ser aceptado, con o sin razón, motivado ello por las variables y derivaciones de la medicina en exceso (imprudencia), medicina en menos (negligencia) o medicina mal hecha (impericia), configurándose la conflictiva de la responsabilidad legal (mala praxis).

Debe tenerse presente también que un acto médico no realizado puede ser no aceptado, generando la figura de abandono.

Es importante detenerse a profundizar un concepto referente a los límites del saber investigativo, por eso en la profundización conceptual se impone la palabra "marcos".

Todo saber, ciencia o disciplina tiene límites. En el lenguaje científico, a esta "limitación" se le conoce como demarcación. Es como si cada ciencia se dividiera en un terreno extenso. El terreno se delimita por parcelas. Cada parcela es un marco y cada ciencia estudia el terreno que le corresponde. Por ejemplo, la biología estudia al ser humano en cuanto ser vivo. La fisiología, rama de la medicina, lo estudia como un sistema de órganos que interactúan entre sí. La psicología, en cambio, estudia la conducta humana. Entonces, al hablar del "marco", se alude a una geometría que delimita un área o espacio determinado. Todo lo que esté fuera de sus límites será ajeno a su área, es por eso por lo que la especificidad y sensibilidad son dos cualidades que la química forense posee. (Garay, O., 2008).

El presente trabajo busca, por medio de un ensayo observacional, ver de qué manera las interacciones bioquímicas afectan los procesos de descomposición a los fines del esclarecimiento de un hecho delictual y contribuir a las pericias médico- legales para ser elevadas ante los magistrados.

Se realizó un estudio analítico y descriptivo del proceso de descomposición. Para eso se utilizaron tres tubos de ensayo a temperatura ambiente y a valores constantes de presión y humedad. El primero fue sellado al vacío para brindarle condiciones de anaerobiosis, es decir, privando absolutamente la presencia de oxígeno, disminuyendo prácticamente a cero las posibilidades de que este elemento influyera en la descomposición. En el segundo, el material fue sometido a la presencia de oxígeno para evaluar los procesos de oxidación-reducción. Finalmente, en el tercer tubo, el material de estudio fue sumergido en agua corriente, con un porcentaje de salinidad estándar.

Se utilizó carne de cerdo, tratando de emular el tejido humano. En cantidades equitativas en cada tubo de ensayo, 40 gramos promedio arrojó la balanza de precisión empleada.

La intención ha sido documentar y comunicar una experiencia científica que, desde ya, perfectible, sirva de punto de partida para futuras investigaciones en el casi ilimitado mar, que juntas entre sí constituyen la ciencia, la técnica y la praxis judicial de la actual medicina.

2. Planteamiento del problema

El presente trabajo busca responder el interrogante de cómo influyen las interacciones bioquímicas en los fenómenos cadavéricos para el esclarecimiento de un hecho delictual.

Las aminas biogénicas, tienen relación directa con los fenómenos cadavéricos y su desarrollo o expresión está ligado directamente con las condiciones de anaerobiosis o presencia de oxígeno. En el cadáver confinado y en ausencia de este elemento las aminas biogénicas no se expresan en toda su forma y los fenómenos estarán demorados. (Abascal Sabaté, A., 2022).

Cuando un animal o humano muere, las sustancias que lo componen se descomponen para integrarse al suelo y la descomposición parcial de las proteínas en los cadáveres producen aminas biogénicas, que integran un grupo especial de moléculas compuestas por nitrógeno ($H_2N-(CH_2)_5NH_2$). Las principales son histamina, tiramina, triptamina, espermita, espermidina, cadaverina y putrescina. Estas últimas son de interés médico-legal, y a las cuales me refiero a continuación.

La cadaverina es un compuesto líquido incoloro/amarillo pálido con olor fétido que recibió su nombre porque se descubrió por primera vez en cadáveres. Esta amina fue aislada en 1885 por el médico Ludwig Brieger. El nombre común de la cadaverina es 1,5-pentanodiamina, pentametenodiamina o pentano -1,5-diamina; su fórmula molecular es $C_5H_{14}N_2$. Es un compuesto estable. Dado su marcado carácter básico es incompatible con cloruros de acilo, ácidos, anhídridos de ácido, así como con agentes oxidantes fuertes. Cuando se calienta hasta su descomposición emite humos muy tóxicos de nitróxidos. Se forma por descarboxilación de la lisina, reacción catalizada por la enzima lisina descarboxilasa. (Guerrero, J. C. O., 2020).

Esta molécula se encuentra principalmente en la materia orgánica muerta, siendo responsable en parte del fuerte olor a putrefacción. No obstante, esta amina no está relacionada exclusivamente con la descomposición; es también producida por organismos vivos en pequeñas cantidades, siendo parcialmente causante del distintivo olor de la orina y del semen.

La concentración de estas sustancias se incrementa con el paso del tiempo y se acelera cuando los productos cárnicos frescos se dejan a la intemperie, especialmente si el clima es muy caliente y húmedo. De allí se deriva el característico "olor a podrido".

La cadaverina es tóxica en dosis elevadas. Produce irritación en la piel y es una sustancia nociva si se ingiere, inhala o absorbe por piel. Puede causar quemaduras, siendo sumamente destructiva para las membranas mucosas.

La putrescina es una diamina cuyo aspecto es un sólido incoloro. Su nombre común es 1, 4-butanodiamina o 1,4- diaminobutano, su fórmula molecular es $C_4H_{12}N_2$.

Esta diamina es también sintetizada por moléculas de organismos vivos en pequeñas cantidades. Dicha síntesis tiene lugar por dos rutas metabólicas distintas, siendo la arginina el precursor en ambos casos. En la primera ruta, la arginina se transforma en agmatina por medio de una reacción catalizada por enzima arginina descarboxilasa (ADC). Luego la agmatina es convertida por la agmatina y imino hidroxilasa (AIH) en N-carbamoylputrescina, compuesto que da lugar a la putrescina. (Bustos-Correa, A. A., & Sandoval-Rivas, 2020)

En la segunda ruta, la arginina se transforma en ornitina, la cual sufre una descarboxilación por medio de la ornitina descarboxilasa (ODC), siendo convertida en putrescina.

Se crea al pudrirse la carne, dándole además su olor característico. Se produce por la ruptura de aminoácidos en organismos muertos, siendo responsable, junto con la cadaverina, del fétido olor. Es producida en pequeñas cantidades por las células vivas gracias a la acción de la ornitina- descarboxilasa.

Dada la relevancia que estas aminas biogénicas tienen en los procesos de putrefacción este trabajo busca, de manera experimental, determinar la asociación en condiciones de aerobiosis o de anaerobiosis frente a la expresión de dichas aminas. Se ha visto que en ausencia de oxígeno la expresión de estas aminas se ven retrasadas dificultando el esclarecimiento del hecho delictual. En contrapartida, y liberados a los elementos ambientales, se manifiestan en toda su expresión arrojando determinaciones bioquímicas fundamentales para las pericias judiciales.

Específicamente y como marco conceptual, procederé a realizar definiciones sobre fenómenos cadavéricos y química de la putrefacción; pasar revista a los distintos procesos enzimáticos, hasta las bases de la química elemental; proceder a revisar las concepciones clasificatorias de las transformaciones cadavéricas, desde los cambios iniciales hasta la esqueletización, y realizar una propuesta original de metodología y sistemática para hacer una observación directa de los procesos de descomposición.

3. Desarrollo

3.1 Teoría

El proceso de investigación científica cumple dos fases que son paralelas. Una fase lógica-intelectual, que es la capacidad racional que tenemos para someter a un análisis e interpretación aquello que se nos somete a valoración en un momento dado. Y lo que se llama el proceso técnico-experimental que es la batería de recursos técnicos, científicos, artísticos o aun industriales que sirven como apoyatura del primero. Con estas dos variables llegamos al fin de la investigación que es la obtención de la verdad. Dicho esto, se plantea otra interrogante. ¿Es suficiente que lleguemos a la verdad? ¿O que se crea que se ha arribado a la verdad?, la respuesta es NO. Este camino de la búsqueda de la verdad o esclarecimiento necesariamente tiene que estar abonado por medios de prueba. Entre los medios de prueba encontramos la química forense que consta del estudio riguroso de los fenómenos premortales, sin descuidar las etapas de la evolución cadavérica, desde la semiología de la muerte a la esqueletización del cuerpo. Incluyen estudios fisicoquímicos que aportan datos estimativos para lograr un diagnóstico retrospectivo orientativo acerca de procesos biológicos como, por ejemplo, la data del fallecimiento, cronotanodiagnóstico o intervalo post-mortem (I.P.M), que es de suma importancia tanto en casos criminales como civiles. (Trezza, F., 2006).

Distintos factores de orden clínico pueden gravitar sobre las transformaciones postmortales. Las enfermedades previas, los medicamentos recibidos, la causa de la muerte e incluso la duración del episodio terminal; modifican variables físicas y químicas que son tenidas en cuenta para su análisis.

El término Bioquímica Postmortem o tanatoquímica, aplicable al uso de la prueba pericial, se utiliza para describir el estudio de los cambios que ocurren en la composición química de los diversos fluidos corporales después de la muerte. Los cambios post mortem constituyen la progresión natural de la descomposición del cuerpo después de la muerte, comenzando a nivel celular. (Martín, F., & Matamoros, M., 2019).

El proceso implica complejos fenómenos celulares y biológicos que se ven afectados por múltiples factores intrínsecos y extrínsecos. En ellos, dirijo la atención a la putrefacción, que se define como la descomposición de la materia orgánica del cadáver, por acción de las bacterias. Se desarrolla de manera mediata respecto de la muerte y conduce a la desaparición progresiva de las partes blandas del cuerpo. Es sumamente

variable de un cadáver a otro. Incluso, la marcha del fenómeno puede ser desigual en distintos sectores corporales o, aun, presentar áreas con evidente y avanzada putrefacción, alternadas con otras, en las que se ha desarrollado un proceso conservador del cadáver. Vale la pena recordar que no existe ninguna ley invariable que rijan la marcha de la putrefacción. Una vez que los fenómenos inmediatos de transformación cadavérica han completado su evolución (livideces, enfriamiento, rigidez muscular), comienzan a producirse una serie de cambios que- progresivamente- llevan a la desaparición de las partes blandas del cadáver. (Sosa, L. K. M., & Oaxaca, C. C., 2019).

Si bien algunos gérmenes procedentes del exterior podrían ingresar en el cadáver a través de orificios naturales como las fosas nasales y la boca (en caso de cadáveres sumergidos), la putrefacción se debe fundamentalmente a la acción de la flora bacteriana endógena intestinal. También la flora y la fauna tienen implicancias directas sobre el cadáver, pero eso es menester de otra ciencia, autárquica en sí misma, la entomología forense, que inevitablemente deberé abordar en párrafos siguientes.

Durante la vida, el sistema inmunológico, a través de sus distintos mecanismos de control, es el responsable de mantener el equilibrio en la dotación de gérmenes que constituyen la flora bacteriana corporal; dicho equilibrio se establece entre sí y con el organismo que los alberga.

Producida la muerte, las funciones vitales de la economía que a ella se oponen cesan definitivamente. También lo hacen los fenómenos bioquímicos tisulares, dependientes de la actividad cardiorrespiratoria y cerebral, irreversiblemente desaparecidas. El cuerpo, en este estado, recibe el nombre de cadáver, y sufre modificaciones determinadas por la influencia física del ambiente, primero, y por la acción de los fermentos y microbios, después.

Esquemáticamente, pueden considerarse, para su estudio, dos etapas:

1) fenómenos cadavéricos recientes, y 2) fenómenos cadavéricos alejados, entendiéndose por la primera, desde el momento de la muerte hasta el comienzo de la putrefacción; allí se inicia la segunda, que termina con la desintegración completa del cuerpo.

Sobrevenida la muerte y abolidos los mecanismos de control inmunológico, se produce un desequilibrio en la población bacteriana, el cual lleva a la multiplicación descontrolada de los gérmenes. La secuencia de proliferación se produce en un orden determinado. Mientras se conservan ciertos niveles de oxígeno tisular, proliferan -

primeramente- las bacterias aerobias: *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Bacilos coliformes*, *Bacillus fluorescens* y aerógenos.

Posteriormente, a medida que descienden los niveles de oxígeno, comienzan a proliferar diversos gérmenes anaerobios facultativos, es decir, que pueden comportarse tanto como aerobios o anaerobios, en función de las condiciones del medio: *Bacillus liquefaciens*, *Bacillus putrificus*, *Vibrio séptico*.

Finalmente, les toca el turno a los gérmenes anaerobios estrictos, los cuales son responsables de las transformaciones más profundas, dado su carácter más agresivo: *Clostridium faetidum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium sporogenes*, *Bacillus gracilis*.

Otros gérmenes pueden participar en la putrefacción. En los procesos sépticos, los organismos patógenos responsables de la infección encuentran un camino facilitado para su proliferación y diseminación post-mortem: *Estreptococos*, *Estafilococos*, Gram negativos. (Osorio Vasa, L. 2005).

Para entender la bioquímica forense, debemos situarla en un contexto fisiológico más amplio. El proceso de putrefacción. Como todo proceso, merece una definición, un análisis descriptivo y su consecuente sucesión de etapas. Es la destrucción de la materia orgánica cadavérica por acción de las enzimas microbianas. Desaparecidas las barreras inmunitarias, los gérmenes habituales del intestino debridan los tejidos y penetran en los vasos sanguíneos y linfáticos, para proliferar y expandirse por todo el cuerpo. Es en el ciego, repleto de abundante flora microbiana, donde se inicia el proceso; por este motivo, el primer signo demostrativo del comienzo de la putrefacción es el color verde que adquiere la piel en la fosa ilíaca derecha, llamada mancha verde abdominal; el ácido sulfhídrico, producto de la descomposición, se combina con la hemoglobina, formando sulfohemoglobina, que es de color verde, de ahí el nombre. Sin intentar dar números exactos para señalar el espacio de tiempo que separa el momento de la muerte del principio de putrefacción, se acepta generalmente que la mancha verde aparece al cabo de 24 a 36 horas de producido el fallecimiento, y que generaliza a todo el cadáver transcurrida una semana, cuestión para tener en cuenta para el cálculo de la data. Al mismo tiempo, se van formando gases intestinales, la pared abdominal se distiende, aparece una red rojiza en el tórax y en los miembros, que tiende a generalizarse: son las venas superficiales, repletas de sangre rechazada por las vísceras, debido a la presión de los gases abdominales (circulación póstuma de Brouardel). Los microbios del intestino invaden en esta forma todo el cadáver. Los gases se desarrollan también en el tejido

celular subcutáneo; se edematizan enormemente los labios, párpados, cuello, escroto y vulva; todo el cadáver aumenta de volumen. (Angelini, M., 1995).

Los órganos internos sufren paralelamente el proceso de imbibición y reblandecimiento; los más resistentes son el corazón y el útero; en cambio, el cerebro y la médula son los primeros en destruirse. A medida que el proceso avanza, las vísceras van formando una masa anatómicamente indiferenciable, que ocupa el fondo de los canales vertebrales, es el putrúago. El líquido de descomposición, de color rojo-violáceo, levanta en algunas partes a la epidermis, formando grandes ampollas, y en otras, directamente la desprende en colgajos. En esta etapa los cabellos y las uñas se arrancan fácilmente. Cuando la pared abdominal pierde su consistencia y se efracciona, los gases escapan, entonces se hunde y juntamente con los intestinos se aplica contra la columna vertebral, El tórax también se aplasta al desinsertarse las costillas de los cartílagos. Las partes blandas y músculos del rostro son casi siempre los primeros en desaparecer; después sucede lo mismo con los miembros y el tronco. Quedan los huesos descamados y libres, que sufren desinserción primero, y luego, se descalcificarán o pulverizarán, según la influencia ambiental. (Lossetti, O., 2006).

Resumiendo, la descomposición cadavérica admite, esquemáticamente, cuatro periodos: el periodo colorativo o cromático (representado por la mancha verde abdominal), que inicia a las 24 horas después de la muerte y puede durar hasta 3 días. El periodo enfisematoso (formación de gas, abombamiento del cadáver, red venosa generalizada), que inicia a partir de los 4 días y hasta 2 semanas después de la muerte. El periodo colicuativo o de licuefacción (formación de ampollas, desprendimiento de piel y faneras, reblandecimiento visceral), que empieza a partir de 2-4 semanas después de la muerte. El periodo de reducción esquelética (desaparición de partes blandas), que ocurre entre 3 y 5 años, y puede llegar a la pulverización.

Los puntos para tener en cuenta en caso de putrefacción:

a) Los cambios de coloración de la piel no deben confundirse con contusiones, ni las imbibiciones sanguíneas de los órganos, con fenómenos inflamatorios; tampoco las ampollas de putrefacción, con quemaduras de segundo grado. En estos casos debe aplicarse el diagnóstico diferencial entre lesiones vitales y post mortem.

b) La mancha verde no es exclusiva de la región abdominal, hay excepciones a la regla; en los grandes traumatismos aparece en el mismo lugar lesionado; en los ahogados, en el tórax y en el cuello; en los nacidos muertos (no respiración, no

deglución, no gérmenes en intestino) comienza por los orificios naturales, y en los ahorcados que permanecen suspendidos, predomina en cuello y cara.

c) Todos los factores que retardan la acción microbiana retardan la putrefacción. Los miembros separados del cuerpo, en casos de descuartizamiento (la circulación póstuma no vehiculiza gérmenes intestinales), resisten largo tiempo. Lo mismo ocurre en los cadáveres que se ocultan a resguardo del ambiente, bajo chapas de zinc, pilas de ladrillos, baúles de automóviles que se abandonan en descampado, etc. También en el sepultamiento seguido de cementado o embalsado. Para no ser delatado por el olor, el criminal utiliza a veces sustancias a su alcance (a menudo cal), lo que inhibe la acción microbiana y retarda la descomposición. La vestimenta especial de la víctima (chaquetas de cuero, botas, etc.), y también las envolturas de plástico utilizadas para el transporte del cadáver, lo protegen y contribuyen a conservarlo.

d) Hay fenómenos especiales de transformación cadavérica, llamados "conservadores", favorables para el peritaje. Son la momificación y la adipocira. La momificación se produce cuando se dan los requisitos básicos de aireación, calor y sequedad ambiental; la deshidratación del cuerpo detiene la acción bacteriana; hay también otra exigencia, la topografía del suelo debe resguardarlo. La adipocira, o saponificación, exige las condiciones opuestas: humedad y ausencia de ventilación; se observa en los sumergidos y en los enterrados en suelo húmedo o arcilloso; la grasa del tejido celular subcutáneo se saponifica, o sea, se transforma en jabón ("jabón cadavérico"), verdadera coraza protectora que retarda la destrucción del cuerpo. En ambos casos, la existencia o inexistencia de violencias externas, y la identificación directa o dactiloscópica, es factible.

e) La variada gama de productos químicos que la putrefacción produce, impide la investigación del alcohol, de los venenos de naturaleza orgánica y de alcaloides, pero no la de venenos metálicos y metaloides (talio, arsénico, etc.); para ello el perito debe recoger el putrúago formado en los canales vertebrales, o proceder al envase de cabello, vello pubiano y huesos cortos de la mano, sitios de elección para fines de comprobación toxicológica.

f) El ahumamiento alrededor del orificio de entrada y en el hueso, en casos de disparo de arma de fuego próxima al cráneo (signo de Benassi), es comprobable macro y microscópicamente en la mayor parte de las veces. Las lesiones de la piel producidas por corriente eléctrica se conservan mientras ésta perdure. Si no hay partes blandas periciables, deben examinarse, en forma preferente para descartar violencias, los huesos

del cráneo y las costillas (hundimiento y fracturas), los cóndilos del maxilar inferior (golpes directos al mentón), la integridad de los huesos propios de la nariz, la de los dientes y, en su defecto, la de los alvéolos dentarios. El hueso hioides, si se lo encuentra, es de gran valor tanatológico cuando está lesionado (violencia en el cuello). (Gilbert Calabuig, J. A., 1991).

3.2 Datos

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron tres tubos de ensayo de vidrio borosilicato (óxido de silicio y boro) 2,5 cm x 20 cm sin aditivos. Uno con extremo abierto (permitiendo el intercambio con el medio), otro con extremo cerrado y redondeado. Marca Pyrex. En el tercer tubo el material se expuso a sumersión con agua en medio salino.

Se emplearon también: un vaso de precipitado tipo Griffin de polipropileno, base plana con labio vertedor; gradillas plásticas para tubos de ensayo; termómetro de Varilla de mercurio -10°C + 60°C; carne de cerdo 120g.

La extensión temporal de ensayo fue de 21 días.

El primer tubo fue sellado al vacío para brindarle condiciones de anaerobiosis, es decir, privando absolutamente la presencia de oxígeno, disminuyendo prácticamente a cero las posibilidades de que este elemento influyera en la descomposición.

En el segundo, el material fue sometido a la presencia de oxígeno para evaluar los procesos de oxido-reducción.

Finalmente, en el tercer tubo, el material de estudio fue sumergido en agua corriente, con un porcentaje de salinidad estándar.

Se utilizó carne de cerdo, tratando de emular el tejido humano. En cantidades equitativas en cada tubo de ensayo, 40 gramos promedio arrojó la balanza de precisión empleada.

Para llevar a cabo estudios químicos como el presente, resulta útil definir la porción del universo que será objeto de dichos estudios. Esta porción constituye un sistema material, que se independiza del resto del universo en forma real o imaginaria.

Remitiéndome a temas de química general, un sistema material puede interactuar con el medio o entorno, existiendo la posibilidad de que intercambie con éste, materia y/o energía.

Si intercambiara materia y energía se denomina sistema abierto; será cerrado cuando no puede intercambiar materia, pero sí puede intercambiar energía, y aislado cuando no intercambia ni materia, ni energía.

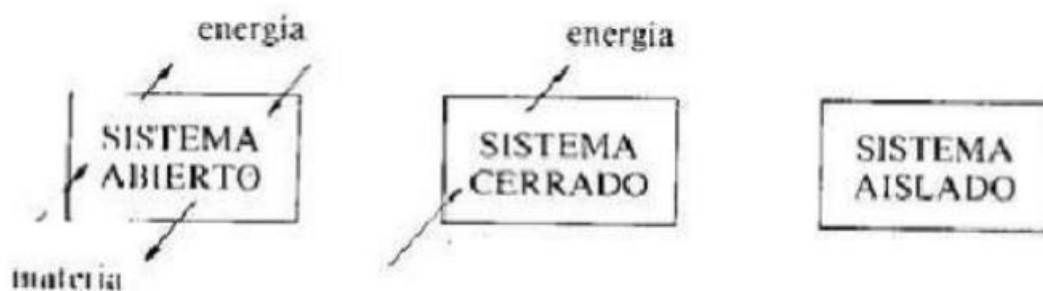


Ilustración 1: Propiedades y clasificación de los sistemas materiales. Temas de Química General. Ed. Eudeba. 1995

Finalmente, agrego que los materiales pueden pasar de un estado a otro (cambios de estado) mediante procesos físicos. Estos cambios de estado reciben diferentes nombres y es necesario identificarlos, dado que en el desarrollo de la prueba se verán citados. Un esquema permitirá recordarlos con mayor facilidad.

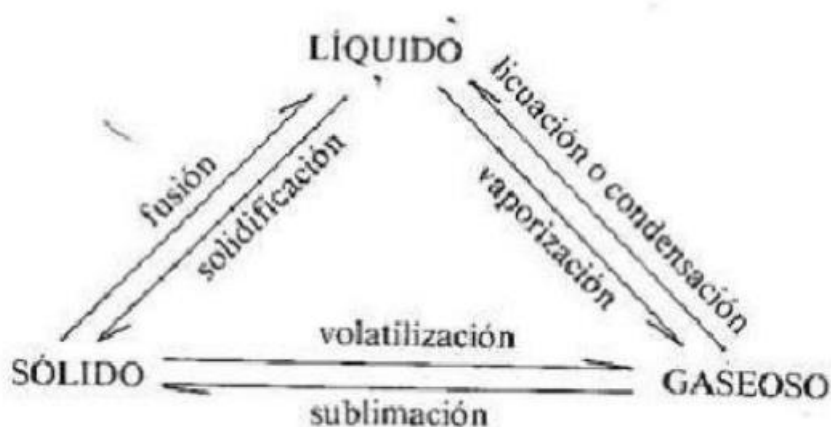


Ilustración 2 Estados de la materia. Temas de Química general. Ed Eudeba. 1995

3.3 Análisis y Resultados

Periodo: 1 a 7 días

En el primer caso, los fenómenos cromáticos permanecen casi inalterables debido a que, al estar sellado y privado de oxígeno, el material no pudo hacer las reacciones con el medio. Se observó el color casi del estado inicial. No se ha observado descenso por gravedad, es decir, que la superficie de contacto con las paredes del tubo no se vio modificada por el período reductivo, manteniendo la posición de estudio inicial.

En el segundo caso (tubo abierto), donde se produce intercambio con el ambiente, se observan dos modificaciones sustanciales, a saber:

Primero: el contacto con el aire ambiente provocó reacciones de oxidorreducción, evidenciadas por el leve cambio cromático cefálico.

Segundo: la disminución del volumen y perímetro total, provocando el descenso de la pieza hasta el primer tercio inferior del tubo.

En el tercer caso, el agua produjo en el material un tono blanquecino. La incorporación de agua por parte del tejido evidencia un aumento en su volumen inicial (edema) y, al contrario de los dos primeros casos, provoca una elevación longitudinal, dejando una columna de agua en los dos tercios inferiores al contenedor. Este fenómeno se da debido a que la densidad del agua (en condiciones de temperatura, presión y salinidad) está en torno a 1000 kg/m^3 .

En el estudio actual y por motivos de escala experimental, es evidente que la densidad de la pieza es menor a la densidad del agua, motivo por el cual la obliga a ocupar el extremo superior del tubo.



Imagen 1

Periodo: de 7 a 14 días

En el primer caso la pieza de experimentación continúa con signos macroscópicos inalterables, salvo por la leve condensación que se observa en las paredes internas del tubo de ensayo. Esto se debe a que, a pesar de las condiciones de anoxia, los procesos internos de degradación continúan llevándose a cabo, y al no poder escapar al exterior por el hermetismo de la muestra, los gases sufren el proceso de condensación mencionado, expresándose en forma de humedad interna. Y esta por acción, nuevamente de la gravedad ha dejado un sedimento característico en la base del tubo homologando a los derrames cavitarios que sufren los cadáveres obedeciendo a fenómenos de putrefacción. Su volumen raramente supera los 150 a 200 cm³ en cada cavidad pleural y los 200 a 300 cm³ en la peritoneal. Aquí en relación con escala experimental el derrame es de 3 cm³.

En el segundo caso, como primer objeto y siguiendo los pasos establecidos de descripción, los fenómenos cromáticos no pueden ser establecidos por reducción total de la pieza.

En el extremo inferior del tubo se observa casi de manera macerada la presencia de larvas en número de ocho, debido a la posibilidad del ingreso de la fauna local. Específicamente a la mosca doméstica o común (*Musca domestica*) que es una especie de insecto díptero braquícero de la familia Muscidae. Se avanzará luego en la descripción de este elemento.

Consultados los cuadernos de entomología forense pude comprobar que las moscas tienen un ciclo de vida holometábolo, que se suceden de 4 fases morfológicas: huevo, larva o cresa, pupa y adulto.

Experimentalmente se observa aquí, el periodo de larva o cresa. Con pinza hemostática recta sin dientes extraje una larva para su descripción anatómica y observé una longitud de casi 1 cm x 0,5 cm de diámetro aprox. El contenido del saco larvario escapa al objeto del presente trabajo. Sin perjuicio de lo precedente debo detenerme en hacer una breve reseña entomológica.

Los insectos y los ácaros son los dos grupos de verdadera importancia en el ámbito forense. La enorme mayoría de los insectos pone huevos tienen metamorfosis completa: del huevo sale una larva, que sufrirá profundos cambios (metamorfosis) antes de poder reproducirse.

Tal es el caso de los órdenes de los Coleópteros (cascarudos), los Dípteros (moscas) y los lepidópteros (polillas), que incluyen a los principales necrófagos y necrófilos.

En cada uno de estos órdenes hay algunas especies que tienen importancia forense. Cada uno de los necrófagos deberá ser considerado bajo cuatro aspectos posibles: huevo, larva, pupa y adulto. Solo mencionaré el orden que reviste importancia en el presente trabajo que corresponde a los Dípteros. Dentro de éstos encontramos las familias de los Califóridos, de los Sarcófágidos, los Antónimos, los Múscidos y los Fóridos (Mavárez-Cardozo, 2005).

- Califóridos: vulgarmente llamadas "moscas verdes" y "moscas azules". Sus larvas se desarrollan sobre materias descompuestas de origen animal, y a veces, sobre tejidos vivos (miasis). Dos especies cosmopolitas deben recordarse: la mosca verde común (*Phaenicia sericata*), y la mosca azul (*Calliphora vicina*). La mosca verde rayada (*Chrysomya Albiceps*), en nuestro país aparece en etapas avanzadas de la descomposición.
- Sarcófágidos: (moscardones de la carne o moscardones grises) son vivíparos, a diferencia de los anteriormente descritos, que ponen huevos.
- Antómidos: (*Fannia scalaris*) también denominadas moscas de letrinas y especies afines. Son confundidos a menudo con la mosca común (*Mosca domestica*).
- Múscidos: moscas pequeñas (*Ophyra*).
- Fóridos: "mosquitas" características de cadáveres inhumados en tierra.

En el tercer tubo, si bien no hay cambios cromáticos de relevancia, se evidencia una homogeneización entre el tejido y el medio líquido, con una turbidez manifiesta del líquido caudal.

Se observa motilidad de múltiples organismos en distintos periodos larvarios, no reflejables por las características estáticas de la fotografía convencional.

Se deduce que, en oposición al segundo tubo (sin medio líquido), el agua no sería facilitadora para el desarrollo progresivo del ciclo de vida de la mosca, retrasando el mismo.



Imagen 2



Imagen 3

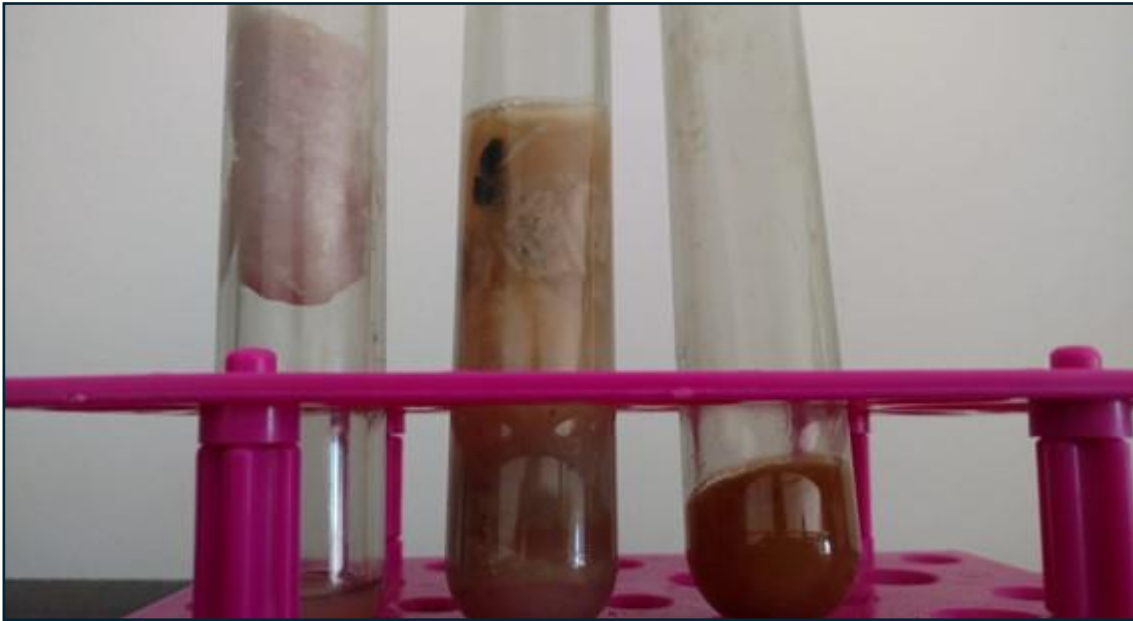


Imagen 4

Periodo: 14 a 21 días

En el primer tubo, y siempre privado de oxígeno a aire ambiente, se aprecia aumento del tono blanquecino y del líquido residual; así como ausencia de condensación y humedad interna. No se evidencia proliferación de fauna endógena.

Continúa en forma creciente el volumen del derrame ascendiendo a 4 cm³.

En el segundo tubo, ya avanzados los procesos de descomposición, se materializa la reducción total de la pieza original, con larvas en fase terminal y eclosionadas.

En el tercer tubo, se observa descenso a extremo inferior de lo que queda de la pieza en estudio, fusión de elementos, evaporación parcial de líquido con reducción de columna de agua, pero una intensa movilidad de larvas.



Imagen 5



Imagen 6



Imagen 7

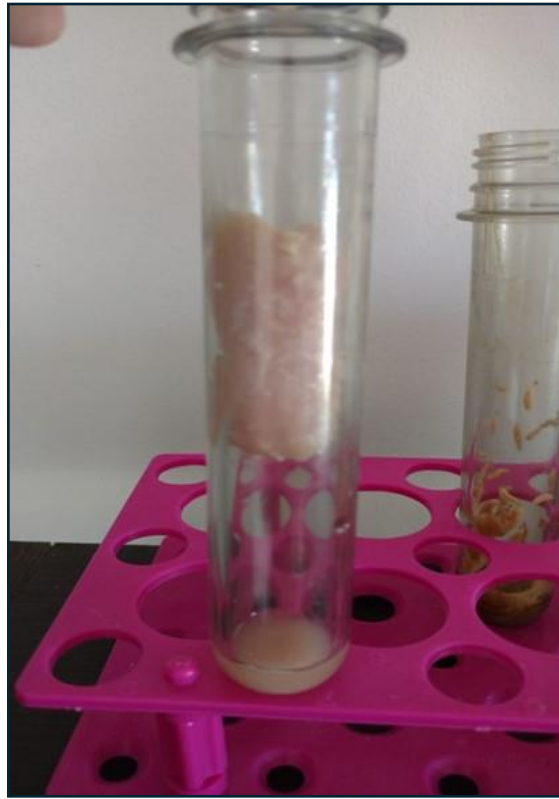


Imagen 8



Imagen 9



Imagen 10

4. Conclusiones

Luego de 21 días de seguimiento experimental, y de acuerdo con el detallado análisis realizado por períodos semanales, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

El cadáver privado de oxígeno se homologa a situaciones de confinamiento o sepultamiento donde se demora el proceso de putrefacción. Al no producirse en éste los procesos de oxidorreducción, ni el acceso de la fauna local.

La anoxia produce cierto estado de conservación del cadáver, viéndose demoradas las llamadas reacciones de oxido- reducción.

El concepto antiguo de oxidación y reducción estaba ligado estrechamente al hecho de que una sustancia tomara o liberara oxígeno al reaccionar. Así, se definía como "oxidación" al proceso por el cual una sustancia se combinaba con oxígeno y "reducción" en el caso que el compuesto eliminara oxígeno.

En definitiva, todo proceso de oxidación estará indefectiblemente acompañado por un proceso de reducción. Ambos se engloban en las reacciones de oxidorreducción (o redox).

Es por eso por lo que, el ingenio del victimario para demorar estos procesos a los fines del ocultamiento o la demora en la resolución de los casos tiene multiplicidad de variables. Desde el agregado de materiales sintéticos o el traslado del cuerpo hacia lugares recónditos de difícil acceso, todo a los fines de evitar la culpabilidad del perpetrador.

Distinta es la suerte de un cadáver librado y expuesto a los elementos, propia de un homicida desorganizado, donde su conducta lleva implícita, al igual que todo homicida, el desprecio por la vida. En este caso, las reacciones que en el anterior caso se ven demoradas, aquí afloran en toda su expresión. La degradación de la carne y la ulceración de los tejidos fomentarán la emanación de gases de putrefacción que llamarán la atención de la fauna local. Avanzarán los procesos colicuativos y enfisematosos y, de no mediar la localización del cuerpo por parte de las autoridades, se reducirá hasta la esqueletización.

Es de destacar las características del medio donde queda expuesto el cadáver. Si es un medio cálido y húmedo los procesos se verán acelerados. Si es un medio frío y seco, los mismos procesos demorarán en llegar.

En el cadáver sumergido se produce un fenómeno característico que se denomina maceración epidérmica: es lo que ya sucede en el sujeto vivo cuando permanece largo tiempo en el agua, cuya manifestación más típica es la llamada "mano de lavandera" o "Piel de lavandera". Las palmas de manos y pies aparecen blanquecinas, arrugadas y engrosadas. Posteriormente llega a desprenderse en bloque en forma de dediles. Cuando el cadáver permanece largo tiempo en el agua, la continuación de este proceso hace que los pelos y las uñas caigan precozmente o se desprendan con facilidad. La maceración se produce como consecuencia de la imbibición acuosa de las estructuras tegumentarias, estando en relación con la temperatura y salinidad del medio. Se manifiesta por un aspecto blanquecino de la piel, la que posteriormente se arruga y desprende en colgajos. Este fenómeno es más ostensible a nivel de las palmas y plantas, llevando al desprendimiento de las uñas de manos y pies. En permanencia prolongadas, el proceso afecta estructuras músculo-ligamentosas, desprende piezas dentarias y produce amputaciones de los miembros y desarticulaciones costales.

La evolución de estos cambios tiene una secuencia cronológica más o menos predecible, por lo cual teniendo en cuenta el grado de maceración observada, el tipo de medio líquido, la época del año y la temperatura media del agua, se han confeccionado

tablas que permiten determinar en forma aproximada la data de la sumersión, que puede coincidir o no con la data del deceso.

Al examen externo se puede revelar los signos que a continuación se describen:

- 1- Piel anserina. Signo de Bernt, por contracción de músculos pilorrectores.
- 2- Maceración de la piel de manos y pies (pies o manos de lavandera). Debido a su permanencia en el agua, se pueden desprender como si fueran un guante o una media corta. Con las manos podremos efectuar la papiloscopía para la identificación. Pueden observarse cuerpos extraños debajo de las uñas como, tierra, arena, petróleo o algas etc. (Signo de A. Paré).

En el cadáver putrefacto se configura el rostro que Lecha Marzo denominó "cara de negro"; la opacidad que presentan los ojos dio lugar a que Lacassagne los denominara "ojos de pescado".

En las muertes en agua dulce las livideces serán menos tenues por hemodilución. El examen interno escapa al objeto del presente trabajo

5. Referencias bibliográficas

- Abascal Sabaté, A. (2022). *Aplicación de la bioquímica post mórtem para la estimación del intervalo post mórtem*
- Achaval, A. (1998). *Manual de Medicina Legal*. Abeledo-Perrot, Buenos Aires
- Angelini, M. (1995). *Temas de Química General*. Eudeba
- Arroyo, A., Carbone, M. T., & Ordóñez, J. (2004). *Bioquímica postmortem: comparación de tres métodos de análisis*. Cuadernos de Medicina Forense, 35-40
- Bonnet, E. (1980). *Medicina Legal*, 2ª ed. López Libreros
- Bustos-Correa, A. A., & Sandoval-Rivas, A. G. (2020) *Aminas biógenas en muestras tanatológicas putrefactas y su utilidad en el Laboratorio de Toxicología Forense*.
- Garay, O. (2008). *Bioética en Medicina*. Ad*Hoc
- Gilbert Calabuig, J. A. (1991). *Medicina Legal y Toxicología*. Salvat
- Guerrero, J. C. O. (2020). *Microorganismos, bioquímica y olores en la descomposición cadavérica*. Revista Skopein, 21
- Lossetti, O. (2006). *La exhumación Medicolegal*. Dosyuna
- Martín, F., & Matamoros, M. (2019). *Bioquímica postmortem. Revisión bibliográfica*. Revista de Ciencias Forenses de Honduras, 21-29
- Mavárez-Cardozo (2005). *Entomología Forense y el Neotrópico*. Cuadernos de Medicina Forense, 23-33
- Osorio Vasa, L. (2005). *Química forense*. Imprenta Nacional de Colombia
- Sosa, L. K. M., & Oaxaca, C. C. (2019). *Bioquímica forense: el papel de las bacterias en la putrefacción cadavérica*. Visión Criminológica–Criminalística, 10, 12, 40-43
- Trezza, F. (2006). *La data de la muerte- transformaciones cadavéricas*, 1ª ed. Dosyuna

6. Anexo

Tablas y gráficos

Resultados de evaluación de control larvario

Tabla 1

Tabla 1 de elaboración propia

Control de densidad larvaria			
Tipo de cultivo	Período (días)		
	1-7	7-14	14-21
Abierto	1	2	6
Cerrado	1	1	2
Sumersión	1	2	4

1-No se evidencia proliferación

2-Incipiente proliferación

4-Abundante proliferación

6-Saco larvario

Gráfico 1

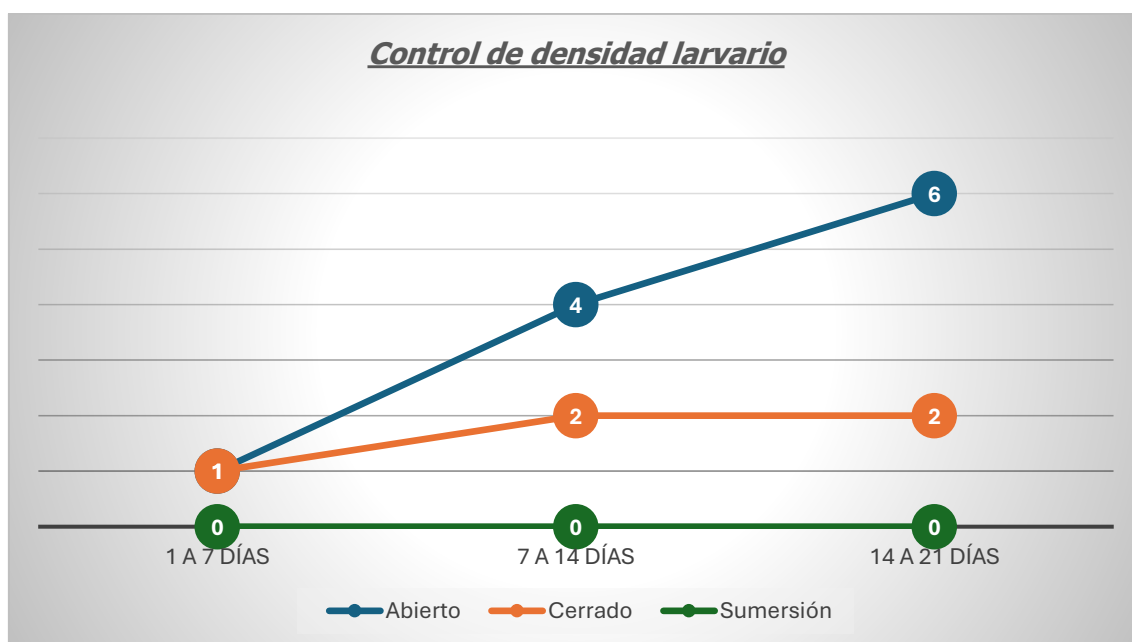


Gráfico de elaboración propia 1

Resultados de evaluación de control sedimentario

Tabla 2

Tabla 2 de elaboración propia

Control de densidad sedimentaria			
Tipo de cultivo	Período		
	1-7	7-14	14-21
Abierto	1	4	6
Cerrado	1	2	2
Sumersión	0	0	0

0-No evidenciable por medio líquido

1-No se evidencia sedimento

2-Incipiente sedimento

4-Abundante sedimento

6-Sedimentación total de la pieza

Gráfico 2

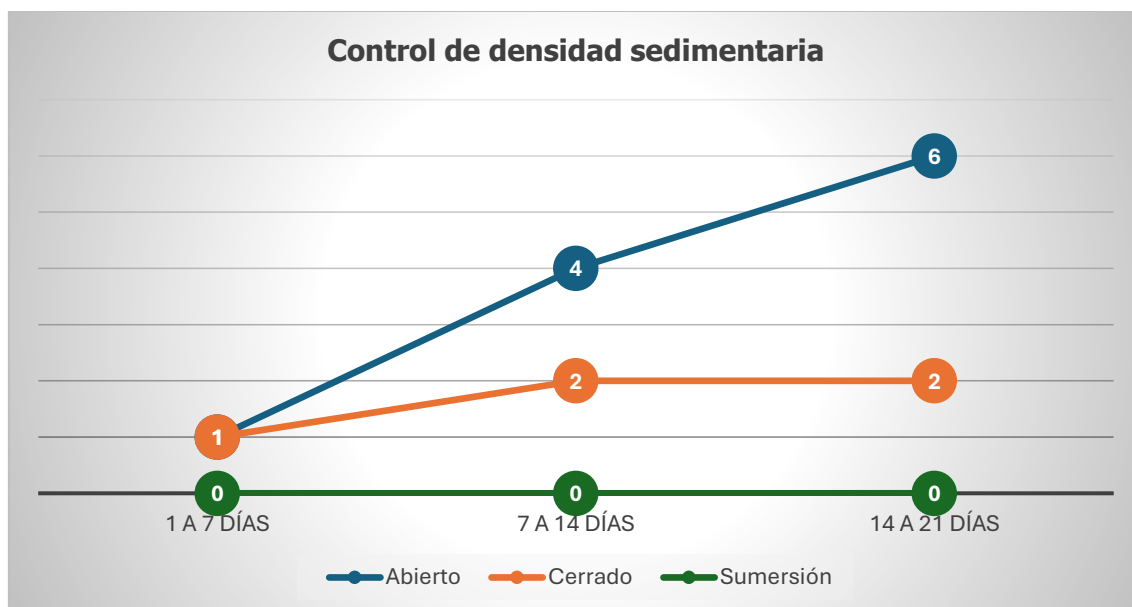


Gráfico de elaboración propia 2