

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Medicina Humana
Escuela Profesional de Medicina Humana



Estimación del tiempo de sumersión en piel de cobayo en cauces de agua corriente mediante el aumento del espesor de algas adheridas a la superficie cutánea en la ciudad de Arequipa de enero a febrero 2025

Tesis presentada por el Bachiller:

Berrios Apaza, Heiner Daniel

ORCID: 0009-0006-1488-4291

para optar el Título Profesional de Médico Cirujano

Asesor:

Dr. Vargas Olivera, German Augusto

ORCID: 0000-0002-7511-0971

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MEDICINA HUMANA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 15 de Marzo del 2025

Dictamen: 014808-C-EPMH-2025

Visto el borrador del expediente 014808, presentado por:

2017220631 - BERRIOS APAZA HEINER DANIEL

Titulado:

**ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE SUMERSIÓN EN PIEL DE COBAYO EN CAUCES DE AGUA
CORRIENTE MEDIANTE EL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE
CUTÁNEA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA DE ENERO A FEBRERO 2025**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

MEDICO CIRUJANO

**29266074 - CALDERON PEREZ PERCY OSWALDO
DICTAMINADOR**



**29432343 - NUÑEZ ZEVALLOS GLADYS EDITH
DICTAMINADOR**



**29626559 - QUIÑONES HERMOSA ANGELA GRISELDA
DICTAMINADOR**



Estimación del tiempo de sumersión en piel de cobayo en cauces de agua corriente mediante el aumento del espesor de algas adheridas a la superficie cutánea en la ciudad de Arequipa de enero a febrero

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	3%
	Trabajo del estudiante	
2	tesis.ucsm.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	es.scribd.com	1%
	Fuente de Internet	
4	doku.pub	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	1library.co	1%
	Fuente de Internet	
7	creativecommons.org	1%
	Fuente de Internet	

DEDICATORIA

Tesis dedicada:

A Dios que siempre guía mis pasos y me da la fortaleza para poder servir con amor y respeto al prójimo.

A mis padres por ayudarme a cumplir mi más grande anhelo, el culminar mis estudios profesionales en Medicina Humana.

A mi hermana por su apoyo en aquellos momentos en que necesite una mano fraterna.



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, a mi familia en especial a mis padres por estar siempre presentes.

Mi agradecimiento a la Universidad Católica de Santa María, a toda la plana docente de la facultad de Medicina Humana quienes con su enseñanza hicieron posible mi formación profesional.



RESUMEN

En el departamento de Arequipa en los dos últimos años en el Instituto de Medicina Legal se realizaron más de 1500 necropsias médico legales, correspondiendo a más de 250 casos los fallecidos por asfixias, dentro de estas más de 50 casos fueron diagnosticados como asfixias por sumersión. Es en el momento del levantamiento de cadáver donde se encuentran fallecidos de distinta data, sumergidos en cauces de agua corriente. Por antecedentes bibliográficos se conoce que en este tipo de muertes determinar el tanatocronodiagnóstico (Data de muerte) por los fenómenos cadavéricos se hace de difícil aplicación; por lo que es necesario trabajos de investigación que nos proporcionen herramientas útiles para una mejor precisión de la data de muerte en el levantamiento de cadáver y necropsia de ley. El objetivo del presente estudio de investigación fue estimar el tiempo de sumersión en piel de cobayo en cauces de agua corriente mediante el aumento del espesor de algas adheridas a la superficie cutánea en la ciudad de Arequipa en los meses de enero y febrero del 2025. El tipo de investigación es cuantitativo, experimental y diseño longitudinal. Como técnica se aplicó la medición periódica según ficha de elaboración propia. Resultados: En el primer día no se encontró cambios macroscópicos en cuanto al crecimiento de algas sobre la superficie estudiada. A partir del tercer día se encontró aumento de un milímetro por día para el crecimiento de algas adheridas a la superficie cutánea hasta el vigésimo octavo día. Conclusión: La presencia de algas adheridas a la superficie corporal cutánea nos permite estimar el tiempo de sumersión de cadáveres en cauces de agua corriente en la ciudad de Arequipa.

Palabras clave: Sumersión, Data de muerte, Algas.

ABSTRACT

In the department of Arequipa, over the past two years, more than 1500 medico-legal autopsies were carried out at the Institute of Forensic Medicine, with over 250 cases involving deaths by asphyxiation, of which more than 50 were diagnosed as asphyxiation by drowning. It is during the recovery of the body that deceased individuals of different postmortem intervals are found submerged in flowing water channels. According to bibliographic records, it is known that determining the postmortem interval (time of death) through cadaveric phenomena is difficult to apply in such cases. Therefore, research work is necessary to provide useful tools for more accurate determination of the time of death during body recovery and forensic autopsy. The objective of this research study was to estimate the immersion time of guinea pig skin in flowing water channels by measuring the increase in the thickness of algae adhered to the skin surface in the city of Arequipa during the months of January and February 2025. The research type is quantitative, experimental, and longitudinal in design. The technique applied was periodic measurement using a custom-made data sheet. Results: On the first day, no macroscopic changes were observed regarding the growth of algae on the studied surface. Starting from the third day, an increase of one millimeter per day in the growth of algae adhered to the skin surface was observed until the twenty-eighth day. Conclusion: The presence of algae adhered to the body surface allows us to estimate the immersion time of cadavers in flowing water channels in the city of Arequipa.

Keywords: Drowning, Death date, Algae.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	3
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1 Determinación del problema	4
1.2 Enunciado del problema.....	4
1.3 Descripción del problema	4
1.4 Justificación	5
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Específicos.....	7
3. MARCO TEÓRICO	8
4. REVISIÓN DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	24
4.1. INTERNACIONALES	24
4.2. NACIONALES – LOCALES	27
5. HIPÓTESIS	28
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....	29
1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	30
1.1. Técnicas	30
1.2. Instrumentos.....	30
2. CAMPO DE VERIFICACIÓN	30
2.1. Ubicación espacial	30
2.2. Ubicación temporal.....	30

2.3. Unidades de estudio	30
2.4. Criterios de inclusión	30
2.5. Criterios de exclusión	30
3. ESTRATEGIA DE RECOLECCION DE DATOS.....	30
3.1. Organización	30
3.2 Recursos	31
3.2.1 Humanos.....	31
3.2.2 Materiales	31
3.2.3 Financieros	31
3.3. Criterios para el manejo de los resultados	31
CAPÍTULO III RESULTADOS	32
1. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	33
DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	49

INTRODUCCIÓN

Nuestra ciudad de Arequipa es uno de los departamentos agrícolas – ganaderos, más representativos de nuestro país, ya que cuenta con una cuenca hidrográfica con lagunas y grandes ríos que permiten dichas actividades. Para estas actividades existe una red de distribución de aguas que llega al departamento por medio de ríos que posteriormente se distribuyen mediante canales y acequias a su lugar de uso. Al ser muchos de estos lugares urbano rurales es frecuente se presenten casos de muerte de asfixias por sumersión (1).

Lugares en los cuales se encuentran personas fallecidas con distinto tiempo de muerte, sumergidos en cauces de agua corriente. Teniendo que ser estas muertes investigadas para fines legales. La data de muerte representa un dato clave dentro del campo de los estudios legales, médicos y sociales. Este concepto abarca la información precisa sobre el momento y las circunstancias de fallecimiento de una persona, que es registrada oficialmente en documentos como el certificado de defunción (2).

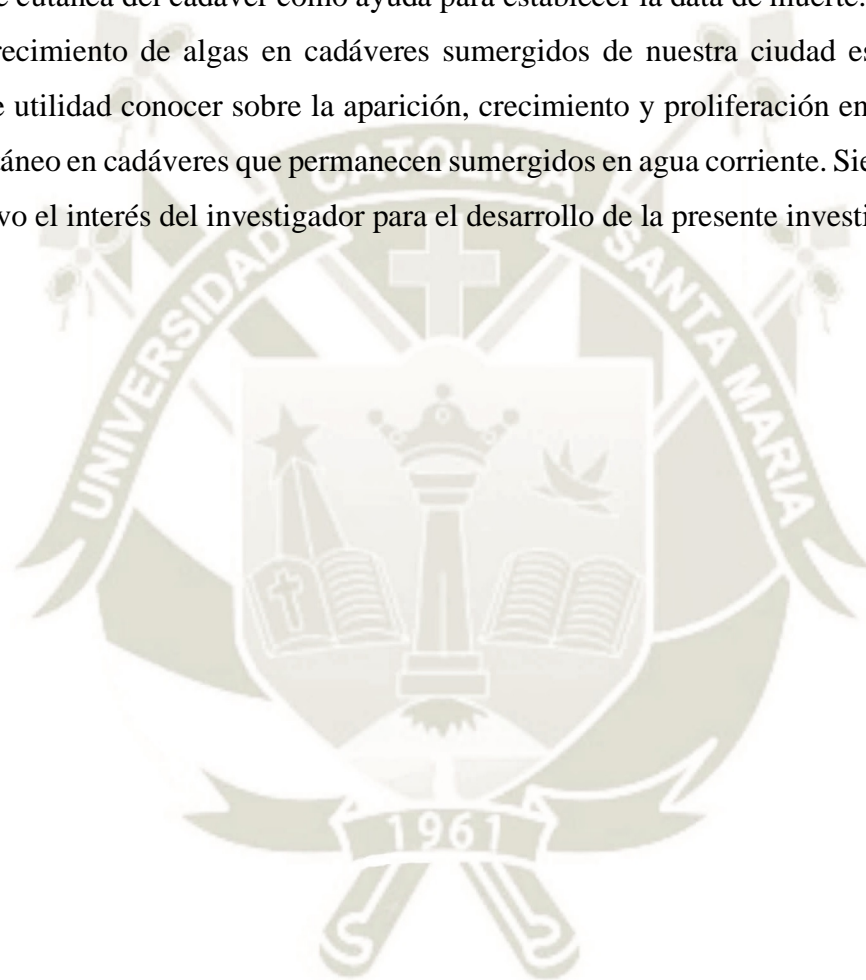
La correcta recolección, registro y análisis de esta data no solo tiene una importancia administrativa, sino que también es fundamental para entender y abordar fenómenos más amplios relacionados con la salud pública y de justicia social. La fecha y las circunstancias del fallecimiento se convierten en un elemento central en procesos legales, como la sucesión de bienes, los seguros y otros asuntos judiciales relacionados con los derechos post mortem.

Desde tiempos antiguos, los médicos realizaron investigaciones científicas tendientes a dar solución acerca de la presentación de los fenómenos cadavéricos, relacionados a la causa de muerte, sobre todo en aquellos casos en los que se requiere deslindar la participación de terceras personas en un caso de muerte inesperada. En la práctica, se dan casos en los que la data de muerte no coincide con el tiempo con el que se encuentran desaparecidos, lo que trae como consecuencia el que se creen supuestos erróneos sobre un periodo de tiempo en el que la persona pudo haber estado secuestrado, siendo víctima de maltratos físicos y/o tortura y luego ser privado de su vida y arrojado a un cauce de agua; sitio en el cual puede permanecer por un periodo de tiempo. Situación anterior que constituye un reto que el investigador médico debe resolver (3).

Hoy se tiene claro que para estimar la data de muerte se requiere de conocimiento médico especializado, dada la relevancia que se puede originar respecto al tiempo post mortem. Diversos investigadores han ido perfeccionando el conocimiento que se presenta como signos

post mortem inmediatos y mediatos en el cadáver. En cuanto a los cambios que se van a presentar por el entorno en el que se encuentra el cadáver los estudios que existen son insuficientes. Simonin, describe en su libro Medicina Legal Judicial, que existe la presencia de algas en la superficie cutánea de cadáveres sumergidos en agua, siendo este dato poco investigado para la estimación de la data de muerte (4).

En la actualidad, son pocos los estudios científicos acerca de la aparición de algas sobre la superficie cutánea del cadáver como ayuda para establecer la data de muerte. Se ha observado que el crecimiento de algas en cadáveres sumergidos de nuestra ciudad es muy frecuente, siendo de utilidad conocer sobre la aparición, crecimiento y proliferación en la superficie del tejido cutáneo en cadáveres que permanecen sumergidos en agua corriente. Siendo esta la razón que motivo el interés del investigador para el desarrollo de la presente investigación.





CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Determinación del problema

Estimación del tiempo de sumersión en piel de cobayo en cauces de agua corriente mediante el aumento del espesor de algas adheridas a la superficie cutánea en la ciudad de Arequipa de enero a febrero 2025.

1.2 Enunciado del problema

El aumento del espesor de las algas adheridas a la superficie corporal de piel de cobayo permite estimar el tiempo de sumersión en cauces de agua corriente en la ciudad de Arequipa.

1.3 Descripción del problema

a) Área de Intervención de Conocimiento

- **ÁREA GENERAL:** Ciencias de la Salud.
- **ÁREA ESPECÍFICA:** Medicina Humana.
- **ESPECIALIDAD:** Medicina Legal y Ciencias Forenses.

LINEA: Tanatología - Tanatocronodiagnóstico.

b) Operacionalización de Variables.

Para la investigación, se definen las siguientes variables:

- **Variable Independiente:** Tiempo de sumersión.
- **Variable Dependiente:** Crecimiento de algas en la superficie corporal cutánea.

c) Interrogantes Básicas

- ¿En qué momento aparecen las algas sobre la piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente en Arequipa en el lapso de 28 días?
- ¿Cómo es el crecimiento de algas sobre la piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente en Arequipa en el lapso de 28 días?
- ¿Existe proporción lineal entre el tiempo de sumersión y el crecimiento de algas sobre la piel de cobayo en cauces de agua corriente en Arequipa a lo largo de 28 días?

d) Tipo de investigación

La presente investigación es de:

- Tipo: Cuantitativo.
- Nivel: Experimental.
- Diseño: Longitudinal.

1.4 Justificación

La Medicina Legal o Forense es una Especialidad Médica que debe atender múltiples servicios de implicancia médico legal en personas vivas y en personas fallecidas su participación es esencialmente para determinar la causa básica de muerte y otorgar el correspondiente Certificado de Defunción que permita la inhumación del cadáver y a su vez dicha causa básica de muerte sirva para las acciones legales que se requieran ante el fin de la vida.

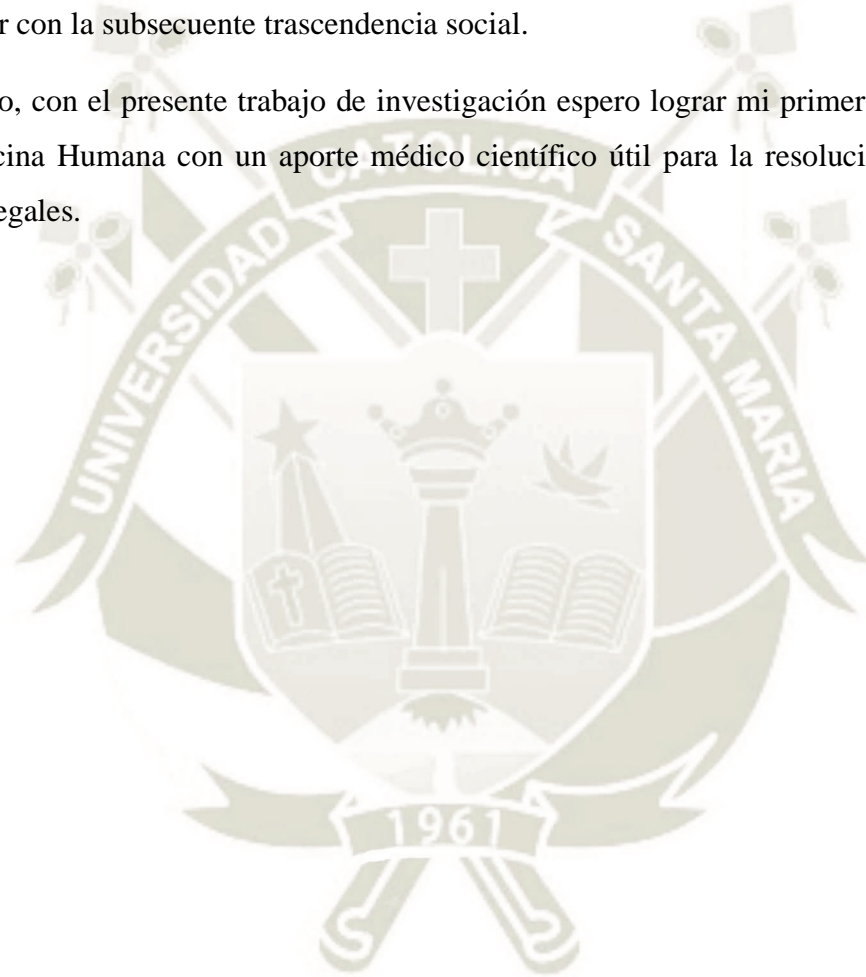
En la determinación de la causa básica de muerte resultan importantes dos momentos, el primero corresponde al Levantamiento del cadáver; si el fallecido no fue atendido en un establecimiento de salud o por un facultativo en forma particular por lo que se desconoce la causa, data y mecanismos de su fallecimiento, y el segundo corresponde a la Necropsia médico legal; procedimiento Médico también llevado a cabo por el Ministerio Público que en forma conjunta con peritos del Instituto de Medicina Legal, peritos policiales del Laboratorio de criminalística y peritos policiales en investigación de Homicidios tienen la responsabilidad de iniciar la investigación que conlleve a determinar la causa básica, la data y mecanismo de muerte de una persona fallecida.

Determinación de la data en cadáveres sumergidos en agua que resulta aún en nuestros tiempos de difícil estimación, por lo que los cambios corporales post mortem (signos) solo son referenciales. Se ha observado que en tejido cutáneo (piel) de la superficie corporal de los fallecidos especialmente en cabeza y regiones no protegidas del cuerpo que permanecen sumergidos en agua corriente se adhiere una capa constituida principalmente por algas, y otros microorganismos, que aumenta en tamaño a medida que el cuerpo del fallecido permanece mayor tiempo en sumersión (4).

El presente trabajo de investigación debe aportar conocimiento científico relacionado a la estimación de la data de muerte en el momento del levantamiento de cadáver en fallecidos que se encuentran sumergidos en cauces de agua corriente, llámese, ríos, acequias, canales de regadío, etc., que se constituyen en el lugar denominado “Escena del suceso”. Data de muerte que debe confirmarse en la necropsia de ley.

Al no conocerse de trabajos de investigación relacionados a esta adherencia de algas a la piel de la persona fallecida y sumergida en agua corriente; una vez finalizado el presente trabajo de investigación nos permitirá conocer como aumenta el espesor de esta capa de algas sobre la superficie cutánea en piel de cobayo durante el periodo de sumersión post mortem lo que nos ayudará a tener mayor precisión respecto a la data de muerte. Puesto que el error en precisión de la data de muerte en este tipo de cadáveres crea supuestos erróneos y problemas legales relacionados a la causa de muerte, al mecanismo y etiología médico legal que se desea investigar con la subsecuente trascendencia social.

Asimismo, con el presente trabajo de investigación espero lograr mi primera especialización en Medicina Humana con un aporte médico científico útil para la resolución de problemas médico legales.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Estimar el tiempo de sumersión en piel de cobayo en cauces de agua corriente mediante el aumento del espesor de algas adheridas a la superficie cutánea en la ciudad de Arequipa en los meses de enero y febrero del 2025.

2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar el momento de aparición de algas sobre la piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente.
2. Estimar el crecimiento de algas sobre la piel de cobayo sumergido en cauce de agua corriente en el lapso de 28 días.
3. Determinar si existe proporción lineal entre el tiempo de sumersión con el aumento del espesor de las algas adheridas sobre la piel de cobayo sumergido en cauce de agua corriente en Arequipa a lo largo de 28 días.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Departamento de Arequipa e Hidrografía

El departamento de Arequipa está ubicado en la zona Occidental del territorio peruano, está constituido políticamente por 8 provincias y 109 distritos, siendo la provincia de Arequipa la que reúne la mayor cantidad de distritos: Veintinueve. Las provincias que conforman el departamento son Arequipa, Camaná, Caravelí, Castilla, Caylloma, Condesuyos, Islay y La Unión (5).

La población actual del departamento Arequipa según el censo del 2017 corresponde a 1 382 730 habitantes, en cuanto a los distritos que presentan mayores concentraciones poblacionales están distribuidos como a continuación se detalla: Arequipa, José Luis Bustamante y Rivero, Cerro Colorado, Cayma, Miraflores, Mariano Melgar y Jacobo Dickson Hunter (6).

La región Arequipa cuenta con valles originados por los diferentes ríos que cruzan el departamento (5).

3.2. Cuenca del río Quilca - Vítor - Chili

La cuenca del río Quilca-Vítor-Chili está ubicada en la zona sur occidental del territorio peruano, su ámbito político abarca principalmente la región Arequipa, incluyendo algunos sectores de las regiones Moquegua, Cusco y Puno. Tiene una superficie de 13 529.88 km², sus ríos recorren con dirección preferencial de este a oeste, hasta desembocar en el océano Pacífico (1).

El río Quilca-Vítor-Chili tiene una longitud total de 321.62 km, la dirección de su recorrido es de Noreste a Oeste y corresponde a la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, y consecuentemente pertenece a la vertiente del océano Pacífico, los niveles altitudinales van desde los 0 hasta los 6250 m.s.n.m. El río Chili nace de la confluencia de los ríos Sumbay y Blanco. El río Sumbay surge detrás de la Cordillera Occidental, de las aguas provenientes de un manto acuífero situado en la Formación Capillune, de unos 200 m de profundidad entre la Cordillera Occidental y Oriental. Aguas abajo aproximadamente a 67 km, se une con el río Yura y forma el río Vítor, el cual discurre 69 km aproximadamente antes de su confluencia con el río Sihuas para formar el río Quilca, que finalmente desemboca en el mar y tiene una longitud aproximada de 21 km. El río Tingo Grande y la

Quebrada Añashuayco son otros de los afluentes al río Chili, ubicados en la margen derecha e izquierda respectivamente, antes de la unión con el río Yura (1).

3.3. Piel

La piel es el órgano más grande del cuerpo y está compuesto por dos capas: la epidermis y la dermis, además representa alrededor del dieciséis por ciento del peso corporal. Protege el cuerpo de lesiones, desecación e infección; regula la temperatura corporal, absorbe la radiación ultravioleta, necesaria para la síntesis de vitamina D, y contiene receptores para los estímulos táctiles, caloríficos y dolorosos del medio externo. Además, actúa como un órgano excretor vía glándulas sebáceas, sudoríparas y apocrinas (7).

La epidermis es la capa superficial de la piel. Principalmente de origen ectodérmico, se clasifica como epitelio escamoso estratificado queratinizado. La epidermis está formada en mayor medida por queratinocitos, además de otros tres tipos de células: melanocitos, células de Langerhans y células de Merkel. La epidermis está dividida en cinco estratos que van del más superficial al profundo: El estrato córneo, es la capa más superficial de la epidermis, contiene muchas “células” muertas aplanadas llamadas escamas, empacadas con filamentos de queratina, las células superficiales se desprenden. Los otros estratos corresponden: al estrato lúcido, estrato granuloso, estrato espinoso y estrato basal. La dermis es la capa de la piel que subyace a la epidermis. Es de origen mesodérmico y está formada por un tejido conectivo denso irregular que contiene muchas fibras de colágeno tipo I y redes de gruesas fibras elásticas. Aunque se divide en una capa papilar superficial y una capa reticular más extensa y profunda, entre ellas no existe una frontera visible. La piel delgada y la piel gruesa se distinguen por el espesor de la epidermis. La piel gruesa tiene epidermis de 400 a 600 μm de espesor. La piel delgada posee epidermis de 75 a 150 μm de espesor (8).

3.4. Algas

El concepto "Algas" fue utilizado por primera vez por Linneo para designar los organismos vegetales que incluyó en la clase de las criptógamas, y de los que solo persisten como integrantes de las algas actuales los géneros Chara, Conferva, Ulva y Nitel. Hoy en día este término está también desprovisto de un significado taxonómico, pero se usa para designar a los organismos que poseen clorofila, un talo no diferenciado en raíz, tallo y hojas, y que son

de hábitos predominantemente acuáticos. Son muchas las razones por las que nos interesan las algas ya que desempeñan un papel ecológico importante como productores primarios de los ecosistemas donde habitan, siendo probablemente responsables de más del 50% de la producción primaria de oxígeno de todo el planeta; y son los responsables de la fijación del CO₂, mediante la fotosíntesis, eliminando como residuo O₂. En relación con la morfología externa, las algas presentan una gran diversidad de formas y tamaños, que incluyen desde representantes unicelulares microscópicas, como diatomeas y dinoflagelados, hasta formas arborescentes con más de 60 metros de longitud, como las especies del género *Macrocystis* (9).

Respecto de la coloración y a pesar de que deberían ser predominantemente de color verde como consecuencia de la presencia de clorofila, estos organismos contienen además otros tipos de pigmentos, lo que hace que muchas de ellas presenten también coloraciones rojizas, azuladas, pardas hasta ennegrecidas, debido al enmascaramiento del color verde de la clorofila por estos pigmentos accesorios. La diversidad de algas no está solamente dada por su morfología externa sino que también por sus características bioquímicas y fisiológicas, así como por su variabilidad genética y fenotípica que se manifiesta claramente en la gran capacidad de colonizar ambientes muy diversos. Así, existen tanto especies de agua dulce, marinas y de ambientes intermedios (como lagunas costeras), como otras que habitan en ambientes extremos (continente antártico), además de aquellas asociadas con otros organismos y que forman líquenes, mientras que en ambientes marinos las algas pueden estar fijas al sustrato formando parte del bentos o flotando en el agua como parte del plancton (9).

En un estudio realizado para la determinación taxonómica de algas y parámetros fisicoquímicos del río Chili, en las zonas de Chilina, Tingo y Uchumayo, se logró determinar 148 especies; distribuidas en las siguientes divisiones: *Bacillariophyta* 94 especies; *Chlorophyta* 35 especies; *Cyanophyta* 14 especies; *Dynophyta* 3 especies; *Chrysophyta* 1 especie y *Xanthophyta* 1 especie (10).

Otro estudio realizado en tres zonas del río Chili, se identificó 43 géneros y 64 especies de algas, distribuidas en 3 divisiones: *Cyanobacteria* (11 géneros y 14 especies), *Ochrophyta* - Clase *Bacillariophycidae* (27 géneros y 46 especies) y *Chlorophyta* (4 géneros y 4 especies), dentro de las cuales son 13 especies no reportadas para la Región Arequipa. La abundancia

relativa fue mayormente representada por el Filo *Ochrophyta*, seguida por el Filo *Cyanobacteria* y por último el Filo *Chlorophyta* (11).

3.5. Ministerio Público – Fiscalía de la Nación

El Ministerio Público, es un Organismo constitucionalmente autónomo, está jerárquicamente organizado; se encuentra integrado al proceso de Administración de Justicia y a la defensa de los derechos constitucionales y legales de la sociedad. El Ministerio Público tiene como domicilio legal y sede principal la ciudad de Lima, y su cobertura es a nivel nacional, comprendiendo a todas las dependencias de la organización fiscal, médico legal (como unidad ejecutora) y administrativa, las cuales han sido agrupadas de acuerdo a sus competencias funcionales. El Ministerio Público, conforme a lo establecido en la Constitución Política del Perú, tiene entre sus funciones generales: Velar por la independencia de los Órganos Jurisdiccionales y por la recta administración de justicia. Conducir desde su inicio la investigación del delito. Con tal propósito, la Policía Nacional del Perú está obligada a cumplir los mandatos del Ministerio Público en el ámbito de su función. Velar por la moral pública, la persecución del delito y la reparación civil. Velar por la prevención del delito (12).

3.6. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (IML)

El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, es una unidad ejecutora del Ministerio Público que fue creada por medio de la Resolución de la Fiscalía de la Nación N° 004513-2018-MP-FN, del 14 de diciembre de 2018, con autorización del Ministerio de Economía y Finanzas, siendo sus fines, los siguientes:

- a) Emitir dictamen pericial científico y técnico especializado al Poder Judicial y al Ministerio Público, cuando le sea requerido.
- b) Colaborar con las Facultades de Medicina y de Derecho en la formación integral especializada y desarrollar actividades de investigación (13).

El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses tiene como misión: Brindar servicios especializados en materias Médico - Legales y Forenses a los órganos de la administración de justicia y a la ciudadanía en general, a través de la realización de pericias médico legales, garantizando la calidad, confiabilidad, oportunidad e imparcialidad. Ejecutando, asimismo,

investigación científica, docencia y lo relacionado en materias propias de su competencia. Como visión: Ser una Institución altamente calificada en materias médico legal y forenses con servicios de calidad, eficiencia, oportunos e imparciales. Organizado y altamente equipado, aportando mejor administración de la justicia, sea reconocido y valorado por la ciudadanía. El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, es el ente rector de la Medicina Legal y las Ciencias Forenses en el Perú. Desde su creación emite informes y dictámenes periciales de calidad científica en personas vivas, cadáveres, restos humanos y muestras de diversa naturaleza, aplicando técnicas de las ciencias forenses; en concordancia con el marco establecido en la Constitución Política y el ordenamiento jurídico nacional. Participa además con la formación de recursos humanos especializados en las ciencias forenses y en investigación científica, que garanticen la mejora continua de la especialidad en Medicina Legal, Derecho y otras profesiones. Constituyen Órganos de Línea del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses los siguientes: Oficina de Criminalística, Oficina de Laboratorio Forense y Oficina Clínico y Tanatología (13).

La Oficina Clínico y Tanatología, es el órgano de línea del IML, encargado de desarrollar las actividades clínico - tanatológicas y coordinar a nivel nacional el adecuado desarrollo de las Unidades y las Divisiones Médico Legales. La Unidad de Tanatología Forense, es la unidad orgánica, encargada de realizar las funciones de tanatocronodiagnóstico, así como los levantamientos de cadáver, necropsias de ley e investigar la causa de muerte del occiso. Tiene entre sus funciones: Constituir un equipo de escena del crimen encargado del levantamiento de información pertinente que coadyuve a la investigación de la causa de muerte. Designar la conformación de las Juntas Médicas. Evaluar los informes estadísticos de la Unidad de Tanatología Forense (13).

La Red de la División Médico Legal se divide en tres categorías, las cuales están clasificadas según su nivel de especialización técnica y cobertura nacional.

- a) Divisiones Médico legales de “Nivel I”: El cual tiene como alcance los servicios de exámenes médico legales, necropsias y psicológicos.
- b) Divisiones Médico legales de “Nivel II”: El cual tiene como alcance los servicios de exámenes médico legales, necropsias, psicológicos y algunos exámenes de laboratorio.

- c) Divisiones Médico legales de “Nivel III”: El cual tiene como alcance los servicios de exámenes médico legales, psicológicos, necropsias y exámenes de laboratorio (ADN, biológicos y toxicológicos) (13).

Entre las funciones de las Divisiones Médico Legales, se tiene:

- a. Realizar peritajes, investigación forense y emitir dictámenes técnicos científicos médico legal y ciencias forenses en apoyo a la administración de justicia.
- b. Realizar exámenes clínicos integrales, describiendo lesiones de los casos que se presentan.
- c. Emitir certificados médico legales o forenses, en la especialidad.
- d. Practicar necropsias de ley, según protocolo.
- e. Realizar levantamientos de cadáveres.
- f. Efectuar exhumación y examen de cadáveres o restos humanos, entre otros (13).

3.7. Medicina Legal

La Medicina Legal se remonta a tiempos muy antiguos en el Perú y el mundo. Certificándose como especialidad médica en nuestro país desde el año 1997.

La Medicina Legal es la especialidad médica cuyo objeto es aplicar los conocimientos de las ciencias médicas con el auxilio de todas las Ciencias forenses a la ciencia del derecho en el proceso de la administración de justicia. Autores clásicos expresaron que “Es el arte de redactar informes médicos con fines de justicia”, para Bonnet este es solo un aspecto y la define como: “Es una disciplina que utiliza la totalidad de las ciencias médicas para dar respuesta a cuestiones jurídicas”. Según Carrera, la Medicina Legal es la ciencia médica aplicada al derecho. Es la especialización médica cuyo objeto es el hombre como sujeto y objeto del derecho, y su interacción con el medio social (14).

Según Basile y Waisman (15), la Medicina Legal es la disciplina que efectúa el estudio teórico y práctico de los conocimientos médicos y biológicos necesarios para la resolución de problemas jurídicos, administrativos, canónicos, militares o previsionales, con utilitaria aplicación propedéutica a estas cuestiones.

Según Teke (16), la Medicina Legal es una ciencia que reúne conocimientos sistemáticos, verificables y consiguientemente factibles. Desarrolla un enfoque estático, cuando se refiere a fenómenos observados que se traducen en información sistematizada, y dinámico, en su capacidad de ampliar el conocimiento por medio de la investigación científica.

3.8. Tanatología

La tanatología es una disciplina integral que se ocupa del estudio de la muerte y el cadáver, y se divide en varias áreas:

- Tanatosemiología: Analiza las transformaciones del cadáver desde el momento de la muerte, enfocándose en los signos y procesos observables que surgen durante este periodo.
- Cronotanatodiagnóstico: Se especializa en determinar el intervalo temporal transcurrido desde la muerte, mediante la identificación de signos que permiten estimar este lapso con una aproximación precisa.
- Tanatolegislación: Comprende el marco normativo que regula el tratamiento del cadáver, abarcando tanto los procedimientos administrativos como judiciales pertinentes y su correspondiente documentación.
- Autopsias médico legales: Consiste en un procedimiento médico - quirúrgico diseñado para identificar las causas de la muerte, implicando una apertura sistemática y meticulosa del cadáver.
- Biotanatología: Se enfoca en el estudio de los organismos que habitan en o se alimentan del cadáver, investigando las transformaciones que estos organismos pueden inducir en los restos.
- Embalsamología: Se dedica al estudio y la aplicación de técnicas de conservación artificial del cadáver, con el objetivo de preservar los restos de manera efectiva (15).

Cada una de estas áreas proporciona un entendimiento profundo y multidimensional de los fenómenos asociados con la muerte, así como su tratamiento en contextos médicos y legales. Esta estructura temática es fundamental para el desarrollo de un análisis exhaustivo en el ámbito de la tanatología (15).

3.9. Del fin de la vida

En la Ley General de Salud, en su título Tercero, se consigna:

Artículo 108.- La muerte pone fin a la persona. Se considera ausencia de vida al cese definitivo de la actividad cerebral, independientemente de que algunos de sus órganos o tejidos mantengan actividad biológica y puedan ser usados con fines de trasplante, injerto o cultivo. El diagnóstico fundado de cese definitivo de la actividad cerebral verifica la muerte. Cuando no es posible establecer tal diagnóstico, la constatación de paro cardio-respiratorio irreversible confirma la muerte. Ninguno de estos criterios que demuestran por diagnóstico o corroboran por constatación la muerte del individuo, podrán figurar como causas de la misma en los documentos que la certifiquen (17).

3.10. Levantamiento de cadáver

En el Código Procesal Penal peruano, en el artículo 195, se consigna:

- Cuando se trate de una muerte sospechosa de haber sido causada por un hecho punible, se procederá al levantamiento del cadáver, de ser posible, con participación de personal policial especializado en criminalística, haciendo constar en acta.
- El levantamiento de cadáver lo realizará el Fiscal, con la intervención, de ser posible, del médico legista y del personal policial especializado en criminalística. Por razones de índole geográfica podrá prescindirse de la participación de personal policial especializado en criminalística. El Fiscal, según las circunstancias del caso, excepcionalmente debe delegar inmediatamente la realización de la diligencia en su adjunto, o en la policía, o en el Juez de paz más cercano (18).

En la Cartilla de Llenado de la Diligencia de Levantamiento de Cadáver se debe consignar la Etiología Médico legal, donde se debe considerar: El tipo de muerte. El posible agente causante. Tipo de agente. Debiendo dejar constancia de aquellas observaciones que a su entender aporten mayor claridad al caso y las conclusiones que en esa etapa de la investigación considere oportunas. Tiempo Aproximado de muerte, en número de horas, días, meses o años, transcurridos desde el momento de la muerte al momento del examen, según corresponda de acuerdo a los fenómenos cadavéricos encontrados (2).

3.11. Necropsia

La autopsia o necropsia, son términos que deben considerarse sinónimos, constituye un procedimiento médico que busca determinar las causas del deceso de un individuo (14).

En la Ley General de Salud, en su título Tercero, se consigna:

Artículo 109.- Procede la práctica de la necropsia en los casos siguientes: a) Por razones clínicas, para evaluar la exactitud y precisión diagnóstica y la calidad del tratamiento de pacientes; b) Con fines de cremación, para determinar la causa de la muerte y prever la desaparición de pruebas de la comisión de delitos; c) Por razones sanitarias, para establecer la causa de la muerte con el propósito de proteger la salud de terceros; y, d) Por razones médico legales, para determinar la causa de muerte, en los casos que la ley lo establece o cuando lo ordena la autoridad judicial competente, o para precisar la identidad del fallecido (17).

En el Código Procesal Penal peruano, en el artículo 196, se consigna:

- Cuando sea probable que se trate de un caso de criminalidad se practicará la necropsia para determinar la causa de la muerte. En el contexto de declaratoria de emergencia sanitaria nacional, regional o local y cuando exista sospecha criminal, la necropsia y los actos previos se realizarán conforme a los protocolos emitidos para tal efecto por la autoridad sanitaria competente, en coordinación con el Ministerio Público.
- En caso de muerte producida por accidente en un medio de transporte, o como resultado de un desastre natural o enfermedad epidémica o pandémica que implique la declaratoria de emergencia sanitaria nacional, regional o local, en que las causas de la misma sea consecuencia directa de estos hechos, no será exigible la necropsia sin perjuicio de la identificación del cadáver antes de la entrega a sus familiares. Es obligatoria la necropsia al cadáver de quien tenía a cargo la conducción del medio de transporte siniestrado. En los demás casos se practica a solicitud de parte o de sus familiares.
- La necropsia será practicada por peritos. El Fiscal decidirá si él o su adjunto deban presenciarla. Al acto pueden asistir los abogados de los demás sujetos procesales e incluso acreditar peritos de parte (18).

3.12. Contenido de la autopsia

En el Código Procedimientos Penales, en el artículo 179 se consigna:

La autopsia deberá comprender siempre la apertura de las cavidades craneal, pectoral y abdominal. También se extenderá, en los casos necesarios, a juicio del Juez instructor, y siempre que sea practicable, a la cavidad raquídea y cualesquiera órganos que deberán examinarse detallada y metódicamente, conforme a las indicaciones científicas. Cuando se trata de la autopsia de un recién nacido, se examinará si ha vivido después o durante el nacimiento, si había llegado al completo desarrollo, y si nació en condiciones de viabilidad (19).

3.13. Fenómenos cadavéricos

Según Gisbert Calabuig, con este nombre se designan los cambios que se suceden en el cuerpo sin vida, a partir del momento en que se extinguen los procesos bioquímicos vitales, al verse sometido a la acción de diversas influencias.

Según el siguiente esquema:

- Fenómenos cadavéricos abióticos: Deshidratación, lividez, hipostasis y enfriamiento cadavérico.
- Fenómenos cadavéricos bióticos: Rigidez y espasmo.
- Fenómenos cadavéricos destructores: Autólisis.
- Tanatoquimia (20).

Según Vargas Alvarado (21), el estudio de los fenómenos cadavéricos, se corresponden con el término de tanatosemiología. Estos fenómenos se distinguen en tempranos y tardíos. Constituyen los fenómenos cadavéricos tempranos: El enfriamiento, la deshidratación, las livideces, la rigidez y el espasmo cadavérico. En tanto que en los fenómenos cadavéricos tardíos los clasifica como: Destructores y Conservadores. Los destructores son: Autolisis, putrefacción y antropofagia cadavérica. Los conservadores son: Momificación, adipocira y corificación.

3.14. Investigación en la Escena

Se conoce también como investigación en la escena del suceso o levantamiento del cadáver. La escena de la muerte es el lugar en que es hallado un cadáver. Esta investigación consiste en la búsqueda meticulosa y ordenada de signos en el cuerpo y en sus inmediaciones que realiza el médico forense en el lugar del hallazgo (21).

La labor del médico en la escena tiene tres objetivos:

- a) Confirmar o descartar la muerte.
- b) Establecer la hora de la muerte (Data de muerte).
- c) Contribuir a establecer la manera de la muerte.
- d) Para cumplir estos objetivos conviene, a su vez, que el médico forense en su intervención siga este orden: Examen externo del cadáver. Examen de sus ropas. Examen del lugar y los alrededores. Recolectar información de los investigadores, familiares, amigos, compañeros y vecinos de la persona fallecida (21).

3.15. Levantamiento de cadáveres

Para Alberto Teke (16), el Levantamiento de cadáver es el examen de cadáveres en el sitio del suceso (Escena del hecho). Etapa fundamental del examen del cadáver en el sitio del suceso, realizado por el médico criminalista que integra el equipo investigador. Tiene como finalidad proporcionar al investigador judicial información científica y técnica útil para orientar, planificar y ordenar su trabajo.

A través del examen del cadáver es posible establecer: Forma y circunstancias de la muerte. Armas o instrumento utilizados. Lucha y otras violencias. Arrastre o traslado de cadáver. Fecha o data de la muerte. Causa posible de la muerte. Orientación de la forma médico-criminalística de la muerte: Homicidio, suicidio, accidente o muerte natural. El examen debe efectuarse una vez cumplidas las fases de protección, inspección ocular, fijación y rastreo, en el siguiente orden: Descripción del lugar en que se encuentra el cadáver. Orientación del cadáver según los puntos cardinales. Posición del cadáver (Decúbito). Vestimenta (Características y adecuación de las mismas). Examen del cadáver desnudo (16).

3.16. Lugar de la sumersión

Interesa a veces pues las corrientes arrastran los cadáveres lejos del lugar de asfixia. Para ello debe estudiarse el plancton pulmonar, en la observación directa microscópica que por comparación con plánctones testigos orientará el tipo de la región sospechada. En las zonas industriales dado el maltrato que se hace de las aguas puede recurrirse a la investigación de sustancias nocivas, propias de las aguas servidas y subproductos o residuos industriales arrojados sin tratar. En estos casos, el plancton, la tierra y las aguas pueden contener sustancias y así dar solución a algunos casos (22).

3.17. Data de la sumersión

En el levantamiento de cadáver constituye un hecho de importancia la determinación de la data de la sumersión, que no necesariamente ha de coincidir con la de la muerte, aunque en principio lo más probable es que así suceda en la mayoría de los casos. Para determinar la data de la sumersión en un cadáver que presumiblemente haya permanecido poco tiempo en el agua se puede recurrir a la valoración del estado evolutivo de los fenómenos cadavéricos inmediatos, particularmente del enfriamiento. Sin embargo, la variabilidad con la que se manifiestan tales fenómenos en el cadáver sumergido hace muy imprecisa su aplicación para el tanatocronodiagnóstico en estas situaciones. Por ello, apenas se utilizan en la práctica médico legal (20).

Otros cambios post mortem pueden ser estudiados con dicha finalidad, especialmente la maceración cutánea y el desarrollo del proceso putrefactivo. A este respecto, la tabla de datos tanatológicos propuesta por Reh puede ser de mayor utilidad que otras clásicas. Por último, cabe referirse al proceso de saponificación que no rara vez se presenta en cadáveres sumergidos. Desgraciadamente, el momento de aparición y el desarrollo de este proceso conservador también son muy variables. En general, tarda meses en manifestarse, si bien puede detectarse mucho más precozmente (Tres a cuatro semanas) por procedimientos histológicos (20).

3.18. Tiempo de permanencia del cadáver en el agua

Sobre el tiempo de permanencia del cadáver en el agua, Achaval reporta lo siguiente: Se tendrá en cuenta la marcha de la putrefacción, la temperatura del agua, corrientes, etc. Casper correlaciona la putrefacción en aire 1 semana igual 2 en agua e igual a 8 en tierra:

1. De 3 a 5 días Invierno (5 a 6 horas Verano): Rigidez cadavérica, cuerpo frío, la epidermis comienza a blanquear, se arruga y macera.
2. De 4 a 8 días Invierno (24 horas Verano): Flexibilidad de todas las partes, color normal de la piel, el tegumento de la palma de las manos es muy blanco (Empieza por región tenar).
3. De 8 a 12 días Invierno (48 horas Verano): Flacidez de los miembros; la piel de la cara dorsal de las manos empieza a blanquear; el rostro blanduzco ofrece un tinte amarillento distinto del de la piel del cuerpo.
4. De 15 días aproximadamente Invierno (4 días Verano): Rostro ligeramente abotagado, rojo en algunos puntos, mancha verdosa en la parte media del esternón; la epidermis de las manos y de los pies, completamente blanca, arrugada.
5. Más de 21 días Invierno (6 días Verano): Desprendimiento de la piel y de las uñas, "despegamiento" del cuero cabelludo de la bóveda craneana.
6. Más de 30 días aproximadamente Invierno (8 días Verano): Rostro de color rojo oscuro bordeado de un tinte verdoso en la parte anterior del pecho; la epidermis de las manos y pies blancas, espesa y arrugada.
7. Más de 60 días aproximadamente Invierno (15 a 21 días Verano): Rostro hinchado y oscuro, los cabellos poco firmes caen, la piel de las manos y de los pies, en gran parte es desprendida; las uñas aún están fijas en algunos dedos.
8. Más de 75 días Invierno: Uñas y epidermis de las manos están desprendidos; las uñas de los pies aún están adheridas, no así la epidermis. Tejido celular subcutáneo del cuello y el que envuelve la tráquea y demás órganos pectorales presentan una coloración roja; saponificación parcial de la barba y mejillas, saponificación superficial de las mamas, inglés y parte anterior de los muslos.
9. Más de 100 días Invierno: Destrucción parcial del cuero cabelludo, de los párpados y de la nariz; saponificación no total de la cara, parte superior del cuello e ingle;

corrosión y desorganización de la piel en varios puntos del cuerpo; la epidermis de las manos y de los pies completamente desprendida; cayeron las uñas.

10. Más de 135 días Invierno: Saponificación casi total del tejido adiposo de la cara, cuello, ingles y parte anterior de los muslos; empiezan las incrustaciones calcáreas en los muslos; se inicia la saponificación en zonas anteriores del cráneo; aspecto opalino de la mayor parte del cuero cabelludo y desprendimiento del mismo; la bóveda craneana empieza a ser friable (22).

Todos los datos que en Medicina Legal se dan en tablas son de orientación y en todos los casos deben adecuarse al "caso" o situación en estudio. Hoy, si bien no todos los laboratorios médico legales del país tienen similar adelanto tecnológico y de infraestructura, se puede recurrir a la colaboración mediante traslado o consulta y, en ese caso, adaptar los datos de tablas a los obtenidos en el examen (22).

3.19. Presencia de Algas sobre la piel

Según C. Simonin, “La cabeza del ahogado y las regiones no protegidas aparecen a veces cubiertas de una capa grisácea muy adherente a la piel, que no hay que confundir con el cieno: se trata de una abundante vegetación de algas” (4).

Según Casas Sánchez y María Rodríguez, en su libro Manual de Medicina Legal y Forense nos dan a conocer: “La presencia de filamentos de algas, conchas, percebes, etc., sobre el cadáver puede ser un valioso elemento, como ha ocurrido en sendos casos nuestros, para determinar el tiempo de sumersión en función del ciclo vital de éstos”. Además, mencionan: “Lo mismo cabe decir de la existencia de algas que comienzas a formarse a la semana aproximadamente” (23).

3.20. Certificado de Defunción

Es el documento público que certifica o constata oficialmente el fallecimiento de una persona y es expedido por los profesionales de la salud o personal de la salud autorizado. El certificado de defunción general se emite en un formato establecido para tal fin. Es el profesional de la salud tratante quien legaliza el fallecimiento de una persona y establece la causa básica de la defunción. La “causa básica” de la defunción es la enfermedad o lesión que inició la secuencia de eventos patológicos que condujeron directamente a la muerte, o

circunstancias del accidente o violencia que produjo la lesión fatal. La “causa intermedia” es toda enfermedad o afección que haya ocurrido entre la causa directa de la muerte y la causa básica de la defunción y como complicación de esta última, siendo a la vez desencadenante de la causa directa o inmediata. Y la “causa directa” de la defunción es la enfermedad o afección que produce la muerte directamente (24).

3.21. Asfixia

Según Vargas Alvarado (21), la asfixia desde el punto de vista fisiopatológico se describe como un intercambio insuficiente de gases respiratorios. La reducción del flujo sanguíneo por debajo de un determinado nivel se expresa en una reducción de la disponibilidad de oxígeno para el sujeto, y potencialmente para el cerebro, y puede tener como consecuencia un consumo reducido por ese órgano. Bajo estas condiciones el metabolismo anaeróbico puede ser utilizado para la producción de energía y el ácido láctico será el producto final, produciéndose una acidosis tisular. Al mismo tiempo puede haber una insuficiente eliminación del dióxido de carbono desde los tejidos y, consecuentemente, se desarrolla una acidosis respiratoria. La definición de asfixia incluye una reducción del contenido de oxígeno, una elevación de $p\text{CO}_2$ y un reducido pH.

Existe una respuesta genérica al déficit de oxígeno que viene estructurada por la sensibilidad tisular a la hipoxia y por el incremento de la vascularización como medio de compensación inicial; así, el sistema nervioso central es el lugar donde los procesos de congestión vascular van a ser más precoces. Una asfixia que presente una intensidad y duración suficiente permitirá encontrar un conjunto de signos en el cadáver que reflejan los efectos finales de un conjunto de causas, que determinan la presencia de: Edema y congestión visceral generalizada. Edema cerebral con hemorragias perivasculares. Edema pulmonar. Rigidez precoz e intensa. Aumento de la fluidez de la sangre. Livideces intensas y extensas. Hemorragias petequiales (21).

3.22. Clasificación de las asfixias

Según Basile y Waisman (15), Si dejamos a un lado las asfixias clínicas, que tienen interés en el ámbito de la patología general, discriminamos dos grupos bien definidos, con máxima implicancia médico legal: Asfixias mecánicas y Asfixias gaseosas.

- Asfixias mecánicas:

- a. Por sofocación: Obstrucción de orificios oro nasales; obstrucción faríngea, laríngea o traqueal por cuerpo extraño; asfixia posicional.
- b. Por compresión externa del cuello: Por ahorcadura; por estrangulación.
- c. Por aspiración de líquidos hacia el aparato respiratorio: Asfixia por sumersión; asfixia por aspiración inspiratoria.
- d. Por alteración biomecánica músculo respiratoria: Compresión toracoabdominal; colgamiento por los antebrazos.

- Asfixias gaseosas: Intoxicación por monóxido de carbono. Intoxicación por cianuros. Asfixia por confinamiento (15).

3.23. Incidencia de asfixias en la ciudad de Arequipa

En el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses “Dr. Leónidas Avendaño Ureta” de la División Médico Legal III de Arequipa, en el año 2023 se realizó un total de Ochocientos sesenta y seis (866) Necropsias de ley para investigar las causa básica de muerte, de ese total seleccionamos los casos de asfixias, dejando de lado las asfixias clínicas que en su mayoría corresponden a enfermedades relacionadas a ventilación pulmonar insuficiente, considerando las asfixias mecánicas y asfixias gaseosas de interés para el presente trabajo, teniéndose un total de 153 fallecidos en los que se concluyó como causa de muerte Asfixias, encontrándose de este total 23 casos de Asfixia por sumersión.

En el año 2024, se realizó un total de 783 necropsias de ley para investigar la causa básica de muerte, teniéndose un total de 107 fallecidos en los que se concluyó como causa de muerte Asfixias, encontrándose de este total 30 casos de Asfixia por sumersión.

4. REVISIÓN DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

4.1. INTERNACIONALES

Casamatta DA y Verb RG en el año 2000 (25), en el estudio **“Algal colonization of submerged carcasses in a mid-order woodland stream”**. Describen que uno de los objetivos principales de la patología forense es la determinación del momento de la muerte. En los sistemas acuáticos, un método para hacerlo es analizar la colonización de un cadáver por algas. Las comunidades de algas suelen seguir un patrón de colonización en serie, por lo que los taxones presentes en un momento dado pueden proporcionar pistas sobre el tiempo de inmersión post mortem. Este estudio se realizó para examinar la colonización de algas en cadáveres de ratas en un arroyo de bosque de orden medio. Se estudiaron dos hábitats: Un estanque de bajo caudal y un rápido de alto caudal, y se retiraron las ratas de cada sitio cada 3 a 6 días durante 31 días. Como resultado se obtuvo que la diversidad de taxones colonizadores aumentó en ambos sitios a medida que avanzaba el estudio y, después de 17 días, estaban presentes taxones similares (Índice de similitud de Sorensen $>60\%$) en cada sitio. Algunos taxones, como los desmidos (Chlorophyta), tendieron a aumentar en diversidad a lo largo del estudio, lo que los convierte en posibles indicadores del tiempo de inmersión. Las diatomeas fueron los taxones más abundantes encontrados en cada sitio y representaron 63 de los 92 taxones totales identificados. Debido a su presencia ubicua en casi todos los arroyos, sugerimos que las diatomeas pueden ser los organismos clave para el estudio de la inmersión post mortem en sistemas lóticos.

James N. Haefner y John R. Wallace en el año 2004 (26), en el estudio **“Pig decomposition in lotic aquatic systems: the potential use of algal growth in establishing a postmortem submersion interval (PMSI)”**. Se realizó para examinar la descomposición de los cerdos en arroyos y desarrollar un enfoque más cuantitativo para estimar un PMSI. Para esto se utilizaron cerdos y las baldosas de cerámica los cuales se sumergieron por completo y se muestrearon regularmente para el crecimiento del perifiton. Se identificaron cinco etapas de descomposición para los cadáveres de cerdos sumergidos según las características físicas. Como resultados se obtuvo que las tasas de crecimiento fueron mayores en los cerdos en comparación con las baldosas, sin embargo, el microhábitat (pozas versus rápidos) no influyeron significativamente en el crecimiento de las algas. Además, hubo una fuerte correlación entre la tasa de crecimiento de las algas y el tiempo sobre cerdos y sustratos de baldosas. Como conclusión, el presente trabajo documenta por primera vez un estudio cuantitativo, técnica para determinar el tiempo que un cadáver ha estado sumergido en el agua. Además, se sugiere que las tasas de crecimiento

de algas pueden ser una herramienta cuantitativa útil indicador en investigaciones criminales que involucran cadáveres que están completamente sumergidos en hábitats fluviales.

Wang Y. et al. en el año 2022 (27), en el estudio titulado **“Estimating the Postmortem Interval of Carcasses in the Water Using the Carrion Insect, Brain Tissue RNA, Bacterial Biofilm, and Algae”**. Este estudio tuvo como objetivo explorar una forma efectiva de estimar el PMI de un cadáver en el agua. Se estudiaron insectos carroñeros, ARN del tejido cerebral, biopelícula bacteriana en la superficie de la piel y algas en agua con PMI utilizando 45 cadáveres de ratas en un pequeño río. Los resultados mostraron que los insectos carroñeros podrían no ser adecuados para la estimación del PMI de un cadáver en el agua, ya que no tienen un patrón de sucesión regular como un cadáver en tierra, y las moscas solo colonizaron seis de los cadáveres. Los genes diana (β -actina, GAPDH y 18S) en el tejido cerebral se asociaron con el PMI de manera dependiente del tiempo dentro de una semana después de la muerte. Un análisis de secuenciación de tercera generación mostró que las bacterias en la superficie de la piel del cadáver y las algas en las muestras de agua alrededor del cadáver tenían un patrón de sucesión regular, donde *Cryptomonas* y *Placoneis* se incubaron y decrecieron, respectivamente, dentro de los primeros 9 días. Los resultados de este estudio proporcionan una forma prometedora de utilizar el ARN del tejido cerebral, la biopelícula bacteriana y las algas para estimar el intervalo post mortem de un cadáver en el agua.

Lang J. et al. en el año 2015 (28), en el estudio **“Microbial Biofilm Community Variation in Flowing Habitats: Potential Utility as Bioindicators of Postmortem Submersion Intervals”**. Se buscó comparar el desarrollo de comunidades epinecroticas y epilíticas en dos pequeños arroyos utilizando un análisis automatizado de espaciadores intergénicos ribosomales bacterianos. Las comunidades epinecroticas fueron significativamente diferentes de las comunidades epilíticas a pesar de que los factores ambientales asociados con cada ubicación del arroyo también tuvieron una influencia significativa en la estructura de la biopelícula. Todas las comunidades en ambas ubicaciones exhibieron una sucesión significativa, lo que sugiere que las comunidades cambiantes a lo largo del tiempo son una característica general de las comunidades de biopelículas de arroyos. Como conclusión se llegó a que las comunidades epinecroticas presentan cambios distintivos en la primera y segunda semanas y, por lo tanto, tienen potencial para ser utilizadas en aplicaciones forenses mediante la asociación de los cambios que se presentan con el tiempo de inmersión para estimar un intervalo de inmersión post mortem.

Wallace JR. et al. en el año 2021 (29), en el estudio titulado **“Microbial community succession on submerged vertebrate carcasses in a tidal river habitat: Implications for aquatic forensic investigations”**. En este estudio, se examinó los cambios bacterianos a lo largo del proceso de descomposición en cadáveres porcinos sumergidos en un río influenciado por mareas e identificamos predictores de la sucesión de la comunidad epinecrotica. Los cadáveres fetales porcinos se sumergieron con muestras epinecroticas recolectadas cada 3 días (6 recolecciones) durante un período de 19 días. La secuenciación de amplicones se realizó utilizando la plataforma Illumina MiSeq para identificar cambios en la abundancia y diversidad relativa bacteriana. Para hacer coincidir la sucesión bacteriana con la tafonomía aproximada, los cadáveres se evaluaron visualmente en cada punto de tiempo de muestreo para determinar la etapa de descomposición. Como resultado se obtuvo que las tres familias más abundantes fueron: Moraxellaceae, Burkholderiaceae (Proteobacteria) y Clostridiaceae (Firmicutes), aunque la composición de las comunidades varió significativamente en las etapas de descomposición. Este estudio proporcionó un modelo útil que podría usarse para estimar un intervalo post mortem de sumersión en este sistema fluvial utilizando la sucesión de la comunidad bacteriana y, por lo tanto, mejorar potencialmente la precisión de dichas estimaciones para su uso en los tribunales de justicia.

Doberentz Elke y Madea Burkhard en el año 2010 (30), en el estudio **“Estimating the time of immersion of bodies found in water - an evaluation of a common method to estimate the minimum time interval of immersion”**. En el estudio se tuvo por objetivo evaluar la validez y fiabilidad de la tabla de Reh para la estimación del tiempo de inmersión, desarrollada hace 40 años. Para ello, evaluaron retrospectivamente los protocolos de autopsia de 73 cadáveres de los años 1993 a 2007, recuperados principalmente del río Rin u otras aguas corrientes y algunos lagos. En todos los casos se conocía con exactitud el intervalo de tiempo desde que las personas habían estado desaparecidas. Como resultado se obtuvo que, comparando las temperaturas medias mensuales del agua usadas en la tabla, durante los 40 últimos años, las temperaturas reales del agua han aumentado. En particular, en verano, sólo pueden preverse resultados fiables cuando la temperatura real del agua sea similar a las temperaturas indicadas en la tabla. Sobre todo, para las temperaturas más altas, cuando se usa la tabla, cabe subestimar el intervalo de tiempo de inmersión porque se pasan por alto las observaciones sistemáticas sobre la progresión de la putrefacción correlacionada con la mayor temperatura del agua. En conclusión, es preciso adaptar la tabla al aumento de las temperaturas del agua.

4.2. NACIONALES – LOCALES

Puicano Ramos, Estefanía (10), en su estudio “**Determinación Taxonómica de Algas y parámetros fisicoquímicos del Río Chili, en las zonas de Chilina, Tingo y Uchumayo en los meses de octubre del 2013 - abril del 2014 - Arequipa**”. El objetivo del estudio fue determinar taxonómicamente las algas y medir algunos parámetros fisicoquímicos en el Río Chili, siendo nuestras zonas de estudio Chilina, Tingo y Uchumayo, ubicadas a lo largo del cauce del río Chili. Método: La determinación de los parámetros fisicoquímicos se realizó in situ, como también se tomaron muestras de agua para su análisis en Servilab. Resultado: Se logró determinar un total de 148 especies, distribuyéndose en las siguientes divisiones; *Bacillariophyta* (94 especies); *Chlorophyta* (35 especies); *Cyanophyta* (14 especies); *Dynophyta* (3 especies); *Chrysophyta* (1 especie) y *Xanthophyta* (1 especie). Conclusión: Comparando las tres zonas de estudio se determinó que; para la zona de Chilina se reporta 108 especies, siendo esta zona la que presenta mayor riqueza, seguida por la zona de Tingo en la cual se determinó 94 especies y para la zona de Uchumayo se determinó 61 especies, siendo esta zona la que presenta menor riqueza.

Vega Gonzales, Patricia Alejandra (11), en su estudio “**Diversidad del Perifiton en tres zonas del Río Chili (Provincia de Arequipa, Región Arequipa) durante el Periodo Setiembre - Diciembre del 2021**”. El objetivo del estudio fue determinar la diversidad de microalgas del perifiton epilítico en tres zonas del río Chili (Arequipa) durante el periodo setiembre - diciembre del 2021. Método: Se hicieron muestreos mensuales de setiembre a diciembre del año 2021 (Época de Estiaje), en el que se midieron parámetros fisicoquímicos de pH y temperatura en campo, y los parámetros de DBO5 y alcalinidad fueron analizados en laboratorios privados. Las muestras biológicas se extrajeron solo de sustrato rocoso y para la identificación se utilizó un microscopio compuesto y bibliografía especializada. Resultados: Mostraron que la diversidad del perifiton epilítico estaba conformada por 3 divisiones, 8 clases, 22 órdenes, 31 familias y 64 especies; de las cuales 13 especies no han sido reportadas para la región Arequipa. Conclusiones: En cuanto a la abundancia relativa el filo con mayor representación fue *Ochrophyta* (Clase *Bacillariophyceae*) con un 87%, 74% y 78% para las estaciones de Chilina, Tingo y Tiabaya respectivamente, dentro del cual estaba *Nitzschia*, el género con mayor cantidad de especies.

5. HIPÓTESIS

Hipótesis nula:

No existe asociación entre el aumento del espesor de algas adheridas a la piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente con el tiempo de sumersión.

Hipótesis alterna:

Si existe asociación entre el aumento del espesor de algas adheridas a la piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente con el tiempo de sumersión.





1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

1.1. Técnicas

Observación directa.

1.2. Instrumentos

Ficha de Observación.

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ubicación espacial

- El estudio se realizó en el cauce del río Chili a la altura del Puente Bolívar (Puente de Fierro) ubicado en el distrito de Arequipa.

2.2. Ubicación temporal

- El estudio se desarrolló en el periodo comprendido entre enero y febrero del 2025.

2.3. Unidades de estudio

- Piel de cobayo en recipiente de protección metálico tipo jaula.

2.4. Criterios de inclusión

- Piel de cobayo sumergida en agua corriente con protección metálica.

2.5. Criterios de exclusión

- Zonas de piel de cobayo expuestas al aire corriente.

- Zonas de piel con acción de fauna (peces, camarones, otros) cadavérica.

3. ESTRATEGIA DE RECOLECCION DE DATOS

3.1. Organización

- Se envió proyecto a la facultad de Medicina Humana de la Universidad Católica de Santa María para las correcciones e indicaciones respectivas.
- Se eligió el lugar donde se llevó a cabo el presente trabajo de investigación.
- Se procesó y analizó la información obtenida en una Ficha de Recolección de Datos para su análisis respectivo.

- Se elaboró el borrador de la Tesis y se presentó a la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Católica de Santa María.

3.2 Recursos

3.2.1 Humanos

- Investigador.
- Asesor.

3.2.2 Materiales

Para el presente trabajo de investigación se requirió:

- Elección de cauce de agua corriente: Rio Chili que pertenece a la cuenca hidrográfica de Arequipa.
- Trozo de piel de cobayo.
- Recipiente de protección metálico tipo jaula (para evitar antropofagia cadavérica. Ej. roedores).
- Patrón métrico milimétrico.
- Ficha de Recolección de Datos.
- Cámara fotográfica.

3.2.3 Financieros

- Autofinanciado.

3.3. Criterios para el manejo de los resultados

A nivel de la recolección:

- Medición periódica del crecimiento de algas en milímetros sobre la superficie cutánea.

A nivel de la sistematización:

- Los datos obtenidos serán registrados en la Ficha de Recolección de Datos.

A nivel de estudio de datos:

- Se procedió con la obtención del avance del crecimiento de algas sobre la superficie cutánea en días.
- Se interpretó cuantitativa y cualitativamente estos resultados.
- Se elaboraron las conclusiones y recomendaciones correspondientes.



**CAPÍTULO III
RESULTADOS**

1. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

TABLA 1

TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 1.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
1 día	Sin variación

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa en la Tabla 1, que en el primer día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) no se presentaron cambios macroscópicos respecto a adherencia de algas.

FIGURA 1



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el primer día de estudio.

TABLA 2

TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 3.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
3 días	3 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa en la Tabla 2, que en el tercer día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) se tiene un espesor de algas que corresponde a 3 mm.

FIGURA 2



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el tercer día de estudio.

TABLA 3

TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 5.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
5 días	5 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa en la Tabla 3, que en el quinto día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) se tiene un espesor de algas que corresponde a 5 mm.

FIGURA 3



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el quinto día de estudio.

TABLA 4

TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 7.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
7 días	7 mm

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa en la Tabla 4, que en el séptimo día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) se tiene un espesor de algas que corresponde a 7 mm.

FIGURA 4



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el séptimo día de estudio.

TABLA 5

TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 10.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
10 días	10 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa en la Tabla 5, que en el décimo día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) se tiene un espesor de algas que corresponde a 10 mm.

FIGURA 5



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el décimo día de estudio.

TABLA 6

TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 14.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
14 días	14 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa en la Tabla 6, que en el décimo cuarto día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) se tiene un espesor de algas que corresponde a 14 mm.

FIGURA 6



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el décimo cuarto día de estudio.

TABLA 7

TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 21.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
21 días	21 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa en la Tabla 7, que en el vigésimo primer día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) se tiene un espesor de algas que corresponde a 21 mm.

FIGURA 7



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el vigésimo primer día de estudio.

TABLA 8

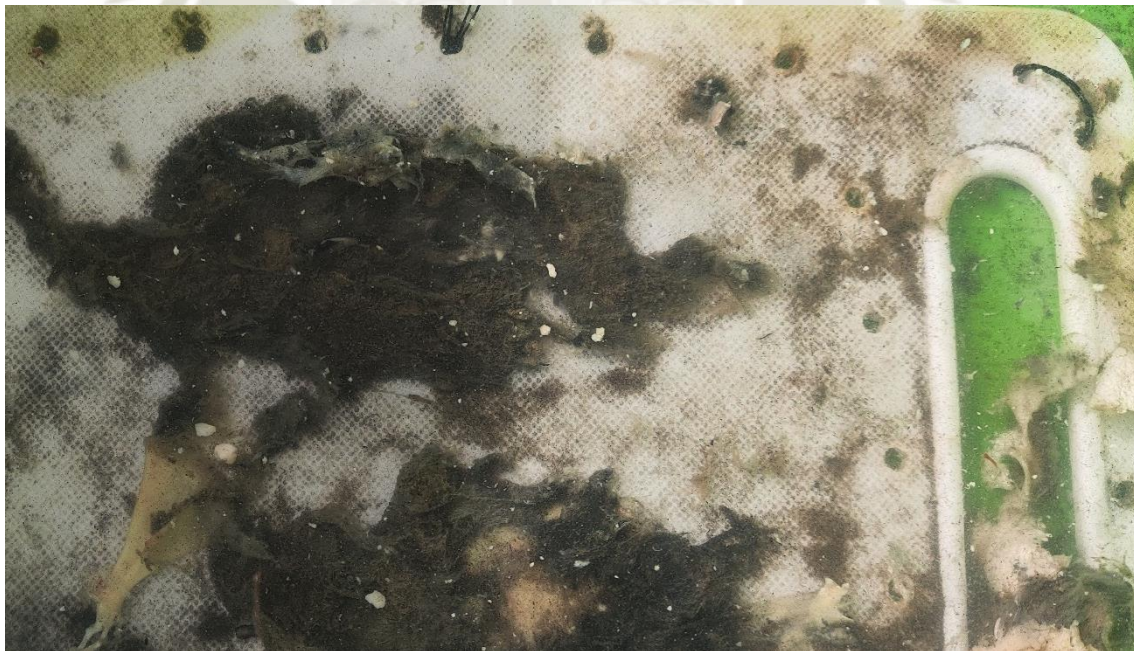
TIEMPO DE SUMERSION EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA SUPERFICIE CUTÁNEA EN EL DIA 28.

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS (mm.)
28 días	28 mm.

Fuente: Elaboración propia.

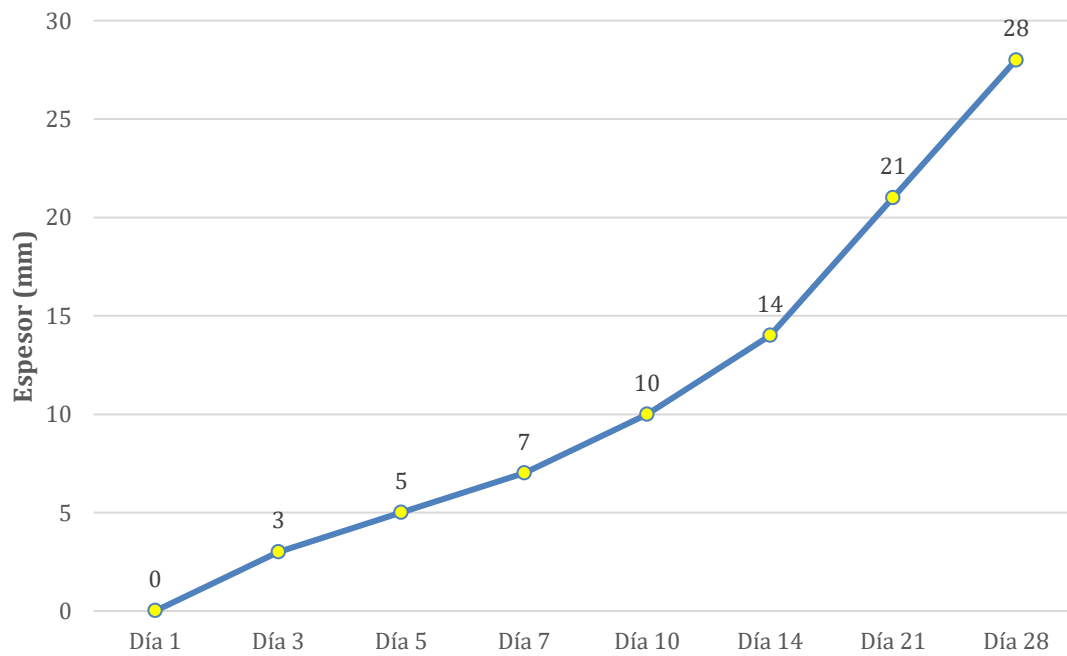
Interpretación: Se observa en la Tabla 8, que en el vigésimo octavo día de sumersión en la muestra (piel de cobayo) se tiene un espesor de algas que corresponde a 28 mm.

FIGURA 8



Crecimiento del espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo en el vigésimo octavo día de estudio.

GRÁFICO 1



VARIACIÓN DEL ESPESOR DE ALGAS ADHERIDAS A LA PIEL DE COBAYO SUMERGIDO EN CAUCES DE AGUA CORRIENTE SEGÚN TIEMPO DE SUMERSIÓN.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como propósito estimar el tiempo de sumersión en piel de cobayo en cauces de agua corriente mediante el aumento del espesor de algas adheridas a la superficie cutánea en la ciudad de Arequipa en los meses de enero y febrero del 2025. Así como identificar el momento de aparición de las algas sobre la piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente y determinar la proporción entre el aumento del espesor de algas sobre la piel cobayo sumergidos con el tiempo de sumersión.

Tal como fue publicado por Simonin (4), en su libro Medicina Legal Judicial: “La cabeza del ahogado y las regiones no protegidas aparecen a veces cubiertas de una capa grisácea muy adherente a la piel, que no hay que confundir con el cieno: se trata de una abundante vegetación de algas”. Como resultado del presente estudio de investigación médica en piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente, se encontró adherencia de algas a la superficie cutánea en estudio, por lo tanto, esta adherencia de algas por su aumento en espesor continuo a lo largo de los días se convierte en un parámetro útil de estimación del tanatocronodiagnóstico.

Del mismo modo Casas Sánchez (23), en su texto “Manual de Medicina Legal y Forense” sobre las muertes por sumersión consigna: “Lo mismo cabe decir sobre la existencia de algas que comienza a formarse a la semana aproximadamente”; no alcanzando el autor a dar a conocer específicamente sobre la aparición, crecimiento y desarrollo de algas sobre la superficie cutánea en este tipo de fallecidos, en tanto que el presente trabajo de investigación si nos proporciona características en cuanto al aumento en espesor de algas adheridas en la piel de fallecidos en sumersión; lo que contribuye a la Medicina Forense por aportar un parámetro útil y de fácil manejo en el momento de determinar la data de muerte en el levantamiento de cadáver y la necropsia de ley.

Casamatta DA y Verb RG (25), en su estudio de colonización de algas en cadáveres, encontró que en fuentes con bajo y con rápido caudal, hay también un incremento progresivo, aunque en su estudio valoraron la presencia de distintos taxones. Si bien en nuestro estudio no realizamos una diferenciación de los distintos tipos biológicos, es claro que incrementan y varían con los días, estabilizándose como mencionan estos autores para el día 17, pero sí demostramos que existe un aumento en el espesor de la capa de algas. Probablemente se explica por la acción conjunta de diferentes especies que construyen un hábitat sobre la superficie cutánea de cadáveres sumergidos que muestra un aumento en el espesor en forma continua.

Haefner JN. y Wallace JR. (26), en su estudio compararon el crecimiento de algas en piel de cerdos y baldosas de cerámica encontrándose que las tasas de crecimiento fueron mayores en la piel de cerdo en comparación con las baldosas de cerámica. Esta conclusión nos da a conocer la utilidad del crecimiento de algas con fines de investigación criminal. Aunque en el presente estudio de investigación no se tuvo como objetivo comparar el aumento en espesor de algas sobre distintas superficies, se observó al igual que Haefner y Wallace que el aumento en el espesor de algas nos puede ser útil para la determinación de la data de muerte con fines de investigación criminal.

Otros estudios relacionados a la determinación de la data de muerte que los investigadores llevan a cabo en la actualidad, están relacionados a trabajos de investigación con insectos y bacterias como lo publican Lang JM. y Wallace JR., con los cuales se trata de establecer la data de muerte para la resolución de estos casos de interés médico legal.

En la tabla 1 que corresponde al primer día en sumersión no se encontró cambios macroscópicos en cuanto al aumento en espesor de algas sobre la superficie cutánea estudiada. A partir del tercer día (Tabla 3) se encontró adherencia y aumento del espesor de algas cuyo aumento fue de un milímetro por día hasta el día 28 (último día establecido en el presente trabajo de investigación), en el cual el aumento en espesor fue de 28 mm. El aumento en espesor fue sostenido y muestra una tendencia lineal, con un ritmo aproximado de un mm por día, como se muestra en el Gráfico 1.

Estos resultados nos permiten inferir que existe aumento en el crecimiento de algas en tejidos orgánicos (piel de cadáveres en sumersión) por lo que nos sirve como aporte valioso para estimar el tiempo de muerte en este tipo de cadáveres.

Finalmente, podemos comentar que con el presente estudio de investigación se pueda iniciar con una serie de estudios médicos relacionados a fallecidos por asfixias mecánicas por sumersión y se contribuya así a mejorar la estimación del tiempo de muerte de gran importancia desde el punto de vista médico y legal, que aun en la actualidad resulta imprecisa.

CONCLUSIONES

PRIMERA

En piel de cobayo sumergida en cauces de agua corriente la aparición de algas sobre la superficie cutánea se dió a partir del tercer día.

SEGUNDA

Se encontró aumento en el espesor de algas adheridas sobre la piel de cobayo de un milímetro por día desde el tercer día hasta el vigésimo octavo día.

TERCERA

Se observó proporción lineal entre el tiempo de sumersión con el aumento de espesor de algas adheridas a la piel de cobayo sumergido en cauces de agua corriente, con una tendencia lineal de 1mm por día.

RECOMENDACIONES

PRIMERA

Se sugiere al Instituto de Medicina Legal continuar con trabajos de investigación relacionados al aumento de algas adheridas a la superficie cutánea para la estimación del tiempo de muerte en cadáveres sumergidos en cauces de agua corriente, ya que parece ser una herramienta valiosa en los estudios forenses de determinación del tiempo de muerte en este tipo de cadáveres.

SEGUNDA

Se recomienda a la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Santa María realizar estudios posteriores similares teniendo en cuenta los periodos estacionales de nuestra localidad. Así como también se tenga en cuenta otros afluentes de aguas corrientes como: Canales de regadío, acequias, etc.

TERCERA

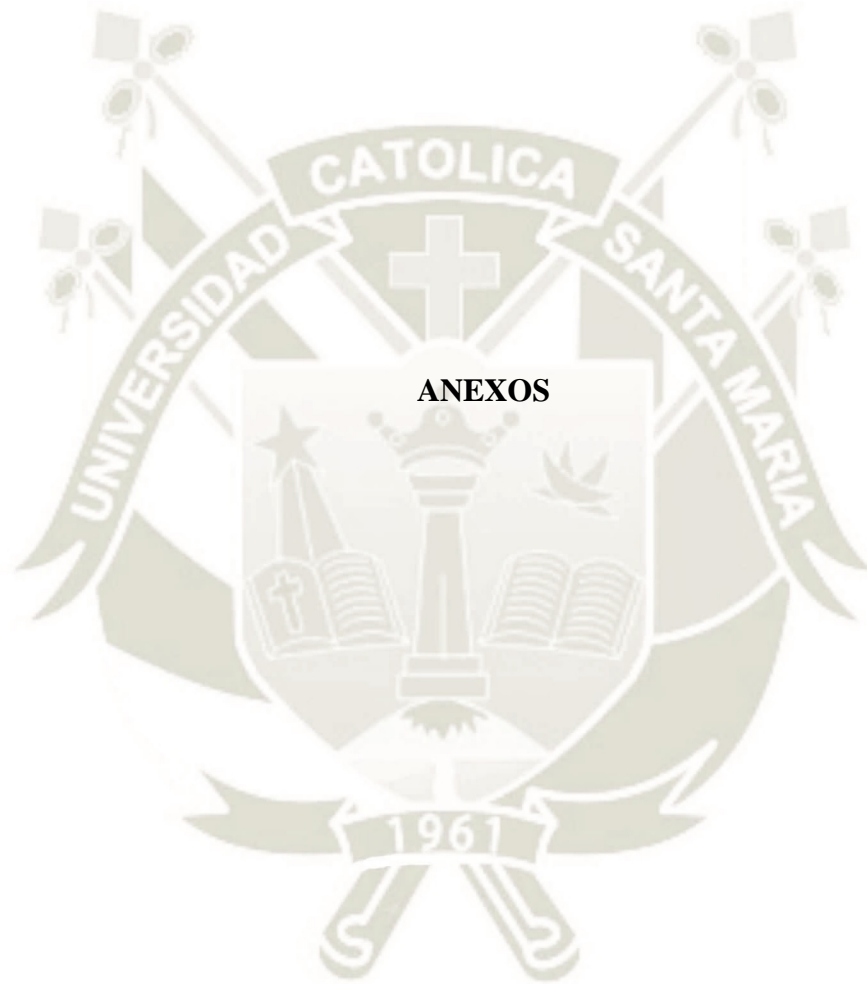
A los profesionales de la salud se les sugiere continuar con este estudio que resulta ser de fácil aplicación y de bajo costo, y su utilidad resulta ser importante para un investigador forense.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carpio, J.; Quispe, B.; Peña, F. & Sulca, P. Hidrogeología de la cuenca del río Quilca - Vitor - Chili. INGEMMET, Boletín, Serie H: Hidrogeología. 2022; 15, 11-21 p. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3885>.
2. Ministerio Público Fiscalía de la Nación. Cartilla de llenado de la diligencia especial del levantamiento de cadáver y/o restos humanos (Resolución N.º 00128-2007-MP-FN). Lima; 2007.
3. Raúl Diago Gómez. Revisión bibliográfica: Data de la muerte; tanatoquímica. 2015. Available from: <https://zaguan.unizar.es/record/47993/files/TAZ-TFG-2015-839.pdf>.
4. C. Simonin. Medicina Legal Judicial. 2a. Ed., 1ra. reimpr. Jims. Barcelona; 1966; p. 225 - 241.
5. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Conociendo Arequipa. Lima, 2000. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0379/Libro.pdf.
6. Viceministerio de gobernanza territorial. Información Territorial del Departamento Arequipa. 2017. Available from: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1870459/Arequipa_Informacio%CC%81n%20Territorial%20Completo.pdf.pdf.
7. Sheedlo HJ. USMLE Road Map para Histología. 1st ed. McGraw-Hill Interamericana S.A.; 2007. p. 121 – 131.
8. Saavedra J, Domínguez A, eds. Sistema tegumentario. En: Texto atlas de histología. Biología celular y tisular. 2nd ed. McGraw-Hill Education; 2014. p. 349 - 364.
9. Mansilla A, Alveal K. Generalidades sobre las macroalgas. En: Biología marina y oceanografía: Conceptos y procesos. Vol. 1. Gobierno de Chile; 2004.
10. Puicano Ramos Estefania. Determinación taxonómica de algas y parámetros fisicoquímicos del río Chili, en las zonas de Chilina, Tingo y Uchumayo en los meses de octubre del 2013 - abril del 2014, Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2015. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/434>.
11. Vega Gonzales Patricia. Diversidad del perifiton en tres zonas del río Chili (provincia de Arequipa, región Arequipa) durante el periodo setiembre – diciembre del 2021. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2022. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14640>.

12. Ministerio Público – Fiscalía de la Nación. Texto integrado del reglamento de organización y funciones con enfoque de gestión por resultados. 2020. Available from: <https://portal.mpfm.gob.pe/descargas/transparencia/2021/2021011420461933e75ff09dd601bbe69f351039152189.pdf>.
13. Ministerio Público – Fiscalía de la Nación. Manual de operaciones (MOP) de la Unidad Ejecutora 010: Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (IML). 2019. Available from: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1729763-3>.
14. Carrera Palao R. Medicina legal. 1st ed. A.F.A. Editores Importadores S.A.; 2004. p. 78 - 156.
15. Basile AA, Waisman D. Fundamentos de medicina legal. El Ateneo; 1991. p. 1 – 7.
16. Teke Schlicht A. Medicina legal y criminalística. 2nd ed. Ciudad: Editorial Metropolitana; 2010. p. 15 – 26.
17. Ministerio de salud. Ley N° 26842 - Ley General de Salud. 1997. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/256661-26842>.
18. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. Código Procesal Penal, Decreto Legislativo N° 957. Diario Oficial El Peruano. 2004. Available from: <https://diariooficial.elperuano.pe/Normas/obtenerDocumento?idNorma=70003>
19. Ministerio Público – Fiscalía de la Nación. Código de Procedimientos Penales de Perú, Ley N° 9024. 2014. Available from: <https://www.corteidh.or.cr/tablas/11804.pdf>.
20. Gisbert Calabuig M, Villanueva Cañadas R. Medicina legal y toxicología. 8th ed. Barcelona: Elsevier España; 2024. p. 191 - 208.
21. Vargas Alvarado E. Medicina legal. 2nd ed. Ciudad de México: Editorial Trillas; 1999. p. 117 - 129.
22. Achaval A. Manual de medicina legal. Buenos Aires: LexisNexis Argentina; 2006. p. 425 - 476.
23. Casas Sánchez JD, Rodríguez Albarrán MS. Manual de medicina legal y forense. Madrid: Editorial Colex; 2000.
24. Ministerio de Salud. Guía técnica para el correcto llenado del certificado de defunción. 2018. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/279679-guia-tecnica-para-el-correcto-llenado-del-certificado-de-defuncion>.
25. Casamatta, D., and Verb, R. Algal Colonization of Submerged Carcasses in a Mid-Order Woodland Stream. J. Forensic Sci. 2000; 45(6): 1280–1285. Available from: <https://doi.org/10.1520/JFS14880J>.

26. Haefner, J., Wallace, J., and Merritt, R. Pig Decomposition in Lotic Aquatic Systems: The Potential Use of Algal Growth in Establishing a Postmortem Submersion Interval (PMSI). *J. Forensic Sci.* 2004; 49(2): 1–7. Available from: <https://doi.org/10.1520/JFS2003283>.
27. Wang Y, Wang M, Xu W, Wang Y, Zhang Y, Wang J. Estimating the Postmortem Interval of Carcasses in the Water Using the Carrion Insect, Brain Tissue RNA, Bacterial Biofilm, and Algae. *Frontiers in Microbiology.* 2022; 12, 774276. Available from: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.774276>.
28. Lang J, Erb R, Pechal J, Wallace J, McEwan R, Benbow M. Microbial Biofilm Community Variation in Flowing Habitats: Potential Utility as Bioindicators of Postmortem Submersion Intervals. *Microorganisms.* 2016; 4(1):1. Available from: <https://doi.org/10.3390/microorganisms4010001>.
29. Wallace JR, Receveur JP, Hutchinson PH, Kaszubinski SF, Wallace HE, Benbow ME. Microbial community succession on submerged vertebrate carcasses in a tidal river habitat: Implications for aquatic forensic investigations. *Journal of Forensic Sciences.* 2021; 66(6), 2307-2318. Available from: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14869>.
30. Doberentz E, Madea B. Estimating the time of immersion of bodies found in water - an evaluation of a common method to estimate the minimum time interval of immersion. *Revista Española de Medicina Legal.* 2010; 36(2), 51-61. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0377-4732\(10\)70045-6](https://doi.org/10.1016/S0377-4732(10)70045-6).



ANEXO 1

Ficha de Trabajo para recolección de datos:

TIEMPO (días)	CRECIMIENTO DE ALGAS SOBRE LA SUPERFICIE CUTÁNEA (mm.)
1 día	
3 días	
5 días	
7 días	
10 días	
14 días	
21 días	
28 días	

ANEXO 2

Preparación de material de estudio.



Selección del cauce del río donde se colocará el trabajo de investigación.



ANEXO 3



POLICIA NACIONAL DEL PERU
REGION POLICIAL -DIVINCRI
OFICINA DE CRIMINALÍSTICA
ÁREA DE BIOLOGÍA FORENSE

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA

Arequipa, 11 de marzo del 2025.

Muestra:

Un frasco de plástico de 50 ml, con tapa rosca, conteniendo una muestra de masa algal, que corresponde a un alga verde filamentosas, en solución fijadora (formol al 10%), observado dicho espécimen al microscopio (400X y 1000X), se observa que dichos filamentos están formados por una sola hilera de células cilíndricas grandes, con ramificaciones regulares, más largas que anchas. El diámetro de las células es de alrededor de 40-50 μm , formado por células son plurinucleadas. Casi todo el interior celular está ocupado por un gran cloroplasto verde. Los filamentos pueden ser bastante largos y pueden formar esteras o penachos densos que van de color verde hasta un color pardusco, por las características antes descritas estas corresponden a un alga verde filamentosas de aguas continentales muy común en lagos, y estanques que pertenece a la División Clorófitas, Clase Ulvoficeas, Orden Cladoforales, Familia Cladoforacea, Género *Cladophora* y Especie ***Cladophora glomerata***.

Han sido además reconocidas muchas especies de diatomeas y algas filamentosas, entre las que podemos mencionar como las más abundantes a los géneros ***Lyngbia*** (alga verde azul), ***Bidulphia*** (Bacilariofitas).

PERITO BIÓLOGO FORENSE, JEFE DEL ÁREA DE BIOLOGÍA FORENSE, DE LA OFICINA DE CRIMINALÍSTICA DE LA DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN CRIMINAL, DE LA REGION POLICIAL DE AREQUIPA DE LA POLICIA NACIONAL DEL PERÚ.




300617
Juan Edison SANTOS LOVATÓN
COMANDANTE S. PNP
PERITO BIÓLOGO FORENSE
CBP. N° 3027
JEFE DEL ÁREA DE BIOLOGÍA FORENSE

OFICINA DE CRIMINALÍSTICA

Av. Goyeneche 317. Cercado. Arequipa. Teléfono: 054-222285 e-mail:unicriarequipa@hotmail.com