

Quiero agradecer a mis papás Claudia y Gabriel, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo este tiempo. A mi gran amiga Sol, por estar siempre en cada situación que se presentó a lo largo de este camino. A mi novio Mauro, mi gran pilar desde el primer día de cursada.

También, quiero dar especial mención y agradecimiento a todas las personas que hicieron posible este trabajo: a mi jefe CN (RE) Héctor Ángel Varela, quien muy gentilmente me puso en contacto con el jefe de la Base Naval Mar del Plata, para permitirme realizar la investigación en sus instalaciones; a la gente de la Base Naval Mar del Plata, Obras Sanitarias, Muelle de los Pescadores, Laguna La Brava, Laguna de los Padres y Alejandro, dueño del campo “La Morada”.

Por último, agradecerle a Juan Pablo, gran amigo y compañero fundamental en el desarrollo de este trabajo, haciendo que todo sea posible.

Dedicado a mi gran abuela Fanny.

ÍNDICE

RESUMEN. PALABRAS CLAVES.....	4
ABSTRACT. KEYWORDS	6
INTRODUCCIÓN.....	8
MARCO TEÓRICO.....	12
HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	19
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	21
ANÁLISIS DE DATOS	31
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
CONCLUSIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	55

RESUMEN. PALABRAS CLAVES

Existen ocasiones en las que el autor de un hecho delictivo, con el fin de enmascarar la verdadera causa de muerte, arroja el cuerpo en un medio acuoso. Esta acción trae como consecuencia, entre otras, la dificultad para poder estimar un intervalo post-mortem, debido a la escasa información que brindan los fenómenos cadavéricos.

Conociendo este problema, la investigación se basó en poder arribar a los objetivos planteados al inicio de la misma, siendo éstos: determinar un método que permita estimar el intervalo post-mortem y definir en qué tipo de agua el proceso de descomposición es más rápido; así como también, las principales características del desarrollo de la putrefacción en cada tipo de agua.

Es así que, una vez que los objetivos fueron delimitados, y para dar una respuesta al problema de investigación propuesto, se elaboraron dos hipótesis:

1. Puede establecerse un intervalo post-mortem en cadáveres hallados en un medio acuoso, cuando la causa de muerte no fuere por sumersión.
2. El proceso de descomposición es más rápido en agua dulce que en agua salada.

En cuanto a la metodología de trabajo implementada, la misma consistió en elegir tres zonas de agua dulce (dos lagunas y un arroyo) y tres zonas de la costa de Mar del Plata, lo que implicó contar con seis muestras de cabezas de cerdo para llevar a cabo la investigación. Las mismas fueron sumergidas durante el periodo de un mes y controladas una vez por semana.

Las características observadas y analizadas durante dicho periodo de sumersión permitieron corroborar la primera hipótesis y refutar la segunda.

Al finalizar la investigación, se pudo establecer las principales características del proceso de putrefacción en un medio acuoso, discriminando las mismas según el tipo de agua. Es por ello que, todo lo expuesto anteriormente, permitió conocer cuatro etapas fundamentales para poder estimar el intervalo post-mortem y así, dar respuesta al problema central de esta investigación.

Palabras claves: sumersión, descomposición, intervalo post-mortem

ABSTRACT. KEYWORDS

There are occasions in which the author of a criminal act, in order to hide the true cause of death, throws the body into the water. This action brings, among others consequences, the difficulty to estimate a post-mortem interval, due to the scarce information provided by cadaveric phenomena.

As evidence of this problem, the research was based on reaching the objectives set at the beginning of it, these are: determine a method that allows estimating the post-mortem interval and defining in what type of water the decomposition process is faster; as well as the main characteristics of the development of putrefaction in each type of water.

Thus, two hypotheses were developed to provide an answer to the proposed problem of the research, once the objectives were defined:

1. A post-mortem interval can be established for bodies found in an aqueous medium, when the cause of death was not submersion.
2. The decomposition process is faster in fresh water than salt water.

The methodology of work implemented, consisted of choosing three freshwater areas (two ponds and a creek) and three areas of the coast of Mar del Plata. The process includes having six samples of pigs' heads to carry out the research. These samples were submerged for a period of a month and checked once a week.

The characteristics observed and analyzed during this period of submersion allowed to corroborate the first hypothesis and refute the second.

At the end of the investigation, it was possible to establish the main characteristics of the putrefaction process in water, discriminating them according to the type of water.

Thus, the main characteristics of this essay enable to know four fundamental stages to estimate the post-mortem interval and therefore, respond to the central problem of this research.

Keywords: submersion, decomposition, post-mortem interval.

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Investigación tiene como finalidad estimar el intervalo post-mortem en cadáveres hallados en determinados medios acuosos, cuando la causa de muerte no fuere por sumersión.

La Criminalística es una ciencia auxiliar de la justicia, que aplica métodos y técnicas de investigación con el objetivo de determinar existencia de los delitos y sus posibles autores, así como también se encarga de recolectar la evidencia necesaria para esclarecer el mismo. Es por ello que se nutre de distintas disciplinas que hacen posible su correcto desarrollo.

Dentro de las principales ramas de la Criminalística, se encuentra la Medicina Legal, área donde se desarrolla la presente investigación. Dicha disciplina, tiene como finalidad ilustrar y dar respuesta a la Justicia acerca de los hechos médicos que se encuentren involucrados en cuestiones jurídicas. Una de las ramas más importantes de la Medicina Legal es la Tanatología, la cual enfoca su estudio, entre otras cosas, en el crono-tanato-diagnóstico. Este último significa poder determinar la hora o el tiempo, por lo menos aproximado, de producida la muerte. También se lo conoce como intervalo post-mortem (IPM).

Haciendo hincapié en este aspecto, cuando la muerte se produce por sumersión¹, es posible determinar un intervalo post-mortem aproximado, ya que se cuenta con signos clásicos de este tipo de muerte violenta, siendo éstos: hongo de espuma en nariz y boca, enfisema pulmonar, incremento del peso de los pulmones, pulmones crepitantes al tacto, cuerpos extraños en los bronquios, entre otros.

La problemática de esta investigación reside en la dificultad para establecer el IPM cuando la muerte no fuere por sumersión, ya que no es posible visualizar los signos anteriormente mencionados, así como también la escasa orientación que brindan los fenómenos cadavéricos respecto de la data de muerte, dado que se ven afectados por los distintos factores propios del medio acuoso.

Por todo lo anteriormente expresado, la importancia del presente Trabajo de Investigación reside en poder determinar los principales cambios que experimentan los cuerpos en un medio acuoso, para registrar las distintas características a tener en

¹Proceso de experimentar insuficiencia respiratoria por la sumersión o inmersión en un líquido.

cuenta a la hora de estimar el intervalo post-mortem. Para tal fin, se situaron durante el lapso de un mes seis cabezas de cerdos cercenadas en los distintos medios acuosos elegidos, los cuales están situados en espacios naturales, distinguiéndose entre agua dulce -lagunas y arroyo- y agua salada –mar-. Las mismas se encontraban sumergidas entre medio metro y un metro de profundidad aproximadamente, dentro de una red plástica, la cual oficiaba de soporte y de protección contra la fauna carroñera. Es importante mencionar que se utilizaron cabezas de cerdos porque los mismos presentan cierta similitud a nivel anatómico (tamaño similar de los órganos) y fisiológico con el ser humano.

La elección de los distintos tipos de agua implica la necesidad de analizar si los procesos de descomposición ocurren de la misma manera, ya sea en relación al tiempo que transcurre desde que se sumergen, como también la influencia de las características de cada tipo de agua sobre el cuerpo.

El desarrollo de este trabajo permitirá conocer la evolución aproximada del proceso de putrefacción un cuerpo en un medio acuoso, estableciendo así distintas etapas a tener en cuenta a la hora de estimar el IPM. Al mismo tiempo, se ampliará la bibliografía conocida hasta el momento, generando un aporte significativo en este campo de estudio. Cabe aclarar que la bibliografía consultada es de carácter internacional y corresponde, mayormente, a casos donde la muerte se produce por sumersión.

Problema de investigación

¿Es posible estimar el intervalo post-mortem de un cadáver hallado en un medio acuoso cuando la causa de muerte no fuera por sumersión? ¿Difieren las etapas de descomposición en agua dulce de agua salada?

Objetivos de investigación

Objetivos generales:

1. Estimar el intervalo post-mortem de un cadáver hallado en un medio acuoso cuando la causa de muerte no fuera por sumersión.
2. Establecer diferencias entre la descomposición en agua dulce versus agua salada.

Objetivos específicos:

1. Determinar un método fiable que permita estimar un intervalo post-mortem.
2. Definir en qué tipo de agua el proceso de descomposición es más rápido.

Preguntas relativas a los objetivos de la investigación

El objetivo general número uno se centra en estimar el intervalo post-mortem de un cadáver hallado en un medio acuoso cuando la causa de muerte no fuere por sumersión. La pregunta relativa a este objetivo sería:

- ¿Es posible estimar un intervalo post-mortem?

La pregunta relativa al objetivo específico número uno sería:

- ¿Es posible determinar un método efectivo para la estimación del intervalo post-mortem?

El objetivo general número dos se basa en establecer diferencias entre la descomposición en agua dulce versus agua salada. La pregunta relativa a este objetivo sería:

- ¿Se pueden establecer los motivos por los cuales existen estas diferencias?

La pregunta relativa al objetivo específico número dos sería:

¿Qué factores influyen en el proceso de descomposición en cada tipo de agua?

MARCO TEÓRICO

El Dr. Luis Rafael Moreno González define a la criminalística como: *“La disciplina que aplica fundamentalmente los conocimientos, métodos y técnicas de investigación de las ciencias naturales en el examen material sensible significativo relacionado con un presunto hecho delictuoso, con el fin de determinar, en auxilio de los órganos encargados de administrar justicia, su existencia, o bien reconstruirlo, o bien señalar y precisar la intervención de uno o varios sujetos en el mismo”*.

Dentro de las ramas de la Criminalística, se encuentra la Medicina Legal, siendo ésta una de las más importantes. Se entiende por Medicina Legal a la disciplina que utiliza la totalidad de las ciencias médicas para ilustrar y dar respuesta a la Justicia acerca de los hechos médicos que se encuentren involucrados en las cuestiones jurídicas. Abarca diversas ramas, algunas de ellas: Deontología Médica, Tanatología. Lesionología, Asfixiología, Toxicología, entre otras.

La Tanatología, rama de interés para esta investigación, enfoca su estudio en el tanato-diagnóstico, tanato-semiología, crono-tanato-diagnóstico, exhumación, etcétera. El crono-tanato-diagnóstico significa poder determinar la hora o el tiempo, por lo menos aproximado, de producida la muerte. También se lo conoce como intervalo post-mortem (IPM).

La sumersión es el proceso de experimentar insuficiencia respiratoria por la sumersión o inmersión en un líquido. Cuando la muerte es por sumersión, es posible determinar un intervalo post-mortem aproximado, ya que se cuenta con signos clásicos de este tipo de muerte violenta, siendo éstos: hongo de espuma en nariz y boca, enfisema pulmonar, incremento del peso de los pulmones, pulmones crepitantes al tacto, cuerpos extraños en los bronquios, entre otros, los cuales van acompañados de estudios histológicos, test de diatomeas y estudio de estroncio.

La principal problemática cuando se encuentra un cadáver en un medio acuoso y se comprueba que la muerte fue por causas distintas a la sumersión, reside en la escasa orientación que brindan los fenómenos cadavéricos respecto a la data de muerte, los cuales se ven afectados por distintos factores propios del medio acuoso. Por tal motivo, la experimentación se aboca en poder determinar los principales cambios que experimentan los cuerpos en un medio acuoso, para registrar las

distintas características a tener en cuenta a la hora de estimar el intervalo post-mortem.

Uno de los principales factores que influye en estos cambios es el tipo de agua. Se entiende por agua a la molécula formada por la combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O), líquida a temperatura ordinaria, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora, y verdosa en grandes masas. Es el componente más abundante de la superficie terrestre. Para esta investigación se tendrán en cuenta solamente dos tipos de agua, siendo éstos: agua dulce y agua salada. Sus principales características son:

- Agua dulce: según la RAE, *“agua de la superficie terrestre, y especialmente potable, por contraposición a la del mar”*. Los ecosistemas de agua dulce son esenciales para la supervivencia humana, ya que suministran la mayor parte de agua potable que consume la población. Sin embargo, ocupan un porcentaje muy reducido en la superficie terrestre, tan sólo el 0,0027% del total. El agua dulce se encuentra en ríos, lagos, lagunas y arroyos como también glaciares e icebergs. Tiene pH neutro, proviene de la precipitación de vapor de agua atmosférico y presenta una baja concentración de sales disueltas. Da hogar al, aproximadamente, 12% de animales conocidos, incluyendo el 40% de las especies de peces. También muchos insectos, anfibios y crustáceos se encuentran en este tipo de agua.

- Agua salada: también conocida como “agua de mar”, es la que conforma a los mares y océanos. Representa aproximadamente el 97% del agua del planeta que habitamos. Sus principales características que la diferencian del agua dulce son: la salinidad, la temperatura, la densidad y la proporción de gases.

- La salinidad media del agua se sitúa en torno al 3,5 % (35 g de sales por cada 1000 g de agua), se ve afectada por las condiciones meteorológicas y la presencia de ríos, con el consiguiente aporte de agua dulce. Presenta un vínculo muy estrecho con la densidad: a mayor salinidad, mayor densidad.

- En cuanto a las variaciones térmicas, las mismas se dan, sobre todo, en la zona superficial, puesto que derivan directamente de la insolación.
- Los principales gases que se encuentran disueltos en el agua marina son el nitrógeno, el oxígeno, y el dióxido de carbono. Este tipo de agua contiene, prácticamente, todos los minerales conocidos en la superficie terrestre, siendo los principales: cloruro de sodio (comúnmente conocido como sal) que es el más abundante, magnesio, azufre, calcio, potasio, entre otros. Por último, el agua salada cuenta con todo tipo de mamíferos marinos (ballenas, tiburones, focas, etcétera), una gran variedad de peces, así como también de organismos diminutos (plancton, corales, algas, entre otros).

Para el presente trabajo, se eligieron diferentes zonas de la Ciudad de Mar del Plata y sus alrededores, cumpliendo éstas con los requisitos de ser espacios naturales de agua dulce y agua salada. Los mismos presentan las siguientes características:

Mar Argentino: denominación genérica del mar que comprende las aguas epicontinentales e insulares de la República Argentina. Se trata de la plataforma de suave pendiente que se extiende desde la costa hasta los 200 metros de profundidad, aproximadamente. El mar que baña las costas de la Provincia de Buenos Aires es un mar templado. Como su temperatura puede alcanzar los 21 °C se lo denomina templado cálido. Presenta una salinidad de un 35%. El oleaje es moderado y las mareas aumentan su amplitud hacia el sur. En cuanto a las comunidades que viven en el Mar Argentino, se conocen tres grupos: el plancton, el necton y el bentos.

La comunidad de seres vivos que habita la columna de agua de mar y no tiene capacidad de movimiento independientemente de las corrientes marinas se llama *plancton* (conjunto de seres vivos, usualmente diminutos, que flotan en el seno de las aguas del mar). Por la naturaleza de sus componentes y modalidades de nutrición se distinguen el fitoplancton o plancton vegetal del zooplancton o plancton animal.

- *Fitoplancton*: constituido por algas microscópicas que presentan caparzones silíceas y en el protoplasma una gota de aceite que les permite flotar. Es el principio de la cadena alimenticia.

- *Fitoplancton*: constituido por microorganismos animales que tiene caparazones o esqueletos de estroncio o sílice. Es el segundo escalón dentro de las cadenas tróficas y se alimenta del fitoplancton.

El *necton* está formado por los animales generalmente medianos o grandes que están dotados de medios de locomoción que les permiten nadar libremente en el agua. Pertenecen a este grupo no solo los peces sino, además, las tortugas, los mamíferos marinos y los calamares, entre otros.

El gran grupo restante en las comunidades del mar es el *bentos*, conformado por organismos que se fijan al fondo marino y por los organismos móviles que viven sobre el mismo. Entre éstos destacan las estrellas de mar, erizos, esponjas, anémonas, cangrejos, grandes algas y algunos peces como los lenguados.

Laguna de los Padres: presenta una profundidad máxima de cinco metros, siendo el arroyo de los Padres su único afluente permanente. La flora del espejo de agua se caracteriza por la presencia de juncos, totoras y espadañas, así como de abundante vegetación acuática como la gambarrusa y la cola de zorro. También se encuentran plantas flotantes como las hepáticas, el helecho y la lenteja de agua.

La fauna de la zona es abundante y variada. Existen más de 120 especies de aves relacionadas con el ambiente acuático de la laguna entre las más frecuentes: macaes, gallaretas, garzas, cuervillos de cañada, cisnes de cuello negro, patos, gaviotas, biguá, junqueros, entre otras. En cuanto a los peces más comunes de la laguna, se destacan: pejerreyes, dientudos, mojarras, limpiafondos, tarariras y bagres. Por último, de los anfibios que se encuentran presentes, se pueden mencionar: ranitas del zarzal, ranas criollas, escuerzos y sapos.

Laguna La Brava: tiene 500 hectáreas con una profundidad entre tres y siete metros, de fondo arenoso. Se alimenta en forma permanente por caudales subterráneos que se almacenan y circulan. Sus principales afluentes son los ríos El Peligro y Tajamar. La salinidad del agua es menor a un gramo de sal por litro.

Su fauna se caracteriza por la presencia de pejerreyes, dientudos, bagres y mojarras. En cuanto a las aves que habitan el lugar se pueden mencionar el carpintero,

hornero, cabecita negra, benteveo, calandria, zorzal, perdiz, martineta, chingolo, chajá, gaviotas y biguá, entre las especies más conocidas.

Las lagunas son consideradas ambientes lénticos, entendiéndose por esto: cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr, ni fluir. Es necesario mencionar esta característica ya que plantea una diferencia de gran interés y valor con respecto al agua de mar, la cual presenta el movimiento propio de las olas, corrientes costeras y mareas.

Arroyo Vivoratá: presenta una extensión de 60 km, tiene un cauce de escasa pendiente y fondo arcilloso. Constituye uno de los principales aportes de agua dulce de la Laguna Mar Chiquita. En la zona elegida para el presente trabajo, la profundidad es de un metro aproximadamente. Como fauna más habitual, se encuentra la presencia de bagres, pejerreyes, lisas, mojarra y dientudos.

Finalizando la descripción de los tipos de agua, resta por detallar las características esenciales del cerdo, animal que se utiliza para el presente trabajo de investigación.

Los cerdos son mamíferos artiodáctilos², pertenecientes a la familia Suidos, género *Sus*. El cerdo doméstico descende del jabalí (*Sus Scrofa*). Tiene un cuerpo grueso, cabeza y orejas grandes, hocico estrecho y patas cortas. Se tiene conocimiento, que los cerdos presentan cierta similitud a nivel anatómico (tamaño similar de los órganos) y fisiológico con el ser humano, lo que hace posible su empleo en las distintas investigaciones, como también en diferentes aplicaciones médicas.

Es importante destacar, que el presente trabajo de investigación se desarrolla con cabezas cercenadas de cerdos, las cuales se convierten en una variable más a tener en cuenta, dado que hay mayor presencia de orificios corporales (boca, oídos y narinas) y menor masa muscular, respecto de un cuerpo completo.

Así mismo, la lesión a nivel del cuello producto de la mutilación adquiere importancia, la cual debe ser tenida en cuenta a la hora de analizar los cambios sufridos en el medio acuoso.

²Dicho de un mamífero: Del grupo de los ungulados, cuyas extremidades terminan en un número par de dedos, de los cuales apoyan en el suelo por lo menos dos, que son simétricos.

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

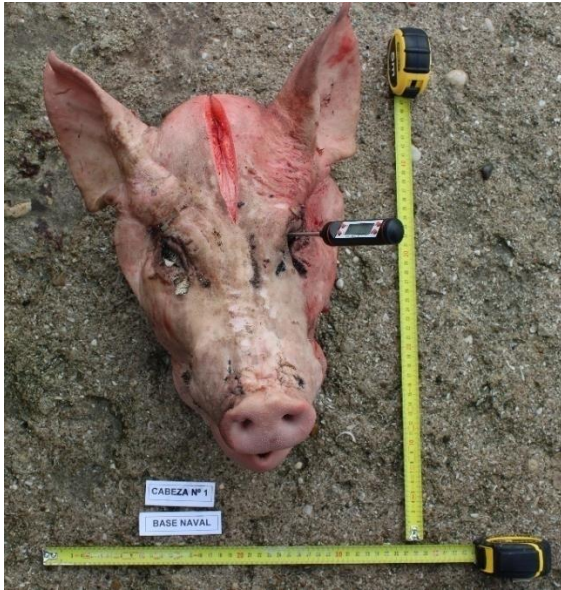
1. Puede establecerse un intervalo post-mortem en cadáveres hallados en un medio acuoso, cuando la causa de muerte no fuera por sumersión.
2. El proceso de descomposición es más rápido en agua dulce que en agua salada.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para comenzar la experimentación, se definieron los seis espacios naturales para llevar a cabo la misma, tratándose de tres zonas de agua salada, siendo éstas: Emisario Submarino (zona norte), Muelle de los Pescadores (zona centro) y Base Naval Mar del Plata (zona sur) de la ciudad de Mar del Plata, y tres zonas de agua dulce, tratándose de: Laguna De los Padres -ubicada en Mar del Plata-, Laguna La Brava, en el Partido de Balcarce, y el arroyo Vivoratá. Es importante mencionar que se tuvo acceso al arroyo Vivoratá desde un campo llamado "La Morada", ubicado en el Partido de Mar Chiquita y que la selección del mismo se basó en la imposibilidad de tener acceso a otro espacio natural de agua dulce en la ciudad de Mar del Plata o sus alrededores. Así mismo, se contempló a la hora de llevar a cabo la experimentación, la diferencia de caudal entre una laguna y un arroyo.

En base a las áreas seleccionadas y al orden elegido para dar inicio a la investigación, se nombraron a las cabezas de cerdos de la siguiente manera:

- *Cabeza n°1*, correspondiente a la cabeza que se colocó en la Base Naval Mar del Plata.
- *Cabeza n°2*, correspondiente a la cabeza que se colocó en el Muelle de los Pescadores.
- *Cabeza n°3*, correspondiente a la cabeza que se colocó en el Emisario Submarino.
- *Cabeza n°4*, correspondiente a la cabeza que se colocó en el campo "La Morada".
- *Cabeza n°5*, correspondiente a la cabeza que se colocó en la Laguna La Brava.
- *Cabeza n°6*, correspondiente a la cabeza que se colocó en la Laguna de los Padres.



Cabeza nº 1

Fuente: elaboración propia



Cabeza nº 2

Fuente: elaboración propia



Cabeza nº 4

Fuente: elaboración propia



Cabeza nº 3

Fuente: elaboración propia



Cabeza nº 5

Fuente: elaboración propia



Cabeza nº 6

Fuente: elaboración propia

Para la sumersión de las cabezas, se procedió a la confección de “bolsas” de red plásticas, las cuales oficiaron de soporte y protección de las cabezas de los cerdos. Las mismas fueron cerradas con precintos y sujetadas con cable de acero revestido en silicona. En el caso de la cabeza depositada en el Muelle de los Pescadores, debido a la altura del muelle y a la fuerza de la marea, la bolsa fue sujeta con cadena.



Cabeza dentro de la bolsa
Fuente: elaboración propia

Finalmente, se estableció que se realizarían cuatro controles (uno por semana) y un control preliminar al cuarto día de inicio, con el fin de contar con margen de corrección posible en caso de que el periodo de siete días elegido sea muy extenso, pudiendo así rectificar la situación. Es de suma importancia remarcar que la experimentación fue desarrollada durante los meses septiembre y octubre del año 2021. De esta forma, la secuencia de trabajo fue desarrollada de la siguiente manera:

- *Inicio de la investigación:* el día 11 de septiembre, se dio inicio a la experimentación, depositando las cabezas en el orden establecido y mencionado anteriormente. En todos los casos se tomó registro fotográfico de la hora de inicio, la temperatura ambiental, la temperatura del agua y de la cabeza del cerdo, así como también el peso de ésta.

- *Control preliminar:* el mismo fue realizado el día 15 de septiembre, donde se constató que todas las cabezas, excepto la depositada en el Muelle de los Pescadores (cabeza n°2), estaban en condiciones óptimas para continuar con el desarrollo de la experimentación. Al igual que al comienzo, en esta oportunidad se registró la hora de control, la temperatura del ambiente, la temperatura del agua y de la cabeza del cerdo, y el peso de ésta.

En cuanto a la cabeza nº 2, la misma fue depositada en una zona del muelle donde la marea ejercía demasiada fuerza, cortando de esta manera el cable de acero con el que se había sujetado la bolsa de contención. Dicha cabeza volvió a ser colocada en otro sector del muelle el día 17 de septiembre, dando así nuevamente inicio a la experimentación con tal muestra. Cabe aclarar que se volvió a utilizar cable de acero para sujetarla.

- *Primer control:* realizado el día 18 de septiembre, se tomó registro de cuatro de las seis cabezas que se depositaron el día 11 de septiembre, siendo éstas las cabezas nº1, nº4, nº5 y nº6. El motivo reside en la pérdida de la cabeza nº3, correspondiente al Emisario Submarino. Al momento de realizar el relevamiento de datos, se observó que la cabeza no se encontraba en el lugar en el cual había sido depositada, solo siendo visible restos de la bolsa que la contenía. En esta oportunidad, la cabeza nº2 no había sido controlada, ya que se había colocado el día anterior a este relevamiento.

- *Segundo control:* tuvo lugar el día 24 de septiembre, donde se procedió a fotografiar y realizar el relevamiento de datos correspondiente de las cuatro cabezas que mantenían curso ininterrumpido desde el inicio de la investigación (cabezas nº1, nº4, nº5 y nº6). En este control, se coloca una cabeza en el Emisario Submarino, para dar inicio nuevamente a la experimentación con la cabeza nº3. Es importante mencionar, que el día 21 de septiembre se realizó el control preliminar de la cabeza nº2, pero al realizar el control el día 24 de septiembre, la misma había sido extraviada nuevamente. Es aquí cuando se decidió cambiar el cable de acero que sujetaba la bolsa, por cadena. Tanto la fuerza de la marea como la corrosión propia del mar, hicieron imposible el uso del cable de dicho material.

- *Tercer control:* se realizó el tercer control de las cabezas nº1, nº4, nº5 y nº6 el día 1 de octubre. Como en los controles anteriores, se registró la hora a la cual se efectuaron los controles, la temperatura ambiental, la temperatura del agua y de la cabeza del cerdo, así como también el peso de ésta. Así mismo, dicho día se realizó el primer control de la cabeza nº 3.

- *Cuarto control:* el día 8 de octubre se realizó el último control de las cabezas nº, nº4, nº5 y nº6, registrando como en todos los controles los datos

de la hora, las distintas temperaturas y el peso de la cabeza. De esta manera de dio fin a la experimentación de estas cuatro cabezas y se retiraron los restos.

En cuanto a las cabezas nº2 y nº3, para mayor entendimiento se detallan seguidamente las fechas en las que se realizaron los controles de manera ininterrumpida. En ambos casos se registraron los mismos datos se mencionaron en los controles de las demás cabezas.

Cabeza nº 2:

- Inicio de la experimentación: 7 de octubre.
- Control preliminar: 11 de octubre.
- Primer control: 14 de octubre.
- Segundo control: 19 de octubre.
- Tercer control: 26 de octubre.

Esta cabeza contó con un control menos debido a que al momento de realizar el tercer control, la misma ya estaba en estado esquelético avanzado, marcando así el fin de la experimentación.

Cabeza nº3:

- Inicio de la experimentación: 24 de septiembre.
- Control preliminar: 28 de septiembre.
- Primer control: 1 de octubre.
- Segundo control: 8 de octubre.

En este caso, la cabeza contó solo con dos controles ya que, al momento de realizar el segundo control, la misma se encontraba en estado esquelético. Este aspecto marcó el fin de la experimentación.

En ambos casos, la gran presencia de cangrejos hizo que la experimentación se desarrolle en menos tiempo, comparado al resto de las muestras.

Registro de datos



Peso de la cabeza expresado en kg.

Fuente: elaboración propia



Temperatura de la cabeza expresada en °C.

Fuente: elaboración propia



Temperatura del agua expresada en °C.

Fuente: elaboración propia

Elementos utilizados



Bolsa de red plástica

Fuente: elaboración propia



Termómetro digital

Fuente: elaboración propia



Cadena - Foto ilustrativa

Fuente: ferretería Náutica Belli



Balanza digital

Fuente: elaboración propia



Precintos

Fuente: elaboración propia



Cable de acero – Foto ilustrativa

Fuente: ferretería Elcano

ANÁLISIS DE DATOS

Una vez finalizada la experimentación, los datos registrados fueron plasmados en grillas, acompañadas de las diferentes fotografías tomadas durante la misma. Esto permitió arribar a la siguiente información: las cabezas estudiadas evolucionaron en el agua acorde a cuatro fases, las cuales presentaron diferentes signos que permitieron marcar los distintos comienzos de cada fase, así como también la duración aproximada de éstas.

A raíz de lo anteriormente expresado, se denominaron las fases de la siguiente manera:

- Etapa Fresca.
- Putrefacción Temprana.
- Putrefacción Avanzada.
- Esqueletización.

Para el análisis de las etapas, las cabezas se estudiaron de manera sectorizada. Por un lado, se examinaron las cabezas sumergidas en agua salada y por el otro, las sumergidas en agua dulce.

En agua salada:

“*Etapa Fresca*”: transcurridos cuatro días de la sumersión, las cabezas no muestran signos significativos de putrefacción, conservando su morfología. Al tacto, la piel mantiene consistencia. En cuanto al color de ésta, se observa un cambio de rosado a blanco pálido. Las cabezas no emanan ningún tipo de olor, solo se puede percibir el olor típico del mar.



Cambio de coloración de la piel en agua salada

Fuente: elaboración propia

En agua dulce:

“Etapa Fresca”: transcurridos siete días de la sumersión, las cabezas no muestran signos significativos de putrefacción, conservando su morfología. Al tacto, la piel mantiene consistencia. En cuanto al color de ésta, se observa un cambio de rosado a blanco pálido. Las cabezas no emanan ningún tipo de olor.



Cambio de coloración de la piel en agua dulce

Fuente: elaboración propia

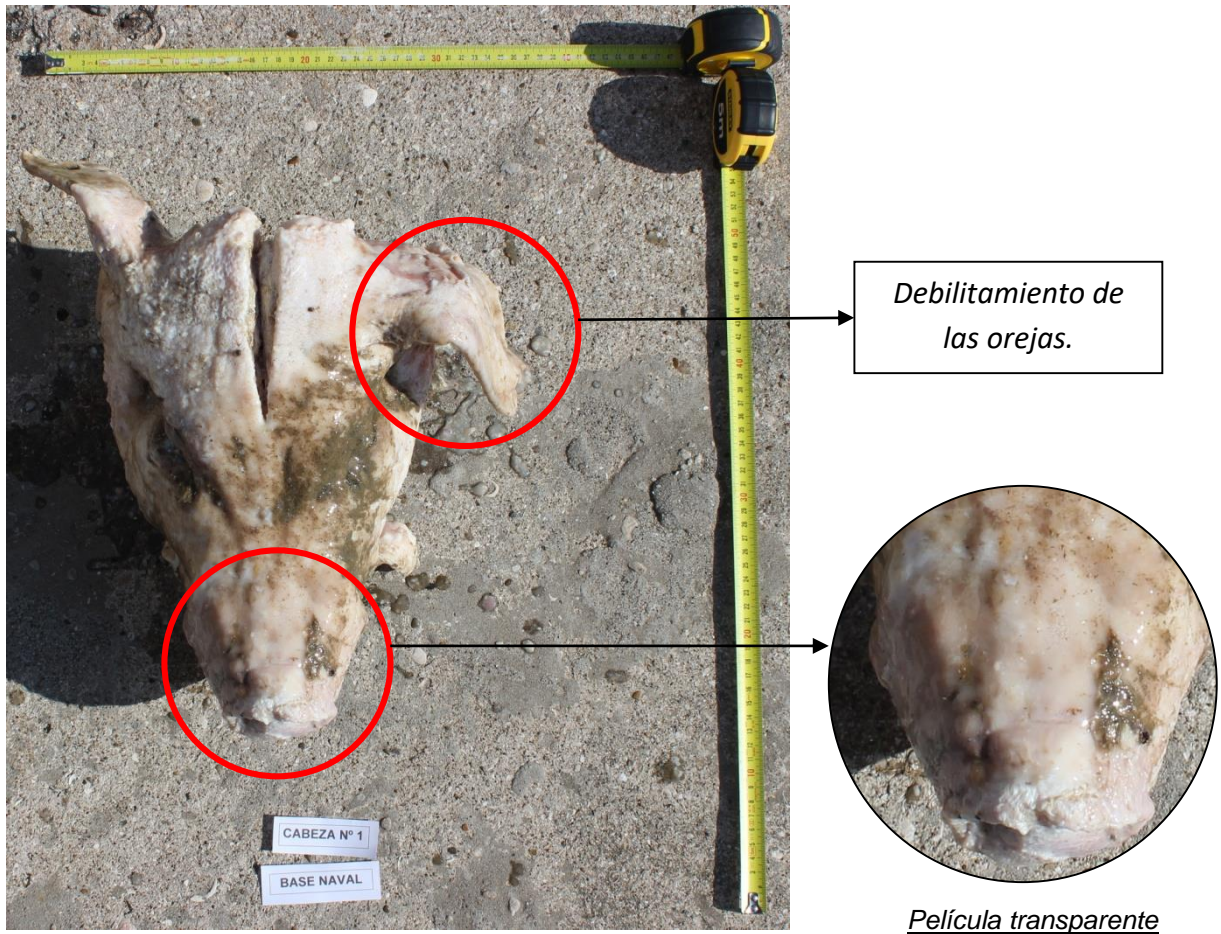
En agua salada:

“Putrefacción Temprana”: al séptimo día de sumersión las cabezas comienzan a mostrar un ligero debilitamiento de la piel, principalmente en la zona del hocico y las orejas. Al tacto, se detecta una película transparente sobre la piel (consistencia gelatinosa). Se empieza a percibir un leve olor putrefacto. Las cabezas conservan su morfología.



Debilitamiento de hocico

Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

En agua dulce:

“Putrefacción Temprana”: transcurridos más de 15 días de sumersión las cabezas comienzan a mostrar un ligero debilitamiento de la piel, principalmente en la de las orejas. Al tacto, se detecta una película transparente sobre la piel (consistencia gelatinosa). Se empieza a percibir un leve olor putrefacto. Las cabezas conservan su morfología.



Fuente: elaboración propia



Debilitamiento de la oreja



Película transparente

Fuente: elaboración propia

En agua salada:

“*Putrefacción Avanzada*”: luego de 20 días de sumersión, las cabezas sufren un gran desprendimiento de piel y expiden olor fétido³. Ya no conservan su morfología y

³ Que desprende un olor malo, desagradable e intenso.

comienza a observarse parte de la estructura ósea, producto de la pérdida de masa que sufren. Consecuente descenso de peso.

Es importante mencionar en esta etapa que la cabeza n°2 evolucionó más rápido debido a la gran presencia de crustáceos (precisamente cangrejos), observándose al unísono una putrefacción avanzada pero también una esqueletización bien definida. En cuanto a la cabeza n°3, la misma fue depositada en un sector donde la marea era agresiva contra las rocas y también era zona de gran presencia de cangrejos, lo que ocasionó que la misma presente la esqueletización de manera temprana.



Cabeza n°1 en etapa "Putrefacción Avanzada"

Fuente: elaboración propia



Desprendimiento de piel

Fuente: elaboración propia



Visibilización de parte ósea

Fuente: elaboración propia



Cangrejo – Cabeza n°2

Fuente: elaboración propia



Zona de depósito – Cabeza n°3

Fuente: elaboración propia

En agua dulce:

“*Putrefacción Avanzada*”: luego de 27 días de sumersión, las cabezas presentan un moderado desprendimiento de piel, perdiendo su morfología en la zona del hocico y las orejas. Emanan olor fétido y sufren pérdida de piezas dentales. Se puede apreciar e inferir que las muestras corresponden a cabezas de cerdos.



Cabeza n°4 en etapa “Putrefacción Avanzada”

Fuente: elaboración propia



Cabeza n°5 en etapa “Putrefacción Avanzada”

Fuente: elaboración propia



Debilitamiento del hocico – Cabeza n°6

Fuente: elaboración propia

En agua salada:

“*Esqueletización*”: transcurridos 27 días de la sumersión la cabeza n°1 se encuentra en un avanzado estado de esqueletización con gran desprendimiento y pérdida de piezas dentales. Permanece el olor a putrefacción intenso.



Cabeza nº1 en etapa “Esqueletización”

Fuente: elaboración propia



Hocico – Pérdida de piezas dentales

Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar que solo fue posible analizar la cabeza nº1 transcurrido el plazo de un mes establecido para llevar a cabo la presente investigación, dado que, como se mencionó anteriormente, las cabezas nº2 y nº3 se vieron afectadas por la gran presencia de cangrejos, arribando éstas a la esqueletización mucho antes que la cabeza nº1. Sin embargo, es conveniente mencionar las características observadas en estas cabezas.

Cabeza nº2: transcurridos 19 días de sumersión, la misma se encuentra en un avanzado estado de esqueletización con gran desprendimiento y pérdida de piezas dentales. Permanece el olor a putrefacción intenso. Así mismo, dicha cabeza sufrió la ruptura de la parte ósea a nivel del hocico.



Cabeza n°2

Fuente: elaboración propia



Pérdida de partes óseas - Cabeza n°2

Fuente: elaboración propia

Cabeza n°3: luego de 14 días de sumersión, solo fue posible visibilizar el maxilar inferior de la cabeza, el cual presentó gran pérdida de piezas dentales.



Maxilar inferior - Cabeza nº3

Fuente: elaboración propia

En agua dulce:

“*Esqueletización*”: no se observa el inicio de la esqueletización de las cabezas sumergidas en agua dulce en el periodo de un mes de sumersión.

Una vez detalladas las características de las diferentes etapas, es sumamente importante mencionar los periodos de duración aproximados de cada una. Para ello, se discriminan nuevamente entre las cabezas sumergidas en agua salada y las cabezas sumergidas en agua dulce.

En agua salada:

- Etapa Fresca: de uno a cinco días.
- Putrefacción Temprana: de siete a catorce días.
- Putrefacción Avanzada: de quince a veinticinco días.
- Esqueletización: veinticinco días en adelante.

En agua dulce:

- Etapa Fresca: de uno a siete días.
- Putrefacción Temprana: de diez a veintidós días.
- Putrefacción Avanzada: de veinticinco a treinta y cinco días.
- Esqueletización: *no fue observada durante el periodo establecido para el desarrollo de la investigación.*

Similitudes y diferencias

A modo comparativo, se plasma a continuación las principales similitudes y diferencias que fueron observadas e identificadas a lo largo del análisis exhaustivo de datos.

SIMILITUDES (En ambos tipos de agua)
<p>La piel experimenta cambio de coloración durante la “Etapa Fresca”.</p> <p>Se observa una película transparente sobre la piel durante la “Putrefacción Temprana”.</p> <p>Las primeras zonas en debilitarse son el hocico y las orejas.</p> <p>Las cabezas emanan olor putrefacto a partir de la etapa “Putrefacción Temprana”, el cual se intensifica con el paso del tiempo.</p> <p>Gran pérdida de piezas dentales durante la etapa “Putrefacción Avanzada”.</p>

DIFERENCIAS	
Agua salada	Agua dulce
<p>La “Etapa Fresca” permanece hasta el quinto día aproximadamente.</p> <p>Transcurrido un mes de sumersión, las cabezas no conservan su morfología.</p> <p>Luego de un mes de sumersión, las cabezas se encuentran en estado de “Esqueletización Avanzada”.</p> <p>Las cabezas experimentan gran desprendimiento y pérdida de masa.</p> <p>Al finalizar la experimentación, las cabezas n^o1 y n^o2 sufren un descenso de peso de, aproximadamente, 2kg.</p>	<p>La “Etapa Fresca” permanece hasta el séptimo día aproximadamente.</p> <p>Transcurrido un mes de sumersión, las cabezas conservan su morfología.</p> <p>Luego de un mes de sumersión, las cabezas se encuentran en estado de “Putrefacción Avanzada”.</p> <p>Las cabezas no experimentan gran desprendimiento y pérdida de masa.</p> <p>Al finalizar la experimentación, las cabezas n^o4, n^o5 y n^o6 no muestran variación significativa de peso.</p>

Por último, finalizando el presente análisis de datos, resta incluir algunas fotografías elegidas para ejemplificar y comprender la variación de peso sufrida por las cabezas sumergidas en agua salada.



Peso inicial – Cabeza n°1 - Agua salada

Fuente: elaboración propia

(Es importante aclarar que el registro del peso inicial fue realizado en libras, por lo que se realizó la conversión a kilogramos, arrojando como resultado 5.89 kg)



Peso final – Cabeza n°1 - Agua salada

Fuente: elaboración propia



Peso inicial – Cabeza n°2 - Agua salada

Fuente: elaboración propia



Peso final – Cabeza n°2 - Agua salada

Fuente: elaboración propia



Peso inicial – Cabeza n°4 - Agua dulce

Fuente: elaboración propia



Peso final – Cabeza n°4 - Agua dulce

Fuente: elaboración propia



Peso inicial – Cabeza nº6 - Agua dulce

Fuente: elaboración propia

(Es importante aclarar que el registro del peso inicial fue realizado en libras, por lo que se realizó la conversión a kilogramos, arrojando como resultado 4.91 kg)



Peso final – Cabeza nº6 - Agua dulce

Fuente: elaboración propia

Se puede observar en las presentes fotografías el descenso de peso sufrido por las cabezas nº1 y nº2, el cual es de 2 kg aproximadamente. A diferencia de éstas, las cabezas sumergidas en agua dulce mantienen su peso, debido a que no sufren una pérdida de masa significativa.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Comprendiendo la problemática que genera la escasa información que brindan los fenómenos cadavéricos cuando un cuerpo es hallado en un medio acuoso y se determina que la causa de muerte no es por sumersión, se realiza la confrontación de los resultados analizados y plasmados en el apartado anterior según el tipo de agua.

Luego del periodo establecido de sumersión, las cabezas de cerdo mostraron notorias diferencias, dependiendo del tipo de agua en el que fueron depositadas. Es así, que las cabezas sumergidas en agua dulce conservaron su morfología, mientras que las sumergidas en agua salada sufrieron gran pérdida de masa, quedando las mismas en un avanzado estado de esqueletización. Si bien es importante mencionar que las cabezas depositadas en agua salada contaron con mayor presencia de fauna carroñera (cangrejos), la cabeza depositada en la Base Naval Mar del Plata, permitió observar de manera más regular el completo proceso de putrefacción. Dicha zona no contaba con gran presencia de fauna carroñera, permitiendo que la muestra desarrolle el proceso de descomposición paulatinamente.

Es por ello que se determina que el proceso de descomposición es más rápido en agua salada que en agua dulce. Sin embargo, esto es un punto de gran importancia para esta experimentación, ya que la bibliografía consultada difiere de lo observado y analizado durante la investigación. La misma sostiene que el proceso de descomposición es más rápido en agua dulce que en agua salada, debido a que el agua dulce posee mayor cantidad de gérmenes.

Así mismo, otro punto de incompatibilidad con la bibliografía, tiene que ver con el desprendimiento de la dermis, donde se conoce que esto sucede más tempranamente en agua dulce y con temperaturas elevadas, siendo más tardío en aguas saladas y frías. Sin embargo, fue observado en la presente investigación, que las cabezas sumergidas en agua dulce no experimentaron gran desprendimiento y pérdida de masa, conservado su morfología y peso inicial.

Donde sí se presenta correspondencia entre la bibliografía y la experimentación, es en los cambios tempranos que sufren los cuerpos. Las partes blandas (ojos, párpados, orejas y labios) son las primeras en verse afectadas, generalmente por la acción de la fauna. Como puede observarse en el apartado "Análisis de Datos",

indistintamente del tipo de agua, las cabezas mostraron, primeramente, debilitamiento en la zona del hocico y las orejas.

Por otro lado, se analizó la temperatura del agua de cada zona elegida, durante todos los controles, arrojando los siguientes resultados:

Agua Salada	Temperatura						Promedio
Base Naval	11,3 °C	11,9 °C	12,1 °C	12,7 °C	13,8 °C	13,3 °C	12,4 °C
Muelle de los pescadores	13,8 °C	14,8 °C	13,9 °C	13,3 °C	14,4 °C	---	13,6 °C
Emisario submarino	13,7 °C	13,8 °C	15 °C	14,6 °C	---	---	14,2 °C

Agua dulce	Temperatura						Promedio
Arroyo Vivoratá	15,4 °C	11,8 °C	17,3 °C	15,8 °C	15,9 °C	16,1 °C	15,4 °C
Laguna La Brava	12,2 °C	13,1 °C	17 °C	15,4 °C	20,5 °C	21,1 °C	16,5 °C
Laguna de los Padres	12,5 °C	13,2 °C	15,7 °C	17,4 °C	21,1 °C	15,9 °C	15,9 °C

Como puede observarse, la diferencia de temperatura entre agua dulce y agua salada no es significativa como para inferir que esto sea la causa que justifica por qué el proceso de descomposición es más rápido en agua salada que en agua dulce.

En base a lo experimentado y los resultados obtenidos, se cree que la salinidad del mar es un factor muy influyente en la descomposición de las muestras, siendo por esto que la putrefacción ocurre de manera más rápida en agua salada que en agua dulce.

CONCLUSIONES

Existen ocasiones en las que el autor de un hecho delictivo, con el fin de enmascarar la verdadera causa de muerte, arroja el cuerpo en un medio acuoso. Esta acción trae como consecuencia, entre otras, la dificultad para poder estimar un intervalo post-mortem, debido a la escasa información que brindan los fenómenos cadavéricos. Haciendo hincapié en dicho problema, se desarrolló la investigación en búsqueda de características significativas que permitan dar respuesta al mismo.

De esta forma, se arribó a cuatro etapas bien definidas, las cuales permiten conocer y comprender cómo se desarrolla el proceso de putrefacción en el agua. Las mismas se nombraron como: “*Etapa Fresca*”, “*Putrefacción Temprana*”, “*Putrefacción Avanzada*” y “*Esqueletización*”. Cada etapa mostró sus respectivas características, dependiendo el tipo de agua en el que fueron sumergidas.

Con esta primera interpretación de los resultados obtenidos durante la experimentación, es posible dar respuesta a los diferentes objetivos planteados al inicio de la investigación. Es así, que se determina que es posible estimar el intervalo post-mortem en cadáveres hallados en un medio acuoso, cuando la muerte no fuera por sumersión; como también, establecer las principales diferencias entre la descomposición en agua dulce versus agua salada.

Como se mencionó a lo largo de este trabajo, se observó que la descomposición de las muestras se desarrolló de manera distinta dependiendo el tipo de agua, siendo más rápido el proceso de putrefacción en agua salada. Las tres cabezas sumergidas en las distintas zonas costeras, lograron mostrar las cuatro etapas mencionadas anteriormente, a diferencia de las tres cabezas sumergidas en las lagunas y el arroyo, las cuales sólo desarrollaron la putrefacción hasta la etapa avanzada. Es importante mencionar que ninguna de las muestras sumergidas en agua dulce tuvo signos visibles de esqueletización durante el periodo de un mes establecido para la sumersión. Esto se debe a que no experimentaron pérdida significativa de masa, conservando su morfología y peso inicial.

Es así que se establecen las siguientes características:

- En agua salada:
 - Desarrollo del proceso de putrefacción de manera rápida.

- Transcurrido el periodo de sumersión, las cabezas no conservan su morfología.
 - Debido al gran desprendimiento de la dermis y consecuente pérdida de masa que sufren las cabezas, es posible observar la estructura ósea de las mismas.
 - Luego de un mes de sumersión, las cabezas experimentan las cuatro etapas planteadas para inferir el IPM.
- En agua dulce:
 - Desarrollo del proceso de putrefacción de manera lenta.
 - Transcurrido el periodo de sumersión, las cabezas conservan su morfología.
 - No sufren gran pérdida de masa ni desprendimiento de la dermis, conservando su peso inicial.
 - Luego de un mes de sumersión, las cabezas experimentan las primeras tres etapas planteadas para inferir el IPM.

Por todo lo anteriormente mencionado, se logra responder las dos hipótesis de investigación de la siguiente manera:

1. Puede establecerse un intervalo post-mortem en cadáveres hallados en un medio acuoso, cuando la causa de muerte no fuera por sumersión.

Esta hipótesis se responde de manera *afirmativa*.

2. El proceso de descomposición es más rápido en agua dulce que en agua salada.

Esta hipótesis se responde de manera *negativa*, ya que quedó comprobado que la descomposición cadavérica ocurre de manera más rápida en agua salada.

En base a las características descritas y plasmadas a lo largo de la presente investigación, se espera que dicho trabajo sirva para futuras investigaciones, permitiendo desarrollar dicha tarea sin la dificultad inicial que planteaba la escasa información los fenómenos cadavéricos ante un hecho criminal de ésta índole.

Así mismo, se recomienda seguir investigando para poder ampliar la bibliografía y disipar la incompatibilidad reflejada entre la bibliografía conocida y la presente experimentación.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- FERMEPIN, Raúl Ricardo. (2000). *Glosario de términos y abreviaturas de pesca marítima*. Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- FRARACCIO, José A. V. (2005). *Medicina Forense Contemporánea*. Ed. Dosyuna Ediciones Argentinas. Buenos Aires, Argentina.

Libros electrónicos:

- GENZANO, Gabriel Néstor. (2017). *La vida en el mar: Buceando en la costa de Mar del Plata*. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/105346>

Artículos electrónicos:

- Chiang Palma, Lin-Yen. (2018). *Estimación del intervalo postmortem en cadáveres hallados en el mar: evidencia publicada en el siglo XXI*. Disponible en: https://www.uv.es/gicf/3R1_Chiang_GICF_29.pdf
- Cuadernos de Medicina Forense. (2011). *Estimación del intervalo post-emersión de un cadáver hallado en un embalse en Granada (España)*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/220034418_Estimacion_del_intervalo_post-emersion_de_un_cadaver_hallado_en_un_embalse_en_Granada_Espana
- Journal of Clinical Pathology. (1992). *Bodies recovered from water: a personal approach and consideration of difficulties*. Disponible en: <https://jcp.bmj.com/content/jclinpath/45/8/654.full.pdf>
- Forensic Science International – ELSEVIER - (2010). *Marine bacterial succession as a potential indicator of postmortem submersion interval*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073810004755?via%3Dihub>
- Municipalidad de General Pueyrredón. Documento sobre flora y fauna en Laguna de los Padres. Mar del Plata. Recuperado de: <https://www.mardelplata.gob.ar/documentos/enosur/florayfaunalagunadelospadres.pdf> en la fecha: 07/01/2022