

Universidad FASTA.

Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.

LICENCIATURA en CRIMINALÍSTICA.



**“LA CONSERVACIÓN DE LOS TEJIDOS BLANDOS POR ACCIÓN DEL ÓXIDO DE
CALCIO EN CADÁVERES ENTERRADOS”**

TRABAJO DE CAMPO QUE PRESENTA:

ROCIO MARINA BARCIA.

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

TECNICATURA UNIVERSITARIA EN CRIMINALÍSTICA.

PROFESORES:

Mg. Eugenia Huinchulef

Lic. Hernán Gacio.

Mg. Paula Jessurum

AGOSTO 2022

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres Manuel y Susana, quienes siempre creyeron en mí, les agradezco por haberme permitido emprender este viaje por mis sueños, por su esfuerzo sostenido en el tiempo. Quienes me apoyaron para que pueda lograr mi meta, es una satisfacción enorme para mí poder cumplirla. Gracias a ellos.

A todas aquellas personas que de alguna manera estuvieron presentes acompañándome en el transcurso de mi carrera, que se presentaron en el momento indicado para ayudarme, a animarme a llegar hasta acá y a seguir motivándome para continuar en el camino que me depara la vida.

¡Infinitas gracias!

DEDICATORIA.

Este trabajo va dedicado especialmente a mi familia por darme todo su apoyo para poder realizar mis objetivos y por estar presentes en esta etapa de mi desarrollo profesional.

Dedicado a mi familia.

ÍNDICE.

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
Keywords.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	7
OBJETIVOS.....	7
PREGUNTAS RELATIVAS A LOS OBJETIVOS.....	8
MARCO TEÓRICO.....	9
CAPÍTULO I.....	9
INDAGACIONES PRELIMINARES.....	9
CAPÍTULO II.....	12
ÓXIDO DE CALCIO.....	12
CAPÍTULO III.....	15
FENÓMENOS CADAVERÍCOS.....	15
CAPÍTULO IV.....	26
CLASIFICACIÓN DE LOS ENTIERROS.....	26
CAPÍTULO V.....	29
UTILIZACIÓN DEL CERDO BLANCO.....	29
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS.....	32
ANÁLISIS DE DATOS Y GRÁFICOS.....	34
OBTENCIÓN DE RESULTADOS.....	38
TABLAS DE TEMPERATURA.....	41
GRÁFICOS.....	47
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
CONCLUSIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
IMÁGENES.....	55

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación está destinado a la realización de estudios experimentales para determinar los efectos que produce el óxido de calcio sobre los tejidos blandos del cadáver estando enterrado, privado del oxígeno.

Asimismo, se orienta con la finalidad de observar la influencia de distintas variables que pueden llegar a provocar la desnaturalización del proceso tales como la temperatura ambiental, la intervención de la Fauna Cadavérica¹, la cantidad de óxido de calcio empleado, el tiempo que transcurra desde el entierro y del volumen del cadáver.

Este proyecto engloba las técnicas de la antropología forense, de la arqueología forense y además se vincula con la entomología forense.

El objetivo del mismo, es demostrar de una forma práctica y visual cómo se comporta un cadáver enterrado empleando óxido de calcio por un período de tiempo establecido de cuatro semanas, en temporada de verano, por el cual hay un incremento significativo de la temperatura, éste parámetro va a interferir en el período de putrefacción, acelerando el mismo. A su vez, con el proceso de putrefacción, van a ir acercándose de manera cronológica y sucesiva aquellos artrópodos e insectos para alimentarse del cadáver.

El estudio experimental consistió en el entierro de dos cabezas de cerdo (*Sus scrofa doméstica*) a una profundidad de 50 centímetros, las cuales fueron desenterradas pasado un período de 31 días.

En base a lo observado se describió los cambios físicos de los tejidos con correlato visual. El análisis de los insectos que arribaron al cadáver, permitió observar la influencia de la descomposición en aquellos tejidos blandos que no poseían óxido de calcio, mientras que la cabeza con óxido de calcio presentó una conservación significativa de sus tejidos.

Palabras clave.

Entomología forense. Descomposición. Cadáveres enterrados. Óxido de calcio.

¹ Conjunto de insectos, parásitos, bichos y microorganismos que se alimentan de los cadáveres.

ABSTRACT.

The present research work is intended to carry out experimental studies to determine the effects produced by the calcium oxide on the soft tissues of the corpse being buried, deprived of oxygen.

Likewise, it will be oriented in order to observe the influence of different variables that can cause the denaturation of the process such as the ambient temperature, the intervention of the Cadaveric Fauna², the amount of calcium oxide used, the time elapsed since the burial and the volume of the corpse.

This project encompasses the techniques of forensic anthropology, forensic archaeology and is also linked to forensic entomology.

The objective of the same is to demonstrate in a practical and visual way how a buried corpse behaves using calcium oxide for a set period of time of four weeks, in the summer season, by which there is a significant increase in temperature, this parameter will interfere with the putrefaction period, accelerating it. In turn, with the process of putrefaction, those arthropods and insects will approach chronologically and successively to feed on the corpse.

The experimental study consisted of the burial of two pig heads (*Sus scrofa doméstica*) at a low depth (50 centimeters), which were unearthed over a period of 31 days.

Based on what was observed, the physical changes of the tissues were described with visual correlate. The analysis of the insects that arrived at the corpse, allowed us to observe the influence of decomposition in those soft tissues that did not have calcium oxide, while the head with calcium oxide presented a significant conservation of its tissues.

Keywords.

Forensic entomology. Decomposition. Buried corpses. Calcium oxide.

² Set of insects, parasites, bugs and microorganisms that feed on the corpses.

INTRODUCCIÓN.

La decisión de ocultar o deshacerse de los cuerpos de las víctimas, responde en primera instancia al encubrimiento de un crimen.

Claro está que las personas no desaparecen de un día para el otro y que dicho término es una indicación para referirse en ocasiones donde una persona ha sido secuestrada o asesinada y por último intentaron deshacerse del cuerpo de su víctima mediante distintas modalidades para lograr su objetivo.

Entre las técnicas más frecuentes que utilizan los criminales podemos encontrar la utilización de distintos ácidos, como el ácido sulfúrico que ocasiona quemaduras severas en los tejidos blandos cuando entra en contacto con la piel, el ácido clorhídrico que disuelve la parte mineral de los huesos, la sosa caustica u otras maneras tales como quemarlos, enterrarlos a profundidad o emplear cal viva sobre el cadáver y por debajo del mismo para que se “desintegre” por completo.

La cal es de gran interés para los homicidas, la utilizan con el fin de ocultar los cuerpos de sus víctimas, con la intencionalidad de que se degraden y también, con el conocimiento de que éste producto, puede llegar a disimular los olores propios originados por el proceso de putrefacción natural de los cuerpos, sirviendo de gran ayuda para que los animales carroñeros no puedan desenterrarlos.

Se tiene por concepto general que el óxido de calcio puede llegar a destruir por completo el cuerpo humano. Éste, es uno de los tantos interrogantes a resolver: ¿Cuánto hay de cierto sobre el uso de la cal y sus resultados?

El desarrollo de este trabajo permitirá conocer los efectos de la cal sobre los tejidos blandos de un cadáver estando enterrado, así mismo, se ampliará la bibliografía conocida hasta el momento, generando un aporte en este campo de estudio. Cabe aclarar, que la bibliografía consultada es relativamente escasa, ésta dificultad se solventó contactándose perseverantemente con profesionales tales como: Antropólogos forenses, Médicos Legistas, Entomólogos Forenses, entre otros expertos que pudieron colaborar a través de su experiencia.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

¿Es posible la conservación de los tejidos blandos empleando óxido del calcio en cadáveres enterrados?

OBJETIVOS.

Objetivo general (I): Determinar la conservación de los tejidos blandos en cadáveres enterrados sometidos al óxido de calcio y observar los fenómenos que presenta.

Objetivo específico: Realizar una comparación y análisis extrínseco de la existencia de tejido blando en ambas cabezas, dejando fijado a través de fotografías, el estado en el que se encuentran.

Objetivo general (II): Evaluar la acción de la fauna cadavérica sobre el cerdo enterrado con cal viva, finalizado el período de tiempo de la experimentación.

Objetivo específico: Comprobar la existencia de lesiones ocasionadas por la fauna cadavérica.

Objetivo general (III): Comparar los resultados obtenidos en el trabajo de investigación realizado por el investigador Etxeberria en el año 2016 en España con los resultados obtenidos en el presente trabajo, teniendo en cuenta las condiciones territoriales y climáticas dadas en la zona de Chapadmalal, Mar del Plata.

Objetivo específico: Dentro de las hipótesis de dicho antropólogo, observar datos similares que ocurran en el tiempo de experimentación durante la etapa de verano.

PREGUNTAS RELATIVAS A LOS OBJETIVOS.

Objetivo General (I):

- ¿Qué efecto produce el óxido de calcio sobre el cadáver enterrado?
- ¿En qué estado se encontrarán los tejidos blandos de ambas cabezas de cerdo?
- ¿La cal viva retardará el proceso de putrefacción?

Objetivo General (I):

- Al desenterrarlos, ¿habrá rastros de fauna cadavérica en ambas cabezas?
- Desde el punto de vista de la fauna cadavérica, ¿Cómo influye ésta mediando óxido de calcio?
- ¿El estado de desarrollo de los insectos corresponden con las fases de descomposición del cadáver?

Objetivo Específico:

- ¿Se conseguirán las condiciones necesarias para que se produzca la conservación total o parcial de los tejidos blandos mediando óxido de calcio?
- ¿De qué manera puede llegar a influir las altas temperaturas de verano en las cabezas de cerdo aun estando enterrados?
- La abundante vegetación, ¿influirá de manera positiva o negativa en ésta experimentación?

MARCO TEÓRICO.

CAPÍTULO I. INDAGACIONES PRELIMINARES.

Se contactó a profesionales de distintos lugares con la finalidad de recabar argumentos y experiencias relacionadas al proyecto en cuestión.

La metodología que se empleó, está basada en el trabajo previo realizado por el antropólogo forense y médico legista: **Francisco Etxeberria**, de aquí surgió el interés de la investigación.

El profesional Etxeberria intervino en el caso conocido como "**Lasa y Zabala**"³ acaecido en España, en el cual realiza una demostración de lo acontecido a través de videos, explicando y fundamentando que la cal provoca una deshidratación rápida, brusca, lo que evita la putrefacción cadavérica⁴ por bacterias, éstas serían eliminadas. Además, indicó que hay cuerpos que sufren una especie de "momificación"⁵ a causa de la cal, lo cual ofrece una posibilidad de analizar heridas en lo que queda de piel. Según se puede interpretar, esto sucede dependiendo de las condiciones en donde se encuentra el cuerpo, del terreno, del clima y de otras variables para que esto suceda.

A su vez, se estableció contacto con el médico legista **Miguel Luis Martin**, profesor de Medicina Legal en la Universidad FASTA; el cual expresó lo siguiente: el uso de óxido de calcio no se utiliza para preservar sino para evitar su detección por el *fetor mortis*,⁶ el cual remite a lo mismo en lo que se basaba Etxeberria; dicho profesional exteriorizó que mediante el óxido de calcio se evitaba el periodo de putrefacción impidiendo que la fauna proliferara.

³ Primer acto terrorista realizado por los *Grupos Antiterroristas de Liberación*. Su nombre proviene de los presuntos miembros de la organización terrorista ETA *José Antonio Lasa* y *José Ignacio Zabala*, que fueron secuestrados, torturados, asesinados y enterrados en cal viva por miembros de la Guardia Civil en 1983, *Alicante, España*.

⁴ Destrucción de la materia orgánica cadavérica por acción de las enzimas microbianas. Desaparecidas las barreras inmunitarias, los gérmenes del intestino desbridan los tejidos, penetrando en los vasos sanguíneos y linfáticos, proliferándose y expandiéndose por todo el cuerpo, iniciándose el proceso putrefactivo en el ciego. *Oswaldo Raffo, La Muerte Violenta*.

⁵ Se produce cuando: hay aireación, calor y sequedad ambiental; la deshidratación del cuerpo detiene, así, la acción microbiana y otro de los requisitos a tener en cuenta es la topografía del suelo que debe resguardarlo. *Oswaldo Raffo, La Muerte Violenta*.

⁶ Olor muy desagradable y penetrante producido por un cadáver.

Asimismo, existen opiniones encontradas, algunos profesionales, como el médico legista **Rodolfo Pedro Arancibia**, el cual realizó una pericia sobre el ocultamiento del cuerpo de una joven con cal viva, dejó indicado que se consumen las partes blandas del cuerpo (músculos, nervios y tendones) y aquello que se conserva son los restos óseos, quedando así, intactos. Además expresó que los huesos solo pueden ser destruidos en un tiempo próximo a la muerte a una temperatura que supere los 950°C.

Sin embargo, el trabajo que se realizó en Bélgica sobre los *“efectos de la cal hidratada y la cal viva en la descomposición de restos humanos enterrados utilizando cadáveres de cerdo como análogos del cuerpo humano, 2011”* se encuentra relacionado con la búsqueda de restos humanos enterrados con cal, la cual demuestra la necesidad de una comprensión más detallada del efecto de los diferentes tipos de cal en la descomposición del cadáver y su entorno:

En dicha investigación, se usaron seis cerdos domésticos (*Sus scrofa*) utilizados como análogos del cuerpo humano, se observaron y monitorearon durante 78 como experimentación de campo.

Éstos, fueron enterrados sin cal, con cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y con cal viva (CaO) en tumbas poco profundas, en el suelo arenoso de Bélgica, y fueron recuperados después de 6 meses de enterramiento.

Las observaciones de estas recuperaciones dieron lugar a experimentaciones dentro de laboratorios que se llevaron a cabo en la Universidad de Bradford, Reino Unido.

Los resultados combinados de estos estudios demostraron que, a pesar de las pruebas contradictorias de la bibliografía: la cal hidratada y la cal viva retrasan la descomposición del cuerpo durante los primeros 6 meses.

En un estudio de **Schotsmans (2012)** se usaron cadáveres de cerdo para probar diferentes tipos de cal para ver cómo cambiaban los restos.

Los cerdos se colocaron en tumbas, se cubrieron con diferentes tipos y cantidades de cal, se enterraron y se dejaron durante seis meses. Dos cerdos fueron enterrados con cal como grupo de control. Los cerdos enterrados sin cal estaban en su mayoría esqueletizados

y altamente putrefactos, los dos cerdos enterrados con cal hidratada estaban muy bien conservados y tenían poca descomposición mientras que los dos cerdos enterrados con cal viva se conservaban bastante con cierta desintegración dentro del cuerpo.

Teniendo en cuenta esto, la cal tuvo otras finalidades vinculado a hechos delictivos con entierros clandestinos con la ideología de que éste compuesto tiene la capacidad de eliminar la identidad del difunto y destruir los restos.

Las contradicciones y los conceptos erróneos sobre el efecto de la cal en la descomposición en cadáveres, dieron lugar a la necesidad de investigar y profundizar más sobre el efecto que ocasiona el óxido de calcio en el proceso de putrefacción cadavérica, objetivo de este trabajo.

CAPÍTULO II. ÓXIDO DE CALCIO.

Para poder comprender la base de ésta investigación, se dará una definición clara y concreta del óxido de calcio.

El óxido de calcio (CaO) es un compuesto químico conocido como cal viva, se trata de un producto alcalino que al tomar contacto con la piel puede causar reacciones que van desde una leve irritación hasta quemaduras severas.

Este compuesto, es un polvo sólido o granular cristalino, blanco o gris pálido e inodoro el cual se produce mediante la descomposición térmica de la piedra caliza, a modo de explicación, una descomposición térmica es cuando una sustancia se transforma en sustancias simples y un solo reactivo produce dos o más productos junto con la emisión de calor.

El reactivo que se utiliza es piedra caliza (carbonato de calcio), mientras que los productos que se forman son: óxido de calcio y dióxido de carbono.

La ecuación química para esta reacción se da a continuación:



→ **CaCO₃** significa carbonato de calcio

→ **CaO** significa óxido de calcio

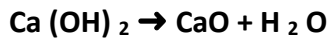
→ **CO₂** significa dióxido de carbono

La reacción mencionada anteriormente se lleva a cabo en un horno de cal especial, donde la piedra caliza se calienta a aproximadamente 500 ° C - 600 ° C.

La cal viva no es un material estable, y al reaccionar con el dióxido de carbono (CO₂) existente en el aire hace que se convierta en energía térmica.

El óxido de calcio también se puede derivar calentando hidróxido de calcio (cal apagada) a altas temperaturas.

La ecuación química es la siguiente:



→ **Ca (OH)₂** significa hidróxido de calcio

→ **CaO** significa óxido de calcio

→ **H₂O** significa Agua

Teniendo el concepto comprendido de dicho compuesto químico, se procederá a contextualizar históricamente el uso de la cal viva y su finalidad:

El óxido de calcio se ha utilizado tradicionalmente para el entierro de cadáveres en tumbas abiertas para eliminar el olor de la descomposición que atrae a las moscas e insectos.

En el pasado, se utilizaba para enterrar a las víctimas de enfermedades mortales como el cólera y la plaga, a fin de evitar que ésta se propagase por el aire.

En términos generales, descubrieron que la cal era efectiva para prevenir la descomposición y proteger el cuerpo, cabe aclarar que su idea no era destruir el cuerpo sino prevenir la putrefacción que crea olor y atrae a las moscas y animales.

En la Edad del Hierro⁷, los entierros con cal viva eran la forma normal de eliminación de un grupo cultural en las Islas Baleares en España.

Cada entierro generalmente contiene los huesos de un solo individuo y una serie de artefactos metálicos deformados.

Tradicionalmente, estos entierros se han interpretado como inhumación⁸ dentro de la cal viva que causó que el cuerpo se descomponga rápidamente y cambie de composición similar a un entierro de cremación⁹ debido a los efectos químicos de la cal viva.

⁷ Periodo entre los años 1500 a.C y 500 a.C en el cual se descubre y populariza el uso del hierro como material para fabricar armas y herramientas.

⁸ Sepultar los restos de una persona en un panteón.

⁹ Práctica de deshacer un cuerpo humano muerto, quemándolo, lo que frecuentemente se lleva a cabo en un crematorio.

Sin embargo, **Van Strydonck (2013)** sustenta en base a estudios experimentales anteriores como el de **Schotsmans (2012)**, la deformación y decoloración similar a la cremación no podría ser causada por la cal viva porque es más probable que se conserve que se destruya.

En cambio, argumenta que los restos fueron incinerados y luego colocados en la cal viva. Plantea que los cuerpos de la Edad de Hierro fueron cremados dentro de su tumba.

La tumba probablemente estaba llena de piedra caliza triturada, que cuando se calentaba durante el proceso de cremación se convertía en un revestimiento de cal viva.

Para lograr la comprensión del fenómeno conservativo del cadáver se va a poner en contexto ciertos conceptos que serán abordados en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III. FENÓMENOS CADAVERÍCOS.

Según el Dr. Osvaldo Raffo, producida la muerte, las funciones vitales cesan definitivamente, lo cual hace que los fenómenos bioquímicos tisulares que dependen de la actividad cardiorrespiratoria y cerebral quedan desaparecidas de manera irreversible.

El cuerpo en este estado, recibe nombre de: cadáver; y sufre determinadas modificaciones: primeramente por influencias físicas del ambiente y segundo por la acción de los fermentos y microbios, después.

De manera esquemática se puede realizar estudios en etapas:

I) Fenómenos cadavéricos recientes.

II) Fenómenos cadavéricos alejados.

La primera etapa se origina desde el momento de la muerte hasta el comienzo de la putrefacción, donde, comienza la segunda etapa que terminará con la desintegración completa del cuerpo.

I) Dentro de los fenómenos cadavéricos recientes:

El cuerpo sin vida se deshidrata, se enfría, se “mancha” y se “endurece”. La acción pasiva del ambiente es la que produce los fenómenos conocidos como: deshidratación, enfriamiento, livideces, rigidez y el espasmo muscular. (Esta etapa no interviene la acción microbiana.)

Deshidratación.

La evaporación es la que influye sobre el cuerpo inerte el cual pierde líquidos en escasa cantidad, produciéndose la disminución de peso de forma mínima. Hay signos de interés médico legal para poder apreciar la deshidratación tales como:

La desecación de las mucosas, éstas se observan en el rostro y en los genitales.

En la córnea se produce el signo de *Stenon Louis*¹⁰ produciéndose la opacidad de la misma debido al depósito de polvo sobre el epitelio.¹¹ Se encuentra el signo de Sommer Lercher, es una mancha de color negro sobre la base de la córnea.

También puede presentarse la placa apegaminada o apegaminamiento.¹² Este fenómeno se produce en la piel, y es variable en extensión y localización. Ocurre cuando el instrumento productor de la muerte no lesiona toda la piel, sino que solamente descama la epidermis¹³. En una persona viva se produce el exudado seroso¹⁴ pero cuando la lesión se produce inmediatamente antes, durante, o inmediatamente después de la muerte, la costra sanguinolenta no puede formarse, lo que ocurre en estos casos es cuando la desecación apegamina la excoriación¹⁵, que se presenta amarilla, seca y dura.

Enfriamiento.

La temperatura corporal decrece en forma progresiva hasta igualar a la temperatura ambiental, aproximadamente a las 24 horas producido el fallecimiento.

El cadáver se enfría en los extremos del cuerpo: cara, manos, pies; hasta el centro, conservando el calor en las vísceras durante horas. Hay elementos que modifican el ritmo de enfriamiento como el clima, la contextura física del cadáver, el estado previo del sujeto y la causa de la muerte, la cual no debe considerarse en forma aislada para calcular la data de muerte.

Existen reglas para calcular el enfriamiento, según Casper: “el enfriamiento al tacto es completo a las 10 a 12 horas de la muerte”.

Hay otras fórmulas que intentan matematizarlo para poder calcular la data de muerte mediante la temperatura, se sigue un modelo doble exponencial propuesto por Marshal y

¹⁰ *Signo de Stenon Louis*: se manifiesta por hundimiento del globo ocular, pérdida de la transparencia de la córnea, que se torna opaca, formación de arrugas en la córnea, depósito de polvo

¹¹ El epitelio corneal es la capa más externa de la córnea, que se encarga de actuar como una barrera protectora de la córnea.

¹² Son lesiones de aspecto de pergamino de color amarillento que tienen poca reacción inflamatoria (hinchazón) alrededor, causadas por fricción del objeto traumático.

¹³ Capa superficial de la piel.

¹⁴ Es un proceso natural del organismo, es el exudado normal de una herida en recuperación. Se debe tener en cuenta la profundidad de la excoriación.

¹⁵ Lesión en la piel o una mucosa producida por la rozadura continua de algo.

Hoare en 1962 y que postula que es posible diferenciar una doble fase de enfriamiento: una meseta donde prácticamente no hay enfriamiento, y una fase final progresiva.

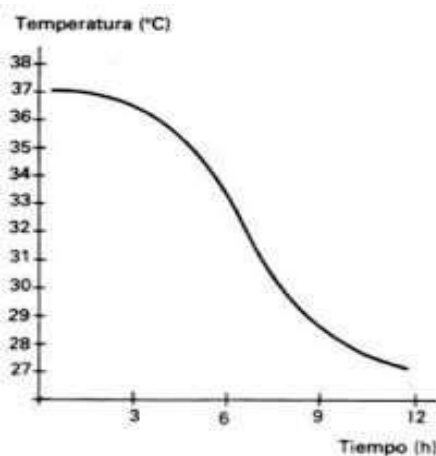


Figura 1: Curva de enfriamiento cadavérico por Marshall y Hoare.

Fuente: *Fenómenos cadavéricos y el tanatocronodiagnóstico.*

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

En condiciones estándar, la "curva" se basa en el supuesto de que la temperatura ambiente es constante y que la temperatura de muerte es conocida. Además, la fórmula de Marshall y Hoare expresa la temperatura en función del tiempo, y no al revés, siendo este último el problema más frecuentemente encontrado por los científicos forenses.

Hay otras fórmulas utilizadas como la de Bouchat, en la cual se estima que en las primeras 12 horas, disminuye 1°C por hora, mientras que en las siguientes 12 horas disminuye 0,5°C por hora.

La fórmula de Glaister en la cual se basa en la temperatura rectal del cadáver:

$$\frac{\text{Temperatura rectal normal media} - \text{Temperatura rectal del cadáver}}{\text{Constante } 1,50} = \text{Data de la muerte en horas}$$

Figura 2: Regla de Glaister.

Fuente: *Fenómenos cadavéricos y el tanatocronodiagnóstico.*

En casos de muerte reciente – en ausencia de livideces y rigidez cadavérica – se puede afirmar como data de muerte un lapso de entre 3 – 6 horas como mínimo y máximo, respectivamente.

Livideces.

Se comienza a producir una acumulación de sangre en el momento en el que el corazón deja de bombear la sangre, lo que posibilita el hundimiento de las células sanguíneas más pesadas en el plasma debido a la acción de la gravedad.

Se caracteriza por una coloración rojo-violáceo de las partes declives del cuerpo debida a una acumulación de la sangre en esas zonas.

No ocurre si estas partes están en contacto con una superficie rígida debido a la compresión de los capilares contra la misma, es decir, que puede ocurrir en las zonas del cuerpo que apoyan contra el suelo o zonas comprimidas por los vestidos, camisas, corbatas algo ajustadas, la cual también se pueden confundir con signos de violencia, falsos surcos de estrangulamiento, etc.

Se hacen visibles aproximadamente a las tres horas de ocurrida la muerte. Desde el momento en que se manifiestan van aumentando lentamente hasta alcanzar su máxima intensidad a las nueve horas, fijándose aproximadamente a las 13 horas y pasadas las 24 no se producen nuevas.

Permite determinar si hubo transposición de livideces, es decir, si han movilizad el cadáver transcurridas 15 horas del deceso, si a éste lo mueven, se van a producir nuevas manchas en la nueva zona de declive. De modo que haya transcurrido éste lapso de tiempo, por más que lo movilicen, no va a producir manchas nuevas.

La coloración de las livideces puede cambiar, por ejemplo, en el caso de muerte por Monóxido de Carbono, las livideces se tornan más rosadas.

Rigidez cadavérica y espasmo muscular.

Producido el fallecimiento la musculatura se relaja y transcurrido cierto tiempo se endurece. A este hecho post mortem se lo llama **rigidez cadavérica.**

En casos inhabituales la rigidez invade los músculos en el mismo momento de la muerte (sin pasar por la fase de relajación) fijando la posición y actitud que la víctima adoptada antes de la muerte. A este fenómeno denominado **espasmo cadavérico**, cuyo origen es vital, su requisito debe ser una muerte brusca y violenta, y por lo cual es excepcional.

□ **Rigidez cadavérica.**

Devergie expresa: “estado de dureza, retracción y tiesura que sobreviene en los músculos después de la muerte”.

Es un fenómeno mediato, entre el estado de rigidez y la muerte hay una etapa de relajación muscular.

La rigidez abarca a todos los músculos, comienza en la mandíbula y cuello, progresando hacia los miembros inferiores, desapareciendo en forma inversa. Los músculos flexores son predominantes, los antebrazos se encuentran semiflexionados y aplicados contra el tórax y el puño semicerrado.

La pupila se dilata en el momento de la muerte, se contrae al sobrevenir la rigidez, el mismo fenómeno ocurre en las vesículas seminales (eyaculación post mortem), y en el útero con la condición de que esté ocupado (se da el parto post mortem).

La causa de la rigidez es la coagulación de la *miosina*.¹⁶

El *rigor mortis*¹⁷ es progresivo y descendente, aparece dentro de las tres a seis horas después de la muerte, propagándose en el cuello y miembros superiores, teniendo un efecto completo sobre las 12 horas y alcanzando su máxima intensidad a las 24 a 36 horas de forma paulatina y dando lugar a la putrefacción cadavérica.

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

¹⁶ Proteína que conjuntamente con la actina permite la contracción muscular.

¹⁷ Expresión del latín que puede traducirse como “rigidez de la muerte”.

□ Espasmo cadavérico.

Los espasmos se clasifican como un tipo especial de rigidez cadavérica instantánea y sin fase de relajación previa.

El sujeto voluntariamente adopta una actitud y la muerte sobreviene bruscamente.

Ésta actitud queda fijada en forma instantánea la cual, permite la reconstrucción del hecho y su simulación es imposible.

Al igual que la rigidez muscular, el espasmo, desaparece al comenzar la putrefacción.

II) Dentro de los fenómenos cadavéricos alejados:

Pasadas las 24 horas post mortem, el cadáver sigue sufriendo modificaciones, se van a producir los fenómenos cadavéricos alejados o tardíos.

Los más comunes son la putrefacción o descomposición y la acción de la fauna cadavérica, conocida como fauna entomológica, luego existen fenómenos de conservación.

La Putrefacción Cadavérica.

La putrefacción es la destrucción de la materia orgánica cadavérica por acción de las enzimas microbianas.

Para ese entonces, ya desaparecidas las barreras inmunitarias, los gérmenes habituales del intestino rompen los tejidos muertos y penetran en los vasos sanguíneos para proliferar y expandirse por todo el cuerpo. La descomposición cadavérica admite cuatro etapas:

I) Periodo cromático.

Se caracteriza por la mancha verde abdominal, la cual inicia su proceso en el ciego¹⁸ el cual está repleto de abundante flora microbiana¹⁹. Por este motivo, el primer signo

¹⁸ Primera porción del intestino grueso

¹⁹ Conjunto de microorganismos que se localizan de manera normal en distintos sitios del cuerpo humano.

demonstrativo del comienzo de la putrefacción es el color verde que adquiere la piel en la *fosa ilíaca derecha*²⁰ llamada mancha verde abdominal.

El ácido sulfhídrico, producto de la descomposición, se combina con la hemoglobina²¹, formando sulfohemoglobina²², que es de color verde.

La mancha verde aparece al cabo de 24 a 36 horas de producido el fallecimiento, y que expande en todo el cadáver transcurrida una semana.

II) Periodo enfisematoso.

La cual se caracteriza por la formación de gases intestinales y aparición de la red venosa generalizada.

Presenta abombamiento del cadáver. Los gases se desarrollan también en el tejido celular subcutáneo, causando hinchazón en los labios, párpados, cuello, escroto y vulva, todo el cadáver aumenta su volumen.

Los órganos internos sufren el proceso de imbibición²³ y reblandecimiento. Los más resistentes son el corazón y el útero, en cambio, el cerebro y la médula son los primeros en destruirse.

III) Periodo colicuativo o de licuefacción.

Esta etapa se caracteriza por la formación de Ampollas y Desprendimiento de la Epidermis. Aquí el líquido de descomposición, de color rojo-violáceo, levanta en algunas partes a la epidermis, formando grandes ampollas, y en otras la desprende en colgajos.

²⁰ La fosa ilíaca derecha, o región inguinal derecha, contiene el apéndice, el ciego y la fosa ilíaca.

²¹ Pigmento rojo contenido en los hematíes de la sangre de los vertebrados, cuya función consiste en captar el oxígeno de los alveolos pulmonares y comunicarlo a los tejidos, y en tomar el dióxido de carbono de estos y transportarlo de nuevo a los pulmones para expulsarlo.

²² Es la hemoglobina sanguínea oxidada que se transforma en pigmento, es de coloración verdosa en presencia de aire.

²³ Desplazamiento de un fluido viscoso por otro fluido que no se puede mezclar con este.

IV) Periodo reductivo.

En esta etapa se observa la desaparición de partes blandas, quedando así, los huesos descamados y libres, los cuales se conservarán, descalcificarán o pulverizarán, según la influencia ambiental.

Putrefacción en cadáveres enterrados.

Dependiendo de si el cuerpo fue abandonado en la superficie o fue enterrado se pueden encontrar en dos disposiciones que podemos identificar fácilmente.

Por un lado los cuerpos abandonados en superficie presentan la característica de que al ir sufriendo la putrefacción, al no haber estructuras que los contengan, es frecuente encontrar el cráneo girado al descomponerse el cuello que lo sostenía en posición fija, las costillas pueden encontrarse caídas y la pelvis abierta además de que los huesos de manos y pies tiende a caer a la superficie.

En el caso de cuerpos enterrados observamos una situación diferente porque el cuerpo está contenido dentro de la tierra y al ir desapareciendo partes blandas empiezan a ser sustituidas por tierra que va penetrando en los espacios dejados por la misma de manera que va quedando fijado el esqueleto en su posición por la tierra que le sirve de sostén.

En estas situaciones se va a encontrar con sus relaciones anatómicas mejor conservadas que en un cuerpo abandonado en superficie.

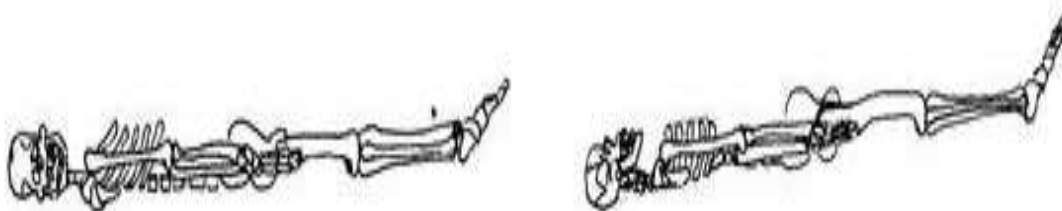


Figura 3: Diferencias entre un entierro a cielo abierto y en tierra.

Fuente: *Arqueología Forense.*

Fauna cadavérica.

Después de la muerte, un conjunto de insectos invaden sucesivamente un cadáver, favoreciendo su descomposición hasta llegar a la fase de reducción esquelética.

La mayoría de los autores considera que la fauna cadavérica comienza su tarea con la mosca doméstica o mosca común, la mosca verde o *Lucilia Caesar* y la mosca azul o *Calliphora Erythrocephala*.

Todas ellas inician el proceso entomológico depositando sus huevos en los orificios naturales, tales como el ángulo del ojo, debajo de los párpados, en la boca y en los restantes orificios húmedos del cuerpo.

Las diferentes generaciones, según la especie y conforme las condiciones medioambientales (calor y humedad), pueden ser determinadas entomológicamente.

Por ello, es posible determinar la data de muerte con el IPM (Intervalo Post Mortem)²⁴

Existen dos métodos para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte usando la evidencia de los insectos:

El primero utiliza la edad de las larvas y la tasa de desarrollo, mientras que el segundo método utiliza la sucesión de insectos en la descomposición del cuerpo.

Ambos métodos se pueden utilizar por separado o conjuntamente siempre dependiendo del tipo de restos que se estén estudiando.

Por lo general, en las primeras fases de la descomposición las estimaciones se basan en el estudio del crecimiento de una o dos especies de insectos, particularmente dípteros, mientras que en las fases más avanzadas se utiliza la composición y grado de crecimiento de la comunidad de artrópodos encontrada en el cuerpo y se compara con patrones conocidos de sucesión de fauna para el hábitat y condiciones más próximas.

²⁴ El IPM es la estimación de la fecha del deceso a partir de datos entomológicos. Se basa en la sucesión de las especies de insectos que participan en la descomposición del cuerpo.

Según Megnin, los insectos pueden agruparse en 4 grupos diferentes:

- I) **EL PRIMER GRUPO:** Es el de las especies necrófagas, y dura alrededor de tres o cuatro meses. Son principalmente *dípteros* (moscas) y *coleópteros* (escarabajos). Estos últimos por lo general aparecen más tarde, cuando la materia orgánica ha comenzado a secarse.
- II) **EL SEGUNDO GRUPO:** Corresponde a los insectos, cuyo alimento lo constituyen las especies *necrófagas*. Su importancia radica en que su acción depredadora puede modificar la tasa de crecimiento de las especies necrófagas y de esta forma tornar dificultoso su empleo para establecer el cronotanodiagnóstico. Dura tres o cuatro meses.
- III) **EL TERCER GRUPO:** Está integrado por especies que al mismo tiempo son *necrófagas* y depredadoras. Tal es el caso de la moscarda azul de cara blanca. Se extiende de cuatro a ocho meses. El cadáver se encuentra convertido en una verdadera papilla negruzca, líquida o semilíquida, con un olor fétido.
- IV) **EL CUARTO GRUPO:** Por último hacen su aparición los *acarianos*, que encuentran en el cadáver una extensión de su hábitat, y se prolonga por seis y doce meses.

Fenómenos de conservación cadavérica.

Dentro de los fenómenos cadavéricos alejados, también encontramos a los fenómenos de conservación cadavérica, la cual no es muy común pero pueden darse en algunos cadáveres de forma natural y siempre y cuando el ambiente disponga de las características necesarias para que se produzca.

Los procesos que conservan el cuerpo en buen estado son los siguientes:

Momificación.

La momificación es la desecación del cadáver por evaporación, y tiene lugar durante el primer año. El cadáver está reducido de tamaño con la piel retraída y pegado a la estructura ósea.

Para que este fenómeno tenga lugar, el medio debe tener temperaturas elevadas, aire seco y renovable, así como suelos porosos y secos.

Saponificación o Adipocira.

La saponificación o conservación adipocira es la transformación del tejido graso en jabón. Se produce en medios húmedos, como aguas estancadas y ausencia de ventilación, y se localiza en zonas del cuerpo ricas en grasa, como las mejillas o los glúteos.

Al transformarse el tejido graso en jabón sirve como una verdadera coraza protectora que retarda la destrucción del cuerpo.

Se produce siempre después de los tres o cuatro primeros meses, y se completa en un año o más.

Tanto en la momificación como en la saponificación se puede llegar a comprobar la existencia o inexistencia de violencia externa y también la identificación dactiloscópica.

CAPÍTULO IV. CLASIFICACIÓN DE LOS ENTIERROS.

Es de gran importancia mencionar los sistemas de enterramiento y su clasificación, ya que esto permitirá utilizar la terminología adecuada para la descripción formal del informe.

La descripción de los siguientes conceptos, van a estar basados en el artículo del profesor **Arturo Romano** ²⁵ sirvió como base para muchas de las generaciones de antropólogos físicos y arqueólogos para describir el sistema de enterramiento.

Dicho esto, para encuadrar el significado de un entierro es necesario saber primeramente del número de individuos, ya sea un único individuo o varios individuos que son contenidos en una misma fosa.

Otro concepto a tener en cuenta al hacer referencia a los entierros, es si éste es un entierro primario o secundario:

Entierro primario.

Aquel entierro donde se encuentra un cadáver de la misma forma que fue depositado en su tumba, es decir, que no fue movido. Generalmente, se encuentra el esqueleto con todas sus relaciones anatómicas y no es observable ningún tipo de tratamiento.

Entierro secundario.

Aquel entierro donde se encuentran huesos o segmentos anatómicos que fueron sepultados y después de un tiempo extraídos y depositados en otra parte.

Estos mismos se encuentran sin relación anatómica y frecuentemente se encuentran varios individuos mezclados en fosas.

²⁵ Arturo Romano Pacheco fue un antropólogo, catedrático, académico e investigador mexicano, especializado en antropología física. (29 de septiembre de 1921 - 16 de marzo de 2015)

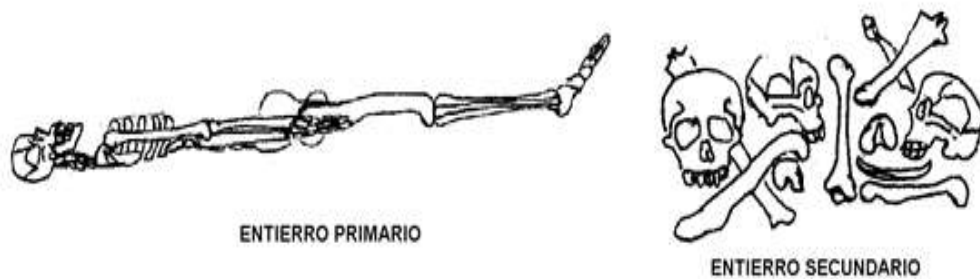


Figura 4: Diferencias entre el Entierro Primario y Secundario.

Fuente: *Arqueología Forense*.

En el entierro primario, se conservan las relaciones anatómicas. No se observan tratamientos o cortes, generalmente es un enterramiento individual.

Mientras que en el entierro secundario, presenta huesos aislados, sin relaciones anatómicas. Se puede observar pintura o huellas de cortes y desmembramiento. Con frecuencia, son varios individuos.

Otro de los conceptos fundamentales se basa en la INTEGRIDAD ya que en muchas ocasiones, las prácticas culturales implicaban que el cuerpo fuera mutilado y la cabeza enterrada en una parte mientras que el resto del cuerpo se acumulaban en otra parte diferente.

Por lo que se debe mencionar otra división de los sistemas de enterramiento: Los cuerpos completos, donde en el momento de la excavación, el cuerpo se encuentra íntegro, es decir que, deben encontrarse todos los huesos aunque pueden faltar algunos por intervención de fauna nociva o se hayan perdido dentro del proceso de exploración, recuperación y traslado.

Cuando se enterraban partes mutiladas del cuerpo se debe hacer referencia al término que se utiliza en medicina legal de: “segmentos corporales”.

Otra de las nociones a tener en cuenta, es si se tratase de un enterramiento directo o indirecto dependiendo de si está depositado directamente en la tierra o bien está depositado en una estructura especial como una tumba o fosa.

Enterramiento directo.

Puede tratarse de un entierro clandestino en donde al criminal solo le interesa ocultar el cuerpo lo más pronto posible y no le importa darle ningún tratamiento adicional que le haga perder tiempo.

Enterramiento en tumba o fosa.

Enterramiento en tumba o fosa: En este caso, hubo una atención especial que puede tratarse de un entierro antiguo o bien que se le dio sepultura con cierta calma en el caso de un sepelio.

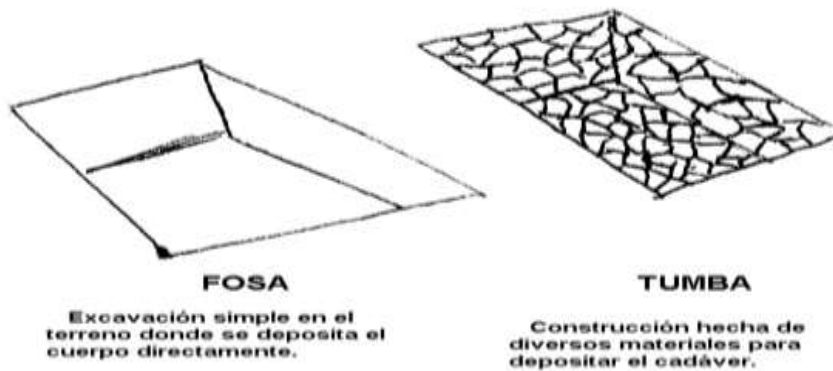


Figura 5: Diferencias entre Fosa y Tumba.

Fuente: *Arqueología Forense*.

Para la localización de una tumba, hay que buscar una depresión o levantamiento del terreno debido a que:

El cadáver se encuentra en la fase enfisematosa o en la fase de reducción esquelética, produciendo así una depresión del terreno.

O puede haberse producido por el propio peso de la tierra, la misma hubiera cedido.

En un movimiento de tierras reciente, si la misma no se encuentra compactada, va a provocar un levantamiento; y si el movimiento fuera antiguo, la dispersión inicial de la tierra sobrante y la posterior compactación provocara una depresión.

CAPÍTULO V. UTILIZACIÓN DEL CERDO BLANCO.

La determinación del tiempo de muerte es importante en las investigaciones de homicidios y otras muertes inoportunas, ya que pueden ayudar a la identificación del criminal y de la víctima, además de descartar sospechosos.

A través de la evidencia de los artrópodos, se puede estimar el IPM, mencionado en líneas anteriores. En base a esto, por lo general, en las primeras fases de descomposición, las estimaciones se basan en el estudio del crecimiento de las especies de insectos, prestándole atención en particular: a los dípteros. Mientras que en fases más avanzadas se utiliza la composición y el conocimiento de un campo más amplio de artrópodos, encontrados en el cuerpo.

Se ha llegado a estudiar distintos patrones de sucesión de fauna cadavérica en diversos animales para comprobar sus efectos, ya sea en: pollos, gatos, perros, ratones, conejos y en los propios humanos.

Sin embargo, los cadáveres que son pequeños o muy grandes, se caracterizan por una descomposición rápida y prolongada, variando el efecto de la tasa de descomposición y en la sucesión de los insectos.

Es por ello, que el modelo clásico a utilizar para el estudio de los fenómenos de descomposición cadavérica y la fauna interviniente es el: cerdo blanco (*Sus scrofa*), ya que está adecuado para el estudio que se asemeja al humano, tanto en: cantidad de vello, tamaño del torso, fauna intestinal, hábitos alimenticios y procesos de descomposición.

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

La utilización del óxido de calcio sirve como un método de conservación de los tejidos blandos en un cadáver enterrado.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

Zona de estudio.

La experimentación se realizó en la zona de Chapadmalal, el clima del lugar es templado con una temperatura media en invierno de 12 °C a 14 °C y en verano es de 23 °C a 27 °C. Ubicado sobre la Costa Atlántica, a 23 Km. de Mar del Plata, situado en el sur del partido de General Pueyrredón. Posee una gran variedad de fauna y flora autóctona. Dicha experimentación se realizó a 150 metros del mar aproximadamente.

Desarrollo del experimento.

La misma tuvo desarrollo en el mes de enero del año 2018.

Se emplearon como modelo dos ejemplares de cabezas de cerdo blanco (*Sus scrofa*) de 5,2kg de peso.

Estas mismas fueron enterradas, una en cal y otra en tierra, a una profundidad de 50 centímetros, cercanas una a la otra, se colocaron en posición lateral dentro de una jaula diseñada para tal efecto.

Transcurridos 31 días se procedió a su desentierro para la observación de los fenómenos acontecidos por el óxido de calcio.

Diseño de la jaula.

La jaula estaba constituida por una estructura de tejido hexagonal, con la finalidad de proteger a los cerdos de animales carroñeros, la misma fue fijada al suelo para evitar que ésta fuera desplazada.

Dicha jaula contaba con las siguientes características, 60 cm de ancho, 120cm de largo y una profundidad de unos 50cm.

Cabezas de cerdo.

Denominaremos "Cerdo A", a aquella cabeza a la cual se le colocó óxido de calcio, mientras que "Cerdo B" es aquella cabeza enterrada en condiciones normales.

Para el entierro, se utilizaron dos bolsas de cal de 4kg cada una, se colocaron 4kg de cal por debajo de la cabeza y por encima se terminó colocando los 4kg de cal restantes, de modo que quede completamente cubierta, para finalizar se terminó rellenando con tierra por encima de modo que quedara aislada de los fenómenos producidos en la intemperie.

Justificación de la época del entierro.

La experimentación se efectuó en la época de verano, precisamente en el mes de enero, debido al incremento de la temperatura.

Se considera que el factor externo principal es la temperatura, dependiendo de este parámetro, varía la actividad metabólica de los gusanos.

Los gusanos van a desarrollarse más lentos a temperaturas más bajas, en cambio a temperatura más altas van a desarrollarse más rápido.

El entierro aísla al cadáver de muchos insectos que tienen un efecto profundo en la descomposición. La colonización de insectos en un cadáver enterrado va a depender del tipo de suelo, la permeabilidad de los olores y la facilidad con la cual los insectos puedan moverse.

RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS.

Durante el proceso, se registró la temperatura diariamente en cuatro horarios definidos: a las 9:00am, 12:00pm, 17:00pm y 22:00pm.

Se elaboró una tabla con los datos de la temperatura ambiental, de la temperatura de las cabezas, de la temperatura de la tierra y de la temperatura a un radio cercano a la experimentación, tomando a esta última como temperatura “testigo” o de referencia para tener en cuenta la variación de temperatura. (Obsérvese en la página 39)

Se describió la actividad entomológica presente en el lugar, la cual fue ínfima a simple vista durante los primeros días y presentó una fuerte actividad en el lugar a partir del día 10, avistándose la presencia de moscas, específicamente de la mosca verde (*Phaenicia*) y la mosca azul (*Calliphora*).

Al cumplir el ciclo de 31 días de la experimentación, se procedió a desenterrar las cabezas, describiendo los fenómenos que presentan las mismas.

Cerdo A.

La cabeza a la cual se le intercaló óxido de calcio, presentó un estado bastante conservado con respecto a sus tejidos blandos. Se registró el aspecto que presentaba la piel, exhibiendo así una decoloración marrón y un desecamiento de la misma.

La piel presentó integridad, se pudo observar la conservación de la órbita ocular, la preservación de las orejas las cuales se encontraban en buenas condiciones y su hocico seguía estando definido.

En el interior de la cavidad oral, presentó un reblandecimiento de los tejidos blandos, se encontraba en estado colicuvativo, observándose un aspecto cremoso.

En cuanto a la fauna cadavérica, presentó una escasa presencia de artrópodos.

Cerdo B.

La cabeza de cerdo enterrada en condiciones normales, presentó un avanzado estado de descomposición de los tejidos blandos y esqueletización. Externamente se observó una consistencia cremosa y amarillenta proveniente de sus tejidos.

Se detalló una fuerte presencia de artrópodos en la cabeza y en los alrededores del lugar de entierro.

En comparación, la cabeza de cerdo "A" manifestaba un mejor estado de conservación de los tejidos blandos respecto a la cabeza de cerdo "B", la cual ésta última se encontraba en un avanzado estado de descomposición avanzado, exhibiendo un estado de licuefacción y degradación de sus tejidos blandos.

ANÁLISIS DE DATOS Y GRÁFICOS.

Una vez concluido el análisis externo de las cabezas para llevar a cabo la experimentación, se procedió a completar los instrumentos de recolección de datos con los datos obtenidos. Dichos instrumentos consisten en unas planillas con fotografías del antes y después con sus modificaciones y sus respectivas descripciones.



Imagen ilustrativa N°1: Estado en el que se encontraban las cabezas de cerdo antes de comenzar la experimentación.

Se procedió a la excavación para el lugar de enterramiento de las cabezas, contando con las siguientes características: 60 centímetros de ancho, 120 centímetros de largo y una profundidad de unos 50 centímetros, las mismas corresponden a la medida de la jaula de tejido hexagonal mencionada anteriormente. Mediante una tabla de madera se separaron dichas cabezas para que las mismas quedaran aisladas una de la otra.



Imagen ilustrativa N°2: Se realizó la excavación para el enterramiento. A la izquierda de la fotografía se colocó la cabeza de “cerdo A” mientras que a la derecha, la cabeza de “cerdo B”.

En el sector izquierdo, se procedió a realizar una oquedad para que ambas cabezas quedaran niveladas a la misma altura al interponer el óxido de calcio y evitar el desbalance.

En dicha cavidad, se colocaron 4kg de óxido de calcio y posteriormente se ubicó la cabeza de cerdo por encima, finalmente se le agregó los otros 4kg de óxido de calcio para cubrirla y así separarla de tener contacto con la tierra.

Finalmente se terminó colocando tierra por encima para aislarla de la intemperie.



Imagen ilustrativa N°3: Se situaron las cabezas relativamente separadas una a la otra. A la cabeza de cerdo ubicada en el sector izquierdo, se le intercaló óxido de calcio por debajo y por encima hasta cubrirla, mientras que la cabeza ubicada en el sector derecho se encontraba enterrada solamente en tierra.



Imagen ilustrativa N°4: Las cabezas de cerdo se terminaron cubriendo en su respectivo medio, asilándose de los factores externos de la intemperie.



Imagen ilustrativa N°5: Se colocó la jaula de tejido hexagonal y por último se procedió a cubrir completamente con tierra.



Imagen ilustrativa N°6: Días posteriores al entierro, así se hallaba la actividad de la vegetación en el lugar.

Transcurridos 31 días del comienzo de la experimentación, se procedió al desentierro de dichas cabezas de cerdo, utilizándose para ello una pala, espátula y guantes, obteniendo fotografías de todo el proceso, describiendo así las modificaciones mencionadas anteriormente.

OBTENCIÓN DE RESULTADOS.

Cabeza de Cerdo A.



Imagen ilustrativa N°7: Se observó sus tejidos blandos en buenas condiciones en general, presentando la órbita ocular preservada, un trozo de su oreja y su hocico definido.



Imagen ilustrativa N°8: Se percibieron los tejidos deshidratados, con un leve tono marrón.

Cabeza de Cerdo B.



Imagen ilustrativa N°9: Presentó un deterioro evidente de sus tejidos blandos a simple vista, observándose la separación del maxilar superior del inferior. Presentando una sustancia blanquecina de una consistencia cremosa proveniente del estado avanzado de descomposición en el cual se encontraba.



Imagen ilustrativa N°10: Maxilar inferior de la cabeza de cerdo B.



Imagen ilustrativa N°11: Restos de los tejidos blandos que se encontraron en el lugar del desentierro.

TABLAS DE TEMPERATURA.

Tabla I: Temperatura 9:00AM.

Se elaboró una tabla con la temperatura tomada a las 9:00 am, desde el día 5 de enero hasta el lunes 5 de febrero del año 2018.

La temperatura se tomó con un termómetro digital de acero inoxidable modelo TP 101, registrando como referencia la temperatura ambiental; la temperatura de las cabezas de cerdo, las cuales se tomó clavando el termómetro en la tierra y por último se tomó la temperatura denominada "testigo", que es la temperatura de la tierra tomada a un radio cercano a 30 centímetros del lugar de enterramiento de las cabezas.

Días	Cerdo A	Cerdo B	Ambiental	Testigo.
1	35,1 °C	31,1 °C	29,1 °C	19,6 °C
2	35,9 °C	33,6 °C	30,4 °C	20,5 °C
3	24,3 °C	27,9 °C	23,9 °C	19,8 °C
4	24,1 °C	25 °C	24,3 °C	19,8 °C
5	20,1 °C	21,5 °C	20,8 °C	20,9 °C
6	22,7 °C	22,8 °C	21,6 °C	21,8 °C
7	22,3 °C	23,1 °C	20,8 °C	21,1 °C
8	28,5 °C	25 °C	30,3 °C	22,5 °C
9	30,8 °C	31,3 °C	33,5 °C	23,9 °C
10	25,3 °C	25,8 °C	26,3 °C	22,8 °C
11	25,3 °C	23,8 °C	19,5 °C	21,1 °C
12	30,9 °C	30,8 °C	26,3 °C	18,2 °C
13	29,6 °C	29,2 °C	27,7 °C	21,4 °C
14	26,3 °C	28,2 °C	26,2 °C	19,5 °C
15	28,5 °C	29,7 °C	30,2 °C	23,8 °C
16	29,6 °C	27,9 °C	22,4 °C	21,7 °C
17	28,8 °C	26,7 °C	28,2 °C	21,3 °C
18	33,2 °C	29,8 °C	33,2 °C	21,7 °C

19	24,9 °C	23,3 °C	18,3 °C	19,8 °C
20	26,9 °C	24 °C	24,3 °C	18,5 °C
21	34,3 °C	26,6 °C	28,5 °C	19,7 °C
22	34,6 °C	27,6 °C	29,5 °C	19,9 °C
23	33,2 °C	30,2 °C	28 °C	23,5 °C
24	35,3 °C	29,5 °C	30,7 °C	19,8 °C
25	33 °C	29,2 °C	28,4 °C	22,8 °C
26	29,8 °C	26,5 °C	25,2 °C	20,3 °C
27	31,3 °C	28,7 °C	27,2 °C	23 °C
28	30,8 °C	26,5 °C	24,9 °C	21,2 °C
29	29,3 °C	23,8 °C	33 °C	18,6 °C
30	21 °C	21,3 °C	23,3 °C	19,7 °C
31	22,1 °C	21,4 °C	25,3 °C	19,9 °C

Tabla II: Temperatura 12:00PM.

Se elaboró una tabla con la temperatura tomada a las 12:00pm, desde el día 5 de enero hasta el lunes 5 de febrero del año 2018.

La temperatura se tomó con un termómetro digital de acero inoxidable modelo TP 101, repitiéndose la toma de la temperatura en las zonas anteriormente mencionadas.

Días	Cerdo A	Cerdo B	Ambiental	Testigo
1	24,1 °C	21,6 °C	28,4 °C	21,4 °C
2	29,5 °C	26,6 °C	29,4 °C	21,5 °C
3	31,4 °C	30,3 °C	38,5 °C	23,4 °C
4	39,5 °C	31,1 °C	27 °C	22,9 °C
5	24,1 °C	25,4 °C	26,6 °C	21,5 °C
6	27,6 °C	27,5 °C	23,9 °C	21,5 °C
7	27,9 °C	28,2 °C	23,5 °C	22,6 °C

8	28,8 °C	29,8 °C	36,5 °C	26,6 °C
9	30,1 °C	31,8 °C	29 °C	26,5 °C
10	30,2 °C	32,2 °C	26,9 °C	24,5 °C
11	28,9 °C	29,5 °C	23,4 °C	19,8 °C
12	35,3 °C	37,2 °C	32,3 °C	24,8 °C
13	32,3 °C	37,2 °C	32,3 °C	24,8 °C
14	39,8 °C	41,1 °C	36,3 °C	25,2 °C
15	30,6 °C	30,3 °C	24 °C	21,6 °C
16	44,5 °C	44,2 °C	36,2 °C	26,3 °C
17	39,9 °C	40,3 °C	28 °C	27,4 °C
18	25,9 °C	21,2 °C	17,4 °C	19,8 °C
19	38,5 °C	32,2 °C	28,4 °C	23,7 °C
20	45,6 °C	34,1 °C	31,4 °C	24,3 °C
21	39,9 °C	41 °C	51 °C	22,6 °C
22	41,3 °C	42,2 °C	38,8 °C	23,5 °C
23	40,7 °C	35,3 °C	35,6 °C	23,8 °C
24	41,3 °C	36 °C	36,2 °C	24,1 °C
25	39,8 °C	34,3 °C	32,1 °C	23,4 °C
26	41,5 °C	35,6 °C	35,1 °C	23,8 °C
27	42,7 °C	34,1 °C	34,5 °C	23,4 °C
28	39,2 °C	32,3 °C	36,9 °C	22,9 °C
29	37,4 °C	39,2 °C	35,1 °C	22,5 °C
30	35,6 °C	36,9 °C	30,5 °C	23,7 °C
31	34,9 °C	35,8 °C	29,2 °C	22,4 °C

Tabla III: Temperatura 17:00PM.

Se elaboró una tabla con la temperatura tomada a las 17:00pm, desde el día 5 de enero hasta el lunes 5 de febrero del año 2018.

La temperatura se tomó con un termómetro digital de acero inoxidable modelo TP 101, repitiéndose el mismo procedimiento para la toma de la temperatura en las zonas mencionadas anteriormente.

Días	Cerdo A	Cerdo B	Ambiental	Testigo
1	28,2 °C	25,2 °C	25,7 °C	21,5 °C
2	29,7 °C	28,8 °C	22,1 °C	22,5 °C
3	30,1 °C	29,6 °C	21,5 °C	23,9 °C
4	24,2 °C	26,1 °C	20,5 °C	22 °C
5	26,1 °C	27,8 °C	23,9 °C	22,8 °C
6	25,1 °C	26,3 °C	22,4 °C	21,9 °C
7	26,8 °C	26,3 °C	25,7 °C	22,1 °C
8	26,2 °C	27,1 °C	22,4 °C	21,9 °C
9	29,8 °C	30,5 °C	26,8 °C	28,1 °C
10	30,6 °C	32,8 °C	23,6 °C	26,2 °C
11	34,5 °C	36 °C	28,2 °C	23,1 °C
12	26,1 °C	27,6 °C	16,6 °C	18,7 °C
13	25,2 °C	26,9 °C	18,3 °C	17,9 °C
14	32,6 °C	25,3 °C	22,1 °C	21 °C
15	33,7 °C	36,6 °C	29,5 °C	24,9 °C
16	32,7 °C	36,6 °C	29,5 °C	24,9 °C
17	35,2 °C	37,9 °C	29,3 °C	23,2 °C
18	36,6 °C	38,2 °C	29 °C	25,2 °C
19	30,7 °C	32,8 °C	20,1 °C	23,2 °C
20	37,5 °C	32,8 °C	20,1 °C	23,2 °C
21	38,2 °C	35,8 °C	25,6 °C	24,2 °C
22	24,7 °C	23 °C	17,2 °C	18,5 °C

23	30,4 °C	28,9 °C	25,8 °C	22,4 °C
24	32,9 °C	29 °C	25 °C	21,9 °C
25	41,8 °C	42,3 °C	54 °C	23,8 °C
26	35,1 °C	34,5 °C	30,5 °C	25,1 °C
27	34,9 °C	34,2 °C	30,1 °C	24,3 °C
28	34,3 °C	35,1 °C	29,3 °C	23,8 °C
29	33,4 °C	34,2 °C	28,7 °C	22,9 °C
30	29,8 °C	30,4 °C	26,7 °C	21,6 °C
31	29,6 °C	30,2 °C	25,3 °C	22,3 °C

Tabla IV: Temperatura 22:00PM.

Se elaboró una tabla con la temperatura tomada a las 22:00pm, desde el día 5 de enero hasta el lunes 5 de febrero del año 2018.

La temperatura se tomó con un termómetro digital de acero inoxidable modelo TP 101, repitiéndose la toma de la temperatura en las zonas mencionadas anteriormente.

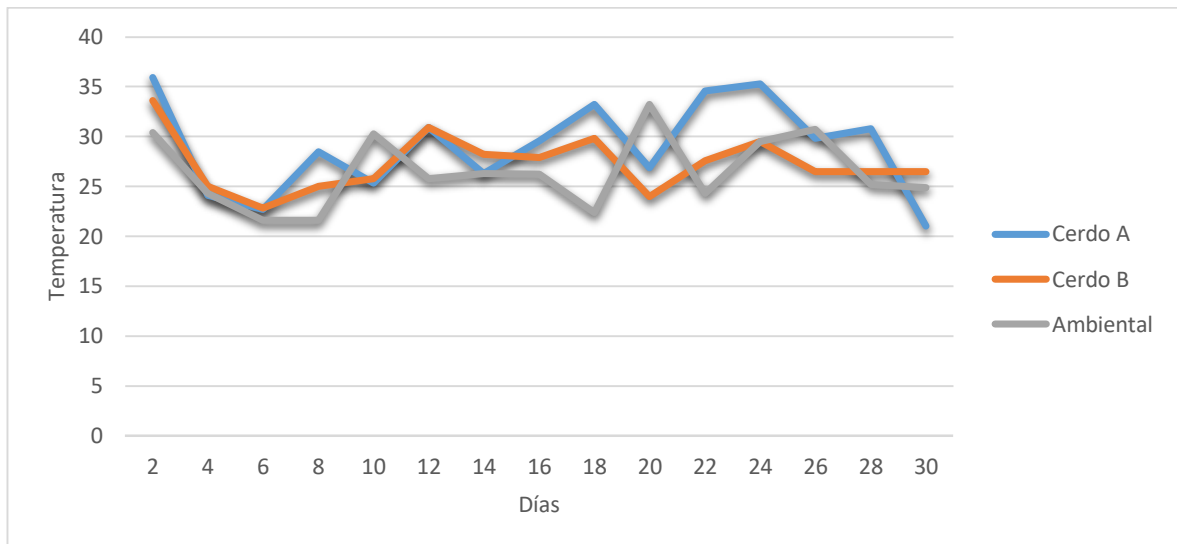
Días	Cerdo A	Cerdo B	Ambiental	Testigo
1	25,5 °C	22,5 °C	19,8 °C	20,4 °C
2	25,6 °C	24,5 °C	19,1 °C	21,5 °C
3	25,9 °C	25,6 °C	18,7 °C	22,1 °C
4	26,8 °C	26,7 °C	18,9 °C	22,4 °C
5	26,1 °C	25,9 °C	18,6 °C	22,3 °C
6	24,2 °C	26,1 °C	18,1 °C	22 °C
7	25 °C	24,2 °C	22,1 °C	22,8 °C
8	24,3 °C	26 °C	21,3 °C	21,9 °C
9	24,9 °C	25,1 °C	23,9 °C	23,1 °C
10	23,1 °C	24,1 °C	22,8 °C	22 °C
11	24,9 °C	25,3 °C	19,1 °C	22,3 °C

12	26,2 °C	26,6 °C	24,2 °C	23,4 °C
13	26,1 °C	27,1 °C	22,1 °C	24,7 °C
14	29,1 °C	28,1 °C	21,3 °C	25,5 °C
15	25,1 °C	29,3 °C	20,4 °C	21,9 °C
16	21,1 °C	29,3 °C	18,2 °C	19,7 °C
17	23,2 °C	25,7 °C	19,2 °C	19,1 °C
18	28 °C	29,3 °C	23 °C	22,9 °C
19	36,6 °C	38,2 °C	24,6 °C	25,1 °C
20	30,9 °C	26,7 °C	18,2 °C	20,6 °C
21	29,8 °C	27,2 °C	18 °C	19,2 °C
22	28,3 °C	27,8 °C	19,4 °C	22,9 °C
23	29,2 °C	27,2 °C	18,8 °C	21,7 °C
24	24,1 °C	25 °C	19 °C	19,2 °C
25	24,2 °C	24,6 °C	19,8 °C	19,1 °C
26	32,9 °C	29 °C	19,4 °C	19,8 °C
27	28,4 °C	28,9 °C	22,1 °C	21,9 °C
28	27,3 °C	26,4 °C	24,8 °C	19,8 °C
29	26,2 °C	27,4 °C	23,9 °C	19,6 °C
30	25,3 °C	27,5 °C	20,8 °C	19,7 °C
31	24,2 °C	26,9 °C	22,1 °C	19,7 °C

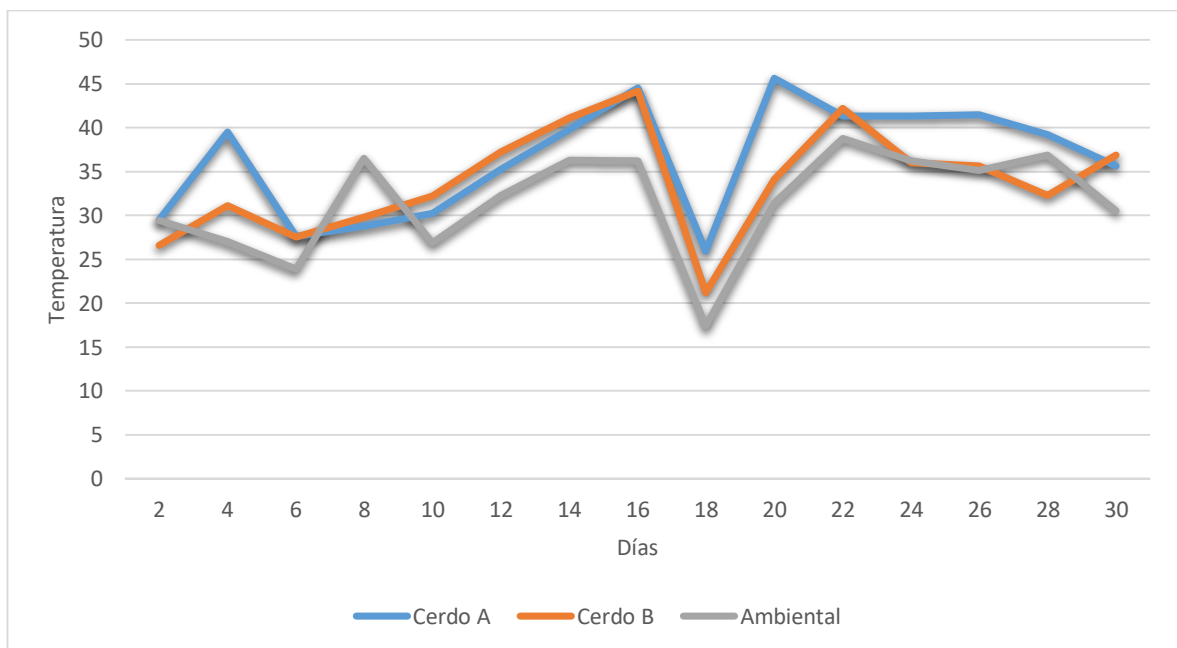
GRÁFICOS.

Se elaboraron cuatro gráficos donde se dejan expuestas las variaciones de la temperatura mediante curvas.

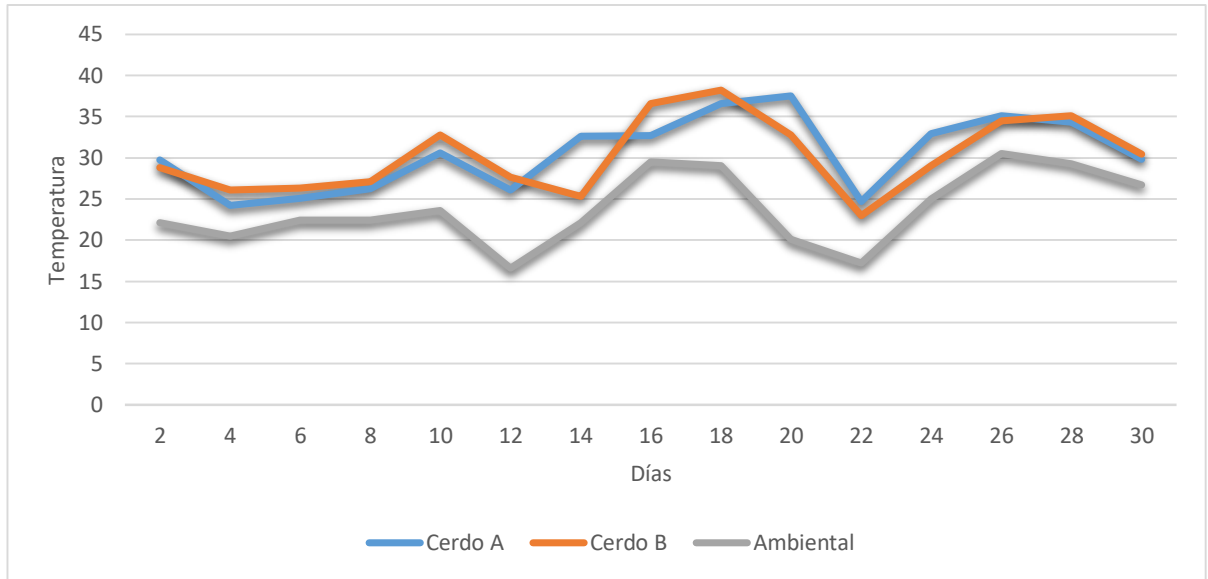
Temperatura tomada a las 9:00AM.



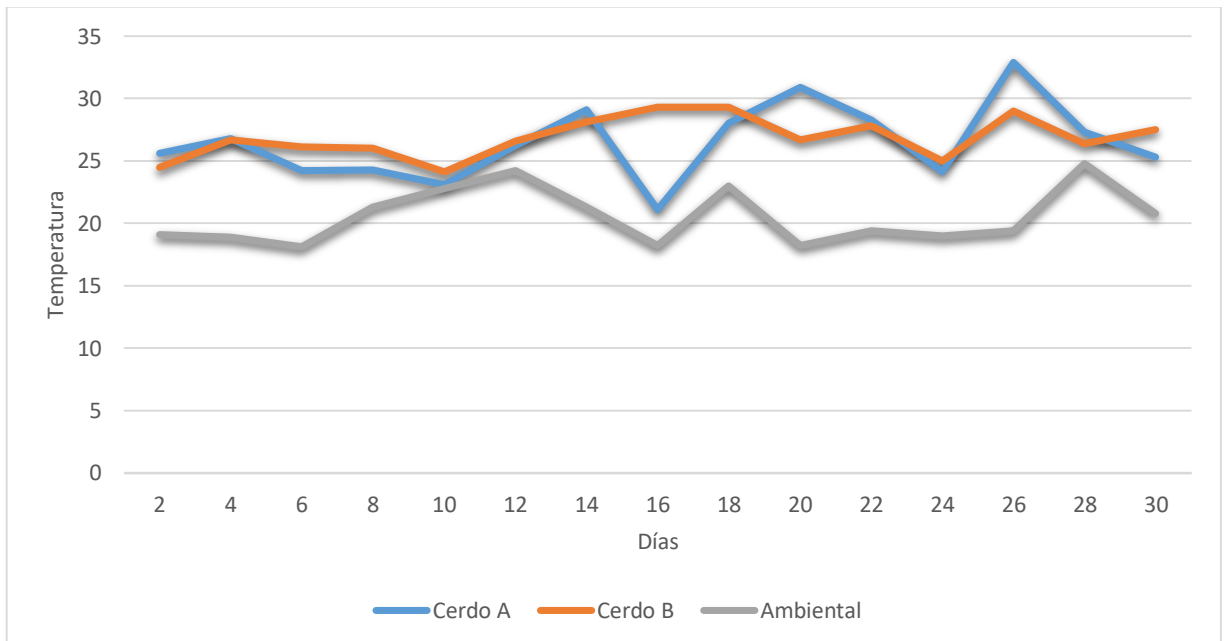
Temperatura tomada a las 12:00PM.



Temperatura tomada a las 17:00PM.



Temperatura tomada a las 22:00PM.



En los gráficos se puede observar picos debido al incremento de la temperatura y descensos pronunciados de la misma, éste último puede ser producto por un descenso significativo de la temperatura debido a la presencia de lluvia durante la experimentación.

Estos días de lluvia se exhiben en la siguiente tabla, indicando mediante colores la intensidad de la misma.

Tabla con los días de lluvia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Indicadores mediante colores.

- ⇒ Llovizna leve, indicándose con el color amarillo.
- ⇒ Lluvia intermitente durante el transcurso del día, marcándose con el color naranja.
- ⇒ Lluvia intensa, definiéndose mediante el color rojo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Durante los primeros días se observó una diferencia de temperatura entre la cabeza de cerdo A y B. Se detectó un incremento de la temperatura durante los primeros días en la cabeza B, mientras que la cabeza A se mantuvo estable en el tiempo pero estos datos cambiaron al final de la experimentación, en la cual se observaron temperaturas más elevadas en la cabeza A con respecto a la cabeza B. Estos cambios de temperatura se deben a los cambios de putrefacción provocados por los microbios.

La cabeza de cerdo B mantuvo una diferencia superior de temperatura respecto a la cabeza A, en la cual a partir del día 18, se puede observar que estos datos se revierten, disminuyendo así la temperatura de la cabeza B e incrementando la temperatura de la cabeza A, presentando una diferencia de hasta 3°C a 4°C en promedio con respecto a la cabeza B.

Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales producen grandes variaciones específicas en el patrón regular de los fenómenos cadavéricos, en el presente estudio se presentaron temperaturas elevadas en el mes de la experimentación.

Estas características permitieron que el cadáver en tierra comenzara con el período de putrefacción y se intensificara en los primeros días, sin embargo, el cadáver con cal, presentó diferencias en el patrón natural de los fenómenos cadavéricos, presentando una conservación de sus tejidos. Se pudo observar que el óxido de calcio es un gran conservador y aislante de la fauna entomológica por ende, éste produjo, en gran parte, la conservación los tejidos blandos.

La licuefacción de los tejidos se instauró más rápido en el cadáver en tierra, mientras que en el cadáver con óxido de calcio se observa un retardo en su descomposición pero esto no quiere decir que no exista putrefacción en su totalidad sino que la atrasa en el tiempo. Por ende, la cal retarda el estado de descomposición en un principio, pero de todas formas se desencadena a lo largo del tiempo, demostrándose así tal efecto debido al incremento de la temperatura en el transcurso de los últimos días de la experimentación.

CONCLUSIONES.

Se realizó ésta investigación con el fin de observar los efectos a corto plazo de la cal, proporcionando una valiosa información sobre los efectos de la conservación producto del óxido de calcio en los cadáveres de cerdos enterrados como análogos humanos.

El enfoque de los objetivos principales de este trabajo, se centró en el análisis de los efectos que produce la cal viva sobre el tejido del cadáver, los resultados mostraron que la cal retarda la tasa de descomposición si se encuentra presente en un ambiente de entierro.

Es evidente, a simple vista, que la cabeza de cerdo con cal se encontró en mejor estado de conservación respecto a la cabeza de cerdo sin cal, por ende puede aseverarse que el óxido de calcio sirve como barrera, tanto para mantener alejada a la fauna cadavérica, como para retardar los efectos de putrefacción en el tiempo, pero esto no quiere decir que no se desencadene a largo plazo.

El óxido de calcio, en un principio, anuló parcialmente los efectos del entorno general del suelo, restringiendo así la liberación de compuestos orgánicos volátiles cadavéricos y por lo tanto, atrajo a menos insectos, teniendo en cuenta que además se encontraba aislado al estar enterrado.

Se detectó a lo largo de los días el incremento de la temperatura en la cabeza con óxido de calcio, precisamente aumentando la misma en los últimos días finales a la experimentación, pudiéndose observar que se produjo la aceleración de la putrefacción ocasionada por el efecto exotérmico de la cal, alcanzando temperaturas de hasta 41,8°C lo que crea un entorno ideal para las bacterias, alentando el cambio putrefacto.

El análisis extrínseco reveló que los tejidos blandos que se encontraban mejor conservados, eran aquellos que se encontraban con cal, en comparación con la cabeza enterrada en un medio normal. Se determinó que la cal viva posee efectos desecantes, debido a que la piel se encontraba deshidratada y de una coloración marrón.

Se debe tener en cuenta, que para dicha experimentación solo se utilizó la cabeza de cerdo, es decir, un trozo de tejido, por lo tanto, para la deshidratación de un cadáver entero, el proceso va a ser más complejo teniendo en cuenta los órganos internos, su

abundante fauna microbiana y el volumen que éste presente, por ende va a requerir de otros tiempos para que se produzcan tales efectos.

Con respecto al trabajo experimental realizado por Francisco Etxeberria en el año 2016 en España, se observaron similitudes, teniendo en cuenta la diferencia de las condiciones geográficas y de la vegetación presente en el lugar, obteniendo como resultado en ambos casos, la conservación de los tejidos blandos.

Por lo mencionado anteriormente y la interpretación de los resultados obtenidos durante la experimentación, se logra responder la hipótesis de investigación planteada de manera afirmativa, de modo que se obtuvo la conservación de los tejidos blandos producto de óxido de calcio.

Los objetivos fueron cumplidos en su totalidad y de manera exitosa, las diferencias entre ambos porcinos, producto del óxido de calcio, pudo ser observado al concluir la investigación, dando resultados de gran interés criminalístico y de fácil observación sin tener que recurrir a exámenes intrínsecos y de elevado costo. Estas observaciones tienen un impacto potencial en los restos humanos enterrados con cal y las consideraciones sobre el intervalo post-mortem.

Esta investigación promueve información útil y de interés para el área forense, como para antropólogos, arqueólogos, y aquellos interesados en los efectos producidos por el óxido de calcio en cadáveres o restos humanos enterrados.

En base a las características descritas y plasmadas a lo largo de la investigación, se espera que dicho trabajo contribuya para futuras investigaciones, permitiendo desarrollar dicha tarea sin la dificultad que plantea la escasa información ante un hecho criminal de esta índole. Así mismo, se recomienda seguir investigando para poder ampliar la bibliografía y contribuir con información en distintos espacios geográficos y en diferentes estaciones para que de esta manera se pueda plantear la extrapolación de los resultados obtenidos a cadáveres humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

LIBROS:

DI MAIO V.J.M, DANA S.E (2003). *Manual de Patología Forense*. Madrid. Ediciones Díaz de Santos S.A.

PATITÓ, José Ángel (2000), *Medicina Legal*. Buenos Aires: Ediciones Centro Norte.

RAFFO, Osvaldo Hugo (1993), *La Muerte Violenta*, Buenos Aires. Editorial Universidad.

RAFFO, Osvaldo Hugo (2006), *Tanatología*, Buenos Aires. Editorial Universidad.

PUBLICACIONES EN INTERNET.

CASTELLO, Ana (2014). *La entomología como ciencia forense: desde Sung Tz'u a las Granjas de los Cuerpos*. Unidad Docente de Medicina Legal, Universidad de Valencia, España. Recuperado en: https://www.uv.es/GICF/3R2_Castello_GICF_10.pdf

EXTEBERRIA, Francisco (1993). *Aspectos Macroscópicos del hueso sometido al fuego*. Revisión de las cremaciones descritas en el País Vasco desde la Arqueología. Recuperado en: <http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/1994111116AA.pdf>

FLORES PEREZ, Leonardo Robert (2009). *Sucesion de entomofauna cadavérica utilizando como biomodelo cerdo blanco*. Trabajo de grado en: Doctor en ciencias. Montecillo, Mexico. Recuperado en: http://www.cm.colpos.mx/2010/images/tesis_entomologia/tesis_sucesion.pdf

MAGAÑA, La entomología forense y su aplicación médico legal (2001). Data de la muerte. Laboratorio de Antropología, Instituto anatómico forense, Madrid. Recuperado en: <http://entomologia.rediris.es/aracnet/7/06forense/>

MARTINEZ Daniela Fernández (2013). *Estudio experimental de los efectos de la congelación – descongelación en el proceso de descomposición usando como biomodelo cerdo blanco (Sus Scrofa l.).* Trabajo de Grado para optar el título de antropología, Facultad de ciencias sociales y humanas, Universidad de Antioquia, Medellín. Recuperado en: [MartinezDaniela_estudioexperimentaldefectoscongelaciondescongelacionprocesodescomposicionusandobiomodelocerdoblanco.pdf](#)

OLIVA Adriana – PENELA Sebastián (2014). *Entomología Forense: La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses.* Buenos Aires. Recuperado en:

https://produccion-animal.com.ar/veterinaria_forense/34-entomologia_forense.pdf

SCHOTSMANS Eline M.J (2014). Short-term effects of hydrated lime and quicklime on the decay of human remains using pig cadavers as human body analogues: Laboratory experiments. United Kingdom.

Recuperado en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24513401>

SUSINI & BAUD (1988). *Identification d'un traitement thermique des os Préhistoriques humains.* Paris. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/278303019_Identification_d%27un_traitement_thermique_des_os_prehistoriques_humains

IMÁGENES.

Figura 1, página 15. Curva de enfriamiento cadavérico por Marshall y Hoare. PEÑA, José Antonio (2019). Fenómenos cadavéricos y el tanatocronodiagnóstico. Recuperado en: https://www.uv.es/gicf/3R1_Pen%CC%83a_GICF_31.p

Figura 2, página 15. Regla de Glaister. PEÑA, José Antonio (2019). Fenómenos cadavéricos y el tanatocronodiagnóstico. Recuperado en: https://www.uv.es/gicf/3R1_Pen%CC%83a_GICF_31.p

Figura 3, página 20. Diferencias entre un entierro a cielo abierto y en tierra. MANRIQUE ETERNOD, Rodrigo (2011). Arqueología Forense. Recuperado en: <https://www.monografias.com/trabajos89/arqueologia-forense/arqueologia-forense.shtml>

Figura 4, página 25. Diferencias entre el Entierro Primario y Secundario. MANRIQUE ETERNOD, Rodrigo (2011). Arqueología Forense. Recuperado en: <https://www.monografias.com/trabajos89/arqueologia-forense/arqueologia-forense.shtml>

Figura 5, página 26. Diferencias entre Fosa y Tumba. MANRIQUE ETERNOD, Rodrigo (2011). Arqueología Forense. Recuperado en: <https://www.monografias.com/trabajos89/arqueologia-forense/arqueologia-forense.shtml>