



**Procesos de descomposición en restos
enterrados a baja profundidad en el Valle del
Maipo, Región Metropolitana, Chile**

Una aproximación Tafonómica y Entomológica

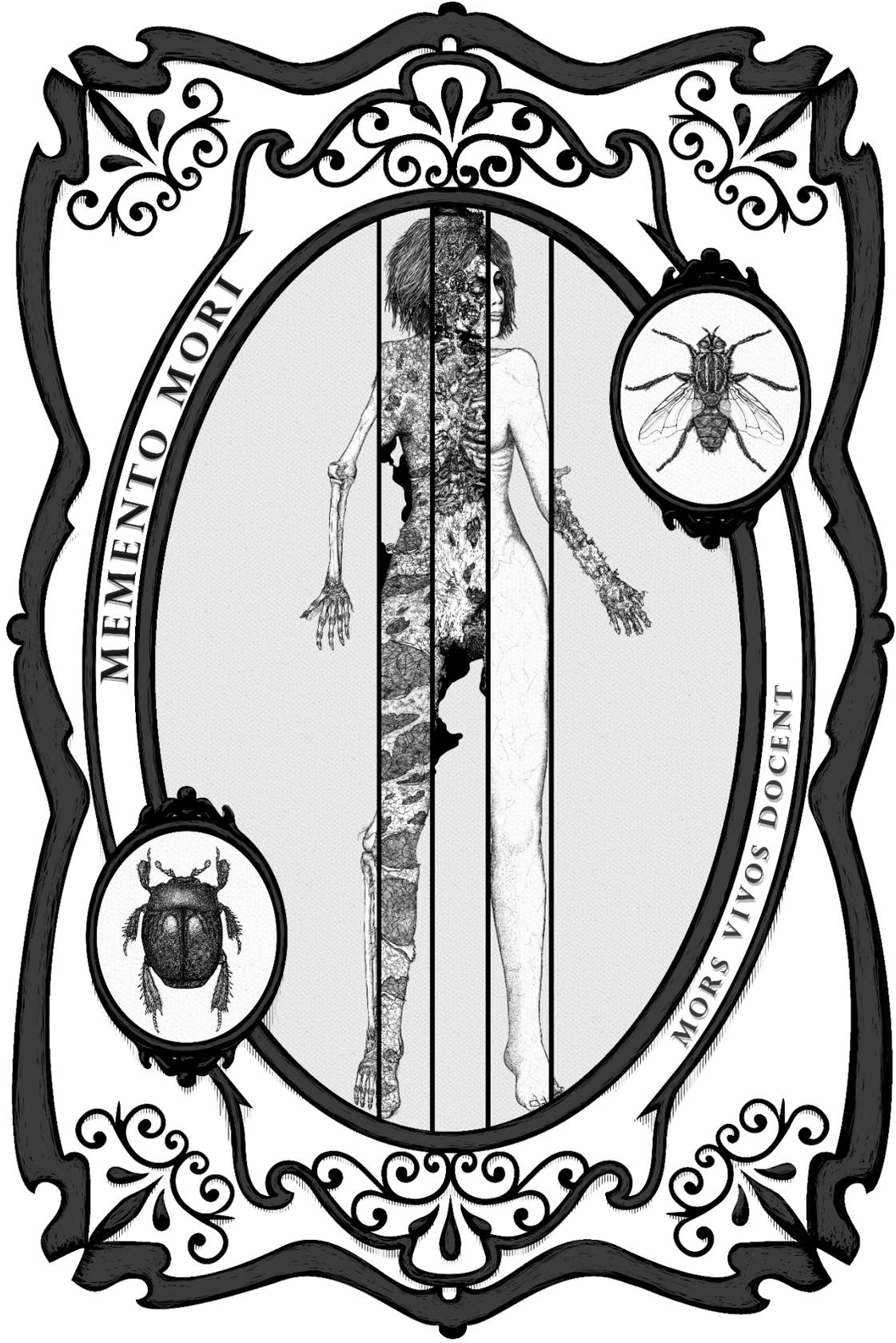
Memoria para optar al título profesional de Antropóloga Física

Gabriela Olivares

Profesor Guía: Sebastián Krapivka

Santiago, Chile

Junio 2016



*A mis padres por su infinita paciencia y apoyo, por darme las bases
para ser una buena persona, nutrirme para crecer y ayudarme a
levantarme en cada caída.*

Los amo con todo mi corazón.

A Sebastián Krapivka profesor guía de esta memoria, que con su paciencia, dedicación, apoyo y minuciosas correcciones hizo posible que esta memoria llegara a término.

A la familia Gómez Zúñiga por permitirme usar su terreno y recibirme en su hogar con una hospitalidad y afecto increíble, son gente maravillosa, siempre estaré agradecida con ustedes y los querré por siempre porque son de las mejores personas que he tenido la fortuna de conocer en mi vida.

A Pablo Gómez en particular por ayudarme y apoyarme a lo largo de la mayor parte de este proceso, sin su ayuda y apoyo este trabajo no hubiese sido posible.

A Karmina, Rocío, Jacqueline, Camila y Felipe por ayudarme de principio a fin en este trabajo en tantos niveles que detallarlos sinceramente sería otro libro.

A Marina, Gabriela y Joaquín por su apoyo emocional y práctico en este *via crucis*.

A mis amigos por su infinita paciencia y apoyo a lo largo de todo este largo proceso.

A Eugenio Aspillaga y Sergio Flores por sus correcciones y consejos.

A Paolo, Karla y Vivi por ser lo máximo.

Y por último a la Universidad de Chile por darme la oportunidad de seguir una carrera tan apasionante como la Antropología Física.

ÍNDICE

Índice	5
Resumen	6
Introducción	7
Antecedentes	8
Manejo de casos de índole médico-legal en Chile	9
Estudios locales	10
Entierros clandestinos y su relevancia local	11
Etapas del proceso de descomposición	12
Modelos animales en investigación científica	13
Tafonomía forense	15
Entomología forense	16
Problema de estudio	20
Objetivos	21
Pregunta de Investigación	21
Hipótesis	21
Material y Métodos	22
Experimento	22
Variables registradas	25
Resultados	29
Temperatura en el sitio	29
Humedad de suelo	30
Acidez del suelo	31
Pérdida de masa	32
Dimensiones	33
Cambios Macroscópicos	38
Fauna entomológica	46
Discusión	54
Conclusiones	61
Bibliografía	63

RESUMEN

La descomposición de cuerpos enterrados es un fenómeno irreversible. Cuya temporalidad responde a una multiplicidad de factores abióticos como la temperatura, acidez y humedad, y factores bióticos como la flora y la entomofauna.

Estos factores presentan una importante variabilidad local, lo que hace necesario realizar estudios que aborden el intervalo post mortem desde distintas perspectivas en diferentes entornos y circunstancias.

El presente trabajo tiene como objetivo describir el proceso de descomposición para restos enterrados en un valle de Chile central.

Para esto se realizó en un estudio experimental, consistente en el entierro de piernas de cerdo (*Sus scrofa domestica*) a baja profundidad, las que fueron desenterradas secuencialmente a lo largo de un periodo de 60 días.

En base a lo observado se generó un sistema de descripción de cambios físicos de los tejidos con correlato visual, adicionalmente el análisis de entomofauna permitió observar la influencia de la descomposición de restos animales enterrados sobre la diversidad de artrópodos en su entorno. Este trabajo constata la presencia de entomofauna cadavérica descrita para otros contextos e identifica elementos locales como posibles indicadores de ubicación geográfica para el contexto estudiado.

Palabras claves: Antropología física, Tafonomía, Entomología, Forense, Descomposición.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos del análisis forense es determinar el tiempo transcurrido desde la muerte hasta el hallazgo de los restos, lo que se conoce como intervalo *postmortem* (IPM). Para esto se han desarrollado múltiples metodologías y fórmulas dentro de las distintas ciencias forenses.

Entre estas ciencias se encuentra la Antropología Forense, la que para responder a esta interrogante se ha enfocado en el análisis de los cambios experimentados por los restos, desde el deceso del individuo hasta el análisis de los mismos.

La Antropología Forense como tal es una ciencia relativamente joven, centrada originalmente en la identificación de la víctima, pero que actualmente ha ido ampliando su campo de acción dentro de las problemáticas forenses tradicionales. Para estimar el IPM los antropólogos forenses han debido ampliar su abanico de herramientas y metodologías de análisis de evidencia, originando subdisciplinas como la Arqueología Forense y la Tafonomía Forense.

La Tafonomía Forense se enfoca en el estudio de los procesos que pueden haber generado cambios en los restos, por medio del análisis de los cambios experimentados por estos, a fin de identificar los agentes causales y hacer posible una reconstrucción de las circunstancias *peri* y *post mortem* y estimar el IPM.

En términos amplios la Tafonomía Forense se construye en base a estudios de casos (Behrensmeyer, 1978; Lyman y Fox, 1989), y experimentos (Payne, 1965; Payne y King, 1968; Rodriguez y Bass, 1985; Pickering y Carlson, 2004; Stokes, Forbes y Tibbet, 2013), que buscan determinar la acción de diversos agentes sobre los restos. Por medio de los experimentos realizados se ha evidenciado la influencia de las características ambientales de las zonas estudiadas en las trazas dejadas por los agentes, las cuales varían según su contexto ambiental.

Tomando en cuenta lo anterior, la amplia diversidad climática de Chile genera la necesidad de realizar estudios tafonómicos y entomológicos específicos para los distintos ambientes presentes a lo largo de su territorio.

Considerando que el mayor número de agresiones con resultado de muerte en Chile ocurre en la zona central (un 66,99% durante el año 2009 (Nahuelpan y Varas, 2011)), la realización de estudios exploratorios desde estas disciplinas forenses en esta área geográfica es una tarea de alta relevancia y prioridad.

Estas circunstancias motivaron la realización de un experimento en Chile central, en el valle de Culiprán (provincia de Melipilla, Región Metropolitana), con el fin de evaluar el desarrollo de los procesos de descomposición de restos enterrados a baja profundidad y su entomofauna asociada en la zona.

ANTECEDENTES

La muerte, sea natural o no, depende de múltiples factores: la edad del individuo, su condición física y mental, su entorno, y la acción de terceros son algunos de ellos; pero invariablemente todo ser vivo dejará de existir en algún punto. Si la muerte está asociada a circunstancias violentas es de interés forense, sean estas accidentales o intencionales (Schmitt, Cunha y Pinheiro, 2006).

En relación a la muerte las ciencias forenses esencialmente buscan responder cuatro preguntas: ¿quién? ¿cómo? ¿cuándo? y ¿dónde?. A fin de responder a tales preguntas sus distintas disciplinas trabajan en conjunto, abordando los diferentes aspectos de cada caso en una interacción constante y dinámica (Gunn, 2009).

El “¿cuándo?”, es respondido por medio del estudio del intervalo comprendido entre el momento de la muerte y el análisis de los restos, conocido como el tiempo de muerte o intervalo post-mortem (IPM).

La estimación del IPM es una tarea difícil de realizar debido a la complejidad de la interacción de los restos con su medio, ante lo cual se han desarrollado diversas aproximaciones y técnicas de análisis, cuya aplicación depende del estado en el que se encuentren los restos al ser hallados (Schmitt, Cunha y Pinheiro, 2006; Tilstone, Savage y Clark, 2006).

A lo largo del periodo comprendido por el IPM, se desarrolla la descomposición de los restos, la cual se compone por una secuencia de procesos irreversibles, que están estrechamente relacionados con su entorno, lo que genera que conforme avancen los procesos de degradación se pierdan datos irreversiblemente (Gunn, 2009).

Es debido a estas características, que es fundamental que se recabe la mayor cantidad de información posible al momento del hallazgo de los restos, para ampliar el número de análisis posteriores realizables, a fin de facilitar la resolución del caso (Haglund y Sorg, 1997).

Las principales disciplinas empleadas actualmente para la estimación de IPM son la Tanatología, la Entomología Forense y la Antropología Forense (Tilstone, Savage y Clark, 2006).

La Tanatología es utilizada cuando los restos se encuentran relativamente frescos, donde se manifiestan los fenómenos cadavéricos tempranos, los que son observables a simple vista, y permiten estimar el momento de la muerte con una precisión de horas (DiMaio y DiMaio, 2001).

Los fenómenos cadavéricos tempranos (Algor mortis, Livor mortis, Rigor mortis y deshidratación cadavérica) son utilizados a nivel mundial, pues aunque las condiciones ambientales tienen una fuerte influencia sobre ellos, han sido ampliamente estudiados y

poseen características definidas que los hacen fáciles de identificar incluso con un entrenamiento moderado (Alzate y Buitrago, 2001; DiMaio y DiMaio, 2001; Gisbert-Calabuig, 2004).

Pasadas más de 72 horas desde el deceso, los fenómenos cadavéricos ya no son observables, por lo cual comienzan a considerarse otros elementos al momento de determinar el IPM. Tradicionalmente el método más utilizado en este punto han sido los ciclos vitales de la entomofauna cadavérica, lo que constituye el foco de estudio central de la Entomología Forense (Gennard, 2007).

De forma paralela puede recurrirse también a la Tafonomía Forense, que en base a la observación de los procesos de descomposición de tejidos blandos y sus causas, permite situar los restos en un intervalo de días a meses con cierta laxitud, pero presenta la ventaja de ser aplicable con restos esqueletizados del todo (Carter, 2005; Haglund y Sorg, 1997; Rodríguez y Bass, 1983; Behrensmeyer, 1978).

Finalmente está la opción de datar los restos por medio de Carbono 14 considerando como referencia la curva de valores de C14 ambiental del siglo XX, que fue construida a partir de los niveles alcanzados en 1963 debido a la experimentación con armas nucleares. Con lo que se puede determinar si los restos esqueletizados corresponden a un año determinado dentro de los siglos XX y XXI, y así descartar que sean de origen arqueológico (Uberlaker, Buchholz y Stewart, 2006).

Resumiendo lo anterior podemos decir que el IPM es uno de los temas de estudio centrales de las ciencias forenses, que es abordado por varias disciplinas, las que analizan las evidencias desde distintos enfoques y perspectivas a fin de obtener una aproximación lo más exacta posible.

Manejo de casos de índole médico- legal en Chile

En Chile los casos de índole médico legal son manejados por tres entidades independientes: Carabineros de Chile (<http://www.carabineros.cl/>), la Policía de Investigaciones (PDI, <http://www.pdichile.cl/>) y el Servicio Médico-Legal (SML, <http://www.sml.cl/>). Por medio del trabajo conjunto de estas instituciones se busca el esclarecimiento de las circunstancias del caso, ya sea constatando lesiones, recabando evidencias, identificando víctimas y victimarios, o reconstruyendo los eventos ocurridos.

Durante las primeras 72 horas la PDI y Carabineros se encargan del análisis del sitio del suceso y el manejo de otras diligencias relevantes para el caso. Mientras que el SML se encarga de estimar el IPM y determinar causa (elemento que llevó a la muerte), mecanismo (lo que produjo cese de las funciones vitales) y manera de muerte (suicidio, homicidio, accidente o causa indeterminada) (Schmitt, Cunha y Pinheiro, 2006).

Si los restos se encuentran en un estado de descomposición avanzada, el Laboratorio de Criminalística de Carabineros (LABOCAR) analiza la fauna entomológica para determinar el IPM en función de los ciclos vitales de los insectos presentes, tarea que actualmente

desempeña el Sargento segundo Aarón Jara Peñailillo, quien es el único entomólogo forense de Chile (Cortés, 2012).

Cuando los restos encontrados ya están esqueletizados, el análisis de los restos será desempeñado por la Unidad Especial de Identificación Forense (UEIF) del SML, la que hace uso tanto de dataciones radiocarbónicas, como de escalas de meteorización para establecer la data de los restos (Leiva, Ramírez y Varas, 2015).

Aunque puede dar la impresión de que el manejo de casos forenses en Chile funciona como un sistema de postas, en la realidad son varios los procesos que se sobreponen, aunque estas tres instituciones trabajan de forma independiente y responden a distintas autoridades.

Estudios locales

Cuando hablamos de algo “local” en el contexto de una ubicación espacial, podemos referirnos a una unidad territorial delimitada bajo criterios administrativos, o aludir a un espacio geográfico delimitado por características geomorfológicas, hidrológicas, climatológicas y ecológicas definidas que le diferencian de regiones adyacentes.

En los experimentos tafonómicos el realizar estudios en ambientes abiertos entrega resultados que están acotados a una realidad local específica, pues cada ambiente posee condiciones ambientales únicas que no son controlables o reproducibles del todo a nivel experimental. Por lo que es necesario replicar estudios en distintos escenarios para evitar distorsiones causadas por la presencia o ausencia de agentes no controlados (Denys, 2002; Haglund & Sorg, 2002).

No obstante, es posible utilizar los resultados de los experimentos tafonómicos en distintos contextos, siempre y cuando estos se asemejen entre sí en cuanto a factores determinantes como el clima, la flora y la fauna.

En los estudios entomológicos la ubicación espacial juega un rol determinante debido a la especificidad geográfica de muchos artrópodos, cuya presencia está limitada a estos espacios por diversos motivos. El momento del año en el que se realicen los estudios es relevante, pues los ciclos vitales de los insectos se relacionan estrechamente con las condiciones climáticas de su entorno, por ejemplo el proceso de desarrollo de las larvas de dípteros de la familia Calliphoridae se ralentiza en los periodos de bajas temperaturas (Gaensslen, 2009; Gill, 2005).

Aunque se ha observado que la fauna cadavérica es similar en prácticamente todos los ambientes del planeta, presentando una continuidad a nivel de familias en distintas áreas, posee variaciones a nivel de especie entre distintos lugares (Byrd y Castner, 2009).

La especificidad de algunas taxas de insectos resulta de utilidad en casos forenses en cuanto entrega información sobre la ubicación de los restos lo que, en ocasiones, permite determinar si han sido desplazados desde su ubicación original al momento del deceso (Gaensslen, 2009).

Actualmente en Chile se han realizado algunas aproximaciones experimentales y estudios de caso desde un enfoque principalmente entomológico en la región de la Araucanía, Chile (Ortloff-Trautmann, Jara-Peñailillo, Albornoz-Muñoz, Silva-Riveros, Riquelme-Gatica y Peña-Rehbein, 2013; Ortloff, Peña y Riquelme 2012; Figueroa-Roa y Linhares, 2002). También el Instituto Dr. Carlos Ybar, dependiente del SML, ha realizado distintas aproximaciones a lo forense con un enfoque principalmente criminalístico y tanatológico.

Chile se caracteriza por tener una amplia variedad de ecosistemas a lo largo de sus cerca de 4.300 km de territorio continental, los que están delimitados por su complejo relieve y las diferencias climáticas propias de las distintas latitudes que abarca, lo que además se relaciona estrechamente con la gran diversidad de especies de flora y fauna que pueden observarse a lo largo del país (Saball, 2006).

Considerando al clima como factor delimitante, nos encontramos con que el país posee 18 tipos de clima diferentes a lo largo de su extensión (Dirección Meteorológica de Chile, 2016), lo que implica que los escenarios forenses posibles son muchos y es necesario estudiarlos para incrementar las herramientas de los profesionales que trabajan en el área.

Tomando lo anterior como referente se evidencia que realizar estudios exploratorios en las distintas áreas del país resulta ventajoso, pues incrementar la información disponible en cuanto a las diferencias y semejanzas entre los diversos escenarios posibles, se puede entregar resultados más precisos y confiables.

Entierros clandestinos y su relevancia local

Es usual que tras cometer un crimen el autor busque eliminar la evidencia generada, lo que en el caso de un homicidio implica deshacerse del cuerpo de la víctima, para cumplir con tal propósito, uno de los métodos más frecuentes es depositar el cadáver en zonas reclusas y de difícil acceso (perito forense F. Herrera, comunicación personal, 15 de junio, 2016). En ocasiones los perpetradores optan por enterrar los restos a fin de dificultar aún más el que sean encontrados, lo que se conoce como entierros clandestinos.

Al ser improvisados los entierros clandestinos suelen ser de baja profundidad, no más de 30 cm (Stokes, Forbes y Tibbett, 2013; Tibbett y Carter, 2008), lo que está sujeto al nivel de premeditación por parte del perpetrador. La carencia de contenedores para los restos es común en este tipo de entierros debido a su carácter imprevisto, de forma tal que el cadáver suele quedar en contacto directo con la tierra (Gleason, 2008).

El cementerio clandestino del campo de concentración de Pisagua constituye un ejemplo del uso de este tipo de técnicas de ocultamiento en el contexto de violaciones de los DDHH en Chile (Amnistía Internacional, 1992). En el ámbito forense hay ejemplos como el caso de una joven de 17 años, que fue encontrada enterrada en el patio de su colegio en la comuna de El Bosque, Región Metropolitana (Cornejo, 2016); o un hombre de 69 años, que fue hallado enterrado en un sitio baldío en la comuna del Tabo, Quinta Región (Soysanantonio, 2015).

Dentro de los estudios forenses el escenario de tumbas superficiales ha sido investigado a nivel mundial, considerando los enfoques tafonómicos (Mann, Bass y Meadows, 1990; Rodríguez y Bass, 1985; Schultz, Collins y Falsetti, 2006) y entomológicos (VanLaerhoven y Anderson, 1999), lo que refleja su relevancia y la necesidad de seguir explorando los distintos aspectos del mismo.

Etapas del proceso de descomposición

Una vez que el corazón se detiene del todo y la sangre deja de circular por el cuerpo se considera que el individuo ha fallecido.

Tras el deceso se inicia una cadena de fenómenos que constituyen el proceso de descomposición. Estos fenómenos han sido agrupados y separados en fases por diversos autores, con el fin de facilitar la descripción de los restos y su posterior análisis (Payne, 1965; Payne y King, 1968; Galloway, Birkby, Jones, Henry y Parks, 1989; Galloway, 1997; DiMaio y DiMaio, 2001; Megyesi, Nawrocki y Haskell, 2005; Gennard, 2007; Gunn, 2009).

La primera fase es universalmente conocida como “fresca”, se inicia con la muerte del individuo y se extiende hasta el cuarto día de depositación. Durante esta etapa el organismo pasa por los fenómenos cadavéricos tempranos (Algor Mortis, Livor Mortis, Rigor Mortis y deshidratación cadavérica) (Gisbert-Calabuig, 2004).

La segunda fase es la “hinchada”, “gaseosa” o “cromática” y se caracteriza por el hinchamiento del cuerpo debido a la liberación de gases, en las cavidades producto de la acción bacteriana anaeróbica, y los cambios de color en los tejidos blandos. En esta etapa la presencia de insectos es evidente y activa (principalmente larvas), se producen y liberan líquidos, y se inicia la autólisis de los tejidos (Gunn, 2009).

La tercera fase es la de “deshinchamiento” o “putrefacción” que se caracteriza por la desintegración de los tejidos, lo que permite que los gases generados por las bacterias escapen de las cavidades. Los insectos son activos participantes y se encargan de la mayor parte de la remoción del tejido. El inicio y final de esta fase están condicionados por el acceso de carroñeros, la temperatura, la humedad y otros factores ambientales. Durante este periodo pueden manifestarse los procesos preservadores: momificación, corificación y adipocira; según las condiciones ambientales presentes (Dimaió y DiMaio, 2001).

La cuarta fase es la de “licuefacción”, “putrefacción negra” o “desintegración” a estas alturas todo el tejido blando que aún se conservaba va transformándose en líquido debido a la autólisis de los tejidos, debido a esto los huesos van desarticulándose y quedado limpios de tejido blando.

Por último está la fase más larga la “esqueletización”, que consiste en la degradación de los sobrantes del tejido blando hasta que solo queda el tejido óseo (Gunn 2002). Los restos esqueletales posteriormente van degradándose en el proceso de meteorización, que está determinado por medio de la interacción con el ambiente (Dent, Forbes y Stuart, 2003).

Se ha observado que el entierro de restos parciales eviscerados retarda el proceso de descomposición en cierta medida (se observó esqueletización casi completa a los 74 días) (Stockins, 2007), pero se ha descrito que en restos eviscerados el factor determinante en la velocidad de descomposición es el porcentaje de biomasa del suelo en el que se encuentren depositados los restos (Carter, 2005).

Además del tipo de suelo, los procesos de descomposición están condicionados por otros factores entre los cuales se destacan la temperatura, la humedad ambiente, la fauna, flora y la profundidad del entierro (en restos enterrados), los que afectan la velocidad en que se produce la descomposición y la manifestación o ausencia de fenómenos preservadores.

Resumiendo podemos decir que la descomposición de restos animales está constituida por un conjunto de procesos complejos interconectados entre sí, y altamente dependientes de las distintas variables ambientales de su entorno inmediato.

Modelos animales en investigación científica

Los modelos animales cumplen la función de reemplazar a los cuerpos humanos como sujetos de experimentación para distintas disciplinas tales como la química (cosmética y alimenticia), la medicina, la entomología, la tafonomía, entre otras.

Con este fin han sido utilizados principalmente simios (Superfamilia Hominoidea), cerdos (*Sus scrofa*), vacas (*Bos taurus*), ovejas (*Ovis aries*), otros mamíferos, aves, reptiles y anfibios (Institute of Laboratory Animal Resources, 1985).

En materia de experimentación tafonómica Payne (1965) fue uno de los pioneros, al realizar un estudio exploratorio en el que observó la descomposición de diversos restos animales, con el fin de identificar el más adecuado para ser utilizado como modelo humano en estudios forenses con enfoques entomológico y tafonómico. En su experimento utilizó cuerpos de ranas (orden Anura), ratones, ratas (*Rattus*), ardillas (*Tamias striatus*), conejos (Lagomorpha: Leporidae), pollos (*Gallus gallus*), gatos (*Felis catus*), perros (*Canis lupus*) y cerdos, a partir de lo cual determinó que el modelo más apropiado para humano son los cerdos.

Tabla 1: Modelos animales en experimentos

Autores	Año	Animal modelo	Enfoque
Rodriguez y Bass	1983	Humano	Tafonomía
Rodriguez y Bass	1985	Humano	Tafonomía
Mann, Bass y Meadows	1990	Humano	Tafonomía
Miller	2002	Humano	Tafonomía
Megyesi, Nawrocki y Haskell	2005	Humano	Tafonomía
Dautartas	2009	Humano	Tafonomía
Stokes, Forbes y Tibbet	2013	Humano, Cerdo, Vaca y Oveja	Tafonomía
Carlson y Pickering	2003	Babuino	Tafonomía
Pickering y Carlson	2004	Babuino	Tafonomía
Carter y Tibbet	2006	Oveja	Tafonomía
Carter y Tibbet	2008	Oveja	Tafonomía
Payne	1965	Cerdo	Entomología
Payne y King	1968	Cerdo	Entomología
Shean, Messinger y Papworth	1993	Cerdo	Tafonomía
Anderson y Van Laerhoven	1996	Cerdo	Entomología
Shalaby, deCarvalho yGoff	2000	Cerdo	Tafonomía
Sullivan, Eaglstein, Davis y Mertz	2001	Cerdo	Medicina
Forbes, Stuart, Dadour y Dent	2004	Cerdo	Tafonomía
Forbes, Dent y Stuart	2005	Cerdo	Tafonomía
Schultz, Collins y Falsettig	2006	Cerdo	Tafonomía
Calce y Rogers	2007	Cerdo	Tafonomía
Carter, Yellowlees y Tibbet	2007	Cerdo	Tafonomía
Stockins	2007	Cerdo	Tafonomía
Wilson, Janaway, Holland, Dodson, Baran, Pollar y Tobin	2007	Cerdo	Tafonomía
Horenstein, Linhares, Rosso y García	2007	Cerdo	Entomología
Vitta, Pumidonming, Tangchaisuriya, Poodendean y Nateeworanart	2007	Cerdo	Entomología
Stokes, Forbes y Tibbet	2008	Cerdo	Tafonomía
Shattuck	2010	Cerdo	Tafonomía
Anderson	2011	Cerdo	Entomología

Statheropoulos, Agapio, Zorba, Mikedi, Karma, Pallis, Eliopoulos y Spiliopoulou	2011	Cerdo	Tafonomía
Swindle, Makin, Herron, Clubb y Frazier	2012	Cerdo	Medicina
Ortloff, Peña y Riquelme	2012	Cerdo	Entomología
Jordana, Colat-Parros y Bénézech	2013	Cerdo	Tafonomía
Lynch-Aird, Moffatt y Simmons	2015	Cerdo	Tafonomía
Carter	2005	Ratas	Tafonomía
Figueroa-Roa y Linares	2002	Ratas, Peces y Visceras de Pollo	Entomología
Omori, Hewadikaram, Goff y Brown	1991	Conejo	Tafonomía
Brand, Hussey y Taylor	2003	Lagartijas, Salamandras, Palomas, Pinzones y Roedores	Tafonomía

Dentro de las ventajas del uso de cerdos como organismo modelo podemos destacar:

- Semejanzas entre ambas especies a nivel anatómico, fisiológico y de flora intestinal con los humanos (Swindle, Makin, Herron, Clubb y Frazier, 2012; Shattuck, 2011; Sullivan, Eaglstein, Davis y Mertz, 2004; Shean, Messinger y Papworth, 1993).
- Facilidad de acceso, manejo y estandarización de la muestra (Payne, 1965; Forbes, Dent y Stuart, 2005).
- Atraen fauna entomológica semejante a los restos humanos, cosa que no se observa con otras especies (Villet, Richards y Midgley, 2010).

En esencia el uso de cerdos como modelo humano presenta ventajas considerables para estudios en los campos de la Tafonomía y la Entomología forenses, lo que se refleja en la alta frecuencia en que son utilizados para estudios experimentales en estas disciplinas, como se muestra en la tabla 1.

Tafonomía forense

Una de las disciplinas para estimar el IPM que actualmente ha ido ganando popularidad es la Tafonomía Forense, una rama de la Tafonomía.

La Tafonomía es la ciencia que estudia los procesos post-mortem que afectan a los restos orgánicos, y acorde a Haglund y Sorg (1997) tiene tres fines principales:

- La preservación, observación y recuperación de los restos.
- La reconstrucción de su biología o ecología.
- La reconstrucción de las circunstancias del deceso.

Los procesos post-mortem que afectan a los restos son denominados “agentes tafonómicos”, y suelen ser clasificados según su origen como “naturales” o “culturales”. Entre los primeros se encuentran las condiciones propias del ambiente: el tipo de suelo, la temperatura, la humedad, la flora y fauna circundantes, etc. (Carter & Tibbett, 2008; Mann, Bass & Meadows, 1990). Los segundos implican acción antrópica como el embalsamamiento, el descuartizamiento o la cremación de los restos (Haglund & Sorg, 1997).

La Tafonomía Forense en particular busca determinar los distintos agentes que han actuado sobre los restos y el grado de alteración que estos han producido, a fin de llegar a una aproximación del IPM, identificar el origen de marcas (trazas) observables y hacer una descripción general de la formación del sitio del suceso. Esto se realiza con la reconstrucción de la “historia tafonómica” de los restos (Haglund y Sorg, 1997), lo que resulta de gran utilidad en casos forenses.

La “historia tafonómica” se refiere a la secuencia en que han actuado los distintos agentes sobre los restos, desde el momento de su depositación hasta su análisis, lo que es determinado por medio del análisis de las trazas que estos agentes van dejando en la evidencia (Dirkmaat, 2012; Black y Ferguson, 2011).

Como se dijo previamente la Tafonomía forense abarca tanto la descomposición de los tejidos blandos como el análisis de restos esqueletizados, ya que se enfoca en la interacción entre las causas y los procesos experimentados por los restos, lo que amplía el rango analizable para el investigador (Dirkmaat, Cabo, Ousley y Symes, 2008).

A modo de síntesis podemos decir que la Tafonomía forense es una disciplina actualmente utilizada en la estimación del IPM, que se centra en el estudio de las trazas dejadas por los diversos agentes que interactúan con los restos y los cambios sufridos por los mismos a lo largo de su descomposición, que posee la ventaja de ser utilizable a lo largo de todo el proceso de degradación de los restos.

Entomología forense

Como se dijo anteriormente la entomología forense estudia los ciclos vitales de los insectos asociados los procesos de descomposición del cuerpo humano, con el fin de utilizarlos como estimadores de IPM. Además se observan los periodos de aparición de las distintas familias en las llamadas “escuadras cadavéricas”, lo que permite delimitar mejor los intervalos de tiempo comprendidos en cada ciclo vital (Gaensslen, 2009). Por otra parte se aprovecha la especificidad geográfica de los artrópodos para delimitar el sitio de origen de los restos (Byrd y Castner, 2001).

Si bien se pueden encontrar una gran variedad de artrópodos asociados a restos en descomposición, por convención general sólo se considera fauna cadavérica a aquellos que se alimentan exclusivamente de los restos (Necrófagos) o de los insectos que se alimentan de los restos (Necrófilos). Los individuos encontrados en los restos, pero que no se

alimentan exclusivamente de estos son considerados fauna oportunista, y por ende menos relevantes para la investigación forense (Gennard, 2007).

Los estudios entomológicos forenses se centran principalmente en dos órdenes de insectos: Coleoptera y Diptera; centrándose en las familias y géneros necrófagos y necrófilos de las mismas. Estas especies van llegando a los restos en distintos periodos y sus ciclos vitales están estrechamente relacionados con los procesos de descomposición (Byrd y Castner, 2009).

Por lo general los dípteros asociados a la descomposición depositan sus huevos en las primeras fases de esta, los cuales eclosionan pasadas 24 horas aproximadamente iniciando su fase larvaria, aunque hay familias de dípteros que llegan a colonizar más tardíamente (ver tabla 2).

Las larvas se alimentan de los restos en descomposición y van desarrollándose pasando por tres estadios de desarrollo larvario, y cuando ya están listas para pupar se desplazan alejándose de los restos y adoptan su configuración de pupa. Los individuos permanecen en este estado por intervalos relativamente prolongados, que son altamente susceptibles a los cambios ambientales, sobre todo a la temperatura, hasta que emergen de la pupa como un adulto completo y reinician el ciclo (Gennard, 2007).

Tabla 2: Presencia de dípteros con relevancia forense a lo largo de la descomposición

Familia	Fresca	Gaseosa	Putrefacción	Licuefacción	Seca
Calliphoridae	x	x	x	x	x
Muscidae	x	x	x	x	x
Phoridae	x	x	x	x	x
Sarcophagidae	x	x	x	x	x
Drosophilidae			x		
Fannidae				x	
Anthomyiidae			x		
Stratiomyiidae				x	x
Tipulidae					x
Lauxanidae		x			x
Sphaeroceridae	x	x	x	x	x
Dolichopodidae	x	x	x		
Gasterophidae	x	x	x		
Therividae	x		x		
Piophilidae			x	x	x
Hybotidae			x	x	x

Elaborada a partir de los datos de : Mabika, Masendu y Mawera, 2014; Kyerematen, Boateng, Haruna y Eziah, 2013; Ekanem y Dike, 2010; Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007; Watson, 2004

Al igual que los dípteros algunos los coleópteros comienzan a colonizar desde las primeras fases de descomposición, pero son más abundantes en los estadios más avanzados de esta (ver tabla 3), y son quienes consumen los últimos remanentes del tejido blando.

En la tabla 3 se exponen los intervalos en los que se observan las distintas familias de coleópteros asociados al proceso de descomposición (Mabika, Masendu y Mawera, 2014; Kyerematen, Boateng, Haruna y Eziah, 2013; Ekanem y Dike, 2010; Gennard, 2007; Watson, 2004).

Tabla 3: Presencia de coleópteros con relevancia forense a lo largo de la descomposición

Familia	Fresca	Gaseosa	Putrefacción	Licuefacción	Seca
Histeridae		x	x	x	x
Cleridae		x	x	x	x
Coccinellidae			x	x	x
Staphylinidae	x	x	x	x	x
Anthicidae		x			
Scarabaeidae		x	x	x	x
Tenebrionidae			x	x	x
Chrysomelidae			x	x	x
Carabidae					x
Lycidae		x	x		
Dermestidae			x	x	x
Pausiidae			x		
Nitidulidae	x	x	x	x	x
Silphidae		x	x	x	x
Trogidae				x	x
Leidoidae	x	x	x	x	x
Geotrupidae			x		

Elaborada a partir de los datos de : Mabika, Masendu y Mawera, 2014; Kyerematen, Boateng, Haruna y Eziah, 2013; Ekanem y Dike, 2010; López, Portorreal y Martínez, 2009; Gennard, 2007; Watson, 2004

En las tablas 2 y 3 a grandes rasgos se exponen a *grosso modo* las “escuadras cadavéricas” estudiadas por la Entomología Forense.

Además de las “escuadras cadavéricas”, los entomólogos forenses estudian los ciclos de vitales de las especies de insectos asociadas a la descomposición, lo que permite el acotar

IPM con mayor precisión, siendo de gran utilidad para los casos forenses (Gaensslen, 2009).

Como se dijo antes la entomofauna es específica en términos geográficos, debido a la alta dependencia que tiene con su entorno, lo cual se ve reflejado, por ejemplo, en alteración de los ciclos vitales de las distintas especies en las distintas estaciones del año. Es por esto que recabar información sobre el ambiente local incrementa la precisión de las estimaciones de IPM realizadas a partir de evidencia entomológica (Mađra, Konwerski y Matuszewski, 2014), además de permitir situar a los restos en un contexto determinado.

En resumen podemos decir que la Entomología Forense aporta información para la determinación del IPM a partir de la observación de las órdenes Diptera y Coleoptera principalmente. Al analizar las especies presentes y su estadio de desarrollo para determinar el tiempo transcurrido desde el deceso. Además de entregar información contextual que permite ubicar los restos geográficamente.

PROBLEMA DE ESTUDIO

Determinar la extensión del IPM, ya sea por medio de los procesos experimentados por los restos a lo largo de su descomposición o la fauna entomológica, es fundamental en el ámbito legal, pues nos permite acotar tanto la lista de posibles víctimas, como situar el suceso en un intervalo de tiempo determinado, facilitando la selección de sospechosos a investigar.

Se ha descrito que los fenómenos cadavéricos tempranos son universales a menos de que los restos sean intervenidos rápidamente (por medio de embalsamamiento, congelamiento, etc.) o destruidos del todo.

Mientras que a fauna entomológica y los procesos de descomposición tardíos se encuentran condicionados en gran medida por el ambiente, presentando variaciones considerables según su locación (Anderson, 2011; Turchetto y Vanin, 2004; Shalaby, deCarvalho y Goff, 2000; Anderson y VanLaerhoven, 1999).

Esta dependencia al ambiente limita el alcance y la aplicabilidad de los estudios tafonómicos y entomológicos en casos forenses, por lo que se hace necesario replicarlos en escenarios locales (Denys, 2002; Haglund & Sorg, 2002).

En Chile el mayor número de agresiones con resultado de muerte ocurre en la zona central, no obstante en el país hay escasas publicaciones de Tafonomía y entomofauna cadavérica, y las publicaciones existentes se han centrado principalmente en la zona sur del país (Ortloff-Trautmann et al., 2013; Ortloff, Peña y Riquelme 2012; Figueroa Roa y Linhares 2002). Así que podemos decir que hasta la fecha hay un déficit de estudios con perspectiva tafonómica y de entomofauna cadavérica en la zona central Chile.

Este trabajo simula un entierro clandestino a baja profundidad y en contacto directo con la tierra, en una zona rural, en particular el Valle del Maipo, Chile central. Centrándose en los primeros dos meses de este proceso, con el fin de determinar las características del mismo en este contexto.

A partir de lo cual se buscó describir los procesos experimentados por restos animales, en este escenario, evaluando su efecto sobre la entomofauna y la acidez del suelo circundantes, con el propósito de entregar insumos para potenciales investigaciones forenses en la zona.

OBJETIVOS

Objetivo General

Describir el proceso de descomposición de restos animales enterrados a baja profundidad en el valle del Maipo, y el efecto de este proceso en los tejidos y su entorno inmediato.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los cambios macroscópicos experimentados por los restos enterrados.
2. Construir una escala de descomposición para restos enterrados en la zona y contrastarla con la literatura científica actual.
3. Describir los cambios experimentados por el entorno inmediato de los restos a lo largo del proceso de descomposición, considerando la entomofauna asociada.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los efectos de enterrar restos a baja profundidad en los procesos de descomposición de los tejidos y su interacción con el suelo y entomofauna circundante?

HIPÓTESIS

El entierro de los restos afecta los procesos de descomposición desacelerando su desarrollo, y causando que afecten la acidez del suelo y a la entomofauna asociada (tanto en número como en diversidad), con patrones identificables y describibles.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo plantea una metodología experimental basada en el trabajo de Adlam y Simmons (2007), para lo cual se enterraron 15 piernas de Cerdo (*Sus scrofa domestica*), a 30 centímetros de profundidad en la localidad de Culiprán, Valle del Maipo, Región Metropolitana, Chile. Estas fueron desenterradas secuencialmente a intervalos de cuatro días, durante un periodo de 60 días.

Con este experimento buscó registrar el desarrollo de los procesos de degradación de restos enterrados a baja profundidad, e identificar su efecto en su entorno, tanto a nivel de pH como de entomofauna. Las observaciones realizadas en las unidades con piernas fueron comparadas con cinco fosas de control que carecían de restos, a fin de posibilitar la objetivación el efecto neto de los restos sobre su entorno.

Imágenes 1 y 2 - Vista satelital del sitio. (Cortesía de Google Earth)



El propósito del experimento fue simular un continuo, que no fuese influido por las posibles alteraciones generadas por las excavaciones de recolección de datos.

El criterio de selección del segmento anatómico fue la representación de tejidos, ya que en las piernas de cerdo se encuentran representados los tejidos tegumentoso, adiposo, muscular y óseo, de forma abundante y con una distribución semejante a la observada en el cuerpo humano.

Experimento

A fin de proteger el área del experimento de los animales circundantes, se cercó el perímetro con una cerca electrificada para corral de animales. Esto se realizó

aproximadamente una semana antes del emplazamiento de los sensores de medición ambiental, dejando espacio suficiente en el entorno para maniobrar durante las excavaciones.

El día 29 de diciembre del 2013 fueron ubicados los sensores de variables ambientales continuas, la distribución de estos se muestra en la figura 2.

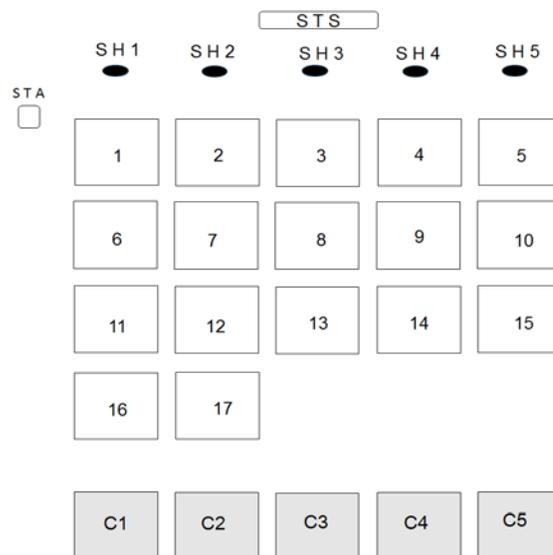
Los sensores de temperatura (modelo Watermark 200TS) y humedad (modelo Watermak 200SS) del suelo, fueron enterrados a 30 cm de profundidad en agujeros de 10x10 cm, excavados con pala de punta plana. Se usaron tubos blandos de PVC para proteger los cables que conectaban los sensores al computador central del datalogger Watermark 900M. Los datos de los sensores del suelo fueron registrados a intervalos de dos horas durante el experimento.

El sensor de temperatura ambiente modelo EL-USB-1 de LASCAR electronics, protegido del sol y el alcance de terceros. La temperatura ambiente fue registrada cada una hora, a lo largo de todo el experimento.

El experimento se llevó a cabo entre el 30/12/2013 (el día de entierro) y el 27/02/2014 (el desentierro de la última unidad).

En el día del entierro se dividió el terreno en cuadrículas de un metro cuadrado, separadas entre sí por un metro en cada costado. Se excavaron los agujeros correspondientes a cada unidad y a los cinco controles, a los que posteriormente se les asignó un número identificador (ver figura 2).

Figura 2: Ubicación de los sensores de temperatura (STS y STA) y humedad (SHS) y distribución de las cuadrículas y controles.



Tras excavar las fosas se registró el pH inicial de cada agujero, diluyendo una porción de tierra de la base de la cuadrícula en agua destilada, para medir la acidez con un sensor ExStik Waterproof pH Meter.

Paralelamente cada pierna fue pesada en una balanza electrónica, y se midieron sus dimensiones (ancho, largo y grosor) con una cinta métrica metálica utilizando varillas para lograr determinar el punto exacto de medición. Esto fue registrado de forma escrita en el cuaderno de campo.

Una vez depositados en las unidades de entierro las piernas fueron registradas fotográficamente, con una cámara Canon EOS Rebel T2i, con lente Canon EF-S 60mm f/2.8 Macro.

Posteriormente se taparon los agujeros con la tierra extraída en la excavación, y se demarcó cada cuadrícula con una etiqueta con su respectivo número de cuadrícula.

La delimitación y excavación de las cuadrículas, el entierro de los segmentos, y la toma y registro de los datos iniciales fueron realizados con la ayuda de voluntarios.

Las excavaciones de las unidades se iniciaron el 02/01/2014 y fueron realizadas secuencialmente cada cuatro días. Paralelamente se fueron desenterrando los controles, a razón de un control cada tres unidades. Como medida de seguridad sanitaria se utilizó una máscara de gas (3M medio rostro 6200, con filtros 3M para vapores orgánicos 60921) durante la excavación, harneado de la tierra y manejo de los restos.

En cada desentierro se procedió a:

- Harnear tierra extraída con un cernidor de harina doméstico de red metálica, y recolección de muestras de la fauna entomológica presentes en el sedimento.
- Almacenar las muestras entomológicas en tubos Eppendorf rotulados, y consignar su ubicación dentro de la cuadrícula en el cuaderno de campo.
- Medir el pH del suelo bajo la pieza, del igual modo que en el día del entierro.
- Registrar fotográficamente el estado de la pieza en la cuadrícula.
- Pesar y fotografiar la pieza sin lavar.
- Lavar y pesar la pieza para obtener su peso final.
- Registrar fotográficamente la pieza posterior al lavado.
- Tomar las medidas de ancho, largo y profundidad de la pieza.
- Depositar la pieza nuevamente en la fosa y cubrirla con la tierra extraída.

Debido a una modificación en el protocolo de registro del peso y las dimensiones determinado originalmente, cambio que fue aplicado a partir de la tercera unidad, se decidió realizar dos unidades más, a fin de replicar las condiciones de las dos primeras unidades.

Estas unidades adicionales fueron enterradas el 14/02/2014, siendo consignadas con los números de unidad de 16 (equivalente a la primera) y 17 (equivalente a la segunda) (ver figura 2).

De estas unidades se utilizaron los datos correspondientes a las piernas en si (peso y medidas), dejando de lado la información. Además se hizo una comparación entre las réplicas y las unidades originales al momento de construir la referencia visual de la escala de descomposición.

Una vez terminado el experimento se fotografió a las muestras de fauna entomológica recolectadas en terreno, con una lupa con cámara integrada (Leica S8APO) disponible en el laboratorio Juan Munizaga del Dpto. Antropología de la Universidad de Chile. De esta forma se dejó registro permanente de los especímenes recolectados, y se facilitó la observación de características diagnósticas para la identificación de las muestras.

Variables registradas

A lo largo del estudio fueron registradas las siguientes variables, a fin de identificar y describir la influencia y efecto del proceso de descomposición sobre los tejidos y su entorno inmediato.

Temperatura

Se registró tanto la temperatura ambiente como la temperatura de suelo, a lo largo del día (24 y 12 mediciones puntuales respectivamente), durante todo el experimento.

Con el conjunto de las mediciones se determinó la temperatura diurna y nocturna promedio para cada día; y la temperatura diaria promedio.

Las temperaturas diarias de suelo y ambiente fueron analizadas para determinar el tipo de relación entre ambas variables. Esto fue evaluado por medio de un coeficiente de correlación de Pearson, el que fue realizado en el software STATA (Stata Corp).

Humedad del suelo

La humedad de suelo se midió con cinco sensores independientes (ver ubicación en la figura 2) y fue registrada 12 veces al día en cada sensor a lo largo del experimento.

Con el conjunto de mediciones recolectadas cada día se calcularon promedios diarios, diurnos y nocturnos, para su posterior análisis y comparación en relación a las temperaturas, con el fin de determinar el tipo de relación existente entre estas variables. Para esto se efectuó un test de coeficiente de correlación de Pearson en el software STATA (Stata Corp).

Acidez del suelo

Se utilizaron las mediciones recabadas al momento del entierro y en cada desentierro para ver el efecto de los restos sobre el pH del suelo. Para esto se calculó el cambio del pH de suelo al ser removido, a partir del promedio de los cambios de pH registrados en los controles. Los resultados de ese cálculo fueron restados a los valores obtenidos en las mediciones finales de las unidades, y con esto se obtuvo el valor neto del cambio del pH en el suelo.

Con el registro de la temperatura y humedad se buscó caracterizar el entorno de los restos, y las variaciones del pH fueron observadas a fin de identificar el efecto de los restos sobre su entorno inmediato.

Pérdida de masa

La variación del peso de los restos se evaluó a partir del porcentaje de pérdida de masa, el que se calcula según la ecuación:

$$Pm = 100 - \frac{M2 \times 100}{M1}$$

Dónde:

Pm= porcentaje de masa perdida

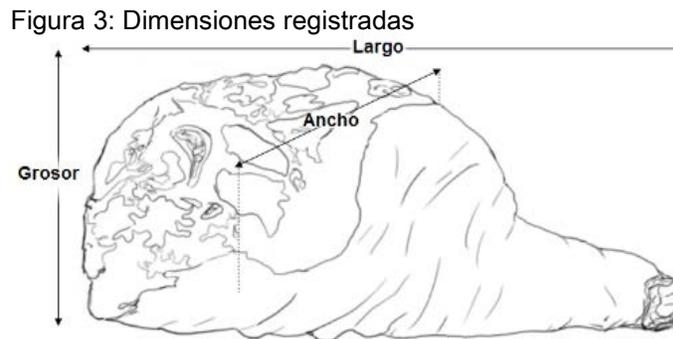
M1= masa inicial

M2= masa final $Pm=100-(M2 \times 100)/M1$

El uso de porcentajes permitió evaluar cuánto tejido blando iban perdiendo los restos y comparar esto con los datos correspondientes a las mediciones.

Dimensiones de los segmentos

Se consideraron tres medidas: largo, ancho y grosor.



Las dimensiones se midieron en centímetros con una cinta métrica metálica, y fueron evaluadas en función de su porcentaje de reducción.

Se realizó un conjunto de regresiones lineales con los porcentajes de reducción de cada dimensión, ponderando su valor como predictores de la variación en el peso, usando el software STATA (Stata Corp) como procesador estadístico.

Olor

Esta variable fue registrada en base a lo realizado por Payne (1965), por medio de la observación subjetiva en terreno, estableciéndose una escala arbitraria con puntajes desde 0 a 10, donde los valores corresponden a las siguientes descripciones:

- 0 = Ausencia de Olor a Descomposición
- 1= Muy Levemente Perceptible
- 2= Leve
- 3= Moderado
- 4= Distinguible
- 5= Intenso
- 6= Muy Intenso
- 7= Fuerte
- 8= Penetrante
- 9= Fuerte y Penetrante
- 10= Pestilente

Los valores fueron registrados en el sitio y posteriormente utilizados como características diagnósticas de las etapas de descomposición de la escala propuesta en este estudio.

Cambios Macroscópicos

Los cambios macroscópicos experimentados por los tejidos son la base de la escala de descomposición que propone este trabajo. Estos fueron constatados por escrito al momento del desentierro, descripciones que posteriormente fueron contrastadas con el registro fotográfico correspondiente, para asegurar una caracterización apropiada.

La delimitación de las etapas se realizó principalmente en función de dos características:

- Cambios macro estructurales: entendiéndolo como los cambios en la consistencia y textura de los tejidos tegumentoso, adiposo y muscular.
- Cambios cromáticos: en este aspecto se consideraron los cambios de color más evidentes en los tejidos tegumentoso, adiposo y muscular.

Al momento de definir y denominar las etapas se tomaron como referencia las propuestas por Payne (1965); Payne y King (1968); Galloway et al. (1989); Galloway (1997); DiMaio y DiMaio (2001); Megyesi, Nawrocki y Haskell (2005) y Gunn, (2009).

Fauna entomológica

La identificación de la entomofauna fue realizada en función de dilucidar si existía alguna relación entre el estado de descomposición de los restos y la diversidad de entomofauna presente en cada unidad.

Con las fotografías de las muestras se realizó la identificación de los especímenes, por medio de la comparación visual con imágenes referenciales de especímenes identificados previamente por profesionales del área, y el uso de claves taxonómicas (Amendt, Campobasso, Goff y Grassberger, 2010; Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007; Peña, 2006; Lane y Crosskey, 1993). Las imágenes referenciales fueron obtenidas desde los sitios www.coleoptera-neotropical.org y www.was-archives.org.

A partir de lo descrito en la literatura (Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007; Peña, 2006), se identificaron las órdenes a las que correspondían las muestras entomológicas recabadas en el estudio. Tras esto se recopiló claves taxonómicas para identificar las familias a las que pertenecían los especímenes recolectados.

Luego se realizó una investigación en torno a la diversidad de familias y géneros presentes en Chile, para delimitar el pool de identificaciones posibles en función del contexto geográfico.

Posteriormente se hizo uso de las imágenes de referencia de individuos de las distintas familias y subfamilias presentes en el área., las que fueron contrastadas con las fotografías tomadas a fin de poder asociar a los individuos a alguna taxa local.

A lo largo del proceso de análisis entomológico, todas las identificaciones realizadas fueron constantemente contrastadas con la información de distribución geográfica de las especies, a fin de reducir el número de errores posibles.

Los resultados del proceso de identificación fueron registrados en una planilla de datos y en fichas asociadas a las fotografías correspondientes a cada espécimen.

Posteriormente las fotografías de los especímenes fueron procesadas por medio del software Adobe Photoshop (Adobe Systems Incorporated), e incluidas en el Anexo 2.

RESULTADOS

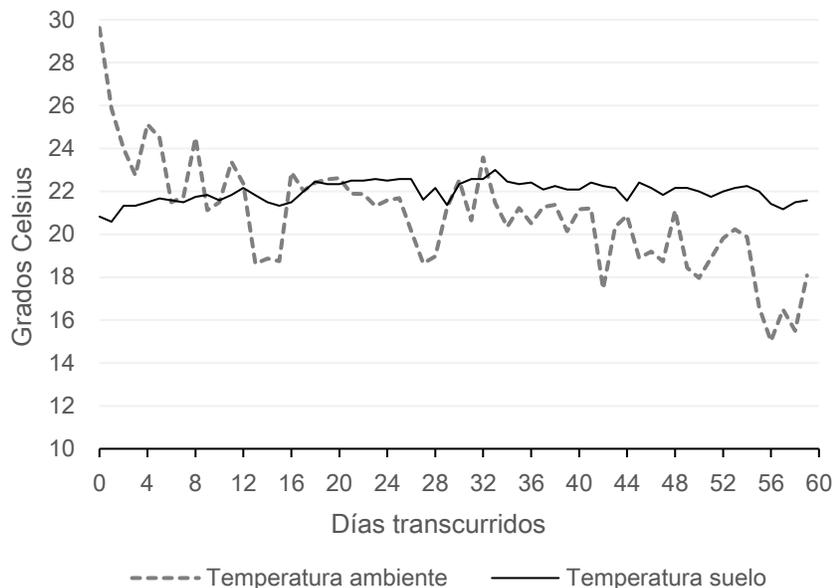
El experimento se entregó los siguientes resultados respecto a las variables ambientales, cambios en las dimensiones y masa de los restos, el pH del suelo y la fauna entomológica circundante.

Temperatura en el sitio de experimentación

Para el sitio de estudio se registraron las temperaturas correspondientes al ambiente y el suelo a lo largo del periodo de estudio. La temperatura ambiente presentó un promedio diurno de 26,29° C y nocturno de 15, 07° C. La temperatura de suelo presentó promedios de 21,9° C y 22,13° C respectivamente.

En términos generales se observó que la temperatura de suelo se mantuvo relativamente constante, a diferencia de la temperatura ambiental que mostró una mayor variación, tanto entre día y noche, como a lo largo del periodo estudiado (gráfico 1). La constancia de la temperatura de suelo implica que el entorno inmediato de los restos se mantuvo estable al menos en este aspecto.

Gráfico 1: Temperatura ambiente y de suelo



En el gráfico 1 se observa también que la temperatura ambiente presenta una tendencia a la baja a lo largo del estudio, mientras que la temperatura del suelo se mantiene prácticamente constante con una moderada tendencia al alza. Además se advierte que las bajas en la temperatura del suelo son precedidas por disminuciones importantes en la temperatura ambiente.

La correlación de Pearson realizada con los datos de estas variables, arrojó una correlación negativa entre ambas temperaturas ($r = -0.1226$), la que considerando un α de 0,01 no fue significativa ($p = 0,343$).

Tabla 4: Correlación de Pearson entre temperaturas

(obs=60)	Temperatura ambiente	Temperatura suelo
Temperatura ambiente	1	
Temperatura suelo	-0.12	1

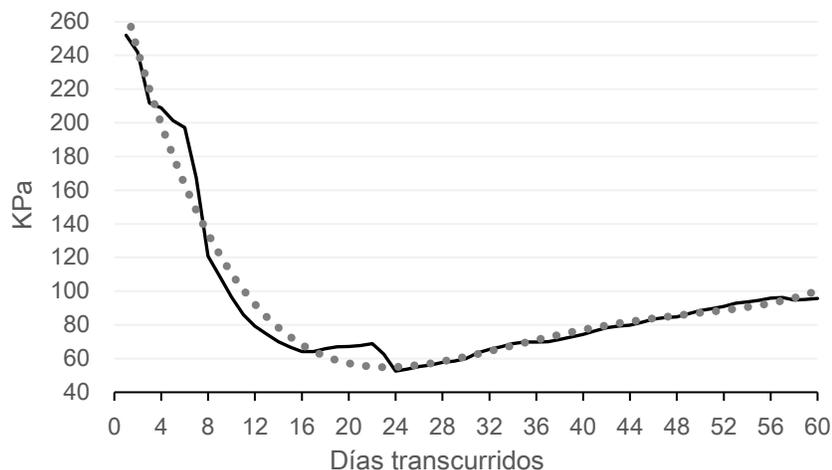
Humedad de suelo en el sitio de experimentación

En el sitio también se registró la humedad del suelo circundante, la que presentó una escasa variación entre día y noche, con valores de 95,48 cbar y 93,90 cbar respectivamente, lo que refleja un suelo hidratado pero no fangoso.

En el periodo estudiado no se registraron precipitaciones y hubo una humedad ambiental promedio de 63,2% (Instituto de Investigación Agropecuaria [INIA], 2014). El factor determinante de la humedad del suelo en el sitio, fue el riego por inundación semanal del terreno a lo largo de este periodo.

El Gráfico 2 presenta la variación de la resistencia a la conductancia, expresada en función de la presión medida en Kilopascales (KPa), por lo que a mayor valor numérico menor es la humedad, constituyendo “255” una total ausencia de agua y el “0” un 100% de saturación de agua del suelo.

Gráfico 2: Progresión de la resistencia a la conductancia



La correlación de Pearson entre los datos de la humedad y temperatura ambiente entregó una correlación positiva entre la temperatura ambiente y la humedad de suelo ($r = 0,4837$). Mientras que la comparación de humedad y temperatura de suelo, mostró una correlación

negativa entre estas ($r = -0,7260$). Ambas correlaciones fueron significativas considerando un α de 0,01, con valores $p < 0,00001$ y $p = 9,3E-05$ respectivamente.

Tabla 5: Correlación de Pearson entre temperaturas y Humedad de suelo

(obs=60)	Temperatura ambiente	Temperatura suelo	Humedad suelo
Temperatura ambiente	1		
Temperatura suelo	-0.12	1	
Humedad suelo	0.48	-0.72	1

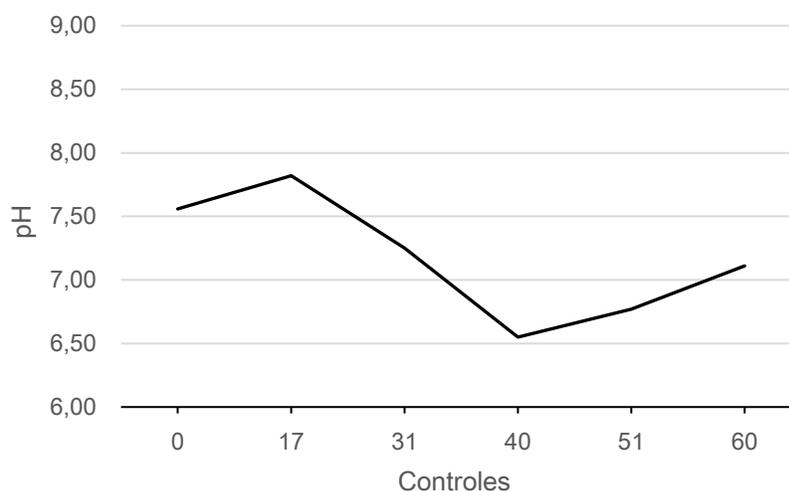
No obstante es importante considerar que los valores de humedad reflejan el grado de sequedad del suelo por lo que las correlaciones deben interpretarse de forma inversa.

Acidez del suelo

Se observaron diferencias entre los controles y las unidades con segmento en el comportamiento del pH en el tiempo. Los primeros mostraron una tendencia a la acidificación, mientras que las unidades con segmento tendieron a la alcalinización.

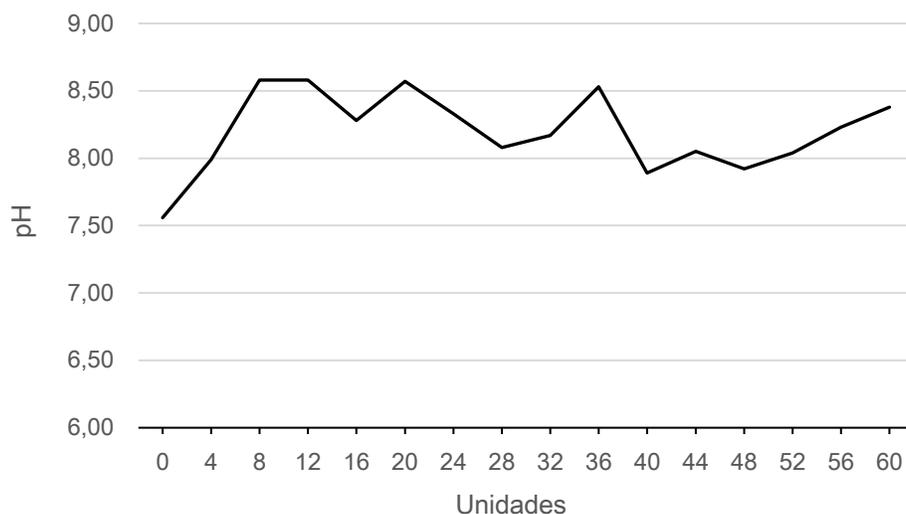
En el gráfico 3 se observa la progresión del pH en los controles, donde el promedio de las mediciones originales en las fosas control fue utilizado como “medición cero”.

Gráfico 3: Progresión del pH en los controles



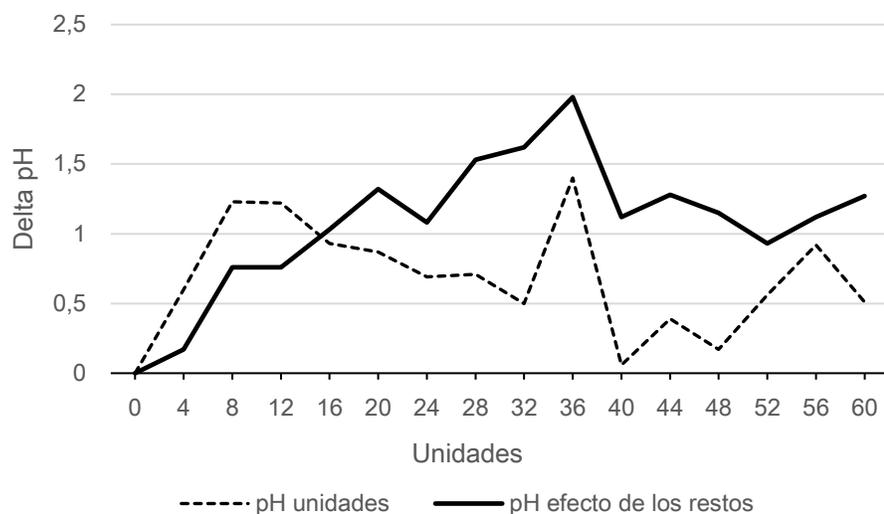
En el gráfico 8 se observa la progresión del pH en las unidades, y de forma semejante al gráfico 4 se ha designado el promedio de las mediciones originales en las unidades como “medición cero”.

Gráfico 4: Progresión del pH en las unidades



Con los valores de los cambios experimentados por el pH del suelo en los controles, se estableció la progresión normal del pH de la tierra al ser removida. Usando la anterior y los datos de las unidades se calculó el efecto de los restos sobre el pH del suelo. Esto evidenció un efecto alcalinizante de los restos en la tierra circundante, lo que se ilustra el gráfico 5.

Gráfico 5: Efecto de los restos en el pH

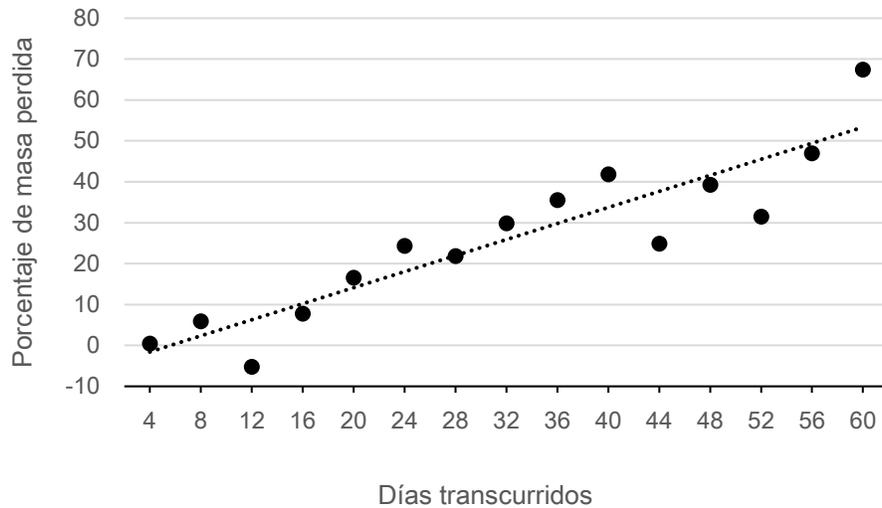


Pérdida de Masa

La pérdida de masa mantuvo un ritmo de incremento constante entre las unidades 1 y 13, para luego acelerarse de forma drástica en las últimas dos unidades, de forma tal que

trascurridos 56 días (unidad 14) la masa se había reducido prácticamente a la mitad, y para el día 60 (unidad 15) el porcentaje de pérdida se acercaba al 70% (ver gráfico 6).

Gráfico 6: Pérdida de Masa

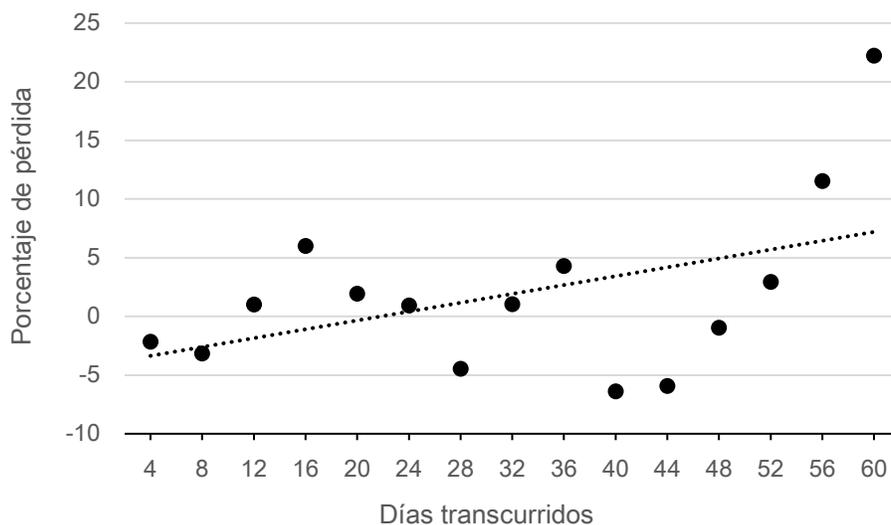


Al realizarse una regresión lineal simple considerando el efecto del tiempo sobre la pérdida de peso se observa una relación positiva ($t = 7,96$) con un 82% de potencia y una alta confiabilidad ($\text{Prob}>F = 0,0031$) con $\alpha = 0,05$.

Dimensiones

El largo presentó un patrón de disminución fluctuante hasta la unidad 12, el que se aceleró en las últimas tres unidades, llegando a reducirse en un 22,22% para el día 60.

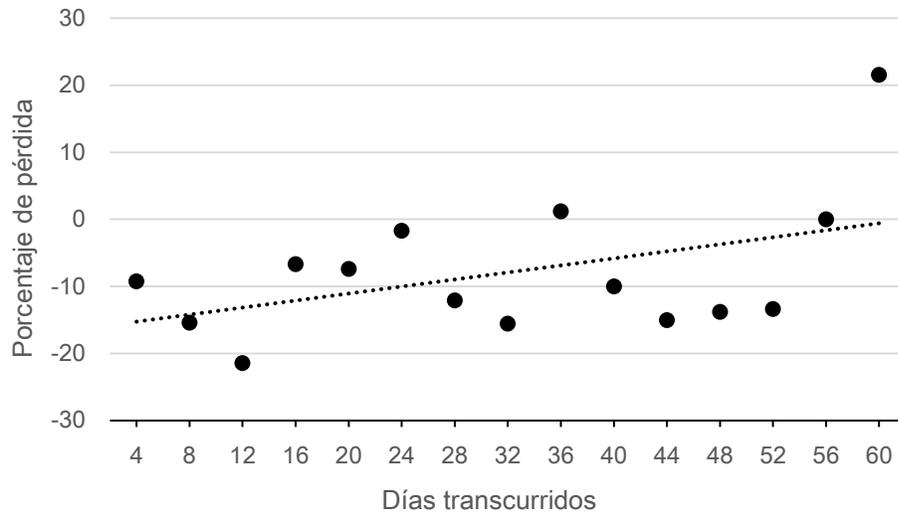
Gráfico 7: Cambios en el largo



Se realizó una regresión lineal simple para evaluar el efecto del tiempo en la reducción el largo, a partir de la cual se observa una relación positiva ($t = 1,87$) con un 21% de potencia y una baja confiabilidad ($\text{Prob}>F = 0,0843$), considerando un $\alpha = 0,05$.

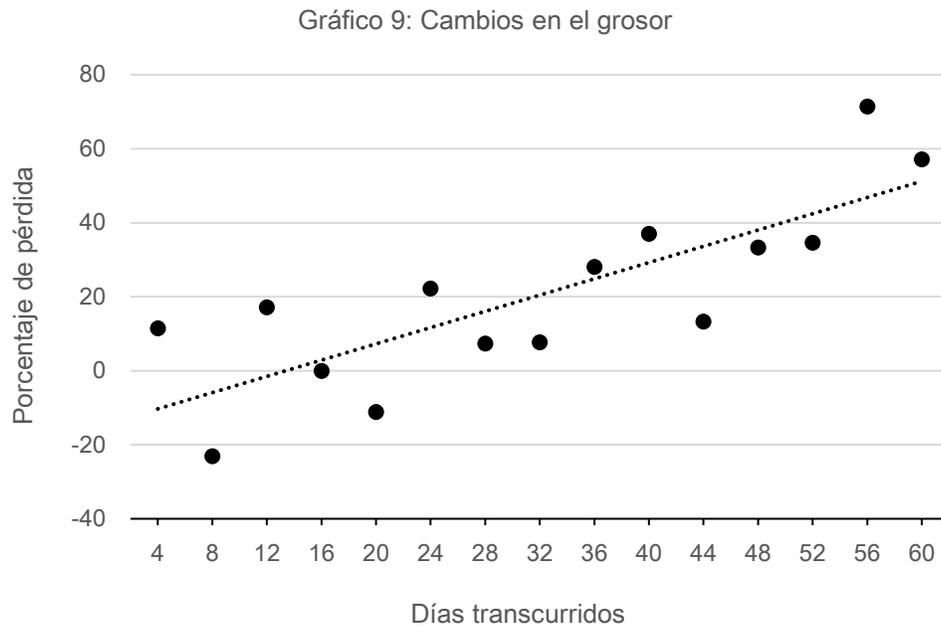
El ancho presentó un patrón fluctuante de incremento en sus valores entre las unidades 1 y 14, para luego exhibir una pérdida acentuada en la última unidad, que alcanzó un 21,5%.

Gráfico 8: Cambios en el ancho



La regresión lineal simple utilizada para evaluar el efecto del tiempo sobre la reducción el ancho, a partir entregó una relación positiva ($t = 1,84$) con un 20% de potencia y una baja confiabilidad ($\text{Prob}>F = 0,0886$), considerando un $\alpha = 0,05$.

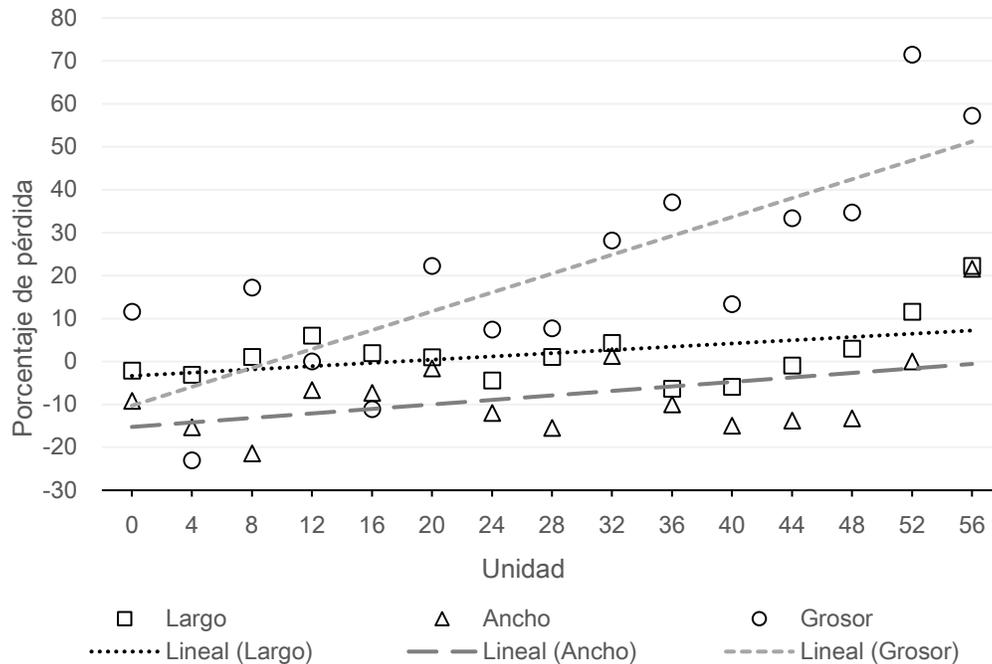
El grosor mantuvo un patrón de pérdida constante, para el día 60 se había reducido en un 51%.



Al efectuar una regresión lineal simple considerando el efecto del tiempo en la reducción el grosor se observó una relación positiva ($t = 4,82$) con un 64% de potencia y una alta confiabilidad ($\text{Prob}>F = 0,0003$) con $\alpha = 0,05$.

En el gráfico 10, se presenta una comparación visual de las tendencias de las tres dimensiones.

Gráfico 10: Cambios las dimensiones



Al realizarse una correlación de Pearson entre las dimensiones y la pérdida de masa, se observa que la medida que se relaciona mejor con la disminución en la masa es el grosor ($r: 0,7646$), el detalle de los resultados se observa en la tabla 6.

Tabla 6: Correlación de Pearson entre dimensiones y pérdida de masa

(obs=15)	pérdida largo	pérdida ancho	pérdida grosor	pérdida masa
pérdida largo	1			
pérdida ancho	0.82	1		
pérdida grosor	0.56	0.54	1	
pérdida masa	0.55	0.68	0.76	1

Se realizó una regresión lineal con estas variables, a fin de evaluar cuáles medidas resultan tenían un mayor valor predictivo sobre los cambios de la masa en el tiempo.

Los resultados obtenidos reflejan relaciones positivas entre el peso y el ancho ($t= 1,79$) y el peso y el grosor ($t= 2,97$). En tanto para el peso y el largo se tienen observa una relación negativa, con valores de $t = -0,79$.

Tabla 7: Regresión lineal

Source	SS	df	MS	Number of obs =	15
Model	3653,98	3	1217,99	F (3, 11) =	8,68
Residual	1543,31	11	1403,01	Prob > F =	> 0,01
Total	5197,30	14	371,23	R-squared =	0,70
				Adj R-squared =	0,62
				Root MSE =	11,84

% pérdida de masa	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf.Interval]
Pérdida de largo	-0,61	0,77	-0,79	0,44	-2,33 1,09
Pérdida de ancho	1,02	0,54	1,89	0,08	-0,17 2,22
Pérdida de grosor	0,47	0,15	2,97	0,01	0,12 0,81
_cons	25,59	7,24	3,53	0	9,63 41,55

Conforme se observa en la tabla 7, los valores obtenidos regresión poseen una potencia predictiva del 62%, y las dimensiones cuentan con un poder predictivo confiable (Prob>F = 0,0031) a un intervalo del 95% de confianza. Si bien en los gráficos 11 a 13 se observa una considerable dispersión de los puntos, puede deberse a que el número de datos es reducido.

Gráfico 11: Relación largo y masa

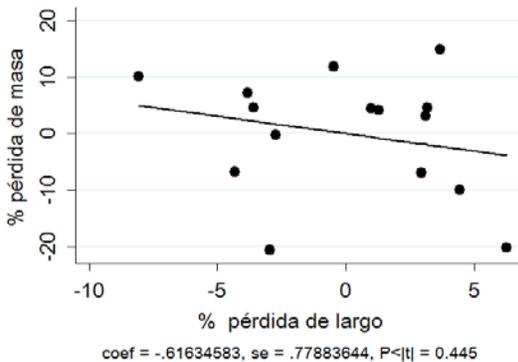


Gráfico 12: Relación ancho y masa

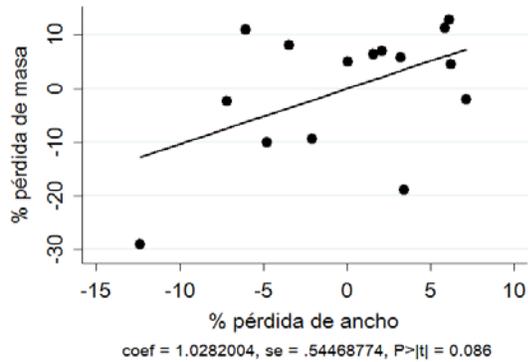
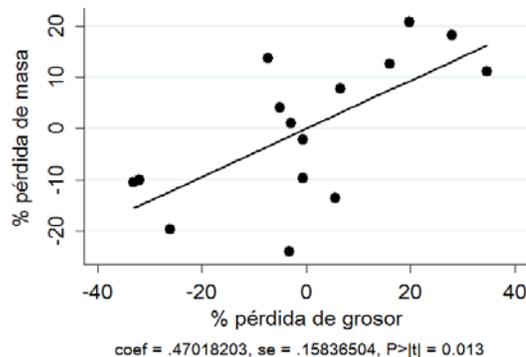


Gráfico 13: Relación grosor y masa



Se realizaron también un análisis de componentes principales y un análisis de factores, considerando los cambios de las dimensiones y masa en el tiempo, pero los resultados entregados carecían de valor informativo, por lo que fueron omitidos de este trabajo.

Cambios macroscópicos

En términos generales el tejido fue perdiendo integridad y experimentando cambios de color y aroma con el transcurrir del tiempo, que concordaron con lo descrito por otros autores (Mabika, Masendu y Mawera, 2014; Gunn, 2009; Carter, 2005; Mann, Bass y Meadows, 1990; Payne y King, 1968; Payne, 1965).

A partir de las observaciones realizadas a lo largo del estudio, utilizando como referencia las clasificaciones propuestas previamente por Payne y King (1968), Carter (2005) y Gunn (2009), se definieron cinco etapas de descomposición (ver tabla 8).

Tabla 8: Etapas definidas

Día	Etapas	Humores	Olor
0	Fresca	Ausente	0
4	Descomposición temprana	Escasas de color negro	2
8	Descomposición temprana	Exudaciones negras	4
12	Descomposición temprana	Exudaciones negras	3
16 - 20	Putrefacción inicial	Exudaciones negras	4
24	Putrefacción inicial	Exudaciones negras	5
28 - 32	Putrefacción intermedia	Exudaciones negras	7
36	Putrefacción avanzada	Exudaciones negras	8
40 - 56	Licuefacción	Exudaciones negras	9
60	Esqueletización inicial	Exudaciones negras	9 y 10

La primera etapa fue designada como “Fresca”, y se caracterizó en base a la apariencia del tejido, que poseía colores intensos y una textura firme (ver imagen 3), y la ausencia de olor a descomposición. Estos rasgos sólo fueron observados al momento del entierro (ver tablas 8 a 11).

Imagen 3: Fresca (Día del entierro)



A la segunda etapa le fue asignado el nombre de “Descomposición temprana”, y se extendió entre los primeros 4 a 12 días. Se caracterizó por los cambios sufridos por los tejidos (ver imagen 4) y la emanación de olor a descomposición de baja intensidad. La piel se la deshidrató y comenzó a desprenderse. El tejido muscular tuvo cambios su color y textura, tendiendo a oscurecerse y reblandecerse. El tejido adiposo cambió de consistencia tornándose ceroso (ver tablas 8 a 11).

Imagen 4: Descomposición temprana (Días 4 a 12)



La tercera etapa fue denominada “Putrefacción” y fue dividida en tres subfases debido a las diferencias en los tiempos de degradación entre los distintos tejidos (ver imagen 5). No obstante la presencia de elementos en común hizo que se le definiera como un conjunto y no etapas separadas. En términos generales se observaron cambios en el color de los tejidos, un marcado ablandamiento del tejido muscular, la desintegración total de la piel y que el tejido adiposo se transformó en una pasta (para más detalles ver tablas 8 a 11).

Imagen 5: Putrefacción (Días 16 a 36)



A: Temprana (Día 20) B: Intermedia (Día 28) C: Avanzada (Día 36)

La cuarta etapa fue llamada “Licuefacción” y se caracterizó por la desintegración de los tejidos aún presentes, que comenzaron a transformarse en fluidos viscosos (ver imagen 6). En esta etapa se inició la desarticulación de los huesos (los detalles de estos cambios están en las tablas 8 a 11). Durante este periodo el olor resultó tan intenso que se hizo necesario el uso de máscara de gas de forma permanente durante la excavación.

Imagen 6: Licuefacción (Días 40 a 56)



La última etapa fue llamada “Esqueletización inicial” debido a que los tejidos blandos se habían degradado lo suficiente como para dejar expuestos a la mayor parte de los huesos (ver imagen 7), pero aún se observaban fragmentos de tejido, muscular principalmente, que conservaban cierto grado de integridad (para más detalles ver tablas 8 a 11).

Imagen 7: Esqueletización inicial (Día 60)



En el anexo 1 se encuentran las fotografías correspondientes a cada unidad, para observaciones más detalladas de las características descritas en las tablas 8 a 11.

En la tabla 9 se describen los cambios experimentados por el tejido tegumentoso, el cual en un principio fue desecándose adoptando una apariencia semejante al cuero, para comenzar a desprenderse transcurridos 12 días, y encontrarse totalmente ausente en el día 36.

Tabla 9: Cambios macroscópicos en el tejido tegumentoso

Día	Color	Consistencia
0	Rosa brillante	Terso
4	Rosa muy pálido algo verdoso	Terso y resbaloso
8	Pálido con manchas oscuras y zonas de color rosa brillante	Terso con zonas reseca
12	Rosa brillante con áreas decoloradas y manchas oscuras	Desprendimiento parcial, textura semejante al cuero
16	Rosa brillante con áreas decoloradas y manchas oscuras	Apariencia de cuero
20	Café rosáceo con zonas rosa pálido	Apariencia de cuero, áreas desprendidas del todo
24 - 28	Rosa oscuro	Apariencia de cuero, desprendida en gran parte
32	Manchones negros y blancos	Pequeños parches con apariencia de cuero
36 - 60	Ausente	Ausente

Los cambios en el tejido adiposo fueron más sutiles y lentos que en los otros tejidos observados. Las variaciones cromáticas fluctuaron entre blanco y gris con diferencias en su tinte. En cuanto a consistencia se pasó de una contextura gelatinosa y compacta hasta una pasta pegajosa y densa. Este tejido presentó el olor más intenso de los tres controlados, el desglose de sus cambios se observa en la tabla 10.

Tabla 10: Cambios macroscópicos en el tejido Adiposo

Día	Color	Consistencia
0	Blanco rosáceo	Gelatinosa
4	Blanco verdoso	Menos gelatinosa
8	Blanco verdoso	Algo cerosa
12	Blanco grisáceo	Cerosa
16	Gris oscuro	Cerosa
20	Gris pálido	Cerosa
24- 32	Blanco	Pastosa
36	Blanco azulado	Pastosa
40 - 56	Gris pálido	Pastosa
60	Gris y gris pálido	Pastosa

El tejido muscular fue el que presentó la mayor variación a lo largo del tiempo tanto a nivel cromático como de consistencia, y fue desde donde emanaron las exudaciones observadas. La progresión de colores fue de rojo a gris, presentando vetas más oscuras. A nivel de textura pasó de ser una masa firme y fibrosa a una pasta blanda que se desintegraba con facilidad, el desglose estos cambios se encuentra en la tabla 11.

A grandes rasgos fue posible observar que la degeneración del tejido muscular fue por capas. Las áreas no expuestas tardaron más en degradarse, la protección de las capas más externas enlentecía su degradación e integración al sedimento.

Tabla 11: Cambios macroscópicos en el tejido muscular

Día	Color	Consistencia
0	Rojo intenso	Firme
4	Rosa oscuro	Firme
8	Verdoso con áreas negras	Pérdida de integridad leve
12	Gris oscuro a negro verdoso	Pérdida de integridad en áreas expuestas, áreas interiores firmes
16	Gris oscuro a negro verdoso	Desprendimiento de capas más externas revela tejido firme
20	Negro verdoso con áreas gris pálido	El conjunto está más blando y en algunas áreas se ha transformado en una pasta
24	Negro verdoso a gris oscuro	Pastosa
28	Negro verdoso	Pastosa
32	Negro grisáceo	Pastosa, desprendimiento de capas más externas revela tejido firme
36	Negro grisáceo	Pastosa, se desprenden segmentos
40	Negro con áreas gris verdoso	Pastosa, se deshace en los dedos si es presionada
44	Gris oscuro a gris claro	Pastosa, se deshace en los dedos si es presionada
48	Gris oscuro a gris verdoso con vetas negras	Pastosa, se deshace en los dedos si es presionada, los huesos comienzan estar expuestos
52	Gris verdoso oscuro a negro con áreas más pálidas	Pastosa, se deshace en los dedos si es presionada, exposición parcial de los huesos
56	Gris pálido con vetas negras	Pastosa, se deshace en los dedos si es presionada, los huesos se separan del músculo con facilidad
60	Gris pálido con vetas negras	Se deshace en los dedos y los huesos se separan del músculo con facilidad

Fauna entomológica

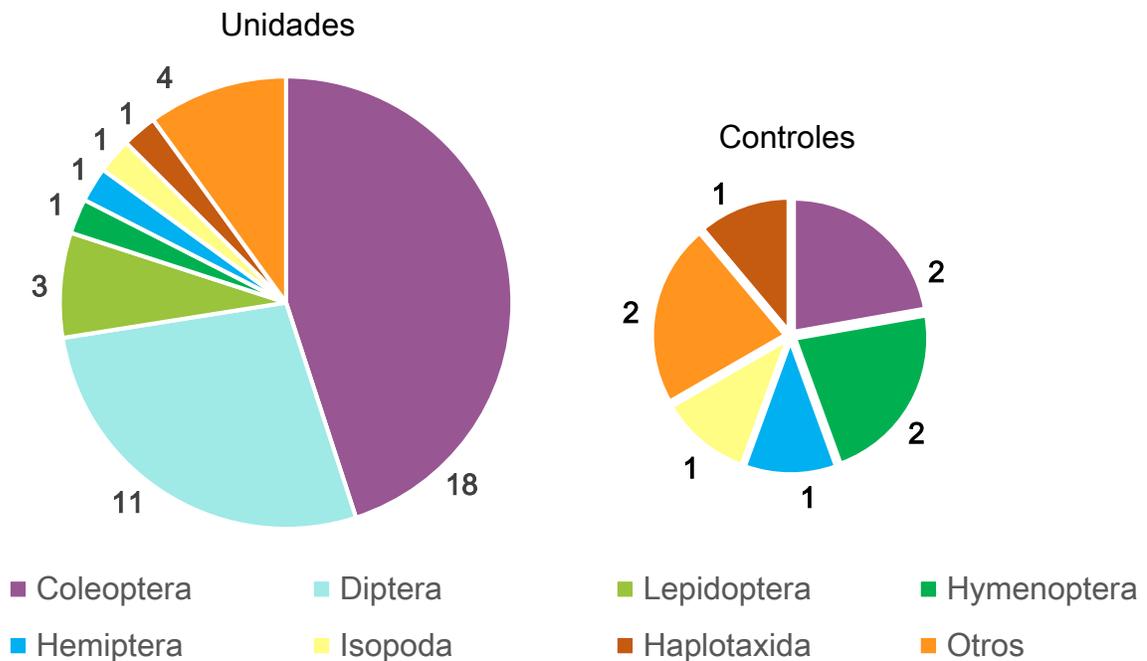
En total fue posible identificar a 72 morfotipos a nivel de orden entre adultos, pupas y larvas; y en detalle se pudo identificar a 55 morfotipos adultos a nivel de género. Del total de morfotipos recolectados originalmente (76), se descartaron cuatro debido a que la mala preservación de los especímenes imposibilitaba su identificación.

Dentro de las muestras recolectadas a lo largo del experimento, fue posible identificar los especímenes hasta el nivel de familia o género según el estado de conservación y estadio de desarrollo de los mismos (ver Anexo 2).

Al momento de recolectar las muestras entomológicas se optó por privilegiar la diversidad morfológica por sobre el número de individuos, debido a la alta dificultad que presentaba el identificar a los individuos *in situ* y la gran cantidad de individuos observados.

En términos generales se observó una diversidad de géneros, que fue significativamente mayor en las unidades que en los controles (Gráfico 14). Esto sugiere que los restos influenciaron la presencia de fauna entomológica.

Gráfico 14: Diversidad de fauna entomológica



La fauna entomológica presente en los controles estuvo compuesta en gran medida por individuos del género *Lumbricus* (Haplotaxida: Lumbricidae) y coleópteros, que se encontraron en todos los controles.

Las familias de coleópteros presentes fueron Elateridae, presentando individuos en estado larvario solamente; Staphylinidae, sólo con individuos adultos; Tenebrionidae, representada por individuos en estado larvario (el desglose de las presencia se muestra en la tabla 12).

Tabla 12: Órdenes presentes en los controles

Orden / Control	1	2	3	4	5
Coleoptera	x	x	x	x	x
Haplotaxida	x	x	x	x	x
Hymenoptera			x	x	
Hemiptera	x	x			
Isopoda		x	x		
Araneae		x			

Se observó una presencia moderada de Isópodos en los controles 3 y 4. En el tercer control se encontró un individuo adulto del género *Cleptes* (Hymenoptera: Chrysididae) asociado a su pupa (ver anexo 2) y en el control 4 se observaron hormigas adultas (Hymenoptera: Formicidae).

La presencia tanto de Coleópteros, como de Dípteros (que fueron exclusivos de las unidades) fue constante a lo largo de todo el proceso, ya fuese en estado larvario, pupario u adulto. Y al igual que en los controles los Haplotáxidos fueron ubicuos.

Se observó también una mayor consistencia en la presencia de individuos del género *Armadillidium* (Isopoda: Armadillidiidae) y presencia reiterada de hormigas (Hymenoptera: Formicidae).

Tabla 13: Órdenes presentes en las unidades

Orden / días	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
Diptera	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x
Coleoptera	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x
Haplotaaxida	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	
Isopoda	x	x	x	x		x		x	x	x	X	x	x	x	x
Lepidoptera									x	x	X				x
Hymenoptera		x							x	x	X				
Hemiptera								x							x
Orthoptera						x									
Araneae											X				
Trombidiformes	x														x
Lithobiomorpha			x							x					

Dentro de los dípteros observados se encontraron presentes géneros descritos en la literatura como fauna cadavérica, siendo estos *Lucilia* y *Calliphora* correspondientes a la familia Calliphoridae; *Sarcophaga* de la familia Sarcophagidae; *Hydrotaea* y *Musca* de la familia Muscidae; *Megaselia* de la familia Phoridae y *Fannia* de la familia Faniidae (Gennard, 2007; Byrd y Castner, 2009).

Tabla 14: Géneros de dípteros en las unidades

Género/Días transcurridos	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
<i>Calliphora</i>				x		x	x			x	X				x
<i>Calliopus</i>			x	x		x	x	x	x		X				
<i>Caricea</i>			x												
<i>Coenosopsia</i>		x													
<i>Fannia</i>												x	x	x	
<i>Hydrotaea</i>						x					x				
<i>Lucilia</i>		x					x			x					x
<i>Megaselia</i>									x		x				
<i>Musca</i>				x											
<i>Protophormia</i>					x								x	x	
<i>Sarconesia</i>		x													
<i>Sarcophaga</i>		x					x								x

Hydrotaea (Diptera: Muscidae) se observó sólo en estadio larvario.

Calliphora (Diptera: Calliphoridae) se observó en estadio larvario y pupario.

Fannia (Diptera: Faniidae), *Protophormia* (Diptera: Calliphoridae) y *Musca* (Diptera: Muscidae) sólo se encontraron en estadio pupario.

Sarcophaga (Diptera: Sarcophagidae) y *Megaselia* (Diptera: Phoridae) se encontraron tanto en estadio pupario como adulto.

Lucilia (Diptera: Calliphoridae) sólo estuvo presente en estadio adulto.

En la tabla 15 se exponen los géneros de dípteros con relevancia forense observados en cada etapa de descomposición.

Tabla 15: Géneros de dípteros con relevancia forense presentes en las etapas propuestas

	Descomposición temprana	Putrefacción	Licuefacción	Esqueletización inicial
<i>Lucilia</i>	x	x	x	
<i>Calliphora</i>	x	x	x	x
<i>Protophormia</i>		x	x	
<i>Sarcophaga</i>	x	x		x
<i>Megaselia</i>		x	x	
<i>Musca</i>		x		
<i>Hydrotaea</i>				x
<i>Fannia</i>			x	

En el caso de los Coleópteros existieron marcadas diferencias entre las familias y géneros identificados en las unidades y los controles. En las unidades se observaron individuos de 11 familias, de las que fueron identificados 20 géneros (ver tabla 16); mientras que en los controles se encontraron individuos de dos familias y sólo fue posible identificar un individuo a nivel de género.

Tabla 16: Géneros de coleópteros en las unidades

Género/Días transcurridos	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
<i>Acupalpus</i>	x	x	x		x			x	x		x		x	x	x
<i>Agriotes</i>						x		x						x	
<i>Aleochara</i>		x							x	x	x	x	x	x	x
<i>Anthicus</i>	x									x			x	x	x
<i>Ataenius</i>				x		x	x				x				
<i>Bradycellus</i>											x				
<i>Calathus</i>	x														
<i>Copobaenus</i>		x													
<i>Cossonus</i>		x													
<i>Creophilus</i>	x														
<i>Cyanotarus o Mimodromius</i>											x				
<i>Dexicrates</i>				x											
<i>Epicauta</i>					x					x					
<i>Exapion</i>		x													
<i>Grammephorus</i>	x														
<i>Oxypodini*</i>		x													
<i>Platynus</i>						x	x				x		x		
<i>Saprinus</i>						x									x
<i>Trechus</i>												x	x		

*Tribu

Las siguientes familias de coleópteros encontradas se han visto asociadas a fauna cadavérica: Staphylinidae (Almeida, Côrrea y Grossi, 2015; Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007), Histeridae (Byrd y Castner, 2009; Almeida y Mise, 2009; Gennard, 2007), Carabidae (Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007; Watson, 2004), Scarabaeidae (Almeida, Côrrea y Grossi, 2015; Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007) y Silphidae (Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007).

En particular los individuos de las familias Tenebrionidae y Silphidae se encontraban en estadios de desarrollo temprano, larva y pupa respectivamente, lo que no permitió determinar con certeza si existía una vinculación entre estos y los procesos de descomposición experimentados por los restos o su presencia era circunstancial.

Se constató la presencia de individuos del género *Saprinus* (Coleoptera: Histeridae) en dos unidades (6 y 15), este género ha sido anteriormente descrito como de relevancia forense en Sudamérica (Almeida y Mise, 2009) y otras partes del mundo (Matuszewski et al., 2016).

De la familia Anthicidae se encontraron individuos de dos géneros distintos:

En primer lugar *Copobaenus* (Coleoptera: Anthicidae) del cual no se encontró menciones en literatura forense.

En segundo lugar, *Anthicus* (Coleoptera: Anthicidae) el cual se ha encontrado previamente en experimentos enfocados en la descomposición de carcasas animales (López, Portorreal y Martínez, 2009) y son considerados carroñeros.

De la familia Carabidae se encontraron dos subfamilias: Trechinae y Harpalinae. El género *Trechus* (Coleoptera: Carabidae) perteneciente a la primera; y el género *Catalus* (Coleoptera: Carabidae) a la segunda no han sido descritos previamente como de relevancia forense.

No obstante se encontraron dos géneros de la subfamilia Harpalinae que si han sido descritos previamente en la literatura forense, estos son *Acupalpus* (Coleoptera: Carabidae), observado a lo largo de toda América (Watson, 2004), y *Bradycellus* (Coleoptera: Carabidae), cuya relevancia forense ha sido establecida para Sudamérica (Almeida y Mise, 2009).

Por último de la familia Staphylinidae se identificaron dos géneros con relevancia forense:

Aleochara (Coleoptera: Staphylinidae), que si bien se encontró presente tanto en las unidades como en uno de los controles ha sido destacado como de importancia forense previamente (Watson, 2004; Almeida y Mise, 2009; Almeida, Corrêa y Grossi, 2015).

Y *Creophilus* (Coleoptera: Staphylinidae) que ha sido registrado en contextos forenses en varias partes del mundo (Watson, 2004; Almeida y Mise, 2009; Fereidooni et al., 2015).

Además se encontraron individuos de la Tribu *Oxypodini* (Coleoptera: Staphylinidae), cuya relevancia forense ha sido destacada en Brazil (Almeida, Corrêa y Grossi, 2015).

La diversidad de géneros sugiere que algunos especímenes recolectados podrían corresponder a fauna local (Peña, 2006), y los géneros de coleópteros que se observaron

más reiteradamente fueron *Acupalpus* (Coleoptera: Carabidae) y *Aleochara* (Coleoptera: Staphylinidae) (ver tabla 16).

En la tabla 17 se exponen los géneros de coleópteros con relevancia forense observados en cada etapa de descomposición.

Tabla 17: Géneros de coleópteros con relevancia forense presentes en las etapas propuestas

	Descomposición temprana	Putrefacción	Licuefacción	Esqueletización inicial
<i>Acupalpus</i>	x	x	x	
<i>Bradycellus</i>			x	
<i>Aleochara</i>	x	x	x	x
<i>Creophilus</i>	x			
<i>Oxypodini*</i>	x			
<i>Ataenius</i>		x	x	
<i>Anthicus</i>			x	x
<i>Saprinus</i>		x		x

*Tribu

En cuanto a las otras órdenes observadas los Haplotáxidos fueron ubicuos tanto en los controles como en las unidades (Tablas 12 y 13), lo que es coherente con el uso agrícola del terreno, por lo que se consideraron como fauna local no relacionada a los procesos de descomposición.

Sobre el individuo *Conometopus* (Orthoptera: Miridae), no se encontraron descripciones como fauna cadavérica en la literatura.

Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) e individuos del género *Armadillidium* (Isopoda: Amadillidae) encontrados tanto en las unidades con segmento como en los controles, han sido anteriormente descritas como fauna cadavérica oportunista, ubicuas también en zonas agrícolas (Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007). Los Lithobomorfos (ver tabla 13) observados también fueron considerados fauna oportunista.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se ha constatado la poca influencia a corto plazo de la temperatura ambiente sobre la temperatura de suelo a 30 cm de profundidad. Esto es coherente con que el factor determinante de la temperatura del suelo es la radiación solar, lo que ha sido descrito en reiteradas ocasiones (Oliver, 2008; Hartmann, 2015).

Se observó que al finalizar el experimento se había perdido prácticamente un 70% de la masa, pérdida que se aceleró en las tres últimas unidades. La reducción de las dimensiones se fue acelerando en el tiempo conforme el tejido perdía integridad. En el aspecto macroscópico se definieron cinco etapas de descomposición en función de los cambios estructurales, de color y de olor de los restos.

Se constató que el pH del suelo fue afectado por dos factores:

- En primer lugar el ingreso de aire que produjo la remoción de tierra al momento de excavar y cubrir los agujeros, lo que afectó tanto a las unidades como a los controles.
- En segundo lugar la presencia de los restos que fueron descomponiéndose.

El primer factor tuvo un efecto acidificante sobre el suelo, lo que se debió al ingreso de CO₂ ambiental a la tierra (Santibáñez, 2006). Mientras que el segundo factor tuvo un efecto alcalinizante lo que coincide con lo anteriormente descrito en otros trabajos (Rodríguez y Bass, 1985; Carter, 2005; Carter y Tibbet, 2006; Carter y Tibbet, 2008; entre otros), y se explicaría por la acción microbiana y la liberación de iones H por parte de los restos.

A lo largo del proceso de descomposición las distintas dimensiones de los segmentos fueron variando a ritmos diferentes, lo que corresponde con que cada una estaba determinada por factores distintos.

- El largo está determinado principalmente por los huesos, por lo que es coherente que presentara el patrón de reducción más lenta, hasta que se inició la desarticulación de los huesos. Cosa que se evidencia en una marcada reducción en este en las unidades 14 y 15.
- El ancho dependió de la integridad de los tejidos, que conforme se fue perdiendo causó que los restos se extendieran horizontalmente bajo la presión ejercida por la tierra. Esto que coincide con el patrón de crecimiento inicial observado, seguido por la reducción de la dimensión en la medida en que el tejido blando iba desintegrándose.
- El grosor fue la dimensión sometida a la mayor presión por el peso de la tierra que cubría a los restos, fuerza que sumada a la degradación de los tejidos tuvo como efecto el patrón de reducción constante y acelerada que fue observado.

Las fases delimitadas en este experimento se asemejan a las antes descritas por otros autores (Payne, 1965; Payne y King, 1968; Carter, 2005; Gunn, 2009), pero presentan ciertas particularidades que llevaron a la formulación de nuestra propuesta.

- La fase fresca es una convención común a todos los estudios antes revisados, esencialmente porque comprende las primeras horas desde la muerte en las que se

presentan los fenómenos cadavéricos tempranos, previamente descritos como universales (Payne, 1965; Payne y King, 1968; DiMaio y DiMaio, 2001; Gisbert-Calabuig, 2004; Carter, 2005; Gunn, 2009).

- La etapa de descomposición temprana ha sido descrita en variadas ocasiones, pero suele ser descrita como fase “cromática”, por los múltiples cambios de color que experimentan los restos. Análogamente esta fase se considera la etapa “hinchada” o “gaseosa” (DiMaio y DiMaio, 2001; Gisbert-Calabuig, 2004; Gunn, 2009), la cual no fue observada en este caso. Esto probablemente se debe a que el segmento utilizado no presenta cavidades en las que se puedan alojar las bacterias necesarias para el desarrollo de la etapa gaseosa (Gunn, 2009; Gisbert-Calabuig, 2004). La ausencia de cavidades también podría explicar que el proceso se desarrollara más lentamente que en cuerpos completos, como los utilizados por Payne y King (1968).
- Se estableció la etapa de putrefacción en función de que las unidades correspondientes presentaban elementos constantes y característicos de la etapa en general. Pero se optó por subdividirla en tres fases en base a particularidades específicas observadas en algunas unidades, lo que constituye una innovación a lo descrito anteriormente por otros autores.
- La licuefacción ha sido anteriormente descrita y denominada en función del proceso que la caracteriza: la licuefacción de los tejidos (Gunn, 2009); en este caso fue delimitada bajo el mismo criterio.
- La esqueletización es el resultado final del proceso de descomposición de tejidos blandos y es conocida como la etapa más prolongada. En este caso fue observada sólo en estado inicial, pues a pesar de que los huesos se encontraban expuestos y desarticulados; aún había un abundante tejido blando en descomposición en la última unidad (Payne, 1965; Payne y King, 1968; Haglund y Sorg, 1997; Gunn, 2009).

En la tabla 18 se presenta una comparación de entre los resultados de nuestro estudio y los de Payne (1965) y Payne y King (1968).

Tabla 18: Comparación entre las fases propuestas en este estudio y las propuestas previamente por otros autores

Autor	Payne	Payne & King	Olivares
	Fresca (0 a 2)	Fresca (0 a 4)	Fresca (0)
	Gaseosa (2 a 4)	Gaseosa (4 a 7)	Descomposición temprana (4 a 12)
Fases (días)	Descomposición activa (4 a 8)	Deshinchamiento (7 a 10)	Putrefacción (16 a 36)
	Seca (8 a 20 aprox.)	Desintegración (10 a 60)	Licuefacción (40 a 56)
	Esqueletización (20 en adelante)	Esqueletización (60 en adelante)	Esqueletización inicial (60 en adelante)
Modelo	Lechón completo	Lechón completo	Pierna de cerdo
Contexto	Superficie	Enterrado	Enterrado

Elaborada a partir de los datos de: Payne, 1965; Payne & King, 1968

En estudios anteriores (Payne, 1965; Payne y King, 1968; Behrensmeyer, 1978; Dix y Graham, 2000, etc.) se ha considerado la posibilidad de utilizar los cambios macroscópicos del tejido como indicador de IPM. Esto ha sido descartado reiteradamente debido a la alta variabilidad en los tiempos de aparición y desarrollo de los procesos de degradación, y su alta dependencia a las variables ambientales (Dix y Graham, 2000; Gunn, 2009).

En este estudio se observó que la temperatura de suelo presentaba una alta estabilidad, lo que neutraliza su efecto, incrementando la relevancia de otras variables como la composición del suelo (Carter, 2005). Esto refuerza la importancia de realizar más estudios en este escenario para determinar otros factores de mayor relevancia.

La ventaja principal de la división propuesta en este estudio radica en la existencia de fotografías de referencia para las descripciones entregadas, lo que facilita la clasificación de los restos a comparar dentro las etapas definidas. Si bien no constituye un estimador certero de IPM, entrega un marco temporal dentro del cual se puede ubicar a los restos, considerando los intervalos temporales de cada etapa; por lo que posee un valor como evidencia indiciaria.

En cuanto a la entomofauna fue posible identificar 72 de los 76 morfotipos recolectados, observándose un importante aumento en la diversidad asociada a los restos en descomposición, entre la segunda y la quinta fase.

Se constató la presencia de familias de coleópteros descritas anteriormente como fauna cadavérica, y la amplia diversidad de morfotipos presentes sugirió que probablemente debía haber especies de fauna local.

Tanto en los controles como en las unidades hubo presencia de larvas de las familias Elateridae y Scarabaeidae (Coleoptera), y adultos del género *Aleochara* (Coleoptera: Staphylinidae).

Respecto a la familia Elateridae no se encontraron referencias a su presencia en contextos de relevancia forense. Se considera recomendable realizar mayor investigación en torno a las larvas de esta familia y los géneros *Agriotes* y *Grammephorus* para determinar su eventual relevancia forense.

En las unidades se encontraron individuos de las familias Meloidae, Brentidae, Curculionidae y Bostrichidae; los cuales se consideraron especies de fauna local no asociadas al contexto de descomposición, lo que se estableció en función de lo descrito previamente en la bibliografía (López, Portorreal y Martínez, 2009; Peña, 1996).

Se observó la presencia de familias de relevancia forense coleópteros con relevancia forense en las unidades, en particular Silphidae, Tenebrionidae, Histeridae, Anthicidae, Carabidae y Staphylinidae.

Dentro de estas familias, se observaron algunas coincidencias con los tiempos de aparición descritos en la literatura especializada (ver tabla 19). Se destaca que los tiempos de llegada de la familia Staphylinidae coinciden completamente con lo descrito previamente en la literatura (Mabika, Masendu y Mawera, 2014; Kyerematen, Boateng, Haruna y Eziah, 2013; Ekanem y Dike, 2010; López, Portorreal y Martínez, 2009; Gennard, 2007; Watson, 2004).

Tabla 19: Presencia de coleópteros con relevancia forense encontrados a lo largo de las fases de descomposición

Familia	Descomposición inicial	Putrefacción	Licuefacción	Esqueletización inicial	Seca*
Histeridae	D / -	D / O	D / -	D / O	D
Staphylinidae	D / O	D / O	D / O	D / O	D
Anthicidae	D / -	- / -	- / O	- / O	D
Scarabaeidae	D / -	D / O	D / O	D / -	D
Carabidae	- / O	- / O	- / O	- / O	D

D= Descrito en la literatura. O= Observado en este estudio. *El estudio no alcanzó a incluir la fase seca.

En este experimento no se registró presencia de coleópteros de las familias Cleridae, Dermestidae y Nitulidae; esto puede corresponder a diferencias con la fauna local o a déficits dentro del estudio, por lo que se recomienda aplicar otros protocolos de recolección en futuros estudios en el área

Respecto a los dípteros, estos sólo fueron observados en las unidades, y además estuvieron constituidos principalmente por géneros con relevancia forense.

Entre los dípteros identificados se observaron los siguientes géneros con relevancia forense: *Calliphora* (Diptera: Calliphoridae); *Lucilia* (Diptera: Calliphoridae); *Protophormia* (Diptera: Calliphoridae); *Sarcophaga* (Diptera: Sarcophagidae); *Fannia* (Diptera: Fanniidae); *Musca* (Diptera: Muscidae); *Hydrotaea* (Diptera: Muscidae) y *Megaselia* (Diptera: Phoridae) (Gaensslen, 2009; Byrd y Castner, 2009; Campobasso y Grassberger, 2010).

Además se encontraron especímenes de géneros no descritos previamente como fauna forense, que correspondían a los géneros *Calliopus* (Diptera: Lauxaniidae) y *Coenosopsia* (Diptera: Anthomyiidae).

Al igual que con los coleópteros dentro de las familias de dípteros con relevancia forense observadas; algunos presentaron coincidencias con los tiempos de aparición previamente descritos en la literatura (ver tabla 20). En esta orden se observó coincidencia en los tiempos de aparición de las familias Calliphoridae y Fanniidae (Mabika, Masendu y Mawera, 2014; Kyerematen, Boateng, Haruna y Eziah, 2013; Ekanem y Dike, 2010; Byrd y Castner, 2009; Gennard, 2007; Watson, 2004).

Tabla 20: Presencia de dípteros con relevancia forense encontrados a lo largo de las fases de descomposición

Familia	Descomposición inicial	Putrefacción	Licuefacción	Esqueletización inicial	Seca*
Calliphoridae	D / O	D / O	D / O	D / O	D
Muscidae	D / -	D / O	D / -	D / O	D
Phoridae	D / -	D / O	D / O	D / -	D
Sarcophagidae	D / O	D / O	D / -	D / O	D
Fanniidae	- / -	- / -	D / O	- / -	D

D= Descrito en la literatura. O= Observado en este estudio. *El estudio no alcanzó a incluir la fase seca.

También se constató la presencia de fauna detrívora oportunista como hormigas e isópodos. Estos últimos fueron observados de forma abundante y constante las unidades, lo que coincide con las descripciones previas de su carácter oportunista (Byrd y Castner, 2009). También se observó su presencia en los controles, la que fue más moderada que en las unidades, lo que probablemente se debe a que son ubicuos en zonas agrícolas por la diversidad de su dieta (Warburg, 1987).

Las hormigas observadas fueron catalogadas como fauna oportunista en base a las múltiples descripciones que existen de tal conducta para estas en la literatura (Watson, 2004; López, Portorreal y Martínez, 2009; Byrd y Castner, 2009)

Respecto a los lepidópteros observados en las unidades, correspondientes a las familias Noctuidae, Sphingidae y Tineiformes, su presencia podría deberse a las conductas

oportunistas de esta orden previamente descritas en la literatura (Gennard, 2007), no obstante al ser sus apariciones aisladas es difícil asegurarlo.

Se observaron también individuos adultos del género *Nerthra* (Hemiptera: Gelastocoridae), y *Lumbricus* (Haplotáxida: Lumbricidae); y además se encontró un individuo del género *Cleptes* (Hymenoptera: Chrysididae) en el tercer control.

Los individuos del género *Nerthra* (Hemiptera: Gelastocoridae) en particular están asociados a ambientes acuíferos (Peña, 2006), lo que se condice con la presencia de una acequia en las cercanías del sitio. Por esta acequia circula un caudal constante y es periódicamente utilizada para regar el área circundante lo que puede haber facilitado la llegada de estos especímenes al sitio en si. A partir de esto se sugiere la posibilidad de utilizarlos como marcador de ubicación geográfica en la determinación del contexto original de depositación de los restos.

Los individuos del género *Lumbricus* (Haplotaxida: Lumbricidae) se consideraron fauna local por su ubicuidad en las zonas agrícolas.

De forma adicional se observaron Arácnidos, encontrándose ácaros y arañas. Los individuos de la orden Araneae que se encontraron fueron considerados fauna local, esencialmente porque la mayor variedad se observó en los controles. El individuo *Ariadna* (Araneae: Segestridae), que fue el único de la orden Araneae que fue posible identificar a nivel de género, no ha sido descrito anteriormente en la literatura forense, pero al haberse presentado en una unidad (la número 11) no es posible descartar la posibilidad de que tenga alguna relación con la presencia de los restos.

Los ácaros encontrados correspondían a al género *Trombicula* (Trombidiformes: Trombiculidae), que es ubicuo en zonas agrícolas y agropecuarias por las características de su ciclo vital (Álvarez, Padilla, Cuesta y López, 2003). Por esto se presume que son especies de fauna local, o que al menos su presencia no está asociada a los restos.

A partir de lo antes mencionado se consideró que los restos tuvieron una real influencia en la llegada de entomofauna, Lo que se evidenció en la gran diversidad de familias observada en las unidades versus la escasa variedad en los controles. No obstante, no fue posible determinar el grado de influencia que los restos tuvieron sobre la cantidad de individuos de una misma especie, pues el criterio aplicado en la recolección y análisis de entomofauna fue el de diversidad morfológica, dejando de lado el aspecto cuantitativo.

Más allá de la relevancia científica que poseen los resultados de este estudio, es fundamental tomar en cuenta la importancia a nivel social que tienen este tipo de investigaciones.

Como se mencionó antes la Antropología Forense es en sí misma una ciencia bastante joven, por lo que está en constante desarrollo y transformación. El uso de esta disciplina en nuestro país es más bien reciente, y se ha popularizado con el tiempo, estando vinculado sobre todo a casos de las áreas de Derechos Humanos y catástrofes (tanto naturales, como de origen humano).

Debido a esto la investigación en el área a nivel nacional es limitada, lo que genera una falta de técnicas y metodologías de manejo y análisis de evidencias apropiadas para la realidad nacional, lo que dificulta la resolución de los casos estudiados y obstruye el quehacer policial y judicial, y repercute en el retraso de la entrega de restos a sus deudos y el manejo de la información asociada a estos procesos.

Considerando esto es fundamental que como antropólogos sigamos aportando desde nuestro campo en el abordaje de estas problemáticas, ya sea desde la validación de métodos para la población local, como por medio de la experimentación y generación de metodologías originales, y por medio de este trabajo buscamos dar un paso más en esta dirección.

CONCLUSIONES

Mediante una aproximación experimental al estudio de los procesos de descomposición de restos animales enterrados y sus efectos en su entorno, este trabajo permitió la construcción de una escala descriptiva de descomposición aplicable a entierros a baja profundidad en Chile central; y la identificación de los especímenes de entomofauna recolectados en el sitio de estudio a lo largo del experimento, no disponibles en trabajos previos.

De lo observado en este trabajo es importante destacar que:

- Los datos recabados aportan información en cuanto al desarrollo de la descomposición de restos animales enterrados, lo que constituye un antecedente valioso al momento de estimar IPM.
- La escala de descomposición propuesta presenta la ventaja de una descripción detallada de los cambios según tipo de tejido. Además se procuran fotografías de referencia para cada etapa, a fin de facilitar la clasificación a futuro por otros profesionales.
- La identificación de la entomofauna presente entregó información sobre los tiempos de llegada de los coleópteros y dípteros a los restos, lo que puede ser utilizado para calibrar los intervalos de llegada de las escuadras cadavéricas en la zona.
- Si bien los resultados de este estudio en principio se encuentran circunscritos a contextos rurales de la zona central de Chile; podría extenderse su uso a otras regiones que presenten características ambientales semejantes, tanto dentro como fuera del país. Del mismo modo podría replicarse la metodología propuesta en este trabajo en otras locaciones, para contrastar el desarrollo de estos procesos en distintas circunstancias ambientales para lograr una mayor precisión en las estimaciones a partir de tales resultados.

Durante la realización del experimento se evidenció la necesidad de contar con asistencia física en el proceso de excavación y harneado, lo que a futuro se recomienda considerar desde un principio.

También se considera relevante establecer un protocolo de almacenamiento y manejo de muestras más estructurado, a fin de mejorar su preservación; pues la mala preservación de las muestras entomológicas generó pérdidas de información potencialmente relevante. Además, recomendamos considerar el aspecto cuantitativo de la entomofauna, pues la cantidad de entomofauna presente podría ser de alta relevancia en contextos forenses, pero no fue examinada en este estudio.

Otros aspectos cuya relevancia se ha evidenciado en el presente estudio, y que se proyectan como importantes líneas de investigación son estudios de la diversidad de la entomofauna en el área estudiada para hacer posible diferenciar entre entomofauna local y cadavérica. Junto a lo anterior se recalca la importancia de realizar estudios comparativos entre estaciones en el mismo sitio, a fin de identificar las diferencias existentes en el

desarrollo de los procesos de descomposición y la entomofauna, según las distintas estaciones para incrementar la precisión de la estimación del IPM a lo largo del año.

Finalmente se espera que con el paso del tiempo y el incremento del número de profesionales del área forense podamos contar en un futuro cercano con descripciones de la entomofauna y experimentos cadavéricos en cada uno de los 18 tipos de macroambientes geoclimáticos del país. Consideramos que este trabajo y la metodología propuesta son relevantes pasos para lograr este objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adlam, R. E., & Simmons, T. (2007). The effect of repeated physical disturbance on soft tissue decomposition—are taphonomic studies an accurate reflection of decomposition?. *Journal of forensic sciences*, 52(5), 1007-1014.
- Almeida, L. M., Corrêa, R. C., & Grossi, P. C. (2015). Coleoptera species of forensic importance from Brazil: an updated list. *Revista Brasileira de Entomologia*, 59(4), 274-284.
- Almeida, L. M., & Mise, K. M. (2009). Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(2), 227-244.
- Álvarez, F. P., Padilla, F., Cuesta, A., & López, A. E. C. (2003). *Zoología aplicada*. Ediciones Díaz de Santos.
- Alzate, C., y Buitrago, J.E. 2001. *Manual De Medicina Legal Tanatologica*. Monografía para optar a título de abogado, Universidad de Manizales, Colombia.
- Amendt, J., Campobasso, C. P., Goff, M. L., & Grassberger, M. (Eds.). (2010). *Current concepts in forensic entomology* (p. 376). Dordrecht:Springer.
- Amnistía Internacional (1992) *Pisagua: se vuelven a abrir las investigaciones sobre la identidad de los restos humanos descubiertos en un enterramiento clandestino*. Londres, Reino Unido. Secretariado de Amnistía Internacional.
- Anderson, G. S. (2011). Comparison of decomposition rates and faunal colonization of carrion in indoor and outdoor environments. *Journal of Forensic sciences*, 56(1), 136-142.
- Anderson, G. S., & VanLaerhoven, S. L. (1996). Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Science*, 41(4), 617-625.
- Barriga, J. E. (s. f.). *Familias de Coleoptera presentes en Chile*. Tomado desde http://coleoptera-neotropical.org/paginas/1_HOME_PAGE/ChFamCol.html
- Behrensmeyer, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4(02), 150-162.
- Black, S., y Ferguson, E. (Eds.). (2011). *Forensic anthropology: 2000 to 2010*. CRC Press.
- Brand, L. R., Hussey, M., y Taylor, J. (2003). Decay and disarticulation of small vertebrates in controlled experiments. *Journal of taphonomy*, 1(2), 69-95.
- Byrd, J. H., y Castner, J. L. (Eds.). (2009). *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. CRC press.
- Calce, S. E., y Rogers, T. L. (2007). Taphonomic changes to blunt force trauma: a preliminary study. *Journal of forensic sciences*, 52(3), 519-527.
- Carabineros de Chile. (n.d.). Tomado el 30 de Septiembre, 2016, desde <http://www.carabineros.cl/>

Carlson, K. J., & Pickering, T. R. (2003). Intrinsic qualities of primate bones as predictors of skeletal element representation in modern and fossil carnivore feeding assemblages. *Journal of Human Evolution*, 44(4), 431-450.

Carter, D. O. (2005). Forensic taphonomy: processes associated with cadaver decomposition in soil (Doctoral dissertation, James Cook University).

Carter, D. O., y Tibbett, M. (2008). Does repeated burial of skeletal muscle tissue (*Ovis aries*) in soil affect subsequent decomposition? *Applied Soil Ecology*, 40(3), 529–535. doi:10.1016/j.apsoil.2008.08.004

Carter, D., y Tibbett, M. (2006). Microbial decomposition of skeletal muscle tissue (*Ovis aries*) in a sandy loam soil at different temperatures. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(5), 1139–1145. doi:10.1016/j.soilbio.2005.09.014

Carter, D. O., Yellowlees, D., y Tibbett, M. (2007). Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*, 94(1), 12-24.

Compendios estadísticos del Servicio Médico Legal 2001 -2008

Cornejo, F. (29, 03 del 2016). Fiscalía formalizará a presunto homicida de El Bosque: indagan participación del padre. *Biobio Chile*. Tomado desde

<http://www.biobiochile.cl/noticias/2016/03/29/fiscalia-formalizara-a-presunto-homicida-de-el-bosque-indagan-participacion-del-padre.shtml>

Cortés, C. L. (2012). Los Crímenes más Difíciles se Rinden Ante la Entomología Forense. *La nación*. <http://www.lanacion.cl/los-crimenes-mas-dificiles-se-rinden-ante-la-entomologia-forense/noticias/2012-06-21/191807.html>

Dautartas, A. M. (2009). The effect of various coverings on the rate of human decomposition.

Dent, B. B., Forbes, S. L., y Stuart, B. H. (2004). Review of human decomposition processes in soil. *Environmental Geology*, 45(4), 576-585.

Denys, C. (2002). Taphonomy and experimentation. *Archaeometry*, 44(3), 469–484. doi:10.1111/1475-4754.00079

Dix, J., y Graham, M. (2000). *Time of Death, Decomposition and Identification*. CRC Press LLC.

DiMaio, D., y DiMaio, V. J. (2001). *Forensic pathology*. CRC press.

Dirkmaat, D. C., Cabo, L. L., Ousley, S. D., y Symes, S. A. (2008). New perspectives in forensic anthropology. *American journal of physical anthropology*, 137(S47), 33-52

Dirkmaat, D.C. and Cabo, L.L. (2006). The shallow grave as an option for disposing of the recently deceased: goals and consequences. *Proceedings of the American Academy of Forensic Sciences* 12 : 299.

Dirkmaat, D. (Ed.). 2012. *A companion to forensic anthropology* (Vol. 10). John Wiley y Sons.

Ekanem, M. S., & Dike, M. C. (2010). Arthropod succession on pig carcasses in southeastern Nigeria. *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*, 50(35), 561-570.

Estadísticas vitales INE 2006-2010

Fereidooni, M. (2015). Preliminary Data on Life Cycle of *Creophilus Maxillosus* Linnaeus (Coleoptera: Staphylinidae) and New Report of this Species on a Human Corpse, South of Iran. *Int J Forensic Sci Pathol*, 3(7), 144-147.

Figuroa-Roa, L., y Linhares, A. X. (2002). Systematics, morphology and physiology, Sinantropia de los Calliphoridae (Diptera) de Valdivia, Chile. *Neotropical entomology*, (June), 233–239

Forbes, S. L., Dent, B. B., & Stuart, B. H. (2005). The effect of soil type on adipocere formation. *Forensic science international*, 154(1), 35-43.

Forbes, S. L., Stuart, B. H., Dadour, I. R., y Dent, B. B. 2004. A preliminary investigation of the stages of adipocere formation. *Journal of forensic sciences*, 49(3), 566-574.

Gaensslen, R. E. (2009). *Blood, Bugs, and Plants*. Infobase Publishing.

Galloway, A., Galloway, A., Jones, A. M., Parks, B. O., & Henry, T. E. (1989). Decay rates of human remains in an arid environment. *Journal of Forensic Science*, 34(3), 607-616.

Galloway, A (1997) *The Process of Decomposition: A Model from the Arizona-Sonoran Desert*. En: Haglund, W. D. y Sorg, M. H. (Eds.) *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains* (Pp. 139-147). Boca Raton, FL: CRC Press.

Gennard, D. (2012). *Forensic entomology: an introduction*. John Wiley & Sons.

Gisbert Calabuig, J. A. 2004. *Medicina Legal y Toxicología* (6th ed.). Masson Elsevier.

Gleason, M. (2008). *The Search for Human Remains in the Search and Rescue Environment*. SARTI.

Gunn, A. 2009. *Essential forensic Biology* (Second ed). Willey-Blackwell, Singapore.

Haglund, W. D., y Sorg, M. H. (1997). *Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains*. CRC Press

Haglund, W. D., y Sorg, M. H. (2002). *Advances in forensic taphonomy: Method, theory and archaeological perspectives*. (W. D. Haglund y M. H. Sorg, Eds.). CRC Pres

Hartmann, D. L. (2015). *Global physical climatology* (Vol. 103). Newnes.

Horenstein, B. M., Linhares, A. X., Rosso, B., & Garcia, M. D. (2007). Species composition and seasonal succession of saprophagous calliphorids in a rural area of Córdoba: Argentina. *Biological research*, 40(2), 163-171.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (2014) Datos EMA de la estación meteorológica de San Pedro de Melipilla (Planilla de datos). Tomado desde <http://agromet.cl/stationGraphics.php>

- Institute of Laboratory Animal Resources (US). Committee on Care, Use of Laboratory Animals, & National Institutes of Health (US). Division of Research Resources. (1985). Guide for the care and use of laboratory animals. National Academies.
- Jordana, F., Colat-Parros, J., & Bénézech, M. (2013). Diagnosis of skull fractures according to postmortem interval: An experimental approach in a porcine model. *Journal of forensic sciences*, 58(s1).
- Jamieson, A., & Moenssens, A. (Eds.). (2009). *Wiley encyclopedia of forensic science*. John Wiley & Sons.
- Knoll, J. L., Ressler, R. K., Hazelwood, R. R., & Burgess, A. W. (2009) *Serial Homicide*. Wiley Encyclopedia of Forensic Science.
- Kowalewski, M., y Labarbera, M. (2004). Actualistic taphonomy: death, decay, and disintegration in contemporary settings. *Palaios*, 19(5), 423-427.
- Kyerematen, R. A., Boateng, B. A., Haruna, M., & Eziah, V. Y. (2006). Decomposition And Insect Succession Pattern Of Exposed Domestic Pig (*Sus Scrofa* L.) Carrion.
- Leiva, M. I., Ramírez, J. S., & Varas, C. G. (2015). Forensic archaeology in Chile: the contribution of the Chilean state to our memory, truth and justice. *Forensic Archaeology: A Global Perspective*, 389.
- López, C. N., Portorreal, Y. C., & Martínez, Y. M. (2009). Artropódos presentes en la putrefacción de cadáveres de cerdos (*Sus scrofa*) en Santiago de Cuba, Cuba. *Bol Soc Entom Aragonesa*, 44, 441-447.
- Lyman, R. L., & Fox, G. L. (1989). A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. *Journal of Archaeological Science*, 16(3), 293-317.
- Lynch-Aird, J., Moffatt, C., & Simmons, T. (2015). Decomposition rate and pattern in hanging pigs. *Journal of forensic sciences*, 60(5), 1155-1163.
- Mabika, N., Masendu, R., & Mawera, G. (2014). An initial study of insect succession on decomposing rabbit carrions in Harare, Zimbabwe. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 4(7), 561-565.
- Mądra, A., Konwerski, S., & Matuszewski, S. (2014). Necrophilous Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) as indicators of season of death and corpse relocation. *Forensic science international*, 242, 32-37.
- Mann, R. W., Bass, W. M., y Meadows, L. 1990. Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *Journal of forensic sciences*, 35(1): 103–11.
- Matuszewski, S., Frątczak, K., Konwerski, S., Bajerlein, D., Szpila, K., Jarmusz, M., Szafalowicz, M., Grzywaez, A. & Mądra, A. (2016). Effect of body mass and clothing on carrion entomofauna. *International journal of legal medicine*, 130(1), 221-232.
- Megyesi, M. S., Nawrocki, S. P., y Haskell, N. H. (2005). Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *Journal of forensic sciences*, 50(3), 618–26. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15932096>

Meteoblue, s.f. Archivo Meteorológico de Melipilla. Tomado el 26 de Abril, 2015, desde https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/archive/melipilla_chile_3880107

Dirección Meteorológica de Chile - Inicio. (n.d.). Retrieved April 30, 2016, from <http://www.meteochile.cl/>

Miller, R. A. (2002). The Affects of Clothing on Human Decomposition: Implications for Estimating Time Since Death.

Nahuelpan, E. y Varas, J. (2011). El homicidio y la violencia en Chile desde la información médico legal. SML

Oliver, J. E. (Ed.). (2008). Encyclopedia of world climatology. Springer Science & Business Media.

Omori, A. I., Hewadikaram, K. A., Goff, M. L., & Brown, W. A. (1991). Effect of heroin in decomposing tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera, Sarcophagidae) and implications of this effect on estimation of postmortem intervals using arthropod development patterns. *Journal of Forensic Science*, 36(2), 537-542.

Organización de Naciones Unidas (2006) Convención Internacional para la protección de todas las personas contra las desapariciones forzadas. New York, USA.

Ortloff-Trautmann, A., Jara-Peñailillo, A., Albornoz-Muñoz, S., Silva-Riveros, R., Riquelme-Gatica, M. P., y Peña-Rehbein, P. (2013). Primer reporte en Chile de *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae) en evidencia entomológica forense. *Archivos de medicina veterinaria*, 45(1), 83-89.

Ortloff, A., Peña, P., & Riquelme, M. (2012). Preliminary study of the succession pattern of necrobiont insects, colonising species and larvae on pig carcasses in Temuco (Chile) for forensic applications. *Forensic Science International*, 222(1), e36-e41.

Padilla, E. y Reveco, I. (2004). Memorias del grupo de antropología Forense y su aporte al campo de los Derechos Humanos en Chile. En Padilla, E. y Reveco, I. (Comp.) *Actas tomo II. V Congreso Chileno de Antropología*, San Felipe, Chile.

Payne, J. A. (1965). A Summer Carrion Study of the Baby Pig *Sus Scrofa* Linnaeus. *Ecology*, 46(5), 592 –602.

Payne, J. A., y King, E. W. (1968). Arthropod succession and decomposition of buried pigs. *Nature*, 219 (September), 1180, 1181

Peña, L. E. (1996). *Introducción al estudio de los insectos de Chile*. Editorial Universitaria.

Pickering, T. R., & Carlson, K. J. (2004). Baboon taphonomy and its relevance to the investigation of large felid involvement in human forensic cases. *Forensic science international*, 144(1), 37-44.

PDI- Policía de Investigaciones de Chile. (n.d.). Tomado el 18 de Enero, 2016, desde <http://www.pdichile.cl/>

Reed, E. C. (1888). *Catálogo de Los Insectos Dipteros in Chile*. Santiago de Chile.

- Rodriguez, W. C., y Bass, W. M. (1983). Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in East Tennessee. *Journal of Forensic Science*, 28(2), 423-432.
- Rodríguez, W. C., y Bass, W. M. (1985). Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. *Journal of forensic sciences*. 30(3): 836–52
- Santibáñez, C. (2006) *Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo*. (documento PDF). Tomado desde el sitio: http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.1.htm
- Saball, A. (2006). Biodiversidad de Chile: patrimonio y desafíos. Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- Schmitt, A., Cunha, E. and Pinheiro, J. (eds). (2007). *Forensic anthropology and medicine: complementary sciences from recovery to cause of death*. Humana Press, Totowa, New Jersey, 2006. 464 pp. ISBN 1 59745 099 5. ISBN 1 58829 824 8.
- Schultz, J. J., Collins, M. E., & Falsetti, A. B. (2006). Sequential Monitoring of Burials Containing Large Pig Cadavers Using Ground-Penetrating Radar. *Journal of forensic sciences*, 51(3), 607-616.
- Servicio Médico Legal. (s.f.). Tomado el 27 de Abril, 2015, desde http://www.sml.cl/sml/index.php?option=com_contentyview=articleid=32yItemid=204
- Shalaby, O. A., deCarvalho, L. M., y Goff, M. L. (2000). Comparison of patterns of decomposition in a hanging carcass and a carcass in contact with soil in a xerophytic habitat on the Island of Oahu, Hawaii. *Journal of forensic sciences*, 45(6), 1267–73. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11110180>
- Shattuck, R. E. (2010). *Perimortem fracture patterns in south-central Texas: a preliminary investigation into the perimortem interval* (Doctoral dissertation, Texas State University-San Marcos).
- Shean, B. S., Messinger, L., & Papworth, M. (1993). Observations of differential decomposition on sun exposed v. shaded pig carrion in coastal Washington State. *Journal of Forensic Science*, 38(4), 938-949.
- Soysanantonio (28, 03, 2015). El Tabo: hombre perdido desde el viernes fue encontrado muerto cerca de su casa en San Carlos. Soychile. Tomado desde <http://www.soychile.cl/San-Antonio/Policial/2015/03/28/312983/El-Tabo-hombre-perdido-desde-el-viernes-fue-encontrado-muerto-cerca-de-su-casa-en-San-Carlos.aspx>
- Statheropoulos, M., Agapiou, A., Zorba, E., Mikedi, K., Karma, S., Pallis, G. C. Eliopoulos, C. y Spiliopoulou, C. (2011). Combined chemical and optical methods for monitoring the early decay stages of surrogate human models. *Forensic science international*, 210(1), 154-163.
- Stockins, J. R. (2007). *A Research Study Regarding the Reasons for Dismemberment, and its Influence as a Taphonomic Agent When Dismembered Pig Remains are Buried in Greenwich, London*. London: Institute of archeology of the University College London.

- Stokes, K. L., Forbes, S. L., y Tibbett, M. (2013). Human versus animal: contrasting decomposition dynamics of mammalian analogues in experimental taphonomy. *Journal of forensic sciences*, 58(3), 583-591.
- Swindle, M. M., Makin, A., Herron, A. J., Clubb, F. J., & Frazier, K. S. (2012). Swine as models in biomedical research and toxicology testing. *Veterinary Pathology Online*, 49(2), 344-356.
- Sullivan, T. P., Eaglstein, W. H., Davis, S. C., y Mertz, P. (2001). The pig as a model for human wound healing. *Wound repair and regeneration*, 9(2), 66-76.
- Swindle, M. M., Makin, A., Herron, A. J., Clubb, F. J., y Frazier, K. S. (2012). Swine as models in biomedical research and toxicology testing. *Veterinary Pathology Online*, 49(2), 344-356.
- Tibbett, M., & Carter, D. O. (Eds.). (2008). *Soil analysis in forensic taphonomy: chemical and biological effects of buried human remains*. CRC Press.
- Tilstone, W. J., Savage, K. A., & Clark, L. A. (2006). *Forensic science: An encyclopedia of history, methods, and techniques*. ABC-CLIO.
- Turchetto, M., & Vanin, S. (2004). Forensic entomology and climatic change. *Forensic science international*, 146, S207-S209.
- Ubelaker, D. H., Buchholz, B. A., y Stewart, J. E. (2006). Analysis of artificial radiocarbon in different skeletal and dental tissue types to evaluate date of death. *Journal of forensic sciences*, 51(3), 484-488.
- VanLaerhoven, S. L. y Anderson, G. S. (1999). Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia. *Journal of forensic sciences*, 44(1), 32-43. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9987868>
- Villet, M. H., Richards, C. S., & Midgley, J. M. (2009). Contemporary precision, bias and accuracy of minimum post-mortem intervals estimated using development of carrion-feeding insects. In *Current concepts in forensic entomology* (pp. 109-137). Springer Netherlands.
- Vitta, A., Pumidonming, W., Tangchaisuriya, U., Poodendean, C., & Nateeworanart, S. (2007). A preliminary study on insects associated with pig (*Sus scrofa*) carcasses in Phitsanulok, northern Thailand. *Tropical biomedicine*, 24(2), 1-5.
- Warburg, M. R. (1987). *Isopods and their terrestrial environment*. Academic Press.
- Watson, E. J. G. (2004). *Faunal succession of necrophilous insects associated with high-profile wildlife carcasses in Louisiana* (Doctoral dissertation, Western Washington University).
- Wilson, A. S., Janaway, R. C., Holland, A. D., Dodson, H. I., Baran, E., Pollard, a M., y Tobin, D. J. (2007). Modelling the buried human body environment in upland climes using three contrasting field sites. *Forensic science international*, 169(1), 6-18. doi:10.1016/j.forsciint.2006.07.023