

Sucesión de entomofauna cadavérica en un ambiente de campo natural, utilizando como biomodelo cerdo blanco (*Sus scrofa* L.)"

Tesis de Maestría PEDECIBA Biología, opción Zoología

Lic. Manuel Castro O'Neil

Director: Dr. Néstor Centeno.

Laboratorio de Entomología Aplicada y Forense. Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires,
Argentina.

Co-directora: Dra. Patricia González-Vainer.

Sección Entomología. Facultad de Ciencias. Universidad de la República. Uruguay

Marzo 2017

“Un buen día apareció un campesino muerto en un arrozal y, como suele ocurrir en estos casos, nadie sabía nada. Cuando el magistrado local comprobó el cuerpo pudo determinar que el arma homicida había sido una hoz como las que utilizaban para recolectar el arroz. Reunió a todos los campesinos del pueblo, los puso en fila y les ordenó que todos pusiesen en el suelo y junto a ellos su hoz. Al cabo de un rato, señaló a uno de los campesinos como culpable del crimen... sobre su hoz estaban revoloteando las moscas. Aunque las hoces estaban todas limpias, las moscas se sintieron atraídas por los restos de sangre.”

Sung Tz'u 1235

“The Washing Away of Wrongs”

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Patricia González y Nestor Centeno por la difícil tarea de orientarme, por trasmitirme sus experiencias de campo y laboratorio de una línea de trabajo relativamente nueva en nuestro país. Especialmente a Patricia González por el apoyo moral y por las infinitas horas que volcó en la corrección del manuscrito final.

A los miembros del tribunal Dr. Fernando Perez-Miles, Dr. Miguel Simó y Dr. Enrique Morelli por el tiempo y aportes que le dedicaron a este trabajo.

Al Dr. Luciano Patitucci y Dr. Pablo Mulieri por la ayuda en la identificación de los Sarcófágidos, al Mag. Roberto Guerrero por la identificación de las hormigas, a la Mag. Mónica Remedios por la ayuda en la identificación de dípteros.

A mis amigos y que fueron ayudantes de campo, por ayudar en la logística de este trabajo y apoyo moral que me dieron en el transcurso de las experiencias. Mag. Alvaro Laborda y flia, Lic. Cintya Perdomo y flia, Bach. Valeria Rodriguez y flia. Sin ellos era muy difícil realizar los muestreos.

A mis amigos y compañeros de laboratorio, Carolina Jorge, Lucia Miguel, Estrellita Lorier, Maria Martinez, Carolina Rojas, Carlos Perafan, Rodrigo Postiglioni, Carmen Viera, Silvana Greco, Ramiro Tambasco, Anaisa Waller, Virginia Mourglia, Gabriela Bentacur, Ana Verdi, Rafel Arocena, Tatiana Varnessa, Andrea Picardo, Carmela Carballo, Gabriela Eguren,

A mi familia por el apoyo día tras día y mis disculpas por la ausencia durante este trabajo, Julieta Castro, Andrea Reja, Juana O'Neill, Pablo Castro, Gustavo Castro.

Dedicada a mi hija, Julieta Castro

RESUMEN

La Entomología Forense se define como el estudio de cualquier aspecto relacionado con los insectos, con el propósito de obtener información útil para investigaciones legales. Los insectos son asociados a los cadáveres para poder determinar, principalmente, el tiempo transcurrido desde la muerte o intervalo postmortem (PMI). En este trabajo se estudió la sucesión de la entomofauna cadavérica en seis cuerpos de *Sus scrofa* (Linnaeus 1758) en un ambiente de campo natural ubicado en el departamento de Paysandú, durante la estación de verano en los años 2012 y 2013. Para la captura de insectos se utilizaron distintos métodos de muestreo: trampa Malaise modificada, trampas de caída, red entomológica y recolección manual. Se realizaron análisis de similitud (ANOSIM) y dendrogramas de similitud para comparar la entomofauna entre los cuerpos de cerdo y entre los distintos estados de descomposición para ambos años. También se realizaron análisis de correspondencia para determinar la asociación de las especies de insectos con cada estado de descomposición, y se identificaron especies tipificantes y discriminantes de cada estado mediante análisis SIMPER. Se observaron cinco etapas durante el proceso de descomposición, fresco (F), enfisematoso o hinchado (E), descomposición activa (DAC), descomposición avanzada (DAV) y restos (R). La duración total del proceso de descomposición fue de 14 días para ambos años. Se colectaron 5944 insectos pertenecientes a 6 órdenes, 35 familias, 31 especies y 29 morfoespecies. Las abundancias relativas de los órdenes fueron Hymenoptera 49%; Diptera 32%; Coleoptera 18%; Hemiptera, Grylloblattodea y Blattodea <1%. La composición a nivel de las especies de insectos fue similar entre los seis cerdos ($R=0,0678$; $P= 0,395$); los estados de descomposición de manera global fueron significativamente distintos y no hubo diferencias significativas entre los mismos estados de ambos años. Durante la sucesión de los cuerpos se observaron que la especie *Chrysomya albiceps* (Wiedemann 1819) está asociada a los estados Enfimatoso y Descomposición Activa para los años 2012 y 2013. *Oxysarcodexia thornax* (Walker 1849) asociada a la Descomposición Avanzada y *Dermestes maculatus* (De Geer 1774) a los Restos Secos en ambos años. Las larvas colectadas pertenecían a *Chrysomya albiceps* en alta abundancia y de *Cochliomyia macellaria* (Fabricius 1775) en una muy baja proporción. El tiempo de desarrollo de *Ch. albiceps* de huevo a adulto a 31°C promedio fue de 8 días. *Chrysomya albiceps* tuvo mayor requerimiento calórico en el año 2013 para completar su ciclo, se obtuvieron 154 °D para 31°C y 172 °D para 32°C. La especie indicadora de PMI fue *Ch. albiceps*, las larvas I indican un tiempo de 7 horas a 24hrs aproximadamente, las larvas II un intervalo de 25 horas a 48 horas. Se observaron larvas III de *Ch. albiceps* desde las 49 horas a las 143 horas de un tamaño muy pequeño. Este tipo de estudio es el segundo realizado en Uruguay y el primero para la región norte del país durante la estación de verano.

PALABRAS-CLAVES. Entomología Forense, intervalo *postmortem*, sucesión de insectos, Diptera, Coleoptera

LISTA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
LISTA DE CONTENIDOS.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Las comunidades de interés forense.....	4
1.3 Fenómenos cadavéricos.....	6
1.4 Sucesión de la fauna en los cadáveres.....	8
1.5 Entomología forense.....	12
1.6 Planteamiento y justificación del problema.....	14
1.7 Objetivo general.....	15
1.8 Objetivo específicos.....	15
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1 Área de estudio.....	16
2.2 Modelo biológico <i>Sus scrofa</i>	18
2.3 Métodos de Muestreo.....	19
2.4 Experiencia de Campo.....	22
2.5 Cría de Dípteros.....	24
2.6 Análisis de laboratorio.....	25
2.7 Análisis estadísticos.....	26
3.RESULTADOS.....	27
3.1 Registros climáticos.....	27
3.2 Estados de descomposición cadavérica.....	29
3.3 Entonomofauna cadavérica.....	40

3.4 Comparación de las entomofaunas cadavéricas entre los estados de descomposición de los cuerpos de <i>Sus scrofa</i> y entre los años 2012-2013.....	47
3.5 Diversidad de la sucesión cadavérica.....	54
3.6 Abundancia y longitud de las larvas de Diptera.....	54
3.7 Identificación de Imagos a partir de estados inmaduros de dípteros.....	55
3.8 Desarrollo postembrionario de <i>Chrysomia albiceps</i>	56
4. DISCUSIÓN.....	58
4.1 Caracterización de la entomofauna cadavérica.....	58
4.2 Sucesión de la entomofauna y especies indicadoras del intervalo postmortem.....	66
4.3 Desarrollo Postembrionario de <i>Chrysomia albiceps</i>	70
4.4 Conclusiones finales.....	70
4.5 Perspectivas a futuro.....	72
5. BIBLIOGRAFIA.....	73

Tabla 1. Definición de los fenómenos cadavéricos (Trujillo (1999), Faracio (1997), Teke (1993), Calabulg (1991).....	6
Tabla 2. Sucesión de las principales especies de insectos asociados a la descomposición cadavérica de <i>Sus Scrofa</i> en las estaciones de verano del 2012 y 2013; Ciudad de Paysandú. (H: huevo, L: Larva, LI: Larva de primer estadio, LII: Larva del segundo estadio, LIII: Larva del tercer estadio, LPA: Larva posalimentaria, P: Pupa A: Adulto).....	31
Tabla 3. Abundancias absolutas de especies del orden Diptera (imago) capturadas sobre los cuerpos en el 2012 y 2013. Los taxa que contienen un (*) no fueron tomadas en cuenta para los análisis. Se indican las abreviaturas de las especies utilizadas en los análisis estadísticos.....	42
Tabla 4. Abundancias absolutas de especies del orden Coleóptera capturadas sobre los cuerpos en el 2012 y 2013. Los taxa que contienen un (*) no fueron tomadas en cuenta para los análisis.....	43
Tabla 5. Abundancias absolutas de artrópodos capturados en el 2012 y 2013 .Las especies que contienen un (*) no fueron tomadas en cuenta para los análisis.....	44
Tabla 6. Abundancias absolutas de especies capturadas en las trampas pitfall en el 2012 y 2013.....	46
Tabla 7. Análisis de similitud de la composición de la entomofauna cadavérica en cuerpos de <i>Sus crofa</i> entre estados de descomposición en el período del 6 al 19 de enero de 2012.....	47
Tabla 8. Análisis de similitud de la composición de la entomofauna cadavérica en cuerpos de <i>Sus crofa</i> entre estados de descomposición: Enfisematoso (E), Descomposición Activa (Dac), Descomposición avanzada (Dav), Restos Secos (R) en el período del 7 al 20 de enero de 2013.....	48
Tabla 9. Análisis de similitud entre mismos estados de descomposición en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.....	48
Tabla 10. Porcentajes de contribución de las especies a los promedios de similitud dentro de cada estado (especies tipificantes >10%) del año 2012.....	50
Tabla 11. Porcentajes de contribución de las especies a los promedios de similitud dentro de cada estado (especies tipificantes >10%) del año 2013.....	50
Tabla 12. Contribución de las especies en la diferenciación entre los estados de descomposición del 2012, promedios de disimilitud en especies discriminantes por procedimiento SIMPER.....	51
Tabla 13. Contribución de las especies en la diferenciación entre los estados de descomposición del 2013, promedios de disimilitud en especies discriminantes por procedimiento SIMPER.....	51
Tabla 14. Índices de diversidad (Shannon) y riqueza específica (Margalef) durante la sucesión de insectos en cuerpos de <i>Sus crofa</i> en el 2012 y 2013.....	51
Tabla 14. Longitud promedio± desvió estándar y abundancias relativas de los estadios larvales de <i>C. albiceps</i> y <i>C. macellaria</i>	54
Tabla 15. Identificación de los imagos cultivados a partir de los estadios inmaduros de dípteros durante el 2012 y 2013.....	55
Tabla 16. Tasa de desarrollo de los estados del ciclo de <i>C. albiceps</i> a 31°C ± 5 (2012) y 32°C ± 5 (2013) (TD=1/días).....	56
Tabla 17. Días/grados acumulados (ADD) de los estados de desarrollo de <i>C. albiceps</i> a 31°C ± 5 (2012) y 32°C ± 5 (2013) (ADD=D (Tm-Tmin)) la temperatura umbral utilizada 9,72°C.....	57
Fig.1 a) Ubicación de la ciudad de Paysandú; b) Ubicación del área de estudio.....	17
Fig.2 Ampliación de las aéreas de estudio (Google Earth) a) Área de estudio 2012; b) Área de estudio 2013.....	17

Fig.3 Cerdo sobre malla de metal.....	18
Fig.4 Trampa Malaise modificada.....	19
Fig.5 Trampa de caída o trampas pitfall.....	20
Fig.6 Disposición de las trampas caída en cada jaula.....	21
Fig.7 Disposición de los cerdos y la trampa control.....	23
Fig.8. A) Sobre de Aluminio B) Recipientes de cría.....	24
Fig.9 Variaciones de las temperaturas ambientales en el lugar de muestreo en función de las horas acumuladas desde el inicio.....	28
Fig.10 Variaciones de la humedad ambiental en el lugar de muestreo en función de las horas acumuladas desde el inicio	28
Fig.11 Cinco etapas etapas de la descomposición registradas en el experimento de <i>Sus crofa</i>	29
Fig.12 Temperatura del ambiente y temperatura anal de cada cerdo durante las horas de muestreo en el período 6 al 19 de enero de 2012.	31
Fig.13. Temperatura promedio del ambiente y variación de la temperatura anal de cada cerdo durante las horas de muestreo del 7 al 20 de enero de 2013.....	31
Fig.14 Cadáver de <i>Sus crofa</i> en la etapa fresca a las 6 hrs de muestreo. Círculos rojos: indican los adultos de califóridos oviponiendo.....	33
Fig.15 Masa de huevos de dípteros en la boca del cerdo a las 6 hrs de muestreo.....	34
Fig.16. Primeros insectos epígeos: hormigas depredando masa de huevos	34
Fig.17 Cadáver del cerdo en estado hinchado a las 12 hrs de muestreo.....	36
Fig.18 Larvas de dípteros dentro de la boca a las 24 hrs.....	36
Fig.19 Dípteros oviponiendo en el ano de <i>Sus crofa</i> a las 24 hrs de muestreo.....	37
Fig.20 Cadáver de <i>Sus crofa</i> a las 48 hrs de muestreo, rotura de la piel abdominal y exposición de vísceras.....	38
Fig.21 Cadáver de <i>Sus crofa</i> en descomposición, a las 96 hrs de muestreo.....	39
Fig.22 Cadáver de <i>Sus crofa</i> en descomposición, a las 168 hrs de muestreo.....	40
Fig.23 Abundancia relativa de los órdenes de insectos recolectados en cuerpos de <i>Sus crofa</i> en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.....	46
Fig.24 Abundancia relativa de las familias de dípteros recolectados en cuerpos de <i>Sus crofa</i> en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.....	46
Fig.25 Dendrograma de similitud entre estados de descomposición de cuerpos de <i>Sus crofa</i> en los períodos de enero de 2012 y 2013.	49
Fig.26. Análisis de Componentes Principales (PCA) de los estados de descomposición de <i>Sus crofa</i> y las especies de insectos en enero de 2012 y 2013.....	53

1. INTRODUCCION

La Entomología Forense se define como: "El estudio de cualquier aspecto relacionado con los insectos, con el propósito de tener información útil para investigaciones legales" (Reed 1958; Catts & Goff 1992; Anderson 1997; Livia Salazar 2006; Gómez-Gómez et al. 2007; Martínez et al. 2009). Esta disciplina se clasifica en tres tipos: 1) La entomología Urbana o Doméstica son aquellos procesos legales donde intervienen artrópodos que actúan sobre inmuebles y estructuras del ambiente urbano, así como sobre los propios seres humanos o sus animales de compañía. 2) La entomología Comercial/Industrial que son los procedimientos legales que investigan la infestación de insectos en elementos de consumo humano. 3) La entomología **Médico-Legal** o "entomología Médico Forense" ahora conocida como entomología **Médico-Criminal**, dado que los insectos son utilizados como evidencia en la investigación de las muertes principalmente violentas o en casos de negligencia. El estudio de los insectos asociados a los cadáveres, principalmente se utiliza para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte o intervalo postmortem (PMI) (Anderson & VanLaerhoven 1996).

1.1 Antecedentes

La primera cita sobre Entomología Forense data de 1235 AC y es del investigador forense Chino Sung Tz'u, quien escribió un libro sobre la escena del crimen: "The Washing Away of Wrongs" (traducido por McKnight 1981) El texto describe la investigación de un homicidio de un granjero degollado con una hoz.

A mediados del siglo XIX en Europa comenzó el uso de los insectos en la ciencia forense por los científicos Bergeret y Brouardel Yovanovitch. En el año 1850 Bergeret hizo la primera determinación del tiempo de muerte en un cadáver humano, basándose

en el desarrollo de las larvas y pupas que se encontraban en el mismo. Este fue uno de los primeros casos en que la evidencia entomológica fue admitida en un tribunal de justicia. Megnin es considerado el fundador de la entomología forense moderna, quién en su obra “La Faune des Tombeaux” (La fauna de las Tumbas) en 1887 caracterizó la sucesión de artrópodos que aparecen en cada estado de descomposición de cadáveres humanos. La publicación “La Fauna de los Cadáveres” (Megnin 1894) amplió y sistematizó la sucesión de insectos que son atraídos a los cadáveres. Su sistema de ocho escuadrillas de insectos y ácaros a los que llamaba “los trabajadores de la Muerte”, están correlacionadas con las etapas de la descomposición de un cadáver expuesto en las condiciones ambientales de París y sus alrededores. Sus conclusiones se siguieron utilizando hasta el siglo XX. El australiano Bornemisza hizo por primera vez en 1957 un experimento metódico exponiendo cuerpos de cobayos al aire libre para estudiar la sucesión de insectos necrófagos, siendo pionero en trabajo con cadáveres de animales. Los resultados que obtuvo fueron muy básicos y al extrapolar los resultados del experimento de estos animales a humanos se encontró que los cuerpos de cobayos se secaron muy rápido no sirviendo como modelo comparable con cuerpos de humanos. El entomólogo norteamericano Jerry A. Payne en 1965, estableció una metodología usando cerdos muertos como modelo de cadáver, y describiendo seis etapas de la descomposición. En 1978 Marcel Leclercq, médico y entomólogo, profesor en Lieja (Bélgica), realizó uno de los mayores aportes con una publicación basada en 132 casos que involucraron a 141 cadáveres humanos y propone una clasificación de los insectos, en relación con el estado de descomposición del cadáver: necrófagos, necrófilos, omnívoros y oportunistas. En 1986 Smith, realiza un aporte para las Islas Británicas recopilando más de 500 referencias bibliográficas de casos policiales en los que han contribuido entomólogos para su esclarecimiento. Más recientemente Byrd y Castner

(2001) y Benecke (2002) documentan la importancia del conocimiento del desarrollo larval en condiciones ambientales particulares y el tejido del cual se alimentan, esto se convierte en pruebas relevantes para la estimación del tiempo y en ciertos casos del lugar de muerte. En Sudamérica los antecedentes recientes incluyen en Argentina la participación de la Dra. Oliva quien en 1993 colabora con la justicia en la resolución de un caso aplicando esta disciplina; a partir de esa fecha se crea un grupo de investigadores que colaboran con el cuerpo forense en los peritajes en ese país. Actualmente se pueden citar de Argentina los trabajos de investigación de Centeno (2002, 2003,2004), Insaurralde (2005) y Mariani (2006). En Brasil, De Souza y Linares (1995) trabajan investigando los insectos desde la posible implicación forense. En Chile existen el aporte de Figueroa Roa & Lindares (2002) en especies de insecto de interés forense. En Perú, Iannacone (2003); Baumgartner & Greenberg (1985), realizaron estudios sobre las moscas Califóridas (mosca verde, mosca azul). En Colombia, Barreto y colaboradores (2002), Pérez y colaboradores (2005) y Oliva (1995,1997 y 2001) estudiaron insectos de interés forense o causantes de miasis. En Uruguay los antecedentes de trabajos en Entomología Forense son escasos. Algunos estudios abordaron la fauna cadavérica en cuerpos de ratones (González-Vainer et al. 2010) y los dípteros ciclorrafos asociados al Cementerio Buceo (González-Vainer et al. 2013). Hasta el momento el único estudio en Uruguay que se ha realizado sobre sucesión en cerdo, fue en un ambiente de bosque de Eucaliptos en el sur de Uruguay en una zona periurbana durante la estación de verano, obteniendo la primer tabla de sucesión de insectos y PMI para una zona al sur del país (Remedios 2014).

El modelo biológico utilizado en estos estudios es *Sus scrofa*, es el modelo animal más recomendado por sus características biológicas (piel, órganos, distribución de pelo) semejantes a las del hombre (Rodríguez & Bass 1983; Catts & Goff 1992; Vásquez

1996; Anderson & VanLaerhoven 2007). Estos autores también mencionan que la agrupación de las vísceras, así como la flora bacteriana de los cerdos son muy similares a las observadas en los humanos, registrándose los mismos procesos durante la descomposición.

1.2 Las comunidades de interés forense y la sucesión cadavérica

Los descomponedores y detritívoros son los encargados de desintegrar los cuerpos muertos de vegetales y animales. Los primeros son bacterias y hongos que transforman la materia orgánica en inorgánica a través de procesos químicos. Los detritívoros, también llamados organismos saprófagos, se alimentan de materia muerta (vegetal o animal) o de desechos procedentes de los organismos consumidores o productores (Payne 1965; Nabaglo 1973). Son animales que reducen la materia orgánica a fragmentos menores a través de métodos físicos y luego rompen sus moléculas con la digestión, mediante reacciones químicas. Dentro del grupo de los detritívoros, los artrópodos son el componente mayoritario y el que juega el papel más importante durante la fase inicial de descomposición (Galante & Marcos-García 1997; Bentancour et al. 2010; Arnaldos et al. 2011). En el proceso de desintegración de un cadáver, los organismos detritívoros dominantes son los insectos de los ordenes Diptera y Coleoptera; la acción de estos acelera el proceso, reduciendo en casi un 60% el tiempo de permanencia del mismo en el suelo (Payne 1965; Putman 1983). Los restos orgánicos en descomposición, tanto animales como humanos, constituyen un microhábitat efímero en constante cambio en el cual pueden desarrollarse una gran variedad de insectos sarcosaprófagos que colonizan el cadáver de manera secuencial y predecible (Battan et al. 2002), constituyendo una sucesión. De esta manera la sucesión cadavérica se puede

ver como una sucesión ecológica. La sucesión se define como la acción o el efecto de suceder, (proceder, provenir, entrar en lugar de alguien). En parámetros de tiempo es en un esquema continuo-direccional. La secuencia de sucesión se produce en escalas de tiempo muy distintas y como resultado de diferentes mecanismos. Una especie solo estará presente donde pueda ser capaz de poder alcanzar un crecimiento, para esto deben haber condiciones y recursos apropiados, los depredadores y los competidores no deberán eliminarla de allí (Begon et al. 1996). La etapa inicial de una sucesión está constituida por especies pioneras o colonizadoras que se caracterizan por una elevada tasa de crecimiento y una amplia distribución a diferencia de las especies tardías con una baja tasa de colonización y dispersión (Curtis & Barnes 2000). El patrón de reemplazo no se da de manera aleatoria, sino que es característico de cada sucesión (Smith & Smith 2000) donde hay un conjunto de especies asociada a cada estado de descomposición del cuerpo. Esto es debido a que el cuerpo sufre cambios en esas etapas de descomposición; esos cambios físicos y químicos dan origen a nuevos recursos (alimentos y refugio) que atraen diferentes especies. La sucesión cadavérica es una sucesión degradativa. Se caracteriza por una reversión en las tendencias en el desarrollo hacia una comunidad más simple, habitualmente con menos especies, menor productividad y biomasa. La sucesión degradativa más simple es la asociada con la degradación de la materia orgánica muerta, ya sean cuerpos de animales, heces, troncos, ramas u hojarasca. En general se observa un desplazamiento en las especies de descomponedores y detritívoros a medida que unos recursos se van agotando y otros se van haciendo disponibles. La sucesión llega a su fin cuando la materia orgánica muerta es totalmente degradada y metabolizada, dado que en esta secuencia intervienen solamente organismos heterótrofos (Bagon et al. 1996).

1.3 Fenómenos cadavéricos

Con el nombre de fenómenos cadavéricos se designa el conjunto de cambios, modificaciones o alteraciones que acontecen en un cadáver. Una vez que no hay procesos bioquímicos vitales, el cuerpo comienza a sufrir una serie de procesos abióticos y bióticos que forman parte de la descomposición.

Tabla1. Definición de los fenómenos cadavéricos (Trujillo (1999); Faracio (1997); Teke (1993); Calabulg (1991))

FENÓMENOS CADÁVERICOS		DEFINICIÓN
TEMPRANOS	ENFRIAMIENTO	Es la disminución de la temperatura corporal de modo progresivo, en un grado por hora, aproximadamente, nivelándose a las 24 horas con la del medio ambiente.
	DESHIDRATACION	Este proceso consiste en la evaporación excesiva de líquidos corporales, esta evaporación determina el enfriamiento, la pérdida de peso, la desecación de las mucosas.
	LIVIDECES	Son manchas de color rojo vinosas, producidas por la acumulación de sangre en los sitios declives por la acción de la fuerza de la gravedad; se inician con el cese de la actividad cardiaca.
	RIGIDEZ	Es un estado de endurecimiento de los músculos estriados, lisos, cardiaco debido a fenómenos bioquímicos tales como la acidificación y deshidratación postmortem.
TARDIOS	FASE CROMATICA	Se inicia con el primer síntoma de putrefacción, una mancha verde localizada inicialmente y por lo general en la fosa iliaca derecha extendiéndose por el abdomen, posteriormente el cadáver va cubriéndose de manchas verdosas y negruzcas.
	FASE ENFISEMATOSA	Se caracteriza por el desarrollo de gran cantidad de gases que abomban y desfiguran el cadáver por la acción de las bacterias
	FASE COLICUATIVA	Consiste en la licuefacción o desaparición de los tejidos blandos.
	REDUCCION ESQUELETICA	Todas las partes blandas del cadáver desaparecen y los elementos más resistentes (ligamentos, cartilagos y huesos) se conservan.

La observación de los cambios físicos y la reducción de la biomasa del cuerpo son empleados para determinar los estados de descomposición. En la actualidad la ciencia forense reconoce y acepta cinco estados en el proceso de descomposición de un cadáver (Smith 1986; Early & Goff 1986; Goff et al. 2004; Flores 2009). Estos son: estado fresco o cromático, hinchado o enfisematoso, descomposición activa o colicuativa, descomposición avanzada y restos secos o esqueletización, cada uno de ellos

caracterizado por una entomofauna particular (Magaña 2001; Calabuig & Villanueva 2004).

Estado fresco o cromático. Se aprecia en el cuerpo una mancha verde abdominal en la fosa ilíaca derecha, debido a la acción de los coliformes y clostridios que descomponen la hemoglobina en compuestos azufrados de color verde que tiñen la piel (Flores 2009). Los primeros insectos en llegar al cadáver son las moscas Calliphoridae y Sarcophagidae, las hembras adultas depositan sus huevos o larvas en aberturas naturales (ojos, nariz, boca, orejas y región anogenital). Estas familias pueden ser las más significativas para estimar el intervalo post mortem en el primer estadio de la descomposición.

Estado enfisematoso. Se caracteriza por la producción de una gran cantidad de gases derivados del metabolismo de bacterias descomponedoras. La cabeza, los párpados y los genitales se hinchan, el abdomen se distiende y la red venosa adquiere una coloración verdosa (Simonin 1980). La temperatura interna aumenta por el efecto combinado de la descomposición bacteriana y el metabolismo de las larvas de los dípteros características en este estado. Los fluidos producto de la descomposición bacteriana y el metabolismo larval salen por las aberturas naturales del cuerpo y se precipitan al suelo provocando una alcalinización en el entorno al cadáver haciendo que la fauna edáfica normal desaparezca.

Descomposición activa. En esta etapa el tejido blando y los órganos del cadáver se licuan y reblandecen (Calabuig & Villanueva 2004). Predominan aún las larvas de dípteros formando grandes masas que se alimentan de los tejidos blandos del cuerpo. Hacia el final de la descomposición activa la gran mayoría de los Calliphoridae y los Sarcophagidae han completado su desarrollo abandonando el cadáver para pupar. d.

Descomposición avanzada. Conforme los restos se van reduciendo a piel, cartílago y huesos, algunas especies de coleópteros pasan a ser las predominantes en lugar de los dípteros.

Restos secos. Este estado se alcanza cuando solo quedan pelo y hueso. No aparecen insectos claramente asociados y se produce una vuelta gradual de la fauna edáfica normal del lugar donde se encuentran los restos. No existe un momento final definido para esta fase.

1.4 Sucesión de la fauna en los cadáveres

De los artrópodos, los insectos son los principales colonizadores y el estudio de la secuencia en que éstos aparecen (sucesión) es una de las herramientas más fuerte de análisis de la entomología forense. No todas las especies que aparecen en el cuerpo se alimentan de los tejidos, solo unas pocas especies participan activamente en la descomposición de un cadáver acelerando la tasa de descomposición (necrófagos y omnívoros) otras como permanecen allí para alimentarse de larvas de otros insectos (necrófilos) o tal solo son especies oportunistas (Smith 1986). Los patrones de sucesión de un cadáver varían geográficamente teniendo cada localidad su propio conjunto de especies de artrópodos que intervienen en los procesos de descomposición (Anderson, 1982). A excepción de algunas especies cosmopolitas, cada región presenta su propia entomofauna especializada (Katakura & Ueno 1985). Se han establecido nuevas clasificaciones sobre la entomofauna cadavérica, que incorporan órdenes de insectos a los que anteriormente se les desestimaba su valor potencial en el proceso de sucesión (Florez 2009). Una de las clasificaciones más utilizada es la de Leclercq (1978)

actualizada por Goff (1993) en la cual se agrupan los insectos que acuden a un cadáver en base a su alimentación dividiéndolos en:

Especies necrófagas: Se alimentan del cadáver. Incluye principalmente dípteros y coleópteros.

Especies necrófilas: Es el segundo grupo más significativo. Incluye himenópteros (parásitos de larvas y de puparios de dípteros) y coleópteros que se alimentan de las especies necrófagas.

Especies omnívoras: Esta categoría incluyen algunos coleópteros, hormigas y avispas que se alimentan de tejidos muertos, de insectos necrófagos o ambos.

Especies oportunistas: Son especies que utilizan el cadáver como una extensión de su hábitat natural (colémbolos, crustáceos, arañas).

Los insectos necrófagos se agrupan dentro Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae y Piophilidae (Diptera) y Dermestidae, Staphylinidae y Cleridae (Coleoptera) (Amendt et al. 2010; Gunn 2006, 2009; Gullan & Cranston 1994). Los insectos adultos pueden alimentarse de los fluidos del cadáver, sin embargo son sus larvas los organismos verdaderamente descomponedores gracias a las secreciones enzimáticas que producen y que ocasionan la lisis de los tejidos. Estas se crían juntas en grandes masas y se mueven en torno al cadáver promoviendo la diseminación de bacterias y secreción de enzimas, haciendo posible el consumo de los tejidos blandos. (Galante & Marcos-García 1997). Durante el proceso de descomposición, los restos pasan por una serie de cambios biológicos, químicos y físicos, desde su estado fresco hasta la esqueletización. Estos cambios en conjunto determinan la diversidad de insectos sarcosaprófagos, así como la secuencia con la cual van colonizando los restos (Anderson & Vanlaerhoven 1996)

Smith (1986). Dicha variedad en la diversidad, la rápida colonización de los cadáveres por parte de los imagos y los patrones de crecimiento de sus larvas hacen que los insectos sean particularmente utilizados como buenos indicadores en estudios de Entomología Forense (Goff 1993).

La sistematización de Mégnin (1894) con su sistema de ocho cuadrillas de insectos y ácaros cadavéricos es utilizada por algunos autores hoy en día.

“Escuadra I”: Los primeros insectos en acudir a un cadáver son los Diptera Calliphoridae y Muscidae que acuden a las pocas horas a depositar sus huevos y cuyas larvas se alimentarán de los tejidos.

“Escuadra II”: Una vez que el cadáver comienza a liberar los olores propios de la descomposición llegan a él los dípteros Sarcophagidae que depositarán sus larvas sobre el cadáver, también necrófagas.

“Escuadra III”: Integrada por coleópteros Dermestidae que son atraídos por la presencia del ácido butírico producto de la descomposición de la grasa. Se alimentan de las mudas y desechos de las escuadras anteriores, estando presentes hasta la última escuadra.

“Escuadra IV”: Esta etapa se caracteriza por la presencia de especies de dípteros de los géneros *Phaenicia* y *Fannia* y de coleópteros Cleridae del género *Necrobia* (*N. rufipes* y *N. ruficollis*). Estos últimos son predadores de las larvas de dípteros. Son atraídos por la fermentación caseica de los restos proteicos.

“Escuadra V”: Se caracteriza por el comienzo de la fermentación amoniacal. Durante este periodo acuden al cadáver los últimos grupos de dípteros necrófagos del género *Ophyra* (Muscidae) y coleópteros Staphylinidae e Histeridae (predadores de larvas de dípteros).

“Escuadra VI”: Se caracteriza por una importante presencia de ácaros de diferentes especies.

“Escuadra VII”: en esta etapa aparecen especies de coleópteros necrófagos del género *Dermestes* (Dermestidae). Las larvas de estas especies se alimentan de sustancias con alto contenido proteico (cuero, lana, plumas). También se encuentran coleópteros predadores de los géneros *Attagenus* y *Philontus* (Staphilinidae) entre otros.

“Escuadra VIII”: Corresponde al segundo y tercer año después de la muerte, sólo quedan unos pocos restos orgánicos. Las especies de coleópteros característicos de esta etapa son necrófagas, pertenecientes a Trogidae.

Mégnin (1894) se basó principalmente en los dípteros y coleópteros ya que son los grupos más representativos en el proceso de sucesión cadavérica. Estudios posteriores y más recientes sobre sucesiones en cadáveres han revelado que: las ocho “escuadras” de Mégnin no son tan definidas. Además de dípteros y coleópteros otros grupos de insectos participan activamente en la descomposición como los himenoptera. Diversos autores han establecido nuevas clasificaciones sobre la entomofauna cadavérica, Goff (1993) describe 4 categorías según la relación directa de los insectos con el cadáver (necrófagas, necrófilas, omnívoras y oportunistas), incorporando órdenes de insectos anteriormente desestimados en el proceso de sucesión (Flores 2009).

1.5 Entomología forense

La Entomología Médico Legal o Forense es el estudio de los insectos asociados a un cadáver (Reed 1958; Catts & Goff 1992; Anderson 1997; Livia Salazar 2006; Gómez-Gómez et al. 2007; Martínez et al. 2009). Tiene como principal objetivo establecer el momento de la muerte mediante la estimación del intervalo post-mortem (PMI) estimando los tiempos probables máximo y mínimo desde la muerte hasta el descubrimiento del cadáver (Calderón et al. 2005). Normalmente la estimación del tiempo de muerte es a través de la medición de parámetros como la temperatura corporal, la flacidez muscular y el tono de la piel, entre otros (Smith 1986; Byrd & Castner 2001). Cuando alguna de estas características no se puede medir ya sea por avanzado estado de descomposición o porque el cuerpo se encuentra en condiciones de deterioro, la evidencia entomológica adquiere un papel importante para poder determinar el PMI. Pudiendo aportar además, datos de las circunstancias del deceso como movimiento o transporte del cuerpo (Descarte), detección de traumas previo al deceso, presencia de residuos de drogas o tóxicos en el cuerpo (Smith 1986; Centeno et al. 2002; Battan et al. 2010). La estimación del PMI se puede realizar en base a la sucesión de artrópodos durante el proceso de descomposición o mediante el análisis de la edad y tasa de crecimiento larval, particularmente de dípteros (Pérez et al. 2005; Tabor et al. 2005; Ferreira Kruger et al. 2011). Dentro de la Entomología Forense existe una línea de investigación que se enfoca en el estudio de los ciclos de vida de los dípteros sarcosaprófagos en condiciones controladas y en las variaciones de tamaño de las larvas sometidas a distintas temperaturas constantes. Estos datos pueden representarse gráficamente y obtener las denominadas isomegalen-diagramas, por medio de las cuales es posible determinar la edad de las larvas a partir de su longitud a temperaturas determinadas (Anderson 1997). La isomegalen-diagrama de una especie

en particular, permite comparar el tamaño de la larva encontrada en un cuerpo con la tasa de crecimiento de la misma larva criada experimentalmente, a la misma temperatura promedio en la cual en cuerpo fue encontrado (Introna et al. 1989). De esta manera es posible determinar la edad de la larva (en horas o días) presente en un cadáver y determinar el PMI mínimo.

La duración del desarrollo postembrionario en las diferentes especies de dípteros, a distintas temperaturas, también es un dato base importante (Byrd & Castner 2010). Al determinar el tiempo necesario para completar su desarrollo, se puede estimar el tiempo que la larva permaneció sobre el cadáver y cuándo fueron puestos los huevos. El desarrollo de los estados inmaduros es termo-dependiente, el PMI es normalmente calculado en base al modelo de días u horas grado, o calor acumulado (ADD/ADH). El calor acumulado es una combinación de la temperatura por encima de la temperatura umbral mínima de desarrollo multiplicada por el tiempo; se mide en unidades llamadas días-grado ($^{\circ}\text{D}$) (horas-grado, $^{\circ}\text{h}$). Se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula: $\text{ADD} = D (T_m - T_{\text{mín}})$, donde $\text{ADD} =$ días grado ($^{\circ}\text{D}$), $D =$ tiempo de desarrollo (días), $T_m =$ temperatura ambiente promedio o experimental ($^{\circ}\text{C}$) y $T_{\text{mín}} =$ temperatura umbral mínima de desarrollo ($^{\circ}\text{C}$) (Higley and Haskell 2010). Cada especie de insecto requiere de un cierto valor de días-grado para completar cada etapa de su desarrollo. Esta cantidad de energía calórica requerida por la especie es constante para la misma, porque a medida que la temperatura aumenta el tiempo de desarrollo es más corto y viceversa. El conocimiento del calor acumulado requerido por una especie para completar sus estados de desarrollo, permite calcular el tiempo que le ha llevado a un determinado estado inmaduro, encontrado en un cadáver, alcanzar dicho estado, y por lo tanto,

estimar un PMI mínimo. De ahí la importancia de conocer los ADD de cada estado del ciclo de las especies de interés forense.

1.6 Planteamiento y justificación del problema

Tener un profundo conocimiento en la taxonomía, fisiología y ecología de los artrópodos de interés forense, es la base para hacer su aporte a las disciplinas legales. En Uruguay, los estudios sobre sucesión de entomofauna cadavérica han sido muy escasos y dispersos, los datos obtenidos son sobre zonas urbanas localizadas en la capital y periferia (Vainer et. al 2010, 2013; Remedios 2014) En ambientes terrestres el proceso de descomposición y la secuencia de colonización de los insectos pueden verse modificadas por varios factores como cuerpos enterrados, semisepultados, con luz, con sombra, pero el factor más importante que acelera o retarda la descomposición es la temperatura (Campobasso 2001). Existe un vacío en el conocimiento de las especies locales que participan en las distintas etapas de la sucesión de descomposición cadavérica, así como también de las variaciones que pueda presentar la composición de especies bajo las múltiples y distintas condiciones en que se pueda encontrar un cadáver (Savage et al. 2011). Los conocimientos del tiempo de desarrollo y tasas de crecimiento larval de especies de interés forense, se han enfocado en pocas especies y los mismos sólo se han realizado bajo condiciones controladas a determinadas temperaturas constantes (Byrd & Castner 2001, Velez & Reiter 2001, Velez & Wolf 2008). El tiempo de desarrollo y las tasas de crecimiento en condiciones naturales con fluctuaciones de las variables ambientales tienen un fuerte efecto sobre las larvas que se están desarrollando (Introna et al. 1989). Lo ideal es la experimentación bajo condiciones naturales ya que permite poder extrapolar los resultados (Velez & Wolf 2008) a casos

similares. Este trabajo plantea estudiar la sucesión de la entomofauna cadavérica en *Sus scrofa* L. en un ambiente de campo natural ubicado en el departamento de Paysandú en la estación de verano, siendo el primer registro en el norte del Uruguay. Se aportarán datos de los desarrollos larvales de las principales especies de Diptera involucradas en esa área de estudio, obteniendo registros de los estados de descomposición y de la sucesión de insectos que se presenten. La repetición del experimento durante 2 veranos continuos, le dará al trabajo más robustez al tener una mayor serie de datos para analizar dado que los efectos abióticos tendrán variación de un año al otro

1.7 Objetivo general

- Determinar la sucesión de la entomofauna cadavérica y su aplicación en el cálculo del intervalo post-mortem, utilizando como biomodelo cerdo blanco (*Sus scrofa* L.) en un ambiente de pradera en la Región Noroeste de Uruguay.

1.8 Objetivo específicos

- Caracterizar la sucesión de la entomofauna cadavérica en tres cuerpos de cerdos expuestos al aire libre en la misma estación (verano) en dos años consecutivos.
- Relacionar la sucesión de la entomofauna con los estados de descomposición y el tiempo post-mortem
- Determinar las especies que pueden ser utilizadas como indicadoras del intervalo postmortem para el área de estudio y estación de verano.
- Obtener las gráficas de tasa de crecimiento para las diferentes especies de dípteros que se colectan en el cuerpo criadas en condiciones ambientales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio.

Los muestreos se realizaron en una zona rural, aproximadamente a 10 km de la ciudad de Paysandú (32°21'5.12"S; 58° 3'37.00"O) (2012) y (32°17'18.98"S; 58° 1'57.73"O)(2013) con una distancia de 7 km entre puntos (Fig.1) El bioma predominante es pradera según en la clasificación de Evia & Gudynas (2000). Esta zona se destaca en la escasa infraestructura de caminería, baja densidad poblacional y algunos montes de abrigo de eucalipto. La vegetación dominante está formada por gramíneas perennes y anuales (*Hordeum pusillum*), es una zona considerablemente limpia presentando una baja proporción de malezas, que se componen principalmente de carqueja (*Baccharis trimera* (Less) DC; Asteraceae), de cardilla (*Eryngium horridum* Malme) y mio-mio (*Baccharis coridifolia* DC). Las áreas elegidas contienen una matriz de campo natural con arboles no nativos como eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y Paraíso (*Melia azedarach* L.) que originalmente contenían un bosque parque de espinillos (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) Algarrobos (*Prosopis nigra* (Griseb) Hieron) y cina-cina (*Parkinsonia aculeata* L. Retama). Estas áreas no tuvieron prácticas de pastoreo ni cultivos durante un periodo de por lo menos 5 años a la fecha (Fig.2). El área de estudio se encuentran en la cuenca del arroyo Sacra y las zona aledañas son ambientes donde hay poca actividad productiva hace mas de cien años. Esta zona está constituida por viviendas rurales y algunas chacras, con pocas hectáreas de plantación de soja y algunas de forestación.

El departamento de Paysandú está ubicado en el litoral norte del país y tiene una amplitud térmica más notoria que la región sur; su clima es clasificado como subtropical húmedo cálido según clasificación climática de Köppen (McKnight 2000).

La temperatura media anual es 18.3 °C, con valores altos en verano (31.0 °C promedio) y descensos bruscos en invierno, que suelen llegar a temperaturas bajo cero. La precipitación es de 1175 mm al año. El periodo más lluvioso es de noviembre a marzo, aunque en general, las lluvias se distribuyen de modo uniforme a lo largo del 2011 y 2012 (<http://es.climate-data.org/>).

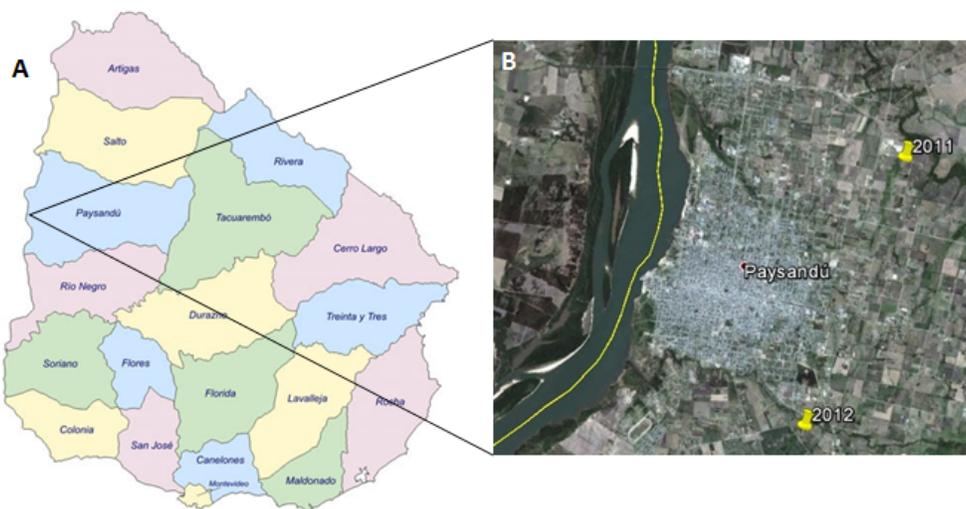


Fig.1 a) Ubicación de la ciudad de Paysandú; b) Ubicación de las áreas de estudio (Google Earth)

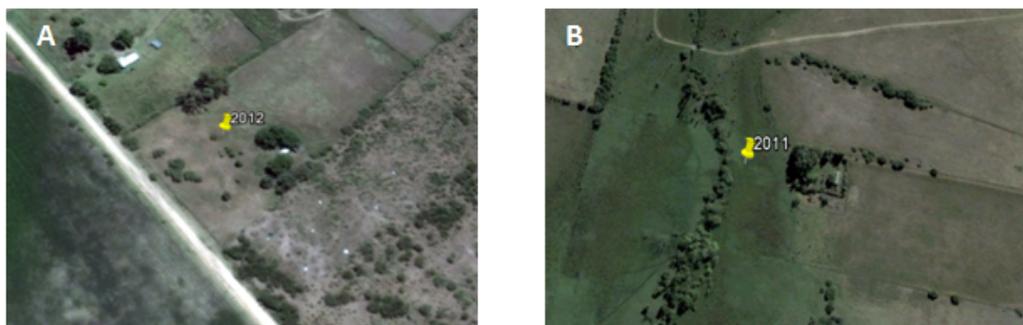


Fig.2 Ampliación de las áreas de estudio (Google Earth) a) Área de estudio 2012; b) Área de estudio 2013.

2.2 Modelo biológico *Sus scrofa*

Se utilizaron 3 cerdos para cada año, los ejemplares fueron adquiridos en una granja aledaña al sitio de muestreo y sacrificados por el productor. Inmediatamente se colocaron en bolsas plásticas para evitar que fueran colonizados por dípteros antes del comienzo del experimento. Quince minutos después de la muerte, los cuerpos fueron colocados en el suelo en el área de estudio, en posición lateral sobre mallas metálicas de 1m x 1m (Fig. 3), para facilitar su posterior movimiento y evitar carroñeros por debajo de la superficie (Fig. 4).



Fig.3 Cerdo sobre malla de metal

2.3 Métodos de Muestreo

Trampa "Malaise" modificada

La trampa Malaise modificada consiste en una estructura de metal con forma piramidal revestida con tela de voile o tul, con la parte inferior libre (Figs. 3 y 4) donde en el extremo superior se ubica el frasco recolector. La trampa se coloca sobre el cerdo y sus extremos o varillas son fijados al suelo para darle mayor estabilidad. Este método colecta los insectos voladores que llegan al cuerpo y luego tienden a volar hacia arriba. El frasco colector no contiene líquido fijador pero consta de un embudo para evitar la huida de los insectos que entran en él. El diseño de la Malaise modificada es uno de los más apropiados para estudios de sucesión cadavérica (Aballay et al. 2011; Pinto et al. 2010; Flores 2009; Castillo 2002,)



Fig.4 Trampa Malaise modificada

Trampa de caída

Los recipientes utilizados para las trampas de caída fueron vasos de espuma plast. Estos se colocaron en un pozo de 20cm de profundidad para quedar al ras del suelo (Fig. 5).

Se colocaron seis trampas alrededor de cada jaula (Fig. 6), las cuales recolectaron ejemplares de insectos epigeos que se dirigían a los cuerpos o que abandonaban los mismos; también se colocaron cuatro trampas alejadas de los cuerpos (100 mts) como trampas control para recolectar la fauna del suelo propia del lugar. Como líquido conservante se empleó formol al 10% en el interior de las trampas. Posteriormente los ejemplares recolectados se acondicionaron en alcohol 70%.



Fig.5 Trampa de caída o trampas pitfall

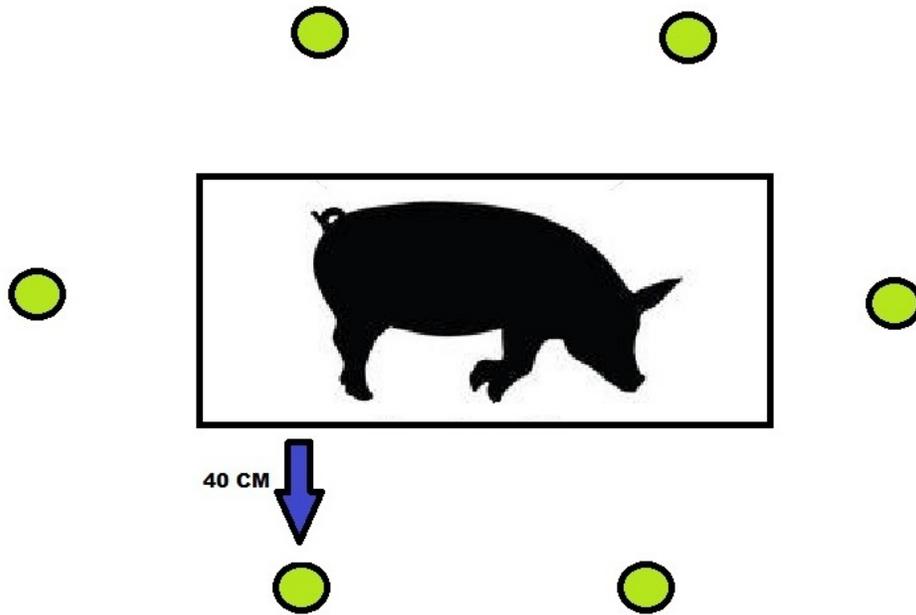


Fig.6. Disposición de las trampas caída en cada jaula

Red entomológica y recolección manual

Además de las trampas Malaise y las trampas de caída se emplearon la red entomológica y recolección manual directa. Para la red se estableció 1 minuto de tiempo de pasada sobre cada cerdo y la recolección manual de insectos adultos se realizó durante 5 minutos (Byrd 2009).

2.4 Experiencia de Campo.

Los muestreos se realizaron en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013. Las experiencias comenzaron a las 08:00 AM. En el estudio se utilizaron tres cuerpos de cerdo *Sus scrofa*, de aproximadamente 10 kg cada uno, los cuales se colocaron separados a una distancia de 100 metros entre sí y bajo las mismas condiciones ambientales. El sustrato donde se colocaron fue pastura natural de gramíneas, unos pocos ejemplares de cardilla o caraguatá (*Eryngium pandanifolium* Cham. & Schlecht) y expuesto al sol. Sobre los cerdos y las trampas Malaise se colocaron jaulas de madera de 1.5m x 1.5 m x 1.5m, con revestimiento de alambre tejido hexagonal de 3 cm de trama, que protegían a los cuerpos de la acción de animales carroñeros (Fig. 3). Toda la estructura fue fijada al suelo por medio de estacas para evitar su desplazamiento. Alrededor de cada cerdo se colocaron 6 trampas de caída 0.40 metros de distancia del cerdo, dos en los laterales y una en cada extremo; también se colocaron un total de 6 trampas de caída control a una distancia de 100 mts de los tres cerdos con idéntica disposición a las colocadas en los cerdos (Fig. 6)

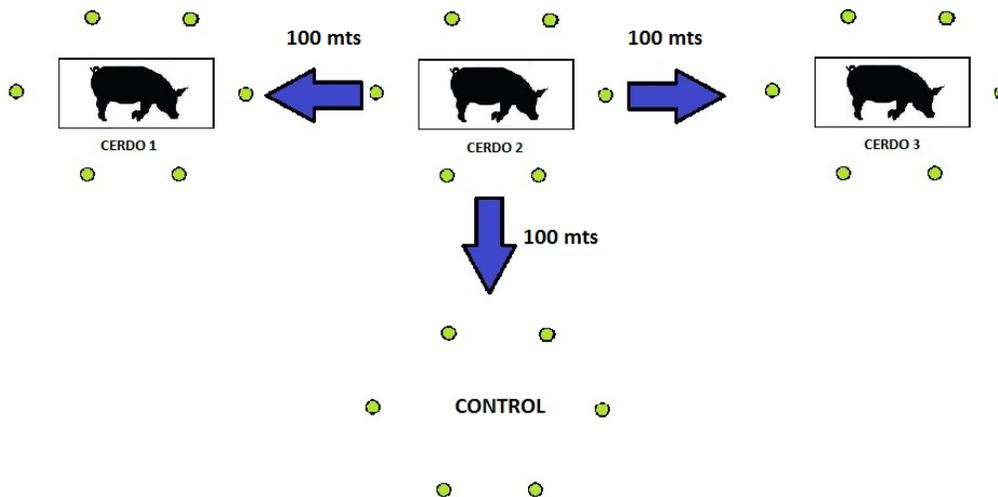


Fig.7 Disposición de los cerdos y la trampa control.

Las recolecciones se realizaron diariamente los primeros 7 días y luego se realizaron día por medio hasta el día 14. El primer día se tomaron muestras manual, red entomológica y de la Malaise, a la hora de haber colocado los cuerpos, y esto se repitió a las 6 hr y 12 hr. En los siguientes días el muestreo se realizó aplicando todos los métodos incluidas las trampas de caída. Previamente al muestreo se determinó la fase de descomposición del cadáver, se registró la temperatura de los cuerpos (anal), de las masas larvales y la ambiental; también se registró la humedad relativa del lugar. El muestreo se continuó hasta el estado de esqueletización de los cuerpos. El material recolectado en trampas de caídas se conservó en alcohol 70% y los ejemplares adultos recolectados con la red y con la Malaise se colocaron en frascos matadores con acetato de etilo para su posterior conservación en seco. Gran parte de las larvas que se recogieron manualmente en los cadáveres se fijaron con agua caliente (80°C – 90°C) durante unos minutos y luego se conservaron en alcohol 70%, otra parte se acondiciono para la cría. La temperatura y la humedad fueron tomadas insitu con un termómetro

higrómetro digital a aire libre. Las temperaturas máximas y mínimas para cada día fueron tomadas de la página web <http://www.accuweather.com>

2.5 Cría de Dípteros

Los huevos y parte de las larvas de dípteros se acondicionaron dentro de sobres de papel aluminio con el extremo superior abierto y con carne vacuna fresca en su interior como fuente de alimento para que los estados inmaduros completaran su desarrollo (Estrada, et al. 2009). Los sobres se colocaron dentro de vasos plásticos conteniendo un poco de arena como sustrato para el enterramiento de las larvas maduras previo a la pupación. Los vasos se cubrieron con voile y se mantuvieron a temperatura ambiente bajo techo (Fig.7). Este proceso se realizó todos los días mientras duró la descomposición activa. Los adultos emergidos se sacrificaron con acetato de etilo y fijaron en seco para su identificación. Todas las muestras se etiquetaron con los datos correspondientes: N° de cerdo, fecha, hora, lugar, método de colecta. Se tomaron fotografías de las distintas etapas de la descomposición de los cuerpos y de los insectos sobre el cuerpo.

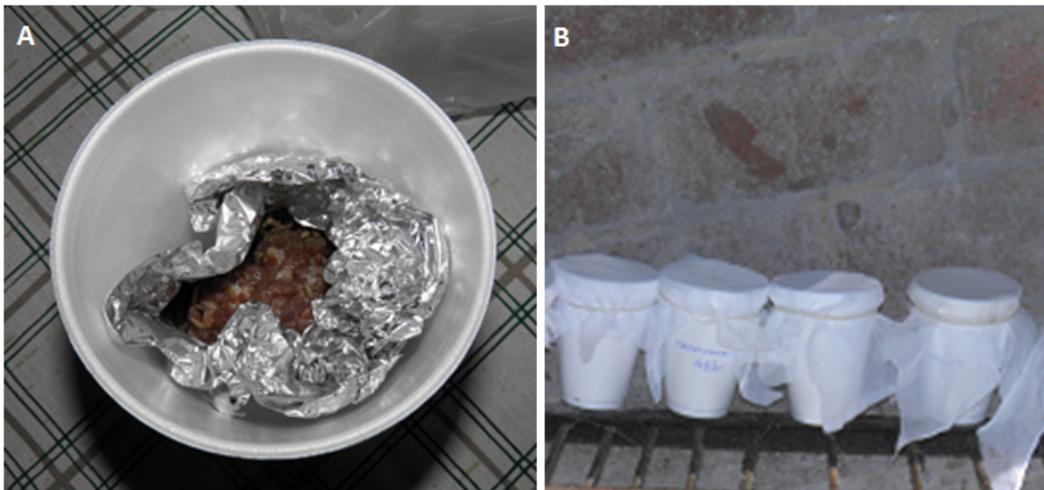


Fig.8. A) Sobre de Aluminio B) Recipientes de cría

2.6 Análisis de laboratorio.

Se identificaron las especies recolectadas en estado adulto y larval. Se midió el largo de las larvas. Para la determinación taxonómica hasta el nivel de especie se emplearon las claves de Dominguez & Aballay (2014); Patitucci et al. (2013); Mulieri et al. (2010) Patitucci et al. (2010); Amat et al. (2008); Buenaventura et al. (2009); Florez & Wolff (2009); Nihei & Domínguez (2008); Carvalho (2008) Borrór et al. (2002); Oliva (2002); Pamplona & Couri (1989); Smith (1986); Whitworth, T. (2014), Mariluis & Peris (1984) para Diptera y Aballay et al. (2013); Almeida & Mise (2009) y White (1983) para Coleoptera. Con las larvas criadas se estableció su estado de desarrollo para elaboración de gráficas de tasas de crecimiento para *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819). Las tasas de desarrollo (TD) fueron medidas para cada estado del ciclo de vida mediante el inverso del tiempo de desarrollo) ($TD = 1/\text{días}$). Para el cálculo de los días/grado acumulados, se aplicó la fórmula de Higley and Haskell (2010). La temperatura umbral mínima de *Chrysomya albiceps*, para cada estado se obtuvo de estudios previos. Como la $T_{\text{mín}}$ varia entre los estudios, se utilizó un valor promedio cuando hay más de un dato disponible. Las $T_{\text{mín}}$ promedio estimadas de los distintos estados de *Chrysomya albiceps* fueron de acuerdo con Marchenko (1988); Queiroz (1996); Grassberger et al. (2003) y Richards et al. (2009): huevo (9.72° C), larva (12.93° C), pupa (12.55° C), y huevo - adulto (11.73 °C).

Variación de la longitud larval en el período de estudio

La determinación de la variación de la longitud larval de las moscas a temperatura ambiente, se realizó de las muestras fijadas diariamente que se tomaron sobre los cerdos. El registro se tomó con un calibre de alta precisión (apreciación 0.05mm)

obteniendo la longitud larval diaria de cada especie, luego se le relacionó con el tiempo transcurrido (IPM).

2.7 Análisis estadísticos

Para determinar el PMI se tomaron los siguientes criterios:

A- Las especies que se repitieron en las trampas en los cerdos y en las trampas de control, se descartaron para los estudios de sucesión ya que no son especialmente atraídas por el cuerpo en descomposición.

B- Las especies que se encontraron en todas las etapas de la sucesión no se tomaron en cuenta (no son buenas indicadores de tiempo ni de etapa).

C- Las especies casuales con un representante en toda la sucesión también fueron descartadas

Se realizaron análisis de similitud (ANOSIM) y dendrograma de similitud en base al Índice de Bray-Curtis, para evaluar el grado de similitud de la entomofauna entre los distintos estados de descomposición de cada cuerpo y entre estados similares de los tres cerdos para cada año. Se repitieron los análisis para observar diferencias significativas entre los dos años de muestreo agrupando los tres cerdos por año. Para observar la contribución de las especies a la diferenciación o similitud entre los estados se realizó el análisis SIMPER (“Similarity Percentages”). Se realizaron análisis de componentes principales (PCA) sumando la fauna de los años 2012 y 2013, con el fin de determinar el aporte de los insectos asociados a cada estado de descomposición. Para el estudio de la diversidad de la sucesión cadavérica se calcularon el índice de Shannon y el índice de

riqueza de Margalef. Los análisis estadísticos fueron realizados en el software libre PAST (Hammer, 2001)

3. RESULTADOS

3.1. Registros climáticos

Las temperaturas medias registradas en los dos períodos de estudio (6-19/I/2012 y 7-20/I/2013) fueron 31° C y 32° respectivamente. Las temperaturas medias mínima y máxima del período en 2012 fueron: 24°C y 37°C; mientras que en 2013 fueron 25°C y 39°C respectivamente.

Las temperaturas ambientales registradas en el momento del muestreo fueron: temperatura máxima en 2012 se registró a las 96 horas siendo de 42°C y la mínima fue de 22°C a las 24hrs. En 2013 se registró una temperatura ambiental máxima de 44°C en el sexto día (144 hrs) y la temperatura media mínima fue de 21°C en el primer día de colocado los cerdos. (Fig. 9).

La humedad relativa en el año 2012 se mantuvo en un promedio de 35% durante los primeros 5 días de muestreo, aumentó hasta un pico máximo de 61% en el octavo día para luego disminuir hasta un registro mínimo de 21% en el día 13. Durante el año 2013 los registros fueron muy distintos al año anterior, registrándose una máxima de 88% de humedad relativa a las pocas horas de comenzar la experiencia, la cual fue disminuyendo durante el resto de los días hasta un mínimo del 22% el quinto día y luego aumentó hasta un promedio de 35% durante el resto de la experiencia (Fig.10).

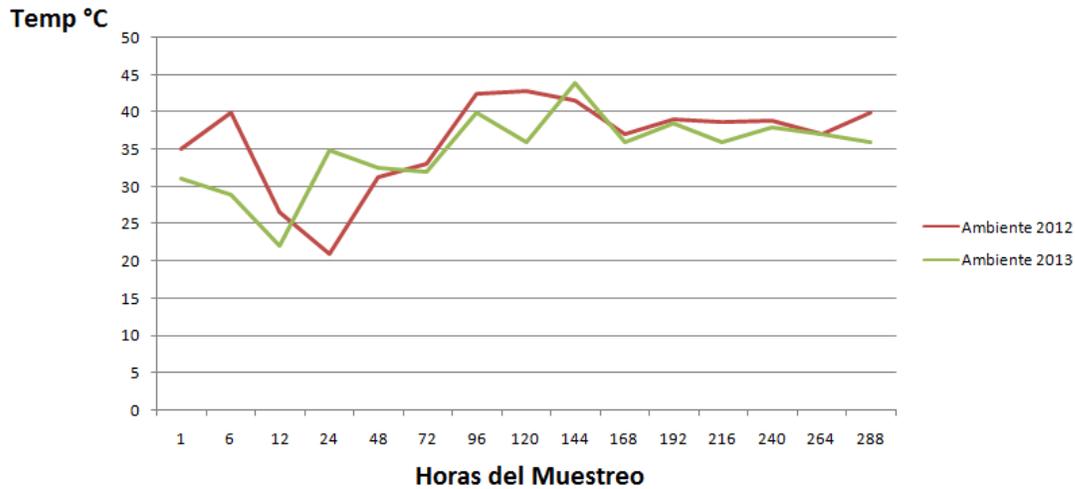


Fig. 9 Variaciones de las temperaturas ambientales en el lugar de muestreo en función de las horas acumuladas desde el inicio, en los periodos: 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.

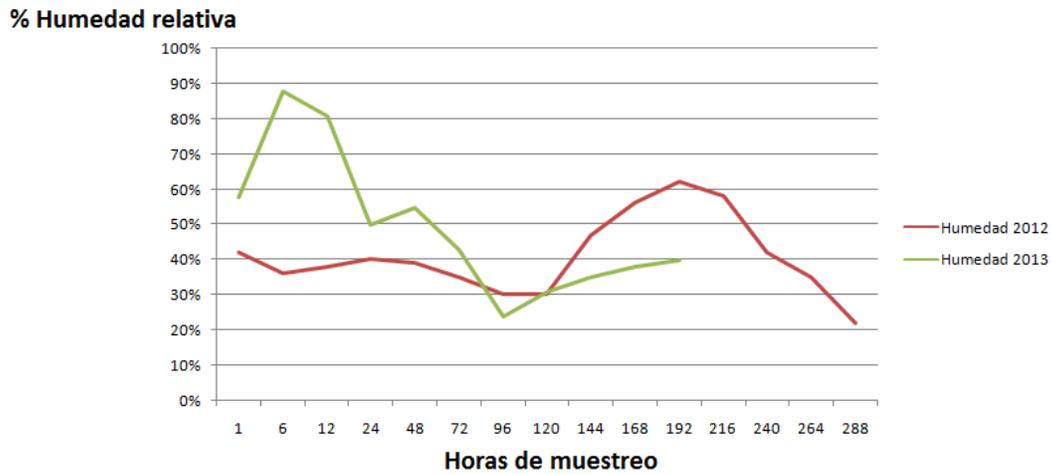


Fig. 10 Variaciones de la humedad ambiental en el lugar de muestreo en función de las horas acumuladas desde el inicio en los períodos 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.

3.2 Estados de descomposición cadavérica

El proceso de descomposición de los cerdos fue seguido mediante registro fotográfico, lo que permitió hacer la diferenciación de las etapas de acuerdo a las características físicas de los cuerpos como la consistencia de los tejidos, el color de la piel y si hubo un cambio del volumen corporal. Se observaron las cinco etapas del proceso de descomposición descritas por Payne (1965) y Anderson & VanLaerhoven (1996): fresco (F), enfisematoso o hinchado (E), descomposición activa (DAC), descomposición avanzada (DAV) y restos (R) (Fig. 11). La etapa fresca fue la de menor duración ya que en pocas horas (menos de 6 hrs) los cuerpos se hincharon. La duración total del proceso de descomposición fue de 14 días para y ambos años.

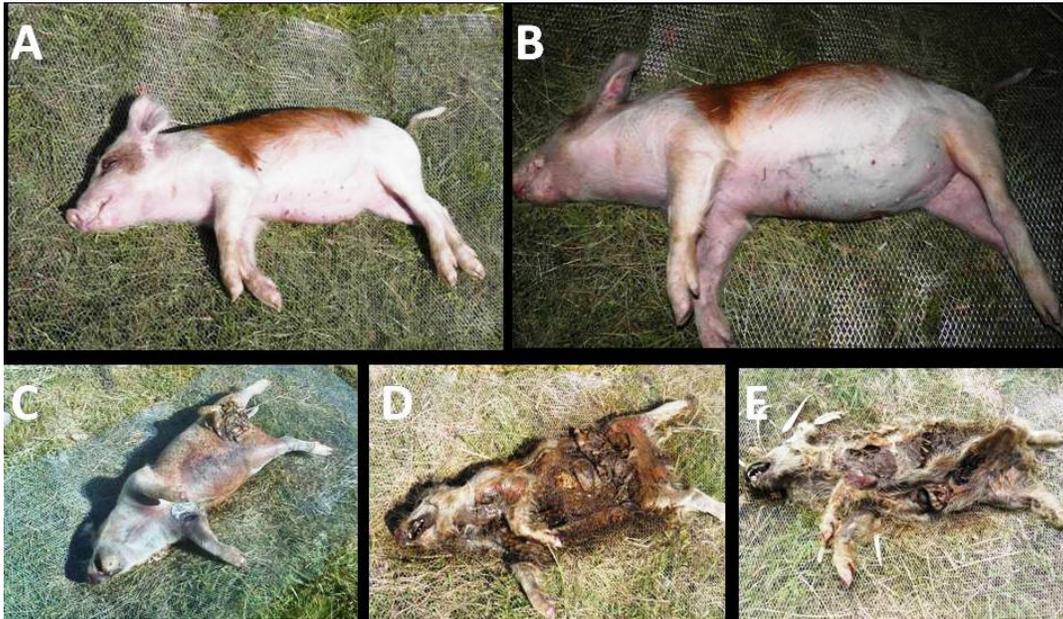


Fig. 11 Cinco etapas etapas de la descomposición registradas en el experimento de *Sus scrofa*: A) Fresco B) Enfisematoso C) Descomposición activa D) Descomposición avanzada E) Restos

Estado Fresco. El estado fresco de descomposición cadavérica se extendió desde la muerte de los cerdos hasta las 12 hrs (Fig. 11 A). La temperatura corporal de los cerdos descendió (*algor mortis*) hasta igualar la del ambiente aproximadamente a las 12 horas (Figs. 12 y 13); no se observaron cambios físicos macroscópicos. A las 6 hrs de expuesto los cadáveres, se registraron huevos de dípteros en: la boca, orificios nasales, pliegues en los cuartos traseros y delanteros, orejas, bajo mentón y ano de los cerdos (Tabla 2) (Figs 14 y 15). Se observaron adultos de Calliphoridae sobre el cuerpo oviponiendo en estos orificios (Fig. 14), siendo los primeros insectos en llegar a los cadáveres junto con las hormigas que llegaron a depredar los huevos de dípteros (Fig.17).

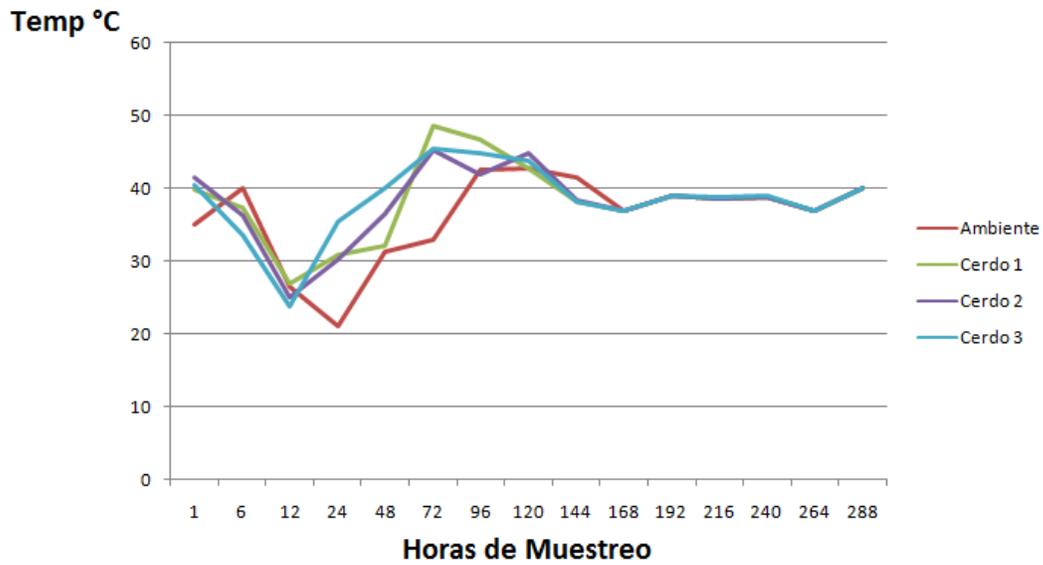


Fig. 12. Temperatura del ambiente y temperatura anal de cada cerdo durante las horas de muestreo en el período 6 al 19 de enero de 2012.

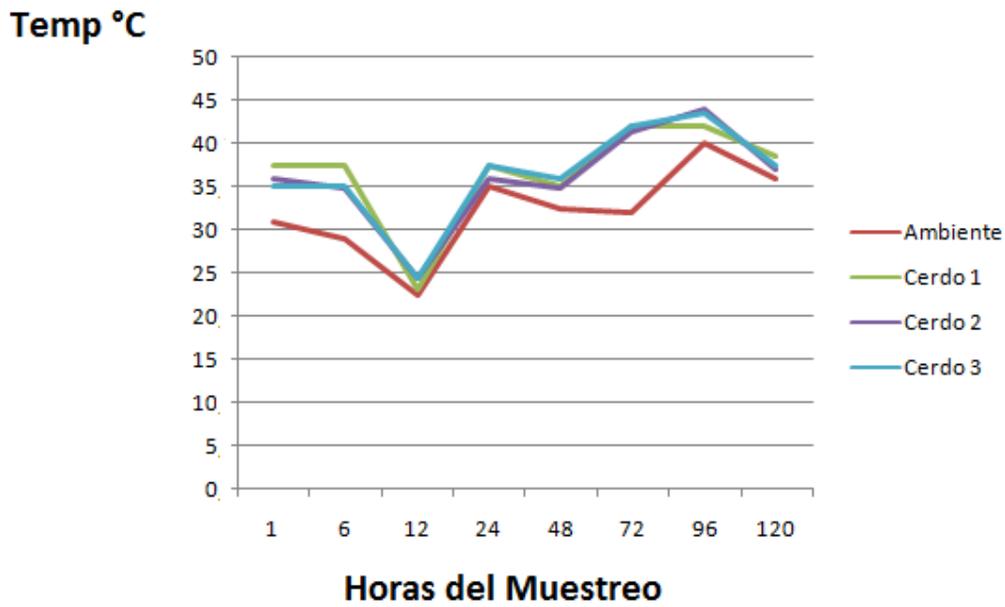


Fig. 13. Temperatura promedio del ambiente y variación de la temperatura anal de cada cerdo durante las horas de muestreo del 7 al 12 de enero de 2013.

Tabla 2. Sucesión de las principales especies de insectos asociados a la descomposición cadavérica de *Sus Scrofa* en la estación de verano del 2012 y 2013; Ciudad de Paysandú. (H: huevo, L: Larva, LI: Larva de primer estadio, LII: Larva del segundo estadio, LIII: Larva del tercer estadio, LPA: Larva posalimentaria, P:Pupa A:Adulto).

ORDEN	FAMILIA	ESTADOS DÍAS	Fresco	Enfismatoso				Des. activa		Des. avanzada		Restos, momificación						
			Día 1	Día 1	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
Diptera		ESPECIES	Hora 6	Hora 12	24 Horas	48 Horas	72 Horas	96 Horas	120 Horas	144 Horas	168 Horas	192 Horas	216 Horas	240 Horas	264 Horas	288 Horas	312 Horas	326 Horas
	Calliphoridae	<i>Chrysomya albiceps</i>	H-A	H-A-LI	H-A-LI	A-LI-LII	A-LII-LIII-LPA	LIII-LPA-A	LIII-LPA-A-P	A-P	A							
		<i>Chrysomya sp1.</i>	H	H	A	A												
		<i>Chrysomya megacephala</i>	H	H	A	A												
		<i>Cochliomyia macellaria</i>	H	H-LI	A-LI-LII	A-LIII												
		<i>Mesembrinellinae sp1</i>						LIII										
	Sarcophagidae	<i>Oxysarcodexia thornax</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A						
		<i>Tricharaea occidua</i>	A	A	A	A	A	A	A									
		<i>Ravinia aureopyga</i>	A	A	A	A	A			A								
	Muscidae	<i>Ophyra aenescens</i>				A	A	A	A									
		<i>Muscidae sp1</i>			A	A	A											
		<i>Musca autumnalis</i>		A	A	A	A											
		<i>Musca domestica</i>	A	A	A	A	A	A										
		<i>Muscina stabulans</i>			A	A												
	Anthomyiidae	<i>Anthomyia punctipennis</i>									A	A		A	A			
	Fanniidae	<i>Fannia canicularis</i>							A	A	A	A						
	Phoridae	<i>Megaselia scalaris</i>				A		A	A									
	Piophilidae	<i>Piophilidae casei</i>					A	A	A									
Coleoptera	Histeridae	<i>Euspilotus azureus</i>				A	A	A	A									A
		<i>Euspilotus modestus</i>					A	A	A	A								A
		<i>Euspilotus connectens</i>					A	A	A									A
		<i>Hister sp1</i>					A		A									
	Scarabaeidae	<i>Coprophanaeus cyanescens</i>						A										
		<i>Coprophanaeus milon</i>				A		A										
		<i>Ontherus sulcator</i>				A	A	A										A
		<i>Canthon bispinus</i>					A	A					A					A
		<i>Parataenius derbesis</i> (Solier, 1851)					A	A				A	A					A
	Staphylinidae	<i>Atheta sp1</i>			A	A	A	A	A	A	A							A
		<i>Aleocharinae sp1</i>			A	A	A	A	A									A
		<i>Aleocharinae sp2</i>						A	A			A						A
	Cleridae	<i>Necrobia ruficalis</i>							A	A								
		<i>Necrobia rufipes</i>							A	A	A							
		<i>Dermestes maculatus</i>								A	A	A	A	A	L	L	L	



Fig. 14 Cadáver de *Sus scrofa* en la etapa fresca a las 6 hrs de muestreo. Círculos rojos: indican los adultos de califóridos oviponiendo.



Fig. 15 Masa de huevos de dípteros en la boca del cerdo a las 6 hrs de muestreo.



Fig. 16. Primeros insectos epígeos: hormigas depredando (círculo rojo) masa de huevos (flechas rojas)

Estado Hinchado (Enfisematoso): Esta etapa duró desde la 12 horas de colocado los cuerpos hasta las 48 hrs. Durante el muestreo a las 12 horas se observaron cambios físicos en los cerdos. Los cuerpos estaban hinchados; los gases, producidos por la actividad metabólica de las bacterias empezaron a acumularse en el cadáver, provocando volumen a nivel del tórax y la distensión del abdomen (Fig.17). Durante este estado la inflación del abdomen fue aumentando gradualmente hasta asumir una inflación total y los fluidos corporales comenzaron a filtrar por las aberturas naturales del cuerpo. Estos fluidos se fueron filtrando por debajo del cuerpo y el suelo debajo fue cambiando de coloración. Otra característica del ambiente fue el fuerte olor a putrefacción que se hacía notar a la distancia. Los cuerpos tuvieron una temperatura ligeramente mayor a la ambiental 5°C y 6°C (Fig.12 y 13). También se observó rigidez de la extremidades (*rigor mortis*) y la aparición de livideces (*livor mortis*). Durante el muestreo a las 24hrs se encontraron nuevas puestas de huevos de insectos, principalmente debajo del cuerpo, en el área de contacto con el suelo. Se encontraron larvas en la boca y ano de los cerdos (Fig.18 y 19). La aparición de manchas verdosas en la región superior de los cuerpos y de color violácea en la zona más en contacto con el suelo indica la subetapa “cromática”. Este periodo fue concurrido intensamente por dípteros adultos y disminuyeron las hormigas que depredaban los huevos.



Fig. 17 Cadáver del cerdo en estado hinchado a las 12 hrs de muestreo.



Fig. 18 Larvas de dípteros dentro de la boca a las 24 hrs.



Fig. 19 Dípteros oviponiendo en el ano de *Sus scrofa* a las 24 hrs de muestreo.

Descomposición Activa: Esta etapa comenzó a las 48 hrs y finalizó a las 96 hrs. El cambio físico observado que dio comienzo a esta etapa fue la rotura de la piel dejando expuesta las vísceras y la deshinchazón de los cuerpos (Fig. 20). La característica predominante de esta etapa es la presencia de grandes masas de larvas de mayor tamaño alimentándose del cuerpo y expuestas a la vista. Durante esta etapa, se presentó fuerte olor a descomposición, los cuerpos tomaron un color amarronado, los tejidos en descomposición se tornaron de consistencia cremosa, las extremidades perdieron tensión y las partes expuestas tomaron coloración negruzca.

En esta etapa se continuaron observando masas de huevos, principalmente en los pliegues de la piel y la zona de contacto con el suelo. La temperatura promedio de los cerdos fue de 44°C para ambos años y superior a la ambiental: 36°C en 2012 (Fig. 12) y 41°C en 2013 (Fig. 13). Se observaron en el suelo coleópteros Staphylinidae e

Histeridae que son importantes depredadores. El final de esta etapa estuvo marcado por el abandono del cuerpo por parte de las larvas de dípteros para pupar.



Fig. 20 Cadáver de *Sus scrofa* a las 48 hrs de muestreo, rotura de la piel abdominal y exposición de vísceras.

Descomposición Avanzada: Esta etapa comenzó a las 96 hrs y finalizó a las 168 hrs. En esta etapa se visualizó un gran número de pupas de Diptera enterradas bajo el suelo en la cercanía de los cuerpos y bajo las trampas de caída. Los cuerpos se degradaron quedando reducidos a piel, cartílago y hueso (Fig. 21). Los remanentes de tejido se tornaron más duros debido a la desecación, la piel tomó aspecto de momificada. Algunos huesos se desprendieron durante la manipulación de los cuerpos cuando se recolectaron los insectos debajo de los mismos. En esta etapa se volvió imposible la toma de temperatura anal ya que no había un orificio anal definido, así que se realizaron

tomas de temperatura en el interior del abdomen. La temperatura interna de los cerdos fue similar a la temperatura ambiental (Fig. 12 y 13). El fuerte olor que se sentía en etapas anteriores disminuyó; solo se pudo registrar un leve aroma producto de la descomposición caseica. La vegetación en el área alrededor de los cuerpos parecía muerta, el suelo se vio una gran mancha negra con textura aceitosa.



Fig. 21. Cadáver de *Sus scrofa* en descomposición, a las 96 hrs de muestreo

Restos Secos: Comenzó a partir de las 168 hrs. Este periodo se caracterizó por una mayor deshidratación de los restos (Fig.22). Finalmente los cuerpos quedaron convertidos por completo en esqueletos.



Fig. 22 Cadáver de *Sus scrofa* en descomposición, a las 168 hrs de muestreo

3.3 Entomofauna cadavérica.

Se recolectaron 5944 individuos adultos e inmaduros de insectos pertenecientes a 5 órdenes, 35 familias, 31 especies y 29 morfoespecies (Tablas 3,4 y 5). La abundancia de insectos adultos se distribuyó de la siguiente manera en los órdenes: Hymenoptera 49%; Diptera 32%; Coleoptera 18%; Hemiptera, Grylloblattodea y Blattodea <1% (Fig.23). Formicidae predominó dentro del orden Hymenoptera y Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae fueron las más abundantes en el orden Diptera (Fig.24). Los Mycetophagidae e Histeridae dentro del orden Coleoptera fueron los órdenes con mayor riqueza de especies fueron Diptera y Coleoptera (28 y 25 respectivamente); Hymenoptera y Hemiptera presentaron 2 especies respectivamente, mientras que en Orthoptera y

Blattaria se registró una especie de cada orden. Dentro de Diptera las especies más abundantes fueron *Chrysomya albiceps* y *Oxysarcodexia thornax* (Walker 1849). La morfoespecie 1 de Mycetophagidae fue la más abundante dentro de Coleoptera y la morfoespecie 1 del género *Pheidole* lo fue dentro de Hymenoptera. Los huevos recolectados fueron de cuatro especies de dípteros Calliphoridae: *Chrysomya albiceps*, *Chrysomya sp1.*, *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) y *Mesembrellinaesp.1*. Las larvas recolectadas pertenecieron a 2 especies de Calliphoridae: *Chrysomya albiceps* (99%) y *Cochliomyia macellaria* (Fabricius 1775) (menos del 1%).

El método de las trampas de caída resultó muy útil para discriminar la especies epígeas casuales de las especies de aquellas atraídas por el cuerpo. En las trampas control se capturaron las morfoespecies *Vespidae sp.3* (Hymenoptera) y *Cicadellidae sp1.* (Hemiptera), del orden Diptera las morfoespecies de Dolichopodidae sp1, Stratiomyidae sp1, Chironomidae sp1, las tres morfoespecies de Mycetophagidae, la morfoespecie de Antiicidae sp1 (Tabla 6). Además de insectos, en las trampas de caída se recolectaron otros artrópodos. Los más abundantes fueron: el orden Collembola y el subclase Acari y el más diverso el orden Araneae con 4 especies.

Tabla 3. Abundancias absolutas de especies del orden Diptera (imago) capturadas sobre los cuerpos en el 2012 y 2013. Los taxa que contienen un (*) no fueron tomadas en cuenta para los análisis. Se indican las abreviaturas de las especies utilizadas en los análisis estadísticos.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ABUNDANCIA 2012	ABUNDANCIA 2013
Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819) CAL	294	526
		<i>Chrysomya sp1.</i> CRU	9	7
		<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius, 1775) CMA	2	13
		<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1794) CME	4	4
		<i>Mesembrinellinae sp1*</i>	0	3
	Sarcophagidae	<i>Oxysarcodexia thornax</i> (Walker, 1853) OXT	323	94
		<i>Tricharaea occidua</i> (Fabricius 1794) TCC	42	31
		<i>Ravinia aureopyga</i> (Hall, 1928) RAU	18	26
	Muscidae	<i>Ophyra aenescens</i> (Wiedemann, 1830) OA	71	49
		<i>Muscidae Sp1.</i> MSP1	12	12
		<i>Musca autumnalis</i> (De Geer, 1776) MA	15	17
		<i>Musca domestica</i> (Linnaeus, 1758) MD	28	41
		<i>Muscina stabulans</i> (Fallén, 1817) MS	6	9
	Anthomyiidae	<i>Anthomyia punctipennis</i> (Wiedemann, 1830) AP	13	12
	Fanniidae	<i>Fannia canicularis</i> (Linnaeus, 1761) FC	18	20
	Phoridae	<i>Megaselia scalaris</i> (Loew, 1866) MS	1	4
	Piophilidae	<i>Piophila casei</i> (Linnaeus, 1758) PS	4	10
	Asilidae (*)	<i>Asilidae sp1</i>	1	4
	Sepsidae (*)	<i>Sepsidae sp1</i>	4	25
	Sciaridae (*)	<i>Sciaridae sp1</i>	2	2
	Sphaeroceridae (*)	<i>Sphaeroceridae sp1</i>	2	31
	Tabanidae (*)	<i>Tabanidae sp1</i>	2	5
	Dolichopodidae (*)	<i>Dolichopodidae sp1</i>	1	60
	Chloropidae (*)	<i>Oscinellinae sp 1</i>	0	3
	Empididae (*)	<i>Empididae sp 1</i>	0	2
	Heliomyzidae (*)	<i>Heliomyzidae sp1</i>	0	1
	Chironomidae (*)	<i>Chironomidae sp1</i>	1	6
	Stratiomyidae (*)	<i>Stratiomyidae sp1</i>	4	3

Tabla 4. Abundancias absolutas de especies del orden Coleoptera capturadas sobre los cuerpos en el 2012 y 2013. Los taxa que contienen un (*) no fueron tomadas en cuenta para los análisis

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ABUNDANCIA 2012	ABUNDANCIA 2013
Coleoptera				
	Carabidae	<i>Odontocheila fulgens</i> (Klug, 1834) (*)	0	1
	Trogidae			0
		<i>Omorgus suberosus</i> (Fabricius, 1775) (*)	0	2
	Histeridae	<i>Euspilotus azureus</i> (C.R. Sahlberg, 1823)	20	24
		EA		
		<i>Euspilotus modestus</i> (Erichson, 1834)	10	16
		EM		
		<i>Euspilotus connectens</i> (Paykull, 1811)	15	8
		EC		
		<i>Hister sp.1</i>	3	4
		HSP1		
	Scarabaeidae	<i>Coproghanaeus cyanescens</i> (Olsufieff, 1924)	2	8
		CC		
		<i>Coproghanaeus milon</i> (Blanchard, 1846)	2	5
		CM		
		<i>Diloboderus abderus</i> (Sturm, 1826) (*)	0	2
		<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius 1775)	8	8
		OS		
		<i>Canthon bispinus</i> (Germar, 1824)	8	3
		CB		
		<i>Parataenius derbesis</i> (Solier, 1851)	12	17
		PD		
	Staphylinidae	<i>Atheta sp1</i>	58	47
		ASP1		
		<i>Aleocharinae sp1</i>	14	33
		ALSP1		
		<i>Aleocharinae sp2</i>	8	14
		ALSP2		
	Cleridae	<i>Necrobia ruficollis</i> (Fabricius, 1775)	4	14
		NR		
		<i>Necrobia rufipes</i> (DeGeer, 1775)	6	10
		NRS		
	Mycetophagidae	<i>Mycetophagidae sp1</i> (*)	138	226
		<i>Mycetophagidae sp2</i> (*)	2	5
		<i>Mycetophagidae sp3</i> (*)	2	6
	Antiicidae	<i>Antiicidae sp1</i> (*)	1	3
		<i>Antiicidae sp2</i> (*)	0	1
	Nitidulidae	<i>Carpophilus sp1</i> (*)	0	2
		<i>Carpophilus sp2</i> (*)	0	1
	Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (Degeer, 1774)	30	39
		DM		

Tabla 5. Abundancias absolutas de artrópodos capturados en el 2012 y 2013 .Las especies que contienen un (*) no fueron tomadas en cuenta para los análisis.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ABUNDANCIA 2012	ABUNDANCIA 2013
Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus brasiliensis*</i>	2	18
		<i>Acromyrmex sp1*</i>	40	91
		<i>Pheidole sp1*</i>	1121	1564
		<i>Nylanderia sp1*</i>	5	25
		<i>Solenopsis sp1*</i>	4	8
	Vespidae			0
		<i>Vespidae sp. 1*</i>	0	13
		<i>Vespidae sp. 2*</i>	0	5
		<i>Vespidae sp. 3 *</i>	1	5
Hemiptera	Pentatomidae	<i>Pentatomidae sp1*</i>	0	1
	Cicadellidae	<i>Cicadellidae sp1*</i>	32	24
Blattodea	Blattidae	<i>Blattidae sp1*</i>	1	5
Otros	Acaridae	<i>Acari sp1*</i>	67	64
		<i>Acari sp2*</i>	27	39
	Grylloblatodea	<i>Grylloblatodea sp1*</i>	0	1
	Anyphaenidae	<i>Anyphaenidae sp1*</i>	2	4
	Lycosidae	<i>Lycosidae sp1*</i>		
	Scolopendridae		13	20
		<i>Scolopendridae sp1*</i>	0	1

Tabla 6. Abundancias absolutas de especies capturadas en las trampas pitfall control en el 2012 y 2013.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ABUNDANCIA 2012	ABUNDANCIA 2013	
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomidae sp1</i>	3	5	
		Stratiomyidae	1	1	
	Dolichopodidae	<i>Dolichopodidae sp1</i>	2	3	
		Coleoptera	Mycetophagidae	<i>Mycetophagidae sp1</i>	21
<i>Mycetophagidae sp2</i>	0			4	
<i>Mycetophagidae sp3</i>	1			3	
Antiicidae	<i>Antiicidae sp1</i>		0	1	
Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus brasiliensis (Santschi, 1919)*</i>	1	2	
		<i>Acromyrmex sp1</i>	5	12	
		<i>Pheidole sp1</i>	30	46	
		<i>Nylanderia sp1</i>	1	3	
		<i>Solenopsis sp1</i>	11	5	
		Vespidae	<i>Vespidae sp. 1</i>	0	1
	<i>Vespidae sp. 2</i>		0	1	
	<i>Vespidae sp. 3</i>		1	2	
	Hemiptera	Pentatomidae	<i>Pentatomidae sp1</i>	6	3
			Cicadellidae	<i>Cicadellidae sp1</i>	12
Blattodea	Blattidae	<i>Blattidae sp1</i>	1	0	
Otros	Acaridae	<i>Acari sp1</i>	3	8	
		<i>Acari sp2</i>	9	1	
	Grylloblatodea	<i>Grylloblatodea sp1</i>	1	2	
	Anyphaenidae	<i>Anyphaenidae sp1</i>	2	2	
	Lycosidae	<i>Lycosidae sp1</i>	7	0	
	Scolopendridae	<i>Scolopendridae sp1</i>	1	0	

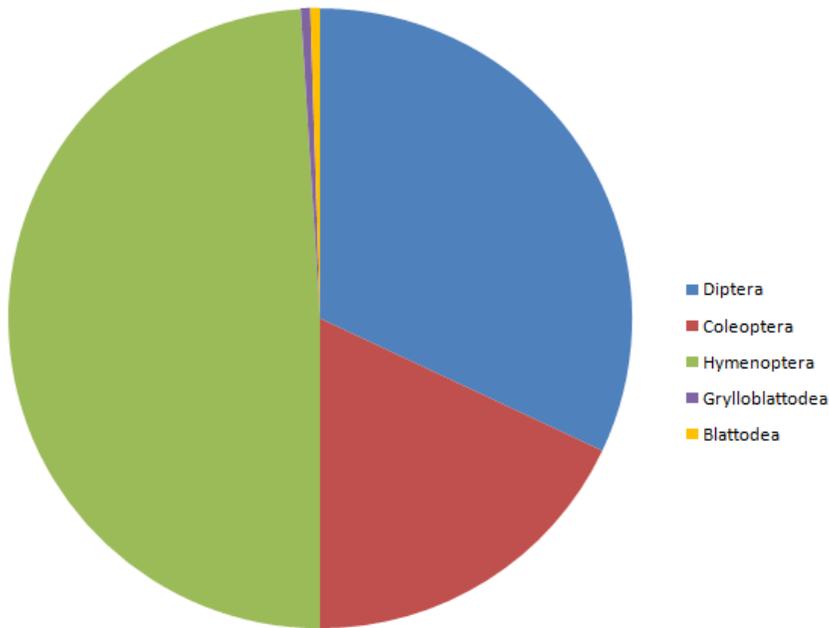


Fig.23 Abundancia relativa de los órdenes de insectos recolectados en cuerpos de *Sus scrofa* en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.

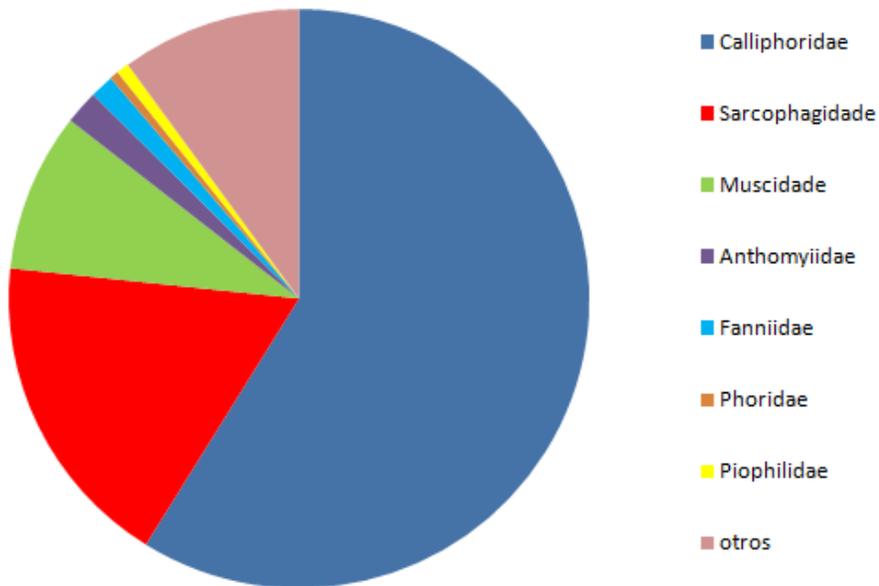


Fig.24 Abundancia relativa de las familias de dípteros recolectados en cuerpos de *Sus scrofa* en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.

3.4. Comparación de las entomofaunas cadavéricas entre los estados de descomposición de los cuerpos de *Sus scrofa* y entre los años 2012-2013

La composición a nivel de las especies de insectos fue similar entre los seis cerdos de la experiencia ($R=0,0678$; $P= 0,395$) de ambos años por el análisis de ANOSIM. Por otra parte, la composición de especies fue significativamente distinta entre los estados de descomposición de manera global, tanto en 2012 ($R=0,892$; $P=0,001$) como en 2013 ($R=0,9506$; $P=0,002$). La comparación entre pares de estados de descomposición diferentes para los dos años mostró diferencias marginalmente significativas (Tablas 7 y 8). No hubo diferencias significativas entre los mismos estados de ambos años (Tabla 9).

Tabla 7. Análisis de similitud de la composición de la entomofauna cadavérica en cuerpos de *Sus scrofa* entre estados de descomposición: Enfisematoso (**E**), Descomposición Activa (**Dac**), Descomposición avanzada (**Dav**), Restos Secos (**R**) en el período del 6 al 19 de enero de 2012

Estados de descomposición	R	P
E - DAC	1	0,0949
E - DAV	0,963	0,0972
E - R	1	0,1016
DAC - DAV	0,7407	0,1006
DAC - R	1	0,0958
DAV - R	0,9259	0,0978

Tabla 8. Análisis de similitud de la composición de la entomofauna cadavérica en cuerpos *de Sus scrofa* entre estados de descomposición: Enfisematoso (**E**), Descomposición Activa (**Dac**), Descomposición avanzada (**Dav**), Restos Secos (**R**) en el período del 7 al 20 de enero de 2013.

Estados de descomposición	R	P
E - DAC	1	0,0992
E - DAV	1	0,1008
E - R	1	0,0972
DAC - DAV	1	0,099
DAC - R	1	0,1004
DAV - R	1	0,1086

Tabla 9. Análisis de similitud entre mismos estados de descomposición en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013.

Estados 2012-2013	R	P
E2012-E2013	0,4074	0,1947
DAC2012-DAC2013	0,1481	0,3971
DAV2012-DAV2013	0,074	0,711
R2012-R2013	0,3333	0,1943

El dendrograma de similitud dio como resultado un alto índice de similitud entre los mismos estados para diferentes años, agrupando los mismos estados para años distintos con un índice de similaridad de más del 70% entre sí respectivamente, mientras que los de DAV y R de años distintos tienen similaridades de 50 y 60% respectivamente. (Fig. 17)

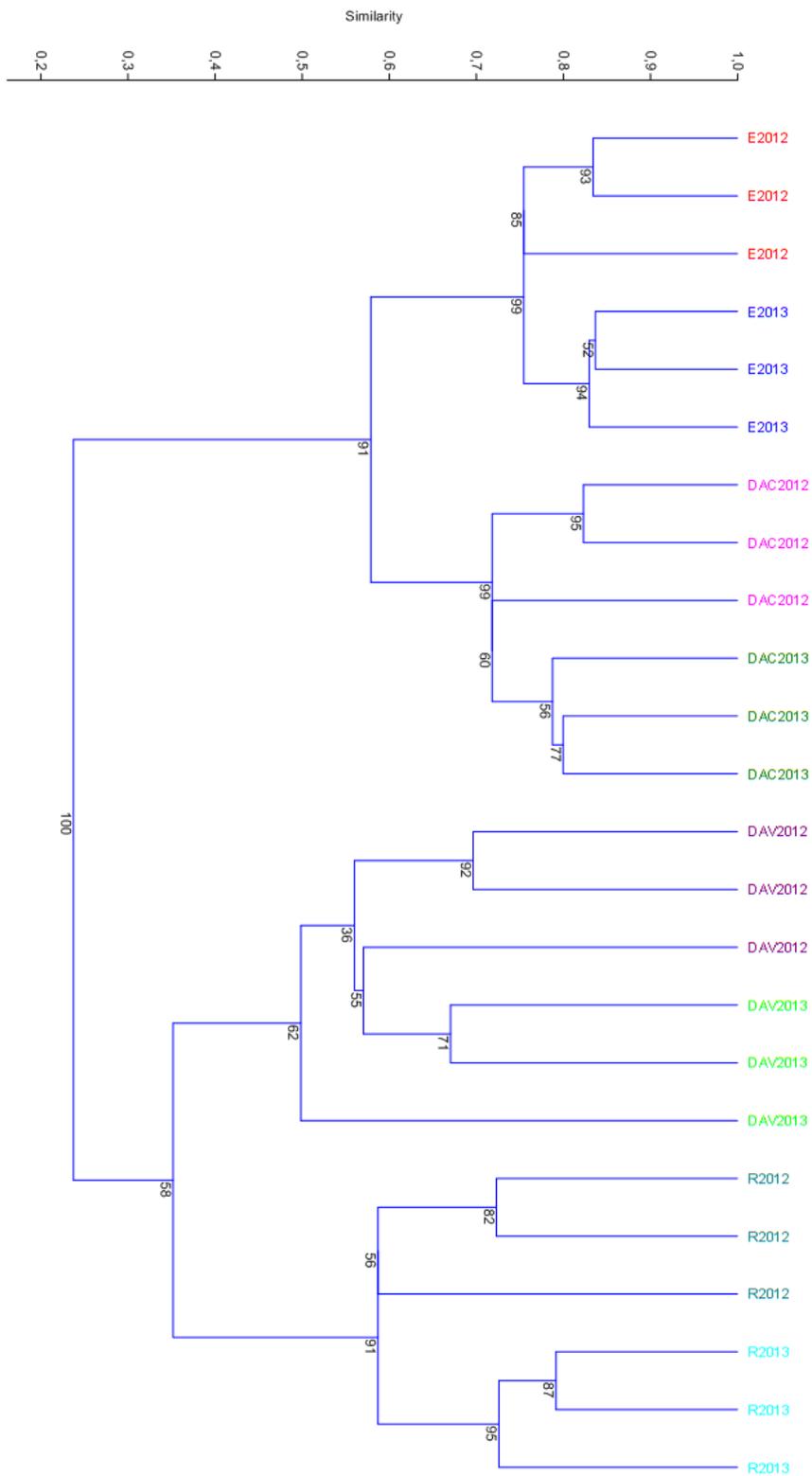


Fig.25 Dendrograma de similitud entre estados de descomposición de cuerpos de *Sus scrofa* en los períodos del 6 al 19 de enero de 2012 y 7 al 20 de enero de 2013. Enfisematoso (E), Descomposición Activa (Dac), Descomposición avanzada (Dav), Restos Secos (R)

El proceso SIMPER identificó las especies tipificantes de cada estado: *Chrysomya albiceps* asociado a los estados Enfimatoso y Descomposición Activa para los años 2012 y 2013, *Oxysarcodexia thornax* asociada a la Descomposición Avanzada y *Dermestes maculatus* (De Geer 1774) a los Restos Secos en los dos años (Tabla 10 y 11). Estas mismas especies fueron discriminantes entre los estados en los dos años. También las especies *Necrobia ruficollis* (Fabricius 1775), *Ophyra aenescens* (Wiedemann 1830) fueron discriminantes al separar la Descomposición Avanzada del resto de los estados en los dos años. *Fannia canicularis* (Linnaeus 1761) fue discriminante del estado Restos Secos en los dos años y *Anthomyia punctipennis* (Wiedemann 1830) en el 2012. (Tabla 12 y 13).

Tabla 10. Porcentajes de contribución de las especies a los promedios de similitud dentro de cada estado (especies tipificantes >10%) del año 2012.

Especies Tipificantes	E	DAC	DAV	R
<i>Chrysomya albiceps</i>	57,71	30,88	10,13	
<i>Oxysarcodexia thornax</i>	16,94		37,14	28,95
<i>Ophyra aenescens</i>		17,44		
<i>Atheta sp1</i>		12,62		
<i>Fannia canicularis</i>			12,25	
<i>Dermestes maculatus</i>				36,65
<i>Anthomyia punctipennis</i>				15,27
Similitud promedio	80,33	72,40	33,65	39,75

Tabla 11. Porcentajes de contribución de las especies a los promedios de similitud dentro de cada estado (especies tipificantes >10%) del año 2013.

Especies Tipificantes	E	DAC	DAV	R
<i>Chrysomya albiceps</i>	66,80	58,11		
<i>Oxysarcodexia thornax</i>			17,88	
<i>Necrobia ruficollis</i>			16,26	
<i>Fannia canicularis</i>			15,48	
<i>Atheta sp1</i>			12,41	
<i>Dermestes maculatus</i>				47,77
Similitud promedio	88,02	70,67	49,93	64,41

Tabla 12. Contribución de las especies en la diferenciación entre los estados de descomposición del 2012, promedios de disimilitud en especies discriminantes (>5%) por procedimiento SIMPER. Enfisematoso (E), Descomposición Activa (DAC), Descomposición avanzada (DAV), Restos Secos (R)

Especies discriminantes	E vs DAC	E vs Dav	E vs R	DAC vs DAV	DAC vs R	DAV vs R
<i>Chrysomya albiceps</i>	39,07	43,55	42,82	16,14	18,75	7,71
<i>Oxysarcodexia thornax</i>	24,07	20,36	17,73	31,88	24,41	44,15
<i>Ophyra aenescens</i>		7,46	7,51	9,47	9,22	
<i>Musca domestica</i>		5,00				
<i>Dermestes maculatus</i>			5,92		8,73	14,19
<i>Tricharaea occidua</i>				7,10	6,82	
<i>Atheta sp1</i>				5,27	5,65	
<i>Anthomyia punctipennis</i>						6,04
Disimilitud Promedio	57,24	71,19	71,42	71,42	88,20	66,27

Tabla 13. Contribución de las especies en la diferenciación entre los estados de descomposición del 2013, promedios de disimilitud en especies discriminantes (>5%) por procedimiento SIMPER. Enfisematoso (E), Descomposición Activa (DAC), Descomposición avanzada (DAV), Restos Secos (R)

Especies discriminantes	E vs DAC	E vs Dav	E vs R	DAC vs DAV	DAC vs R	DAV vs R
<i>Chrysomya albiceps</i>	46,67	59,32	54,80	46,64	45,07	
<i>Oxysarcodexia thornax</i>	13,52	5,21	7,83	7,67		15,21
<i>Ophyra aenescens</i>				5,73	7,00	
<i>Dermestes maculatus</i>			6,21		11,00	24,33
<i>Necrobia ruficollis</i>						8,34
<i>Parataenius derbesis</i>						7,36
<i>Atheta sp1</i>						6,89
<i>Fannia carnicularis</i>						5,01
Disimilitud Promedio	44,87	85,98	92,58	83,27	85,39	69,13

El análisis de componentes principales separó a los estados según los ejes X, el eje Y, positivo y negativo (Fig. 26). El estado enfimatoso (E) opuesto en el sentido del eje X al estado restos secos (R), la descomposición activa (DAC) opuesta en el sentido del eje Y, la descomposición avanzada (DAV) muy cerca de los Restos secos (R). EL aporte de las especies a la separación de los estados se visualiza como vectores, donde el sentido muestra a que estado hace referencia y el largo del vector la fuerza del test. *Chrysomya albiceps* (CAL) tiene un vector en sentido de E y DAC muy largo eso

demuestra que este díptero está ligado a estos estados con mayor fuerza. *Dermestes maculatus* (DM) y *Fannia carnicularis* (Linnaeus, 1761) (FC) tienen vectores largos y con sentido hacia los estados R, *Parataenius derbesis* (Solier 1851) (PD) y *Coprothanaeus cyanecens* (Olsufieff 1924) (CC) tendría una fuerte asociación a DAV y *Ophyra aenescens* (OA) con DAC.

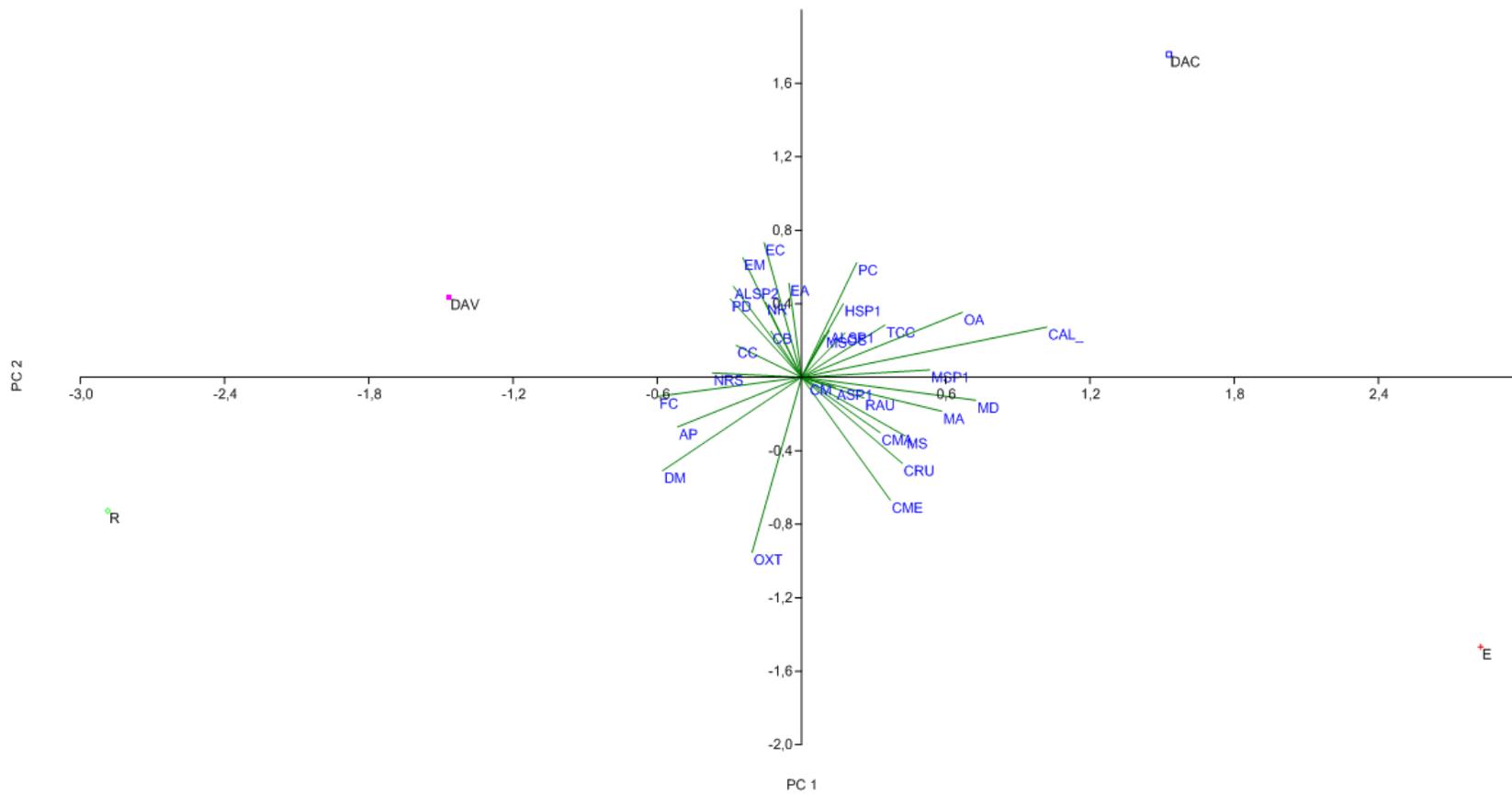


Fig.26. Análisis de Componentes Principales (PCA) de los estados de descomposición de *Sus scrofa* y las especies de insectos en enero de 2012 y 2013. Enfisematoso (**E**), Descomposición Activa (**Dac**), Descomposición avanzada (**DAV**), Restos Secos (**R**)

3.5. Diversidad de la sucesión cadavérica

Los valores más altos del índice de Shannon se obtuvieron durante el 2012 en el estado de descomposición activa y durante el 2013 en la descomposición avanzada (Tabla 13). Los valores más bajos del índice de Shannon en el 2012 se registraron en la última etapa (Restos Secos) y en el estado enfisematoso en las etapas del año 2013. El índice de riqueza de Margalef fue mayor en los estados de descomposición activa (2012) y descomposición avanzada (2013). (Tabla 14). La mayor cantidad de taxones se dio durante la descomposición activa para ambos años.

Tabla 14. Índices de diversidad (Shannon) y riqueza específica (Margalef) durante la sucesión de insectos en cuerpos de *Sus scrofa* en el 2012 y 2013

2012	E	DAC	DAV	R
Taxa S	20	21	18	16
Shannon H	1,74	2,521	1,701	1,573
Margalef	2,628	4,623	3,218	2,873

2013	E	DAC	DAV	R
Taxa S	17	26	18	16
Shannon H	1,595	1,899	2,484	2,309
Margalef	3,003	3,49	3,557	3,122

3.6 Abundancia y longitud de las larvas de Diptera

En el período de estudio en 2012 se recolectaron principalmente larvas de *Chrysomya albiceps* en alta abundancia y de *Cochliomyia macellaria* en una muy baja proporción. Mientras que en el mismo período de 2013 solamente se recolectaron larvas de *Ch. albiceps*. La longitud larval de *Ch. albiceps* fue en promedio menor que la de *Co. macellaria* (Tabla 15). La longitud larval de *Ch. albiceps* aumenta en proporción casi directa con el tiempo hasta alcanzar un máximo a las 72 hrs, luego de lo cual se estabiliza y disminuye levemente, indicando el pasaje de larva III a larva postalimentaria (Fig.27)

Tabla 15. Longitud promedio \pm desvió estándar y abundancias relativas de los estadios larvales de *Ch. albiceps* y *Co. macellaria*

	Longitud promedio		% Abundancia Relativa	
	<i>C. albiceps</i>	<i>C. macellaria</i>	<i>C. albiceps</i>	<i>C. macellaria</i>
2012				
Larva I	2,00 \pm 0,23	0	100	0
Larva II	4,76 \pm 1,11	7,50 \pm 0,33	97	3
Larva III	9,64 \pm 0,70	10,42 \pm 0,38	97	3
2013	<i>C. albiceps</i>			
Larva I	2,22 \pm 0,31		100	
Larva II	4,87 \pm 1,23		100	
Larva III	9,52 \pm 1,02		100	

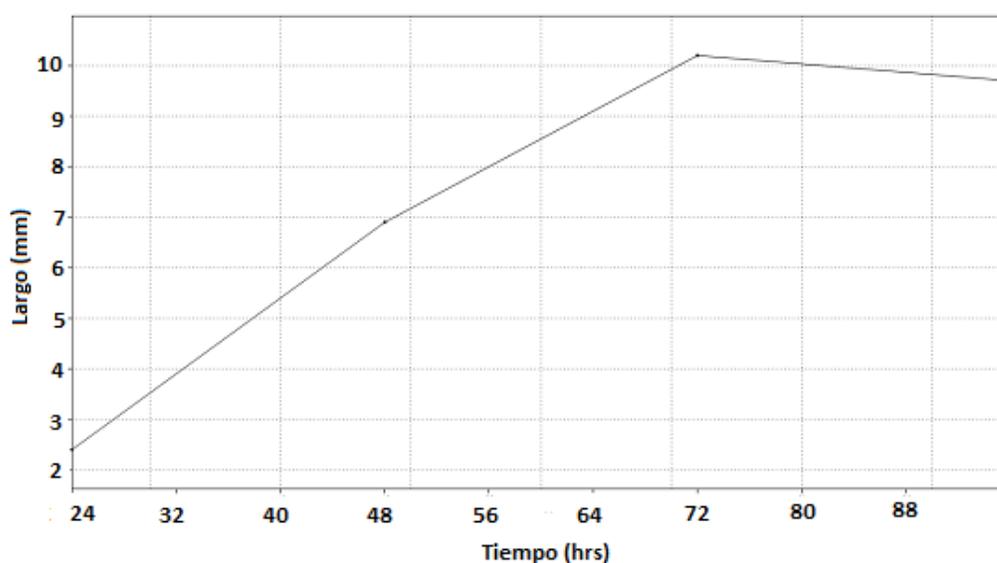


Fig.27 Longitud media (mm) de las larvas de *Ch. albiceps* en función del tiempo (horas) de descomposición del cuerpo de *Sus scrofa*.

3.7 Identificación de Imagos a partir de estados inmaduros de dípteros

De la porción de larvas de dípteros sobre los cuerpos de los cerdos para cultivo solo emergieron *Chrysomya albiceps*, *Chrysomya megacephala*, *Chrysomya sp1*, *Mesembrinellinae sp1*. (Tabla 16). La mayor diversidad de especies cultivada fue a partir de huevos a las 6 hrs, De las muestras de cultivos tomadas desde las 24hrs en

adelante solo se obtuvieron *Chrysomya albiceps*, con la salvedad del C3 año 2013 que en las 96 hrs que se obtuvieron adultos de una especie de Mesembrinellinae.

Tabla 16. Identificación de los imagos cultivados a partir de los estadios inmaduros de dípteros durante el 2012 y 2013.

Especies/Horas	Hora 6	Hora 12	Hora 24	Hora 48	Hora 72	Hora 96
AÑO 2013						
<i>Chrysomya albiceps</i>	√	√	√	√	√	√
<i>Chrysomya megacephala</i>	√	√				
<i>Chrysomya rufifacies</i>	√	√				
<i>Mesembrinellinae sp1.</i>						√
AÑO 2012						
<i>Chrysomya albiceps</i>	√	√	√	√	√	√
<i>Chrysomya megacephala</i>	√					

3.8 Desarrollo postembrionario de *Chrysomya albiceps*

El tiempo de desarrollo de *Ch. albiceps* de huevo a adulto a temperatura promedio de 31°C, fue de 8 días. El estado de huevo duró 1 día, de larva 4 días y el de pupa 3 días. La tasa de desarrollo (TD) de huevos fue la más rápida, mientras los estados larvales tuvieron la tasa de desarrollo más lenta. La tasa de desarrollo Huevo-Adulto del 2012 fue mayor que la del 2013, siendo mayor la etapa de huevo en el 2013 y mayor la etapa larval en el 2012. (Tabla 16). Durante el desarrollo del ciclo de *Ch. albiceps*, el año 2013 tuvo mayor requerimiento calórico que el 2012 para completar del estado de huevo a adulto y en ambos años el desarrollo larval fue el más alto de los estados (Tabla 17).

Tabla 16. Tasa de desarrollo de los estados del ciclo de *Ch. albiceps* a 31°C ± 5 (2012) y 32°C ± 5 (2013) (TD=1/días)

	<i>C. albiceps</i>					
	TD 2012			TD 2013		
	Media	Min	Máx	Media	Min	Máx
Huevo	1	1	1	1,15	1	1,33
Larva	0,27	0,29	0,25	0,29	0,33	0,25
Pupa	0,29	0,33	0,25	0,31	0,33	0,29
Huevo-Adulto	0,14	0,15	0,13	0,14	0,17	0,12

Tabla 17 Días/grados acumulados (ADD) de los estados de desarrollo de *Ch. albiceps* a 31°C ± 5 (2012) y 32°C ± 5 (2013) (ADD=D (Tm-Tmin)) la temperatura umbral utilizada 9,72°C (Huevo)

	<i>C. albiceps</i>					
	ADD (°D) 2012			ADD (°D) 2013		
	Media	Min	Máx	Media	Min	Máx
Huevo	21,28	21,28	21,28	23,92	22,28	25,55
Larva	67,76	63,24	72,28	83,75	80,28	87,21
Pupa	64,32	55,35	73,28	63,30	58,35	68,25
Huevo-Adulto	139,86	125,55	154,16	147,29	121,62	172,95

4. DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de la entomofauna cadavérica

Durante el proceso de descomposición se registraron los órdenes de insectos más frecuentemente asociados al proceso de descomposición de los cerdos: Hymenoptera, Diptera y Coleoptera. Estos registros son consistentes con los de otros estudios realizados en la región, como en: Córdoba (Argentina), (Battan et al. 2005), Buenos Aires (Argentina) (Centeno et al. 2002), La Rioja (Argentina), San Juan (Argentina) (Aballay et al. 2012, Medellín (Colombia), (Wolff et al. 2001), San Pablo (Brasil) Linhares & Carvalho (2001) y Pando (Uruguay) (Remedios 2014)

En el presente estudio se obtuvo un predominio absoluto en abundancia de Formicidae (Hymenoptera), observándose a varios ejemplares desprendiendo huevos o transportando larvas de dípteros. Los primeros trabajos en citar la presencia de hormigas en cadáveres humanos en investigaciones forenses fueron los de Louw & Van der Linde (1993) donde describe 15 casos forenses y Anderson (1995) que describe 2 De acuerdo con Arnaldos (2000), Formicidae es uno de los grupos mejores representados dentro de la comunidad sarcosaprófaga y se considera como uno de los más importantes dentro de los detritívoros y predadores en la reducción de los cadáveres de algunos vertebrados (Cornaby 1974). Las hormigas en los cadáveres pueden jugar un papel importante porque si producen daños postmortem pueden inducir a error en la investigación forense (Moura et al. 1997). La actividad de estos insectos sobre el cuerpo puede alterar la correcta determinación del PMI ya sea por cortar partes del cadáver y disminuir el recurso o aumentar la eliminación de huevos, larvas y pupas (Ramon & Donoso 2015). El género *Pheidole* fue el más abundante dentro de Formicidae, siendo este resultado consistente con los de varios estudios de sucesiones cadavéricas realizados en Uruguay

(Remedios 2014), Brasil (Luederwaldt 1911), Colombia (Martínez 2002) Australia (Fuller 1934), Estados Unidos (Reed 1958, Cornaby 1974, Early & Goff 1986, Hewadikaran & Goff 1991, Tantawi et al. 1996, Richards & Goff 1997), y Sudáfrica (Braack 1987). Martínez (2002) en su estudio sobre la comunidad de hormigas sarcosaprófagas, indicó que *Pheidole* fue el género más abundante en todas las épocas del año y en todos los estados de sucesión en las que realizó los muestreos. La abundancia de *Pheidole* se debe a su comportamiento de reclutamiento en masa hacia las fuentes de alimento de gran tamaño (Martínez 2002). Otra característica peculiar de este género es que suelen desplazar a otras hormigas de mayor tamaño que ellas, debido al gran número de obreras reclutadas y a su agresividad (Cerdá et al. 1998). No fue posible caracterizar el PMI con hormigas en este trabajo, pero junto con otros insectos se caracterizó el ambiente y la zona geográfica de estudio. Esta información es útil a la hora de trabajar en casos de pericia con traslado de cuerpos.

El orden Diptera fue menos abundante que Hymenoptera, pero su riqueza de especies fue marcadamente mayor (28 especies) y su relevancia está dada por el hecho de que las especies y sus estados de desarrollo se asocian a determinadas etapas de la descomposición. Las familias de dípteros registradas en este estudio, Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Fanniidae y Phoridae, son las más representativas asociadas al proceso de descomposición de carroña (Gautreau 2007; Gennard 2007).

Calliphoridae fue la más abundante (45%) durante los muestreos y con mayor riqueza de especies, junto con Muscidae. Trabajos previos en zona rurales muestran estas características de dominio de abundancia de dípteros por Calliphoridae y Muscidae en la sucesión de cerdos (Carvalho & Linhares 2001). Las especies de Calliphoridae se caracterizaron por ser las primeras en llegar a los cadáveres a oviponer, y por esta razón se considera que pueden proporcionar datos para estimaciones precisas del PMI. La

especie predominante durante este estudio fue *Chrysomya albiceps*, siendo capturada a la hora de haber colocado los cuerpos, concordando con el estudio de Aballay et al. (2012) en climas de altas temperaturas y rápida descomposición. La alta abundancia de esta especie exótica ya fue registrada por De Sousa et al. (2015) en el estado Maranhão, Brasil, con un 50% del total de dípteros capturados en la experiencia y que al parecer tiene un comportamiento de dominancia similar en el sur de ese país. Esta especie es una mosca hemisinantrópica; ha sido citada en Argentina, Bolivia, Brasil, Ecuador, Venezuela, Colombia, Puerto Rico Perú (Ortloff-Trautmann 2013). Se alimenta y reproduce prolíficamente en cadáveres en descomposición y heces fecales, de ahí su importancia desde el punto de vista médico, sanitario y forense (Richard et al. 2008). Es muy frecuente encontrarlas en casos de hallazgos de cadáveres humanos y por sus condiciones de ser de las primeras especies colonizadoras, probablemente sea de los dípteros más importante en entomología forense (Oliveira-Costa et al. 2001, Grassberger et al. 2003, Carvalho et al. 2004, Gomes et al. 2009).

Otras especies de esta familia fueron registradas en proporciones testimoniales como *Chrysomya* sp1, *Chrysomya. megacephala*, *Cochliomyia macellaria* y *Mesembrinellinae* sp1. Las especies del género *Chrysomya* fueron introducidas al continente americano hace más de 4 décadas, *Ch. albiceps* y *Ch. megacephala* desde Brasil (Amatt 2009), lo que habla de una rápida expansión de este género y un desplazamiento de las especies nativas de hábitos necrófagos como *Co. macellaria*. Las especies nativas mencionadas se han encontrado en los trabajos regionales de experiencias con cerdos en una abundancia muy baja (Carvalho & Linhares 2001, Centeno et al. 2002, Battan et al. 2005 y 2010 Velez & Wollff 2008; Aballay et al. 2012).

La recolección de larvas mostró un predominio muy alto en la abundancia de *Ch. albiceps*, similar a lo registrado por Remedios (2014). La baja abundancia del estadio larval de *Co. macellaria* y la no emergencia de adultos de esta especie durante el experimento de crías de larvas puede atribuirse a la capacidad depredadora facultativa y al comportamiento agresivo de *Ch. albiceps* durante su etapa larvaria. Esta situación fue observada en Argentina en cadáveres de cerdo, en los cuales larvas de *Ch. albiceps* depredaron larvas de otras especies (Centeno et al. 2002). Castillos (2002) observó, que el carácter predador y caníbal de *Ch. albiceps* se da a partir del estadio III, lo cual la convierte en dominante en cadáveres durante la estación de verano del presente trabajo. Este comportamiento también pudo alterar la presencia de larvas de otras especies de dípteros que también se desarrollan en los cadáveres como *Ch. megacephala* que según Faria et al. (1999) la presencia previa de larvas de *Ch. albiceps* podría influir en el comportamiento oviposicional de otras especies de moscas,

Las especies de Sarcophagidae registradas en este estudio (*Oxysarcodexia thornax*, *Tricharaea occidua* (Fabricius, 1794) y *Ravinia aureopyga* (Hall, 1928), se citan por primera vez para Uruguay, habiendo sido registradas previamente en Argentina y Brasil (Mulieri et al. 2010). Estudios de ecología a nivel regional (D'Almeida & Lopes 1983, Beltran et al. 2002) muestran una alta preferencia de la sarcophagidae por zonas rurales y picos de abundancias de especies como de *O. thornax* durante el verano. En el presente trabajo *O. thornax* fue la más abundante de esta familia por lo que se confirmando su preferencia por zona rurales de nuestro país. Las especies de esta familia son larvíparas (Oliva 1997), es decir, depositan larvas LI vivas directamente sobre el cadáver en lugar de huevos (Oliva 1997; Barros et al. 2008; Pape & Dahlem 2010). Aballay et al. (2012) reporta que esta característica les confiere una ventaja

adaptativa en comparación con las especies ovíparas, en especial cuando se trata de sustratos efímeros, como el caso de pequeños cadáveres o cadáveres en condiciones de rápida desecación en extrema aridez. Otra ventaja adaptativa de estas larvas es que su anatomía les permite desplazarse hacia las partes más profundas de las cavidades y hundirse en los fluidos más fácilmente, cerrando la cavidad posterior y protegiendo los estigmas (Báguena 1952). De todos modos existe competencia entre las larvas de Calliphoridae y Sarcophagidae haciendo que la última tenga una expansión limitada (Denno & Cothran 1975, 1976).

Este estudio, al igual que la mayoría de las experiencias regionales en descomposición de cuerpos de cerdo, registró una alta abundancia de Muscidae. La especie más abundante, *Ophyra aenescens*, ha sido registrada con un alto índice sinantrópico en la Región Neotropical (Linhares et al. 1979; Hogsette & Washington 1995; D'Almeida et al. (1983) (1999); Ribeiro et al. 2000; Byrd & Castner 2001; Centeno et al. 2002; Aballay et al. 2012; González-Vainer et al. 2013; Remedios 2014) Sin embargo D'Almeida (1983) reportó preferencia de esta especie por áreas rurales de Río de Janeiro. En Uruguay hasta el momento ha sido registrada en áreas urbanas y peri-urbanas (González-Vainer et al. 2013; Remedios, 2014). Su presencia en las etapas de descomposición activa y avanzada, es consistente con los estudios de Centeno et al. 2002; Aballay et al. 2012 y Remedios 2014. Las especies del género *Ophyra* están relacionadas fuertemente con los cadáveres (Centeno et al. 2002); las larvas son depredadoras de otras larvas de dípteros y se pueden encontrar en la fase de descomposición activa (Byrd & Castner 2001) La larva en su primer estadio es sarcosaprófaga mientras que en el segundo y tercer estadio es depredadora de la larva de *M. domestica* (D'Almeida et al. 1999) pero también han sido observadas en el putrúlagos

de los cuerpos y en el contenido que deja expuesto los intestinos (Byrd & Castner 2001).

Musca domestica (Linneaus, 1758) y *Muscina stabulans* (Fallén, 1817) se encontraron durante los primeros estados de descomposición (Fresco y Enfisematoso), siendo consistente con el estudio de Castillos (2002) que las registra desde los primeros momentos de colocado los cerdos y durante la estación de verano. Estas especies son necrófagas ocasionales (Domínguez & Gómez 1957) hay registros que han llegado a los cadáveres a la par que las específicamente necrófagas (Aballay et al. 2012). No existen muchos trabajos que presenten la importancia de *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) en casos forenses, salvo el de Velásquez (2010) que la registra sobre un cuerpo humano y Smith (1986) que indicó la aparición de esta especie en las primeras instancias de la descomposición principalmente en la fase fresco. Otras familias de dípteros de importancia forense estuvieron presentes: Anthomyiidae, Fanniidae, Phoridae y Piophilidae. La especie *Fannia canicularis* es común en zonas rurales especialmente cerca de las chacras (Smith 1986); Wasti (1972) la registra sobre cuerpos de aves entre los días 4 y 10, Payne (1965) sobre cuerpos de cerdo al octavo día, lo que concuerda con nuestros registros entre los días 5 al 10.

Piophilidae casei fue reportada como indicador de PMI en tiempo de meses (Méglin 1894), otros autores la asocian a la descomposición caseica (Smith 1986; Martín-Vega 2011). En el presente estudio se le asocia al estado de descomposición activa y descomposición avanzada.

Los Mycetophagidae fueron los más abundantes del orden Coleoptera; los individuos fueron recolectados en las trampas de caída de los cerdos desde la descomposición avanzada a restos secos pero no sobre el cuerpo. En las trampas control fueron

capturados en varios días distintos, esto no aporta a la sucesión cadavérica pero si aporta a la caracterización del ambiente donde se colocaron los cuerpos. Esta familia de coleópteros, se caracteriza por tener un tamaño muy pequeño lo cual hace que los ejemplares sean difíciles de distinguir, pero son comunes en los distintos ambientes rurales o de bosques (Speight 1989). Los Mycetophagidae son clasificados como saproxílicos (Ramirez-Hernandez 2015) ya que durante parte de su ciclo dependen de la madera muerta. Esta ocurrencia concuerda con la descripción de la zonas de estudio donde las áreas elegidas contienen una matriz de campo natural con arboles no nativos como eucalipto y paraíso.

Euspilotus azureus (C.R. Sahlberg, 1823) fue el representante con mayor frecuencia de Histeridae; Battan et al. (2005) indicaron la presencia de esta familia sobre el final del Estado Enfisematoso. Durante la experiencia se obtuvo registro de las especies de Histeridae acotados a los estados de Descomposición Activa y Descomposición Avanzada marcando una fuerte presencia durante estos estados al igual que en las experiencias de Remedios (2014) y Zanetti (2015) durante el verano. Esta familia al igual que Staphylinidae son depredadores de larvas y huevos de dípteros. La aparición de *Euspilotus azureus* coincide con la aparición de la larva II de *Ch. albiceps* al final del estado enfisematoso y la presencia de larvas II y III de esta misma especie durante la Descomposición Activa y Avanzada. La presencia del género *Euspilotus* es consistente con otros estudios que lo registran en áreas rurales y de fragmentación de bosques. (García-Rojo 2004; Vasconcelos & Araujo 2012). Los estafilínidos fueron los primeros coleópteros en llegar al cuerpo y lo hicieron en el estado enfisematoso, junto con la aparición de larvas I de *Ch. albiceps* coincidiendo con el trabajo de Remedios (2014) y Zanetti (2015) durante el verano. Las especies del género *Aleocharinae* permanecieron

durante la descomposición avanzada junto con el estado de pupa de *Ch. albiceps*. La presencia de este género se podría relacionar con sus hábitos de parasitoides de pupas de dípteros (De Almeida 1999).

Al igual que en el trabajo de Zanetti (2015), Scarabaeidae fue la que presentó mayor cantidad de especies (5) y su aparición está ligada a la etapa de Hinchado. Este es el primer trabajo que reporta la importancia forense en Uruguay de Scarabaeidae. Otro punto que concuerda con los trabajos de Remedios (2014) y Zanetti (2015) es la aparición de Cleridae en la descomposición avanzada, lo cual puede estar relacionado con sus hábitos omnívoros (Asman 1963). Los Cleridae depredan larvas y huevos y también pueden alimentarse de piel y otros restos secos. Además hacen uso de los restos cadavéricos para criar sus larvas y que estas puedan hacer sus cámaras pupales. *Dermestes maculatus* es una especie muy frecuente en la fauna necrófaga, (Sousa & Linhares 1997; Kulshrestha & Sapathy 2001) sin embargo su ocurrencia tiene interpretaciones contradictorias: para Greenberg & Wells (1998) llegan al cadáver aproximadamente 30 días después de la muerte (Restos Secos); Early & Goff (1986) los recolectaron al tercer día después de la muerte, Aballay et al. (2012) los recolectó durante todos los estados y Remedios (2014) lo registró durante Descomposición Activa, Descomposición Avanzada y Restos Secos. En este trabajo se indica la aparición de adultos y larvas sobre el estado final (Restos Secos). Se sabe que pueden arribar en los estadios anteriores pero su dominancia y proliferación comienzan con la Descomposición Avanzada y Restos Secos. Al contrario de lo descrito por Mise (2007), donde una alta humedad y una corta descomposición explicarían la ausencia de esta especie durante la etapa de Restos Secos, en nuestros resultados estuvieron presente

con una alta humedad relativa (2012) y con una humedad relativa un poco más baja (2013)(Fig.9, Fig. 10)(Tabla 2)

4.2. Sucesión de la entomofauna y especies indicadoras del intervalo postmortem

En concordancia con Anderson & Vanlaerhoven (1996), se reconocieron cinco estados de la descomposición para ambos años. Los cinco estados fueron caracterizados por los análisis de similaridad donde se muestran diferencias en las comunidades que son atraídas por los cadáveres de los cerdos. Ambos años presentaron características similares en la composición general de las especies y no se observaron diferencias significativas, pero si se observaron algunas diferencias en la composición de la comunidad de insectos del mismo estado para diferente año. Estas disimilitudes pueden ser explicada por las características abióticas de cada año, ya que no son concordantes. La corta duración de cada uno de los estados de descomposición en el presente estudio es resultado de las altas temperaturas registradas en el período que acelerarían la descomposición, en tal sentido los resultado son comparables a nivel regional con Aballay et al. (2012). En dicho estudio realizado en San Juan (Argentina) se obtuvieron tiempos de descomposición similares a los de esta experiencia, a una temperatura media de 37,5° y una humedad relativa de 44%. Las temperaturas medias del departamento de Paysandú fueron mucho menores 31°C y 32°C las temperaturas *insitu* alcanzaron picos altos de 42°C durante el muestreo, sobre el mediodía. También la humedad relativa media fue muy distinta siendo más alta en la ciudad de Paysandú 55% (2012) y 48% (2013). Durante el estudio de Aballay et al. (2012), en condiciones de extrema aridez, se observó un tiempo de descomposición de 8 días hasta llegar a Restos Secos y en el presente trabajo se observó que la duración hasta ese estado fue de 7 días para ambos

años (2012-2013). En el presente estudio se obtuvieron tiempos similares en los estados de descomposición con respecto a Aballay et al. (2012); aunque la sucesión de las especies de insectos fue diferente y solo fueron semejantes las primeras familias de dípteros en llegar al cuerpo (Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae). Al igual que Aballay et al. (2012) se encontraron huevos de dípteros el primer día y se recolectaron larvas III de *Ch. albiceps* el tercer día de la experiencia. Otra similitud fueron las especies presentes de Calliphoridae (*Ch. megacephala* y *Co. macellaria*) siendo las mismas que las colectadas en el Departamento de Paysandú.).

El estudio de Battan (2010) realizado durante el verano en la provincia de Córdoba en una zona rural representa lo más similar en cuanto al tipo de ambiente. Sin embargo los picos de altas temperaturas de 35°C y los de mínima de 14°C no son comparables con las altas temperaturas del Departamento de Paysandú. En cuanto a los estados de descomposición hay similitud en la duración de los tiempos de los estados Fresco y Enfimatoso (total 48 horas) y un total de 8 días para llegar a Restos Secos. La composición de las especies fue similar a la de las primeras etapas de este trabajo, observándose el arribo de Muscidae junto con Calliphoridae en las primeras horas. Se observó una alta abundancia de *Ch. albiceps* tanto de adulto como larvas y de *Co. macellaria* no se observaron emergencias de adultos pero si de larvas.

El estudio de Remedios (2014) realizado en un ambiente de bosque durante el verano en una zona semi-rural al sur de Uruguay, obtuvo un tiempo total de descomposición de 45 días y de 28 días hasta Restos Secos. La temperatura promedio fue de 28°C con máximas de 37°C, mínima de 7°C y 54% de humedad relativa. Las condiciones del ambiente como la vegetación y otros factores abióticos fueron diferentes pero la composición de las especies fue similar y con la salvedad de Scarabaeidae y

Sarcophagidae que no fueron registrados las mismas especies en ambos trabajos. Los tiempos de colonización de los cuerpos por las mismas especies de califóridos fueron más tardíos en el sur que este estudio, observándose puestas de huevos recién al 2° día, y larvas III 5° día (Remedios 2014). Tanto en el estudio de Remedios (2014) como en el presente estudio, la especie dominante durante todo el proceso fue *Ch. albiceps* tanto en estado adulto como larval. Durante el proceso de sucesión se observó la presencia de Staphylinidae, Histeridae, Cleridae (Coleoptera) en los mismos estados de descomposición para ambos trabajos.

Durante la Descomposición activa se observaron las familias de coleópteros: Staphylinidae, Histeridae, Scarabaeidae y adultos de la especie saprófaga *Piophilina casei* (Linnaeus, 1758), asociada a la fermentación caseica. Los coleópteros comenzaron a tener un papel protagónico durante el estado de Descomposición avanzada. Durante este estado ocurrieron *Necrobia ruficollis* y *Necrobia rufipes* (Cleridae) coincidiendo con el trabajo de Centeno (2002) Otro cambio en esta etapa fue la desaparición Scarabaeidae. Otra característica fue la disminución de dípteros siendo *Oxysarcodexia thornax* y *Ophyra aenescens* los que marcaron una fuerte presencia durante el desarrollo de este estado.

Adultos de *Dermestes maculatus* se registraron en el último estado de descomposición y sobre los últimos días se colectaron larvas de esta especie, esto concuerda con el trabajo de Remedios (2014) donde esta especie fue dominante en el estado de Resto Seco. Al igual que Segura et al. (2011) se registro únicamente la aparición de *Anthomyia punctipennis* y *Fannia canicularis* en este estado.

Durante la sucesión se pudo observar que diferentes insectos se asociaron con las distintas etapas de la descomposición debido a los cambios físicos y químicos que va

sufriendo el sustrato y que dan origen a nuevos recursos atrayendo a nuevas especies, como fue señalado por Campobasso (2001). Al comparar nuestros resultados con otros estudios de la región (Remedios 2014; Aballay 2012 Battan 2010) se encontraron diferencias locales como fue indicado por Goff (1993).

La presencia exclusiva de los huevos de Calliphoridae, en el estado Fresco nos podría indicar un tiempo entre 2 y 12 horas. Los lugares de preferencia para la puesta de huevos de los dípteros fueron: la boca, orificios nasales, pliegues en los cuartos, orejas, bajo mentón y ano, estos sitios coinciden con las descripciones que se documentan de los sitios de puesta en casos de cuerpos humanos (Pérez de Petinto 1975). Las larvas I de *Ch. albiceps* indican un PMI de 7 a 24 horas aproximadamente, las larvas II un intervalo de 25 a 48 horas. Se observaron larvas III pequeñas de *Ch. albiceps* desde 49 a las 143 horas.

Chrysomya albiceps fue la especie tipificante de los estados Enfisematoso y Descomposición Activa, aportando un alto porcentaje discriminante con los otros estados. Se observó un predominio absoluto en la abundancia tanto de imagos como de larvas de esta especie. *Chrysomya albiceps* tiene las características de una especie pionera o colonizadora, presentando características que definen este grupo como una elevada tasa de crecimiento y amplia dispersión (Curtis y Barnes 2000). Estas características también fue observadas en trabajos regionales durante el verano (Centeno 2002; Battan 2010; Aballay 2012; Remedios 2014).

La aparición de pupas de *Ch. albiceps* enterradas en la cercanía de los cuerpos y bajo las trampas de caída nos dan una estimación de 6 días desde el momento que se colocaron los cuerpos, caracterizando el comienzo de la Descomposición Activa al igual que en Camacho (2005). Estos datos difieren con los resultados de Abally et al. (2012) y

Remedios (2014) donde tomó respectivamente 7 y 12 días llegar al estado de pupa. Grassberger et al. (2003) quienes realizaron experimentos de cría de *Ch. albiceps* a diferentes temperaturas (20°C, 25°C, 30°C, 35°C); a 30°C tomó 5.9 días llegar para llegar al estado de pupa, lo que se ajusta a nuestros resultados.

4.3 Desarrollo Postembrionario de *Chrysomia albiceps*

El tamaño de las larvas III de *Ch. albiceps* recolectadas sobre el cuerpo es menor que el tamaño medio descrito a diferentes temperaturas por Grassberger et al. (2003), esto puede ser explicado porque las larvas que se recolectaron no estaban a término y todavía podían desarrollarse un poco más, las larvas con mayor tamaño tienden a abandonar el cuerpo para poder pupar y las utilizadas para las mediciones fueron de arriba del cuerpo.

Los datos obtenidos de los ADD para las larvas de *Ch. albiceps* son comparables con pocos trabajos ya que no existen muchos a nivel regional. Existen diferencias con los datos obtenidos en el estudio de Remedios (2014), principalmente en el desarrollo larval y la duración de su ciclo donde obtuvo 21 días para completarlo. Los resultados obtenidos se ajustan mejor a la experiencia de Shiravi (2011) en condiciones de laboratorio a 28°C y 40% de humedad relativa determinando un ADD para el ciclo de *Ch. albiceps* de 130 a 195. La importancia de conocer los tiempos de desarrollo de las especies en condiciones similares a las que se encuentran en campo permitirá hacer estimaciones más realistas que las del laboratorio. Los datos generados por este estudio sobre el TD y los ADD a temperaturas ambiente 31°C y 32°C brindan información muy útil para los cálculos de PMI en casos de humanos a temperatura similares.

4.4 Conclusiones finales

- Se observaron 5 estados de descomposición para los cuerpos de cerdos en un ambiente de campo natural con registros de temperaturas extremadamente altas, teniendo una duración de 7 días para llegar al estado de descomposición de Restos.
- Las larvas I de *Chrysomya albiceps* indican un PMI de 7 a 24 horas aproximadamente, las larvas II un intervalo de 25 a 48 horas y larvas III pequeñas desde 49 a las 143 horas.
- Especies indicadoras del estado de descomposición. *Chrysomya albiceps* asociado a los estados Enfimatoso y Descomposición Activa, *Oxysarcodexia thornax*, *Necrobia ruficollis*, *Ophyra aenescens* asociada a la Descomposición Avanzada y *Dermestes maculatus*, *Fannia canicularis*, *Anthomyia punctipennis* a los Restos Secos.
- Los datos generados por este estudio sobre el TD y los ADD a temperatura ambiente 31°C y 32°C de *Chrysomya albiceps* brindan información muy útil para los cálculos de PMI en casos de humanos a temperatura similares.
- Las especies de Sarcophagidae registradas en este estudio *Oxysarcodexia thornax*, *Tricharaea occidua* y *Ravinia aureopyga*, se citan por primera vez para Uruguay. Se reportan Scarabaeidae de importancia forense en Uruguay y su presencia durante Descomposición Activa.
- Se observaron diferencias con los antecedentes en el sur de Uruguay. El tiempo total de descomposición de los cadáveres obtenido fue menor, la composición

de las especies de Scarabaeidae y Sarcophagidae difieren, los tiempos de colonización de los califóridos fueron más rápido y los datos obtenidos de ADD para las larvas de *Ch. albiceps* fueron menores.

4.5 Perspectivas a futuro

Este trabajo es el segundo realizado en Uruguay en esta línea de investigación usando cerdos blancos como biomodelo experimental en un ambiente de pradera natural. Es necesario continuar con este tipo de estudios en distintos ambientes que se encuentran en nuestro país, así como en las diferentes estaciones del año, y en distintas condiciones (cuerpos enterrados, sumergidos, etc) ya que estos factores influyen en la composición de especies y sus tiempos de colonización de los cadáveres. Otro factor a tener en cuenta en futuras experimentaciones de sucesión cadavérica es el grado de sinantropía del área de estudio, ciudad, periferia, áreas rurales.

Las simulaciones de muerte con cadáveres de cerdos también pueden variar en la forma de la muerte ya sea con heridas posmortem o antemortem, incluyendo casos de ahogamiento en cursos de agua lenticos o loticos.

Otro tipo de experimentación que generaría información útil en casos de pericias policiales, son el estudios basados en larvas de dípteros, obteniendo graficas de crecimiento a diferentes temperaturas y poder comparar con las muestras de casos reales.

También son necesarios estudios toxicológicos en larvas de dípteros, que pueden brindar información sobre el consumo de drogas previo al fallecimiento o ingesta de sustancias tóxicas causantes de la muerte. .

BIBLIOGRAFÍA

- Aballay F., Arriagada G., Flores G. y Centeno N. 2013. An illustrated key to and diagnoses of the species of Histeriade (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *ZooKey* 261: 61-84.
- Aballay F.H., Murúa A.F., Acosta J.C. y Centeno N. 2012. Succession of carrion fauna in the arid region of San Juan province, Argentina: its forensic relevance. *Neotropical Entomology* 41: 27-31.
- Aballay F.H., Fernández Campón F., Mulieri P.R. y Urquiza S.V. 2011. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en la puna de Catamarca, Argentina: a ovoviviparidad como ventaja en condiciones de extrema aridez. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 70: 255-266.
- Almeida L. y Mise K. 2009. Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. *Revista Brasileira de Entomología* 53: 227- 244.
- Amat E. 2009. Contribución al conocimiento de las Chrysomyinae y Toxotarsinae (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Revista mexicana de biodiversidad* 80: 693-708.
- Amat E., Velez M. y Wolff M. 2008. Clave ilustrada para la identificación de los géneros y las especies de califóridos (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Caldasia* 30: 231-244.
- Amendt J.C., Campobasso L. y Grassberger M. 2010. *Current concepts in Forensic Entomology*. London: Springer Dordrecht Heidelberg.
- Anderson G.S. 1997. The use of insects to determine time of decapitation: A case-study from British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 42: 947-950.
- Anderson G.S. y VanLaerhoven S.L. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 41: 617-625.
- Anderson J.M. 1982. Resource partitioning in the carion beetle (Coleoptera: Silphidae) fauna of Southern Ontario: ecological and evolutionary consideration. *Canadian Journal of Zoology* 60: 1314-1325.
- Arnaldos M., García M. y Presa J.J. 2011. *Sucesión faunística sarcosaprófaga*. Material Docente. Universidad de Murcia. España.

- Arnaldos M.I. 2000. Estudio de la fauna sarcosaprófaga de la región de Murcia. Su aplicación a la Medicina Legal. PhD. Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Murcia.
- Asman F. 1953. Factors affecting the abundance of the copra beetle, *Necrobia rufipes* Deg. (Coleoptera: Cleridae). Bulletin of Entomological Research 53: 671-680.
- Báguena L. 1952. Algunas notas sobre entomología médico-legal. Graellsia 10: 67-101.
- Barros R.M.C.A., Mello-PatiuII C.A. y Pujol-LuzI J.R. 2008. Sarcophagidae (Insecta, Diptera) asociados à decomposição de carcaças de *Sus scrofa* Linnaeus (Suidae) em área de Cerrado do Distrito Federal. Revista Brasileira de Entomologia 52: 606-609.
- Battaán M., Arnaldos M., Romera E., Martínez M. y García M. 2002. Nuevos datos sobre la fauna entomologica en cadáveres en la Región Neotropical. Evaluación de técnicas de muestreo. V Congreso Argentino de Entomología. 18 p.
- Battan Horenstein M., Arnaldos M.I., Rosso B. y García M.D. 2005. Estudio preliminar de la comunidad sarcosaprófaga en Córdoba (Argentina): aplicación a la entomología forense. Anales de Biología 27: 191-201.
- Battán Horenstein M., Xavier Linhares A., Rosso de Ferradas B. y García D. 2010. Decomposition and dipteran succession in pig carrion in central Argentina: ecological aspects and their importance in forensic science. Medical and veterinary entomology 24: 16-25.
- Baumgartner D.L. y Greenberg B. 1985. Distribution and medical ecology of the blow flies (Diptera: Calliphoridae) of Peru. Annals of the Entomological Society of America 78: 565-587.
- Begon M., Mortimer M. y Thompson D.J. 1996. BOOK TOOLS.
- Beltran Y.T.P., Segura N.A. y Bello F.J. 2012. Synanthropy of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) in Bogotá, Colombia. Neotropical entomology 41: 237-242.
- Bentancourt C., Scatoni I. y Morelli E. 2009. Insectos del Uruguay. Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.
- Borror D., Triplehorn C. y Johnson N. 2002. Study of insects. United States of America. Harcourt Brace College Publishers.
- Braack L.E.O. 1987. Community dynamics of carrion-attendant arthropods in tropical african woodland. Oecologia 72: 402-409.

- Buenaventura E., Camacho G., García A. y M. Wolff. 2009. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en Colombia: claves taxonómicas, notas sobre su biología y distribución. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 189-196.
- Byrd J.H. y Castner J.L. 2001. Insects of forensic importance. En: *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, Byrd J.H. y Castner J.L. (Eds.), pp. 43-79, CRC Press, Florida.
- Calabuig J.A. 1991. *Medicina Legal y Toxicología*. Salvat Editores S. A. Barcelona, España.
- Calabuig J.C. y Villanueva C.E. 2004. *Medicina Legal y Toxicológica*. Sexta edición. Barcelona, España.
- Calderón-Arguedas O., Troyo A. y Solano M.E. 2005. Cuantificación de formas larvales de *Syntesiomya nudiseta* (Diptera: Muscidae) como un criterio en el análisis de intervalo post mortem. *Parasitol Latinoamerica* 60: 138-143.
- Camacho C.G. 2005. Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclo vital de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora, utilizando cerdo blanco (*Sus scrofa*) en Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología* 31: 189-197.
- Campobasso C., Di Vella G. y Introna F. 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International* 120: 18-27.
- Carvalho C.J. y Mello-Patiu C.A. 2008. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Revista Brasileira de Entomologia* 56: 7-14.
- Carvalho L.M.L. y Linhares A.X. 2001. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. *Journal of Forensic Sciences* 46: 604-608.
- Carvalho L.M.L., Thyssen P.J., Goff M.L. y Linhares A.X. 2004. Observations on the succession patterns of necrophagous insects onto a pig carcass in a urban area of Southeastern Brazil. *Anal Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5: 33-39.
- Castillos M. 2002. Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). *Monografías Sociedad Entomológica Aragonesa*.
- Catts E.P. y Goff M.L. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology* 37: 253-272.
- Centeno N. 2003. Ecología y potencial riesgo sanitario de los Calliphoridae (Diptera) en un área de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral.

- Centeno N., Almorza D. y Arnillas C. 2004. A Study of Diversity on Calliphoridae (Insecta: Diptera) in Hudson, Argentina. *Neotropical Entomology* 33: 387-390.
- Centeno N., Maldonado M. y Oliva A. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *Forensic Science International* 126: 63-70.
- Cerdá X., Retana J. y Manzaneda A. 1998. The role of competition by dominants and temperature in the foraging of subordinate species in Mediterranean ant communities. *Oecologia* 117: 404-412.
- Cornaby B.W. 1974. Carrion reduction by animals in contrasting tropical habitats. *Biotropica* 6: 51-63.
- Curtis H. y Barnes S. 2000. *Biología*. Sexta Edición en Español. Editorial Medica Panamericana.
- D'Almeida J.M., Borges C. y Goncalves C.A. 1999. Desenvolvimento Pós embrionário de *Ophyra aenescens* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Muscidae) em Diferentes Dietas, sob Condições de Laboratório. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 94: 123-126.
- D'Almeida J.M. y Lopes H.S. 1983. Sinantropia de Dípteros Calíptros (Calliphoridae) no estado do Rio de Janeiro. *Arquivo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro* 6: 31-38.
- De-Souza A.M. y Linhares A.X. 1997. Diptera and coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: Relative abundance and seasonality. *Medical and Veterinary Entomology* 11: 8-12.
- De Almeida M.A.F. y Do Prado A.P. 1999. *Aleochara* spp. (Coleoptera: Staphylinidae) and *Pupal Parasitoids* (Hymenoptera: Pteromalidae) Attacking Symbovine Fly Pupae (Diptera: Muscidae, Sarcophagidae and Otitidae) in Southeastern Brazil. *Biological Control* 14: 77-83.
- De Sousa J.R.P., Da Silva Carvalho-Filho F. y Esposito M.C. 2015. Distribution and Abundance of Necrophagous Flies (Diptera: Calliphoridae and Sarcophagidae) in Maranhão, Northeastern Brazil. *Journal of Insect Science* 15: 70.
- Denno R. y Cothran W.R. 1975. Niche relationships of a guild of necrophagous flies. *Annals of The Entomological Society of America* 68: 741-754.
- Denno R. y Cothran W.R. 1976. Competitive interactions and ecological strategies of Sarcophagid and Calliphorid flies inhabiting rabbit carrion. *Annals of the Entomological Society of America* 69: 109-113.

- Domínguez Martínez J. y Gómez Fernández L. 1957. Observaciones en torno a la entomología tanatológica. Aportación experimental al estudio de la fauna cadavérica. *Revista Ibérica de Parasitología* 17: 3-30.
- Domínguez M.C. y Aballay F. 2008. A new species of the genus *Fannia Robineau-Desvoidy* (Diptera: Fanniidae) collected on pig carrion in Mendoza, Argentina. *Annales Zoologici* 58: 819-824.
- Early M. y Goff M.L. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaii Islands, USA. *Journal of Medical Entomology* 23: 520-831.
- Evia G. y Gudynas E. 2000. Ecología del paisaje en Uruguay: aportes para la conservación de la diversidad biológica.
- Faria L.D.B., Orsi L., Trinca L.A. y Godoy W.A.C. 1999. Larval predation by *Chrysomya albiceps* on *Cochliomyia macellaria*, *Chrysomya megacephala*, and *Chrysomya putoria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90: 149-155.
- Ferreira Kruger R., Wendt L.D. y Bretanha Ribeiro P. 2011. The effect of environment on development and survival of pupae of the necrophagous fly *Ophyra albuquerquei* Lopes (Diptera, Muscidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 55: 401-405.
- Figueroa-Roa L. y Linhares A.X. 2002. Synanthropy of the Calliphoridae (Diptera) from Valdivia, Chile. *Neotropical Entomology* 31: 233-239.
- Flores L. 2009. Sucesión de entomofauna cadavérica utilizando como biomodelo cerdo blanco, *Sus scrofa* L. Tesis Doctoral. Montecillo, Mexico. 204 pp.
- Florez E. y Wolff M. 2009. Descripción y Clave de los Estadios Inmaduros de las Principales especies de Calliphoridae (Diptera) de Importancia Forense en Colombia. *Neotropical Entomology* 38: 418-429.
- Fuller M.E. 1934. The insects inhabits of carrion: a study in animal ecology. Melbourne. Council for Scientific and Industrial Research.
- Galante E. y Marcos-García A. 1997. Detritívoros, coprófagos y necrófagos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 20: 57-64.
- García-Rojo A.M. 2004. Estudio de la sucesión de insectos en cadáveres en Alcalá de Henares (Comunidad Autónoma de Madrid) utilizando cerdos domésticos como modelos animales. *Boletín de la SEA* 34: 263-269.
- Gautreau S. 2007. Dipteran larvae infestation of leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) nests on Gandoca Beach, Costa Rica. Mater Thesis. University of Guelph, Ontario.

- Gennard D.E. 2007. Forensic Entomology. An Introduction. Wiley. Chippenham, Wiltshire, UK.
- Goff M.L. 1993. Estimation of Postmortem Interval using Arthropods development and Successional Patterns. Forensic Science Review 5: 81-94.
- Goff M.L., Brown W.A., Omori A.I. y La Pointe D.A. 1994. Preliminary observations of the effects of phencyclidine in decaying tissues on the development of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae). Journal of Forensic Sciences 39: 123-128.
- Goff M.L., García M.D., Arnaldos M.I., Lozano E.R. y Luna A. 2004. Entomología cadavérica: Fundamentos y aplicación. Referencia a la Entomología Española. Medicina Legal y Toxicología. España.
- Goff M.L., Omori A.I. y Gunatilake K. 1988. Estimation of postmortem interval by arthropod succession: three case studies from the Hawaiian Islands. The American journal of forensic medicine and pathology 9: 220-225.
- Goff M.L. y Win B.H. 1997. Estimation of postmortem interval based on colony development time for *Anoplolepis longipes* (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Forensic Sciences 42: 1176-1179.
- Gomes L., Gomes G. y Desuó C. 2009. A preliminary study of insect fauna on pig carcasses located in sugar cane in Winter in southeastern Brazil. Medical and Veterinary Entomology 23: 155-159.
- Gómez-Gómez A., Martín-Vega D., Botías-Talamantes C., Baz-Ramos A. y Díaz-Aranda L.M. 2007. La Entomología Forense en España: pasado, presente y perspectivas de futuro. Cuadernos de medicina forense 47: 21-31.
- Gonzalez-Vainer P. y Cibils L. 2010. Preliminar study of arthropod succession on exposed *Rat carrion* in Uruguay. 8th meeting of European Association for forensic entomology: Murcia.
- González-Vainer P., Morelli E., Remedios M. y Castro M. 2013. Distribución espacial y temporal de los dípteros muscomorfos en el Cementerio Buceo, Montevideo, Uruguay. Entomología Mexicana 12: 1719-1724.
- Grassberger M., Friedrich E. y Reiter C. 2003. The blowfly *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) as a new forensic indicator in Central Europe. International Journal of Legal Medicine 117: 75-81.

- Greenberg B. y Wells J.D. 1998. Forensic use of *Megaselia abdita* and *M. scalaris* (Phoridae: Diptera): case studies, development rates, and eggs structure. *Journal of Medical Entomology* 35: 205-209.
- Gullan P.J. y Cranston P.S. 1994. Insect of soil, litter, carrion and dungs. En: *The Insect. An outline of Entomology*, Chapman y Hall (Eds.), pp. 491, Londres.
- Gunn J.A. 2009. *Essential Forensic Biology*. John Wiley & Sons, Ltd, Oxford.
- Hewadikaram K.A. y Goff M.L. 1991. Effect of carcass size on rate of decomposition and arthropod succession patterns. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 12: 235-240.
- Higley L.G. y Haskell N.H. 2010. Insect development and forensic entomology. En: *Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, Byrd J.H. y Castner J.L. (Eds.), pp. 389-406, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Hogsette J.A. y Washington F. 1995. Quantitative mass production of *Hydrotaea aenescens* (Diptera; Muscidae). *Journal of Economic Entomology* 88: 1238-1242.
- Iannacone J. 2003. Artropofauna de importancia forense en un cadáver de cerdo en el Callao, Perú. *Revista Brasileira de Zoologia* 20: 1-8.
- Insaurrealde D., Serrano M., Martos Y., Tiscornia M. y Eyheramonho M. 2005. Biodiversidad de especies de interés forense en tres localidades de las Provincias de San Juan, Jujuy y la Pampa-Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 64: 223-224.
- Introna F.J., Altamura B., Dell'Erba A. y Dattoli V. 1989. Time since death definition by experimental reproduction of *Lucilia sericata* cycles in growth cabinet. *Journal of Forensic Science* 34: 478-480.
- Katakura H. y Ueno R. 1985. A preliminary study on the faunal make-up and spatio-temporal distribution of carrion beetles (Coleoptera: Silphidae) on the Ishikari Coast, Northern Japan. *Japanese Journal of Ecology* 35 461-468.
- Keiper J.B., Chapman E.G. y Foote B.A. 1997. Midge larvae (Diptera: Chironomidae) as indicators of postmortem submersion interval of carcasses in a woodland stream: a preliminary report. *Journal of Forensic Science* 42: 1074-1079.
- Kulshrestha P. y Sapathy D.K. 2001. Use of beetles in forensic entomology. *Forensic Science International* 120: 15-17.
- Leclercq M. 1978. *Entomologie et Médecine Légale. Datation de la mort*. Coll. *Del Médecine Légale et de Toxicologie Médicale*. Masson. Paris.

- Linhares A.X. y de Carvalho L.M.L. 2001. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. *Journal of Forensic Sciences* 46: 604-608.
- Linhares M.Y.L. 1979. História do abastecimento: uma problemática em questão. *BINAGRI Edições* 5: 1530-1918.
- Louw M. y Van der Linde T.C. 1993. Insects frequenting decomposing corpses in central Southafrica. *African Entomology* 1: 265-269.
- Luederwaldt G. 1911. Os insectos necrofagos paulistas. *Revista Museu Paulista* 8: 414-433.
- Marchenko M. 1988. Medico legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. *Forensic Science International* 120: 89-109.
- Mariani R., Varela G. y Demaría M. 2006. Estudios entomológicos relacionados con las investigaciones forenses. III Jornadas de investigación criminal. Escena del Crimen.
- Mariluis J.C. y Peris S. 1984. Datos para la sinopsis de los Calliphoridae neotropicales. *Revista Española de Entomología* 50: 67-86.
- Martín-Vega D. 2011. Skipping clues: forensic importance of the family Piophilidae (Diptera). *Forensic Science International* 212: 1-5.
- Martinez E., Duque P. y Wolff M. 2007. Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. *Forensic Science International* 166: 182-189.
- Martínez H., Jaramillo F., Escoto J., Rodríguez M., Posadas F. y Medina E. 2009. Estudio comparativo preliminar de la sucesión de insectos necrófagos en *Sus scrofa* intoxicados con paratión metílico, en tres periodos estacionales. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 40: 5-10.
- Martínez M.D., Arnaldos M.I., Romera E. y García M.D. 2002. Los Formicidae (Hymenoptera) de una comunidad sarcosaprófaga en un ecosistema mediterráneo. *Anales de Biología* 24: 33-44.
- McKnight T.L. y Hess D. 2000. Climate zones and types: the Köppen system. *Physical geography: a landscape appreciation*.
- Megnin P. 1894. La fauna des cadavres. Application de l'entomologie a la medecine legale. En: *Encyclopedia scientifique des aides-memoire*, Masson G. (Ed.), Gauthier-Villars, Paris.

- Mise K.M., Massutti de Almeida L. y Moura M.O. 2007. Levantamento da fauna de Coleoptera que habita a carcaca de *Sus scrofa L.*, em Curitiba, Parana. Revista Brasileira de Entomologia 51: 358-368.
- Moura M.O., Carvalho C.J.D. y Monteiro-Filho E.L. 1997. A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Paraná. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 92: 269-274.
- Mulieri P.R., Mariluis J.C. y Patitucci L.D. 2010. Review of the Sarcophaginae (Diptera: Sarcophagidae) of Buenos Aires Province (Argentina), with a key and description of a new species. Zootaxa 2575: 1-37.
- Nabaglo L. 1973. Participation of invertebrates in decomposition of rodent carcasses in forest ecosystems. Ekologia Polska 21: 251-270.
- Nihei S.M. y Domínguez C. 2008. Muscidae. En: Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, Vol. 2.
- Oliva A. 1995. Una aplicación de la entomología forense moderna. Resúmenes III 16 Congreso argentino de entomología. 218 p.
- Oliva A. 2001. Insects of forensic significance in Argentina. Forensic Science International 120: 145-154.
- Oliva A. 2002. Diptera (Insecta) de interés forense o causantes de Miasis. Claves artificiales para estadios preimaginales, Actualizaciones en antropología sanitaria argentina.
- Oliveira-Costa J. 2007. Entomologia Forense - Quando os insetos são vestígios. Millennium. Campinas.
- 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: 83-89.
- Pamplona D. y Couri M.S. 1989. Revisão das espécies neotropicais de *Ophyra Robineau-Desvoidy, 1830* (Diptera, Muscidae, Azelinae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 84: 419-429.
- Pape T. y Dahlem G.A. 2010. Sarcophagidae (Flesh flies). En: Manual of Central American Diptera, Brown B.V., Borkent A., Cumming J.M., Wood D.M., Woodley N.E. y Zumbado M.A. (Eds.), pp. 1297-1335, NRC Research Press, Ottawa, Canada.

- Patitucci L., Mulieri P., Olea M. y Mariluis J.C. 2013. Muscidae (Insecta: Diptera) of Argentina: revisión of Buenos Aires province fauna, with a pictorial key to species. *Zootaxa* 4: 301-347.
- Patitucci L., Mulieri P., Oliva A. y Mariluis J.C. 2010. Status of the forensically important genus *Ophyra* (Diptera: Muscidae) in Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 69: 91-99.
- Payne J.A. 1965. A summer carrion study of the baby pig, *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology* 46: 592-602.
- Payne J.A. y King E.W. 1972. Insect succession and decomposition of pig carcasses in water. *Journal of the Georgia Entomological Society* 7: 153-162.
- Pérez de Petinto M. 1975. La miasis cadáverica en la esquelitización. *Real Sociedad Espanola de Historia Natural* 1: 463-482.
- Pérez S., Duque P. y Wolff M. 2005. Sucesional behaviour and occurrence matrix of carrion-associated artropos in the urban area of Medellin, Colombia. *Journal of Forensic Sciences* 50: 1-5.
- Pinto J., Ferreira R., Carvalho C. y Ribeiro P. 2010. Evidence of the influence of Malaise trap age on its efficiency in the collection of Muscidae (Insecta, Diptera). *International Journal of Tropical Insect Science* 30: 115-118.
- Putman R.J. 1983. Carrion and dung: the decomposition of animal wastes. Edward Arnold.
- Queiroz M.M. 1996. Temperature requeriments of *Chrysomya albiceps* (Dipter: Calliphoridae) under laboratory conditions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 91: 785-788.
- Ramírez-Hernández A., Micó E., García M. y Galante E. 2015. Coleópteros y sírfidos saproxílicos (Coleoptera; Diptera: Syrphidae) de las dehesas del oeste ibérico: la Reserva Biológica de Campanarios de Azaba (Salamanca). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 39: 133-158.
- Ramón G. y Donoso D. 2015. The role of Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Forensic Entomology. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* 36: 19-26.
- Reed H.B. 1958. A Study of Dog Carcass Communities in Tennessee, with Special References to the Insects. *The American Midland Naturalist* 59: 213-245.

- Remedios M. 2014. Sucesión de entomofauna cadavérica en cuerpos de *Sus scrofa* L., (cerdo blanco) en un ambiente de bosque. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.
- Ribeiro P.B., Carvalho C.J.B.D., Pinto L. y Silveira Júnior P. 2000. Fluctuacao populacional das espécies de *Ophyra* Robineau-Desvoidy (Diptera, Muscidae, Azeliinae), em Pelotas, RS. Arquivos do Instituto Biológico 67: 205-214.
- Richard C.S., Paterson I.D. y Villet M.H. 2008. Estimating the age of immature *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae), correcting for temperatura and geographical latitude. International Journal of Legal Medicine 122: 271-279.
- Richards C.S., Crous K.L. y Villet M.H. 2009. Models of development for blowfly sister species *Chrysomya chloropyga* and *Chrysomya putoria*. Medical and Veterinary Entomology 23: 56-61.
- Richards E.N. y Goff M.L. 1997. Arthropod succession on exposed carrion in three contrasting tropical habitats on Hawaii Island, Hawaii. Journal of Medical Entomology 34: 328-339.
- Rodríguez W.C. y Bass W.M. 1983. Insect activity and its relation o decay rates of human cadavers in east Tennessee. Journal of Forensic Sciences 28: 423-432.
- Salazar J.L. 2006. Insectos de importancia forense en cadáveres de ratas, Carabobo - Venezuela. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública 23: 33-38.
- Savage J., Wheeler T., Moores A. y Taillefer A. 2011. Effects of habitat size, vegetation cover and surrounding land use on dipteran diversity in temperate bog. Society of Wetland Scientists 31: 125-134.
- Segura N., Bonilla M., Usaquén W. y Bello F. 2011. Entomofauna resource distribution associated with pig cadavers in Bogotá DC. Medical and Veterinary Entomology 25: 46-52.
- Shiravi A.H., Mostafavi R., Akbarzadeh K. y Oshaghi M.A. 2011. Temperature requirements of some common forensically important blow and flesh flies (Diptera) under laboratory conditions. Journal of Arthropod-Borne Diseases 5: 54-62.
- Simonin C. 1980. Medicina Legal Judicial. Editorial JIMS, Barcelona, España, 2da Edición.
- Smith K.G.V. 1986. A manual of forensic entomology. British Museum (Natural History) London and Cornell University Press. Ithaca.
- Smith R.L. y Smith T.M. 2000. Ecología. Addison Wesley longmo, Inc.

- Souza A.M. y Linhares A.X. 1997. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: Relative abundance and seasonality. *Medical and Veterinary Entomology* 11: 8-12.
- Speight M.C.D. 1989. Saproxylic invertebrates and their conservation. *Nature and Environment Series* 46. Council of Europe. Strasbourg.
- Tantawi T.I., El-Kady E.M., Greenberg B. y El-Ghaffar H.A. 1996. Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria, Egypt. *Journal of Medical Entomology* 33: 566-580.
- Teke S.A. 1993. *Medicina legal*. Santiago de Chile. Editorial Mediterráneo.
- Trujillo N.A. 1999. *Medicina forense*. México. Editorial, Ciencia y Cultura Latinoamericana.
- Vasconcelos S.D. y Araujo M. 2012. Necrophagous species of Diptera and Coleoptera in northeastern Brazil: state of the art and challenges for the Forensic Entomologist. *Revista Brasileira de Entomologia* 56: 7-14.
- Vasquez L.J. 2007. Pautas básicas para el manejo de animales de experimentación en investigación biomédica. Departamento de morfología, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Cauca.
- Velásquez Y., Magaña C., Martínez-Sánchez A. y Rojo S. 2010. Diptera of forensic importance in the Iberian Peninsula: larval identification key. *Medical and veterinary entomology* 24: 293-308.
- Vélez M.C. y Wolff M. 2008. Rearing five species of Diptera (Calliphoridae) of forensic importance in Colombia in semicontrolled field conditions. *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)* 48: 41-47.
- Wasti S.S. 1972. A study of the carrion of the common fowl, *Gallus domesticus* in relation to arthropod succession. *Journal of the Georgia Entomological Society* 7: 221-229.
- White R. 1983. *A field guide to the Beetles*. Houghton Mifflin Company Boston.
- Whitworth T. 2014. A revision of the neotropical species of *Lucilia Robineau-Desvoidy* (Diptera: Calliphoridae). *Zootaxa* 3810: 1-76.
- Wolff M., Uribe A., Ortiz A. y Duque P. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International* 120: 53-59.
- Zanetti N.I., Visciarelli E.C. y Centeno N.D. 2015. Associational patterns of scavenger beetles to decomposition stages. *Journal of forensic sciences* 60: 919-927.