

**ESTUDIO INICIAL DE INSECTOS SOBRE
CARROÑA DE CERDO EN UN AREA
SEMIDESERTICA DE COAHUILA**

MA. TERESA VALDES PEREZGASGA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIRECCION DE POSTGRADO**

Torreón, Coahuila, México, Mayo del 2009

ESTUDIO INICIAL DE INSECTOS SOBRE CARROÑA DE CERDO EN UN ÁREA SEMIDESÉRTICA DE COAHUILA

MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

Torreón, Coahuila, México, Mayo del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**ESTUDIO INICIAL DE INSECTOS SOBRE CARROÑA DE CERDO
EN UN ÁREA SEMIDESÉRTICA DE COAHUILA**

TESIS

POR

MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

Asesor principal:



Ph.D. Sergio A. Rodríguez Herrera

Asesor:

Dr. Agustín Cabral Martell

Asesor:



Ph.D. Oswaldo García Martínez

Asesor:



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesora:



Prof. Gail S. Anderson Ph.D.



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado



M.C. Gerardo Arellano Rodríguez
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón Coahuila, México, Mayo del 2009

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a la Dra. Gail S. Anderson su dirección y apoyo en la realización del presente trabajo, quien desinteresadamente accedió a participar en mi comité de tesis como asesora y compartir su tiempo así como su vasto conocimiento en entomología forense.

Al Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera, quien me brindó su ayuda para hacer posible mi ingreso al posgrado y alentarme en todo momento para la conclusión de mis estudios.

Por ayudarme a realizar lo que parecía imposible y hacerlo posible, mi más sincero agradecimiento a la IAE. Elba Pastrana Ortiz, IAP. Fabián García Espinoza, IAP. José Cruz Carrillo Rocha, IAP. Daniel Rojas Orozco, Estefany Ríos Ramos, José Luis Rivera Ramírez y Domitila García Dolores quien lloró junto conmigo el sacrificio de los cerdos experimentales.

Al Lic. Felipe de Jesús García Reynoso y al QFB David González Alvarado quienes amablemente hicieron espacio en su apretadísima agenda para facilitarme el aprendizaje durante esta dolorosa época de violencia por la que atraviesa nuestro país.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Dr. Jorge Galo Medina y M.C. José Jaime Lozano García, Lic. Jesús Torres Charles y al Posgrado en Ciencias Agrarias de la UAAAN-UL, por el apoyo brindado a proyectos de investigación multidisciplinarios novedosos, como el presente.

Mi infinita gratitud a mis compañeros del Departamento de Parasitología Graciela Armijo Yerena, Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores, IIQ. Gabriela Muñoz Dávila, M.C. Javier López Hernández, Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos, M.C. Aldo Iván Ortega Morales, Dr. Vicente Hernández Hernández e Ing. José Alonso Escobedo por su solidaridad a lo largo de este viaje, a pesar de los malos olores.

Finalmente, a mi familia quienes se interesaron, me alentaron y apoyaron en todo momento para que continuara con mis estudios formales, especialmente a mi madre Estela Perezgasga Mariscal por su paciencia para leer y revisar mi tesis, a Hugo por amar a una mujer que se atrevió a estudiar la vida que nace de la muerte, a Isabel por su ayuda en la traducción del documento y a Diana y Álvaro por recordarme que aunque ya esté viejita, ellos están aquí para ayudarme.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Entomología forense	5
2.2. Breve historia de la entomología forense	8
2.3. El proceso de la descomposición cadavérica	12
2.4. El reciclaje de nutrientes	17
2.5. Modelos biológicos.....	19
2.6. Organismos asociados a la descomposición cadavérica	22
2.6.1. Clasificación de los artrópodos carroñeros	22
2.6.2. Ordenes de insectos necrófagos importantes.....	23
2.6.2.1. Orden Diptera	24
2.6.2.1.1. Familia Calliphoridae.....	27
2.6.2.1.2. Familia Sarcophagidae	29
2.6.2.2. Orden Coleoptera	32
2.6.2.2.1. Familia Cleridae	33
2.6.2.2.2. Familia Dermestidae	34
2.6.2.2.3. Familia Silphidae.....	35
2.6.2.2.4. Familia Histeridae.....	36
2.6.2.2.5. Familia Trogidae.....	39
2.6.2.2.6. Familia Tenebrionidae.....	39
2.6.2.2.7. Familia Staphylinidae	40
2.6.2.2.8. Familia Nitidulidae	41
2.7. Factores que influyen en el proceso de descomposición.....	42
2.8. Efecto de compuestos tóxicos sobre los insectos carroñeros.....	44
2.9. Factores que afectan a la sucesión de insectos	45
2.9.1. El efecto de la región geográfica	48
2.9.2. El efecto de las estaciones	49
3. MATERIALES Y METODOS	51
3.1. Sitio de experimentación	51
3.2. Modelos biológicos.....	51
3.2.1. Agrupación de las unidades experimentales.....	52
3.2.2. Cría de larvas de Diptera.....	54

3.2.3. Determinación de las etapas de descomposición	54
3.2.4. Pérdida de biomasa	55
3.2.5. Procesamiento de muestras de suelo y análisis	55
3.2.6. Cuantificación e identificación de especímenes colectados	55
3.3. Experimento con cabezas de cerdo.....	56
3.4. Participación en Casos de fallecimientos humanos	56
3.5. Análisis de datos	57
4. RESULTADOS	58
4.1. Experimentos con cadáveres completos de cerdo	58
4.1.1. Etapas de descomposición	58
4.1.1.1. Experimento invierno-primavera	59
4.1.1.2. Experimento verano-invierno.....	61
4.1.2. Pérdida de Biomasa.....	62
4.1.3. Abundancia relativa de clases, ordenes, géneros y especies.....	64
4.1.4. Sucesión de artrópodos por etapa de descomposición	76
4.1.4.1. Sucesión en invierno-primavera	76
4.1.4.2. Sucesión en verano-invierno	77
4.1.5. Abundancia relativa de ácaros	83
4.1.6. Índices de diversidad biológica de Shannon por etapa de descomposición	84
4.2. Experimento con cabezas de cerdo.....	85
4.3. Casos de estudio 2008.....	85
4.3.1. Caso 1, muerte violenta	85
4.3.2. Caso 2, muerte no violenta	88
5. DISCUSIÓN	90
6. CONCLUSIONES.....	101
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
APÉNDICES	118

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1	Duración de las etapas de descomposición de carcasas de cerdo en DDM durante los períodos invierno-primavera y verano-invierno, en Torreón, Coahuila	59
Cuadro 2	Artrópodos colectados de carcasas de cerdo en una zona urbana abierta del semidesierto Coahuilense en invierno-primavera, 2007	80
Cuadro 3	Artrópodos colectados de carcasas de cerdo en una zona urbana abierta del semidesierto Coahuilense en verano-invierno, 2007	82
Cuadro 4	Familias de ácaros colectadas en invierno-primavera y verano-invierno	84
Cuadro 5	Índices de diversidad de Shannon para cada etapa de descomposición en los períodos invierno-primavera y verano-invierno	84
Cuadro 6	Géneros y especies de Sarcophagidae y Calliphoridae colectados de cabezas de cerdo (2) en Torreón, Coahuila, 2007	85
Cuadro 7	Géneros de los especímenes de Sarcophagidae colectados de un cráneo humano el 5 de marzo en el ejido Emiliano Zapata, Mpio. Viesca, Coahuila, Caso 1	87

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 Pérdida de biomasa de dos carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila en relación a la temperatura, período invierno-primavera, 2007	64
Fig. 2 Pérdida de biomasa de dos carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila en relación a la temperatura, período verano-invierno, 2007	64
Fig. 3a Abundancia relativa de artrópodos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007	66
Fig. 3b Abundancia relativa de artrópodos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007	66
Fig. 4a Abundancia relativa de insectos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007	68
Fig. 4b Abundancia relativa de insectos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007	68
Fig. 5a Abundancia relativa de familias de dípteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007	70
Fig. 5b Abundancia relativa de familias de dípteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007	70
Fig. 6a Abundancia relativa de familias de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007	71
Fig. 6b Abundancia relativa de familias de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007	71

Fig. 7a	Abundancia relativa de especies de califóridos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007	73
Fig. 7b	Abundancia relativa de especies de califóridos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007	73
Fig. 8a	Abundancia relativa de géneros de sarcófágidos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007	74
Fig. 8b	Abundancia relativa de géneros de sarcófágidos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007	74
Fig. 9a	Abundancia relativa de géneros y especies de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007	75
Fig. 9b	Abundancia relativa de géneros y especies de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007	75
Fig. 10	Larvas de Sarcophagidae en cavidad cefálica	87
Fig. 11	Colecta de larvas sarcófágidas	87
Fig. 12	Adultos y casas pupales de sarcófágidos colectados en un cráneo humano en el ejido Emiliano Zapata, Municipio de Viesca Coahuila el 5 de marzo del 2008	86
Fig. 13	Consumo de epidermis en un cadáver humano por <i>Solenopsis</i> sp., noviembre de 2008, en la colonia El Roble en Torreón, Coahuila	87

COMPENDIO

**ESTUDIO INICIAL DE INSECTOS SOBRE CARROÑA DE CERDO
EN UN ÁREA SEMIDESÉRTICA DE COAHUILA**

POR

MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA MAYO DEL 2009

Palabras clave: entomología forense, artrópodos, carroña, cerdo, sucesión, semidesierto, Coahuila.

Este trabajo constituye el primer esfuerzo para establecer una base de datos sobre artrópodos sarcosaprófagos en un área urbana abierta del semidesierto de Coahuila. La fauna sarcosaprófaga y su sucesión fue estudiada durante los periodos estacionales invierno-primavera y verano-invierno del año 2007. Catorce carcasas de cerdo de 22 kg de peso fueron monitoreadas a lo largo del

proceso de descomposición, durante dos periodos estacionales. El patrón morfológico de descomposición resultó ser igual durante los dos periodos estacionales, variando sólo la duración de las etapas de descomposición, por influencia de la temperatura ambiental. Se colectaron de forma manual y con trampas de caída 12 ordenes de artrópodos, 37 familias e identificaron 35 géneros y 16 especies durante el estudio. Los dípteros predominaron en las carcasas durante las etapas de muerto fresco, abotagado y descomposición activa. Los dípteros de interés forense más abundantes pertenecieron a las familias Piophilidae, Calliphoridae y Sarcophagidae. Destacaron como las especies más abundantes *Lucilia sericata* (Meigen) y *Chrysomya rufifacies* (Macquart) durante el periodo invierno-primavera y *Chrysomya rufifacies* y *Cochlyomyia macellaria* (Fabricius) durante verano-invierno. Los géneros de la familia Sarcophagidae resultaron ser más diversos durante el periodo invierno-primavera que en verano-invierno. Las familias de Coleoptera más abundantes fueron Cleridae (*Necrobia rufipes* (DeGeer)) y Dermestidae (*Dermestes maculatus*, *Dermestes* sp.), cuyos individuos arribaron durante las etapas tempranas de descomposición desde la de abotagado. Se corroboró la presencia de los géneros *Sarcodexia*, *Neobellieria*, y *Bercaea* pertenecientes a la familia Sarcophagidae, los cuales se desarrollaron sobre carroña de puerco y recuperaron de restos humanos encontrados en el área. Este estudio establece información básica sobre la fauna sarcosaprófaga que podrá servir para ayudar en la estimación del intervalo postmortem (IPM) en casos de fallecimientos humanos en el semidesierto de Coahuila.

ABSTRACT

INITIAL STUDY OF INSECTS ON PIG CARRION IN A SEMIDESERTIC AREA OF COAHUILA

Keywords: forensic entomology, arthropods, carrion, pig, succession, semidesert, Coahuila.

This study constitutes the first effort to establish a sarcosaprophagous arthropod database in an open urban area of the Coahuilan semidesert. Sarcosaprophagous fauna and its succession were studied during winter-spring and summer-winter of 2007. Fourteen pig carcasses were used to study the decomposition process during two seasonal periods. The morphological pattern of decomposition was equal during the two seasonal periods, varying only in the duration of the decomposition stages, due to changes in the environmental temperature. Twelve arthropod orders, 37 families and 35 genera and species were collected manually and from pitfall traps during this study. Diptera were predominant on the carcasses during the stages of fresh, bloat and active decay. Diptera of forensic importance which were most abundant were Piophilidae, Calliphoridae and Sarcophagidae. The most abundant species were *Lucilia sericata* (Meigen) and *Chrysomya rufifacies* (Macquart) during

winter-spring, and *Chrysomya rufifacies* and *Cochlyomyia macellaria* (Fabricius) during summer-winter. Sarcophagidae genera were more diverse during winter-spring than during summer-winter. The most abundant Coleoptera families were Cleridae (*Necrobia rufipes* (DeGeer)) and Dermestidae (*Dermestes maculatus*, *Dermestes* sp.), which arrived at the carcasses during the early stages (bloat) of decay. The Sarcophagidae genera *Sarcodexia*, *Neobellieria*, and *Bercaea* were collected from pig carrion as well as from human remains recovered from this area, corroborating the validity of the biological model to simulate human decomposition. This basic information on sarcosaprophagous fauna which has been determined by this study, will constitute a useful tool for aiding PMI estimation of human remains in this semidesert area of Coahuila.

1. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de respuestas a los cuestionamientos existenciales, el hombre ha echado mano de múltiples herramientas, que le han permitido desmenuzar el conocimiento empírico y sistematizarlo. En el campo de las ciencias biológicas, el conocimiento de la muerte como fase ineludible de todos los seres vivos, no ha sido la excepción. Aunque la observación, estudio y difusión de este campo son tan antiguos como la civilización, en los últimos tres siglos, su sistematización, apoyo y número de estudiosos se han incrementado.

Dentro de este campo de estudio se debe resaltar lo correspondiente al entendimiento del proceso de la muerte, desde la destrucción de la unidad biológica animal hasta la explotación de los despojos por otros seres vivos como los artrópodos, capaces de aprovechar la energía liberada por aquel medio (Lord & Stevenson, 1986a).

La generación de conocimiento básico sobre fauna necrófaga y necrófila por zona geográfica, ha permitido establecer parámetros que pueden ser usados como indicios importantes en la resolución de problemas judiciales, los cuales son aprovechados y cada vez más considerados como una herramienta válida en la investigación y resolución de casos criminales (Catts & Goff, 1992). Es así como florece un campo científico conocido como Entomología médico-legal. Este campo del conocimiento puede considerarse nuevo en nuestro país, en donde los esfuerzos sostenidos por un número creciente de investigadores sientan las bases para su uso en el ámbito legal.

La descomposición y reciclaje de nutrientes es un proceso importante en el ámbito ecológico del planeta. Algunos de los principales actores en este proceso son los artrópodos, en donde se incluye a los insectos (Roach, 2002).

Los insectos por lo general, son los primeros organismos en llegar a un cuerpo después de que ocurre la muerte y éstos lo colonizan en una secuencia predecible. El cuerpo pasa a través de una secuencia de etapas de descomposición, desde cadáver fresco hasta la de esqueleto. Durante la descomposición, atraviesa por cambios dramáticos físicos, biológicos y químicos (Van den Oever, 1976; Coe & Curran, 1980).

Cada una de estas etapas de descomposición atrae diferentes grupos de artrópodos sarcosaprófagos, principalmente insectos. Algunos son atraídos directamente por el cadáver, ya que es usado como alimento o medio para la ovipostura, mientras que otras especies son atraídas por la gran agregación de otros insectos a los cuales usan como fuente de alimento (Anderson, 2001a).

En la actualidad, en diversas partes del mundo se cuenta con estudios diseñados para conocer la sucesión en el proceso de colonización de cadáveres por parte de los principales artrópodos de importancia forense (Byrd & Castner, 2001). Estos artrópodos, se sabe que presentan un patrón de colonización predecible, una vez determinadas las especies involucradas, así como sus ciclos de vida. El valor de este tipo de investigaciones no sólo es de interés para complementar las investigaciones de homicidio, sino desde el punto de vista ecológico en donde se podría reconocer a los principales actores en el ciclo de descomposición de materia orgánica y su reciclaje para el

aprovechamiento de dicha materia por parte de otros organismos como las plantas (Byrd & Castner, 2001).

La entomología forense, siendo un campo del conocimiento de reciente uso, aplicable a la investigación criminalística mundial, no ha sido explorada en México. En la actualidad, se inicia la línea de investigación en entomología forense, entregando sus primeros frutos que permitirán que los indicios insectiles puedan ser usados para auxiliar en el esclarecimiento de crímenes violentos. Esto plantea una ventana de oportunidad para el estudio de los insectos sarcosaprófagos en una zona geográfica, que se antoja inexplorada desde el punto de la procuración de justicia.

Basados en lo anterior se puede plantear la siguiente hipótesis de trabajo:

La sucesión de especies de insectos sarcosaprófagos que descomponen carroña de cerdo en una zona del semidesierto se ajusta a un patrón comparable con el de otras zonas biogeoclimáticas del mundo.

OBJETIVOS

Conocer y determinar la duración de las etapas de descomposición de carcasas de cerdo en un área abierta del semidesierto de Coahuila.

Conocer e identificar las especies de artrópodos que colonizan y descomponen carroña de cerdo, por etapa de descomposición en un área urbana abierta del semidesierto de Coahuila.

Determinar la pérdida de biomasa por etapa de descomposición, debida a la colonización y sucesión de insectos sarcosaprófagos sobre la carroña de cerdo.

Comparar la fauna insectil encontrada en carroña de cerdo con la recuperada en cadáveres humanos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Entomología forense*

La entomología forense es una de las ciencias forenses que ha adquirido una gran popularidad en las últimas tres décadas, por lo que muchas personas piensan que ésta es una ciencia forense nueva. Sin embargo, ésta tiene una larga historia en la cual los primeros casos reportados por la literatura datan de los siglos X y XIII en China (McKnight, 1981; Greenberg & Kunich, 2002).

La entomología forense proporciona indicios aplicables a casos civiles y criminales extrayendo información sobre la biología de insectos que han sido usados y aceptados en foros legales en todo el mundo. Esta ciencia forense ha sido categorizada en entomología forense medico-legal, entomología forense urbana y entomología forense de productos almacenados (Anderson, 2001b). La entomología forense medico-legal se distingue de las otras, ya que sus estándares de indicios son gobernados por el derecho penal, mientras que las otras dos, son juzgadas bajo estándares de indicios menos estrictos del derecho civil. La ciencia forense posee un fuerte carácter interdisciplinario, de manera que la entomología forense se relaciona con la ciencia veterinaria, medicina, ecología, fisiología, protección vegetal y taxonomía (Catts & Goff, 1992).

La entomología forense es el estudio de los insectos y otros artrópodos en un contexto legal, en la mayoría de los casos para ayudar en investigaciones criminales por la interpretación de los indicios entomológicos en casos en donde no se ha establecido el momento de la muerte, aunque también puede ser

aplicado en casos de contaminación de alimentos, importación ilegal de bienes, fraude, matanza ilegal de fauna silvestre, así como falta de atención para infantes o personas de la tercera edad o privadas de sus facultades (Anderson, 1995, 1999, 2001b; Benecke & Rüdiger, 2001; Benecke *et al.*, 2004). El aspecto clave de la entomología forense en una investigación criminal, es la estimación del intervalo postmortem (IPM), el cual requiere un entendimiento de la taxonomía, fisiología y ecología de los insectos involucrados (Catts & Goff, 1992; Anderson, 2001a).

Aunque uno de los principales objetivos de la entomología forense es el uso de insectos para estimar el intervalo postmortem, el conocimiento generado también puede ser útil en otras áreas del análisis de homicidios. La entomología puede ser usada para determinar si un cadáver ha sido movido después de la muerte, indicar la presencia y posición de heridas, puede utilizarse para determinar el uso de drogas prohibidas, puede situar a un sospechoso en la escena del crimen, y puede ser utilizada en casos de abuso o desdén en humanos y animales (Goff *et al.*, 1991; Anderson & Huitson, 2004).

En la actualidad, el conocimiento entomológico se ha convertido en una herramienta útil en el campo de la investigación sobre abuso y tráfico ilegal de fauna silvestre. De manera tradicional, la determinación del intervalo postmortem se realiza para víctimas humanas, aunque esto puede ser igualmente aplicable para víctimas que no son humanas, como animales salvajes sacrificados ilegalmente. En Norteamérica, la matanza de especies animales salvajes es un gran problema, ya que éstos son sacrificados para

obtener su piel, carne, trofeos y más recientemente para extraer sus órganos, los cuales tienen un alto valor en en ciertas culturas y fomentan el mercado negro (Anderson, 1999, 2001a).

La vida silvestre representa una gran fuente de abundancia biológica y variedad de oportunidades para la recreación, de manera que estas prácticas ilegales impactan en el ámbito ecológico y económico. De igual manera, muchas especies silvestres se ven amenazadas con la extinción. La determinación del intervalo postmortem en una investigación de matanza ilegal de la fauna silvestre tiene el mismo valor que en una investigación criminal por homicidio, ya que proporciona un marco de tiempo adecuado para enfocar las líneas de investigación (Anderson, 1999, 2001b).

En el sentido más amplio, la entomología forense se refiere a cualquier aplicación del estudio de los insectos (y otros artrópodos) en una investigación legal. Esto puede incluir a la entomología urbana que involucra a los insectos que se relacionan con temas legales de daño estructural causado por termitas u hormigas carpinteras y su tratamiento; también incluye la entomología de productos almacenados la cual se relaciona con los insectos y partes de éstos, asociados con granos y bienes almacenados. Sin embargo, cuando la mayoría de las personas mencionan a la entomología forense, se refieren a esta desde una perspectiva medico-legal (Catts & Goff, 1992).

En un homicidio, la determinación del tiempo transcurrido desde que ocurrió la muerte es un elemento fundamental para la investigación en el establecimiento del marco temporal correcto, ayudar en la identificación de la víctima y establece la línea de tiempo previa a la muerte. Esto ayudará a

determinar la localización de la víctima antes de que se produjera la muerte, así como con qué personas se encontraba en ese momento. Esto puede ratificar o descartar las coartadas de los sospechosos, corroborar los dichos de los testigos e incrementa significativamente tanto la eficacia de una investigación como la velocidad de su solución. Aún en muertes no violentas, la determinación del intervalo postmortem es importante por razones legales como el cobro de un seguro de vida (Catts & Goff, 1992).

2.2. Breve historia de la entomología forense

Los cadáveres atraen a cientos de especies de artrópodos, principalmente moscas (Diptera), escarabajos (Coleoptera) y sus larvas, además de ácaros, isópodos, opiliones y nematodos. Estos animales se alimentan, viven o se crían en y sobre el cadáver, dependiendo de sus preferencias alimenticias y del estado de descomposición de los despojos (Méglin, 1896; Motter, 1898; Illinworth, 1926; Abbott, 1937; Deonier, 1940).

Generalmente, se menciona que el primer caso de entomología forense documentado fué consignado por un abogado e investigador chino llamado Sung T'zu en el siglo XIII en el texto médico legal Hsi yûan chi lu (The Washing Away of Wrongs) (McKnight, 1981), aunque, Greenberg & Kunich (2002) mencionan un caso en el siglo X en China (Cheng, 1890, Reimpreso, 1985) en el cual una mujer dio aviso a las autoridades que su esposo había muerto e un incendio. Los investigadores del caso, se percataron que las moscas eran atraídas a la cabeza del occiso y descubrieron una herida en esta zona del

cuerpo (p.11). Cuando la mujer fue confrontada con la evidencia, ésta confesó haberlo matado.

Leclercq y Lambert (1976) reforzaron el conocimiento de que ciertos califóridos preferían ovipositar sobre sangre. Ellos encontraron a *Calliphora vomitoria* depositando huevos sobre la sangre (y no sobre las heridas) del difunto a las seis horas postmortem (Nuorteva, 1974; Benecke, 2001; Anderson, 2005).

Además de los expertos legales y médicos, los escultores, pintores y poetas han observado de cerca la descomposición de los cadáveres humanos, haciendo notar el efecto de la alimentación de las larvas. Existen documentos antiguos que ilustran a las larvas en los cadáveres que datan de la edad media, en donde se incluyen tallas de madera y esculturas trabajadas en marfil elaboradas en los siglos XV y XVI. Este tipo de arte describe a detalle el patrón de reducción de masa corporal mediado por insectos (Benecke, 2001).

Durante los siglos XVIII y XIX, en Francia y Alemania se llevaron a cabo exhumaciones masivas durante las cuales los médicos legistas observaron que los cadáveres enterrados habían sido colonizados por una gran cantidad de artrópodos. Durante 1831, el médico francés Orfila, al observar un gran número de exhumaciones, consignó que las larvas de mosca juegan un papel muy importante en la descomposición de los cadáveres (Benecke, 2001).

El primer reporte de un caso de entomología forense moderno en donde se incluye la estimación del intervalo postmortem, fue elaborado por el médico francés Bergeret en 1855. En retrospectiva, se debe entender que Bergeret

hizo uso de la entomología como una herramienta entre varias otras para argumentar en ese caso (Anderson, 2001a).

En 1879, el presidente de la Sociedad Francesa de Medicina Forense, C.H. Brouardel, presentó otro de los primeros casos, en el cual participó P. Mégnin. En este caso se ilustra como los primeros investigadores en esta área del conocimiento estudiaban mohos, hongos, crustáceos, ácaros y plantas, además de insectos (Benecke, 2001).

En fechas posteriores, el médico alemán Reinhard consignó el primer estudio sistemático en entomología forense, en donde se encontraron principalmente moscas de la familia Phoridae y escarabajos en cuerpos exhumados en Sajonia. Durante 1886 Hoffmann presentó un caso en donde identificó a *Conicera tibialis* Schmitz, fórido o mosca del ataúd, en cuerpos exhumados en Franconia (Benecke, 2001).

Casi al mismo tiempo, el doctor J.P. Mégnin se encontraba desarrollando su teoría sobre las oleadas ecológicas de insectos sobre cadáveres, las cuales podían ser predichas, publicando su obra más importante "La Faune des cadavres" en 1894. En este libro se presentan dibujos sobre formas juveniles y adultas de varias familias de insectos, mostrando gran detalle, sobre todo en aspectos anatómicos que sirven para la identificación de los mismos. Además del gran avance para la ciencia en la entomología forense, el trabajo de Mégnin popularizó esta área del conocimiento científico (Benecke, 2001).

Inspirados por el trabajo de Mégnin, los investigadores quebequenses W. Johnston y G. Villaneuve, iniciaron una serie de estudios a partir de 1895 en

entomología sistemática en cadáveres humanos (Johnston & Villeneuve, 1895; Anderson, 2001a).

Entre 1895 y 1897 M.G. Motter y colaboradores, revisaron de manera sistemática y crítica más de 150 cadáveres exhumados en Washington DC (Motter 1898), aportando descripciones entomológicas breves, comentarios sobre el tipo de suelo y profundidad de la tumba, entre otros conceptos. Alrededor de 1895, el investigador sueco Schôyen, proporcionó un resumen de su trabajo, que podría ser aplicado a la investigación de la fauna de las tumbas; sin embargo en él, hace referencia a especies encontradas en las publicaciones de Reinhard y Mégnin (Benecke, 2001).

El desarrollo de trabajos de investigación en entomología forense en el continente americano ha sido particularmente extenso en los Estados Unidos (Illinworth, 1926; Deonier, 1940; Reed, 1958; Payne, 1965; Payne & Crossley, 1966; Payne & King, 1970; Greenberg, 1971, 1973; Johnson, 1975; Rodríguez & Bass, 1983, 1985; Lord & Stevenson, 1986a; Wiley & Snyder, 1989; Catts & Haskell, 1990; Goff & Flynn, 1991; Hewadikaram & Goff, 1991; Introna *et al.*, 1991; Catts & Goff, 1992; Shean *et al.*, 1993; Goff, 1993; Goff & Lord, 1994, 2001; Byrd & Buttler, 1997, 1998; Greenberg & Wells, 1998; Cornelison, 1999; Byrd & Allen, 2001; Byrd & Castner, 2001; Higley & Haskell, 2001; Adams & Hall, 2003; Shahid *et al.*, 2003; Tabor *et al.*, 2004; Amendt *et al.*, 2006; Baldrige *et al.*, 2006; Morton & Lord, 2006) y Canadá (Anderson, 1995, 1999, 2001a, 2001b, 2005; Dillon & Anderson, 1995, 1996; Anderson & VanLaerhoven, 1996a, 1996b; Dillon, 1997; VanLaerhoven & Anderson, 1999; Anderson & Hobishack, 2004; Gill, 2005; Sharanowski *et al.*, 2008).

Otro polo de desarrollo en esta rama de la ciencia se ha observado en Sudamérica, resaltando los cien años de investigaciones en Brasil (Moura *et al.*, 1977; Souza & Linhares, 1977; DeSouza & Linhares, 1997; Carvalho *et al.*, 2000, 2001; Amorim & Ribeiro, 2001; DeCarvalho & Linhares, 2001; Carvalho & Mello-Patiu, 2008; Pujol-Luz *et al.*, 2008), así como los realizados en Colombia (Wolff *et al.*, 2001; Pape *et al.* 2004; Usaquén-Martínez & Camacho, 2004), Venezuela (Liria-Salazar, 2006), Argentina (Oliva, 2001; Bar *et al.*, 2005; De Arriba & Costamagna, 2006; Costamagna *et al.*, 2007; Visciarelli *et al.*, 2007), Costa Rica (Solis, 2007), Puerto Rico (Guarín, 2005; Yusseff, 2007) y Peru (Iannacone, 2003).

En México, los trabajos en esta área del conocimiento han sido documentados como esfuerzos que se inician a finales de la década de 1970 y que han sentado las bases para que varias instituciones educativas se interesen en participar en el desarrollo de esta línea de investigación. Entre estas resaltan los resultados de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Colegio de Posgraduados, Universidad de Guadalajara (Perez, 2007) y a partir del 2006 la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

2.3. El proceso de la descomposición cadavérica

Los cambios biológicos y químicos que ocurren en un cuerpo después de la muerte, son conocidos como descomposición. Después de la muerte, la descomposición es un proceso continuo de putrefacción gradual y desorganización de los tejidos orgánicos y estructuras. Algunos tejidos, tales

como huesos, dientes y pelo son los más resistentes a la acción de los microorganismos y otros factores ambientales, pudiendo durar intactos por espacio de siglos. Los huesos fosilizados de animales y homínidos, extintos hace millones de años, son estudiados en la actualidad por paleontólogos y antropólogos, gracias a su duración (Rodríguez, 2003).

Tanto la medicina como la antropología forense, investigan la secuencia y tipos de cambios que afectan a los cuerpos en descomposición, bajo diferentes condiciones y ambientes. Un número de variables pueden afectar tanto la velocidad como la secuencia de la descomposición. Por lo tanto, la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte, conocido en las ciencias forenses como el intervalo postmortem, toma en cuenta las condiciones particulares asociadas con el cuerpo en descomposición, tales como temperatura, nivel de humedad y medio en donde se encuentra el cuerpo, así como la exposición a sustancias para su conservación (Van den Oever, 1976).

Una descripción general de los cambios post-mortem debidos a la descomposición, incluye básicamente dos etapas de autólisis y cuatro etapas de putrefacción, además de algunos fenómenos de conservación, tales como la saponificación o adipocera, momificación natural y calcificación. Sin embargo, estos eventos sólo ocurren bajo condiciones específicas (Coe & Curran, 1980).

La autólisis consiste de la destrucción rápida, intensa y espontánea de los tejidos realizada por las enzimas del cuerpo presentes en las células, sin interferencia alguna de bacterias. Una vez que las células dejan de recibir nutrientes y oxígeno via la circulación sanguínea, éstas inician una respiración anaeróbica, desdoblando al ATP (trifosfato de adenosina) en ADP (difosfato de

adenosina) para obtener energía. La respiración anaeróbica dura por espacio de algunas horas, hasta que todas las reservas de ATP se consumen. La respiración anaeróbica induce la acumulación de ácido láctico en los tejidos celulares y destruye la función celular. Las enzimas colapsan luego al núcleo celular y entonces ocurre el rompimiento celular (Lerner & Lerner, 2006).

Los tejidos ricos en vasos sanguíneos (mas dependientes del oxígeno y energía) son los primeros en sufrir la autólisis, mientras que aquellos pobremente irrigados o sin vasos sanguíneos, como las corneas oculares, no son afectados inmediatamente por la descomposición. La putrefacción (o la degradación por microorganismos) sigue a la descomposición. Con excepción de los fetos y bebés recién nacidos, la principal fuente de estos microorganismos en los cadáveres es la parte derecha del intestino grueso. Entonces, los microorganismos invaden la cavidad abdominal, el pecho, cabeza y extremidades (Tarrío *et al.*, 1995).

Los primeros signos visibles producto de tal actividad son la mancha verde iliaca (abdominal), acompañada de los olores iniciales de carne en putrefacción. La mancha se expande gradualmente hacia otras partes del cuerpo (tórax, cabeza, y extremidades) y cambian de un color verde claro a oscuro, para posteriormente empezar a necrosarse (Lerner & Lerner, 2006).

En personas que mueren ahogadas, la coloración verduzca inicia en la cara, progresando hacia el área torácica y posteriormente a otras partes, debido a la posición que los cuerpos sumergidos en agua adquieren en la misma, lo cual facilita la putrefacción de las vías respiratorias superiores primero (Tarrío *et al.*, 1995).

En infantes recién nacidos, los agentes de la putrefacción (bacterias, hongos) invaden el cuerpo a través de todas las cavidades, especialmente a través de las vías respiratorias. En los bebés recién nacidos las manchas verdes aparecen primero en la cara, cuello y pecho debido a la actividad bacteriana en las vías respiratorias superiores e inferiores, y debido a que sus intestinos son estériles. Esta fase de la descomposición es conocida como el período cromático (Fuentes, 2002).

La acción de las bacterias destruye la estructura de las células y los tejidos suaves, liberando durante este proceso los fluidos en las cavidades internas como el pecho, abdomen, y tracto oral. Los microorganismos anaeróbicos producen metano, ácido sulfhídrico y otros gases responsables de los olores desagradables que acompañan a la materia orgánica en descomposición. A medida que se acumulan los gases dentro del cuerpo, este empieza a hincharse, empujando más fluidos desde los órganos hacia las cavidades internas y sangre hacia la periferia del cuerpo. Esta fase de la descomposición se denomina período gaseoso (Fuentes, 2002; Rodríguez, 2003; Lerner & Lerner, 2006).

Ampollas subcutáneas que contienen una mezcla de plasma, hemoglobina y gases aparecen dando el aspecto de un patrón marmóreo esparcido por toda la piel. Las capas externas de la piel (epidermis) empiezan a desprenderse de las capas internas (dermis) a medida que avanza el período gaseoso. La siguiente fase involucra el proceso de putrefacción líquida, en la cual los tejidos suaves se disuelven gradualmente. El cuerpo pierde su forma a medida que la masa de tejido disminuye y se completa la separación de las

capas de piel. Durante este período de licuefacción, se liberan gases y una sustancia cremosa putrefacta cubre el esqueleto (Lerner & Lerner, 2006).

La siguiente fase es conocida como esqueletización, en donde los elementos ambientales (p. ej. larvas, adultos de insectos y de otros artrópodos) separan al esqueleto de sus ligamentos, lo cual causa la separación del cráneo, la mandíbula, y los huesos largos. Los huesos se vuelven cada vez más frágiles y livianos a medida que transcurren los años y al encontrarse en suelos ácidos, estos pueden llegar a disolverse (Lerner & Lerner, 2006).

La adipocera se forma debido a la conversión de la grasa corporal en una mezcla de lípidos. La formación parcial de adipocera puede ocurrir en un tiempo tan corto como seis semanas, mientras que la completa transformación en todo el cuerpo puede tardar años, dependiendo de las condiciones bajo las cuales se verifica el proceso. Para que se presente la formación de adipocera es necesario que agua y bacterias estén presentes. Los principales constituyentes de la adipocera son ácidos grasos saturados libres que contienen un número par de átomos de carbono, e incluyen a los ácidos mirístico, palmítico, esteárico y sus ácidos 10-hidroxy. (Forbes *et al.*, 2002).

La formación de adipocera no es un fenómeno universal durante la descomposición. Esto es más común en restos de niños, mujeres o personas con sobrepeso, y requiere que los tejidos adiposos tengan contacto con humedad en el suelo, o inmersión en el agua, o al impedir la evaporación de agua del cuerpo. Las fosas colectivas, en donde los cuerpos son apilados, también constituyen un medio favorable para la formación de adipocera (Lerner & Lerner, 2006).

En restos de individuos delgados, la presencia de adipocera es muy rara porque ésta resulta de la transformación química espontánea de los tejidos grasos en un material ceroso blanco-grisáceo. Los médicos legistas tienen un especial interés en la adipocera por sus propiedades para preservar a los tejidos que se encuentran por debajo de ésta. Las partes del cuerpo conservadas por adipocera permiten realizar varias pruebas forenses, meses (y en ocasiones hasta años) después de que ocurre la muerte. Algunos ejemplos incluyen el estudio de lesiones faciales o del cuello, pruebas toxicológicas, o el estudio de perforaciones causadas por las balas (Lerner & Lerner, 2006).

Los fetos nonatos que mueren entre el sexto y noveno mes de embarazo sufren un proceso diferente, conocido como maceración, debido a la exposición prolongada al líquido amniótico. Los signos externos de la maceración fetal se parecen en algunas formas a aquellos encontrados en cadáveres sumergidos en el agua. Sin embargo, la secuencia precisa de cambios internos en la maceración fetal es única y ofrece tres fases bien definidas o grados de maceración que permiten la determinación forense del intervalo postmortem (Tarrío *et al.*, 1995).

2.4. El reciclaje de nutrientes

Se estima que cerca del 99% de las fuentes orgánicas que se descomponen en un ecosistema terrestre se derivan o provienen de las plantas o de materia fecal (Swift *et al.*, 1979). Como consecuencia de esto la descomposición de éstos materiales ha recibido una gran atención (Aarons *et*

al., 2004; Bjornlund & Christensen, 2005). En contraste, la descomposición de mamíferos que mueren ha sido ignorada (Allee *et al.*, 1949), a pesar del hecho de que muchos de estos mueren por causas diferentes a la depredación.

Considerando que cada cadáver está constituido por cerca de un 20% de carbono, además de actuar como un hábitat especializado para varios organismos, la descomposición cadavérica constituye un proceso importante del ecosistema (Carter *et al.*, 2007).

La mayoría de las investigaciones sobre descomposición cadavérica se han realizado en relación a la tafonomía forense. La tafonomía, siendo originalmente una rama de la paleontología fue desarrollada para entender la ecología del sitio de descomposición, como cambia la ecología del sitio al introducir restos vegetales o animales, además de cómo la ecología del sitio afecta la descomposición de estos materiales (Efremov, 1940).

En la actualidad, estas metas han sido incorporadas a la ciencia forense para entender la descomposición en cadáveres humanos (Rodríguez & Bass, 1983; Spennemann & Franke, 1995; Carter & Tibbett, 2006), para otorgar una base sobre la cual se pueda estimar el intervalo postmortem y/o post-inhumación (Willey & Snider, 1989; Vass *et al.*, 1992; Highley & Haskell, 2001; Tibbett *et al.*, 2004; Megyesi *et al.*, 2005), para ayudar en la determinación de la causa y forma de la muerte (Nuorteva, 1977; Haglund & Sorg, 1997), y para ayudar en la localización de tumbas clandestinas (Rodríguez & Bass, 1985; France *et al.*, 1992; Carter & Tibbett, 2003).

Estas metas son alcanzadas a través del estudio de los factores que influyen en la descomposición cadavérica (temperatura, humedad, actividad

insectil). Estos estudios también han aportado información para el entendimiento de la ecología de la descomposición cadavérica subterránea (Rodríguez & Bass, 1985; France *et al.*, 1992; VanLaerhoven & Anderson, 1999; Carter & Tibbett, 2003).

Aunque la masa microbiana del suelo es reconocida como “el ojo de la aguja” a través del cual todo el material orgánico debe de pasar (Jenkinson, 1977), pocos trabajos se han enfocado en la descomposición cadavérica, microbiología y ecología bajo el suelo (Sagara, 1995; Hopkins *et al.*, 2000; Tibbett y Carter, 2003). Las observaciones empíricas y estudios sobre actividad de carroñeros han demostrado que la introducción de material cadavérico en el suelo está regulada principalmente por la actividad de los insectos y otros carroñeros y la masa del cadáver.

Los microbios, insectos y carroñeros compiten por la fuente cadavérica. Los insectos pueden consumir un cadáver antes de que un carroñero lo pueda utilizar y los microorganismos puedan liberar toxinas repelentes, como la botulina (Janzen, 1977).

2.5. Modelos biológicos

El estudio de los insectos de importancia forense se ha realizado utilizando primordialmente modelos no-humanos. Los estudios de descomposición en varias partes del mundo han usado diferentes tamaños y tipos de cadáveres dentro de los que se incluyen: perros (Reed, 1958; Jirón & Cartin, 1981; Early & Goff, 1986), gatos (Early & Goff, 1986), cobayos (Lane, 1975), ratas (Greenberg, 1990; Tomberlin & Adler, 1998; Faucherre *et al.*, 1999;

Kocarek, 2001), ardillas (Johnson, 1975), zorras (Easton & Smith, 1970; Smith, 1975), puercos (Payne, 1965; Tullis & Goff, 1987; Haskell, 1989; Anderson & VanLaerhoven, 1996a, 1996b; Tessmer & Meek, 1996; Richards & Goff, 1997; deCarvalho *et al.*, 1999; Shahid *et al.*, 1999; Davis & Goff, 2000; deCarvalho & Linhares, 2001; Wolff *et al.*, 2001; Tenorio *et al.*, 2003), focas (Lord & Burger, 1984), ratones (Putnam, 1978; Blackith & Blackith, 1989), lagartijas y sapos (Cornaby, 1974), mapaches (Joy *et al.*, 2002), tortugas (Abell *et al.*, 1982), aves (Hall & Doisy, 1993; Tessmer & Meek, 1996), ovejas (Deonier, 1940), conejos (Denno & Cothran, 1976; Tantawi *et al.*, 1996; Bourel *et al.*, 1999), elefantes (Coe, 1978), tlacoaches (Goddard & Lago, 1985), osos negros (Anderson, 1999) e impala (Braack, 1981).

La única investigación de sucesión faunística en restos humanos realizada recientemente, se llevó a cabo en Tennessee (Rodríguez & Bass, 1983, 1985; Catts & Haskell, 1990).

Por espacio de siglos, debido a sus similitudes internas con el cuerpo humano, los puercos fueron el modelo animal usado para estudiar tanto la anatomía como el proceso de descomposición. Sin embargo, en 1980, la Universidad de Tennessee en Knoxville empezó un proyecto de investigación en descomposición humana con cadáveres donados por las familias de los occisos o por individuos que legaron sus cuerpos a la ciencia (Rodríguez & Bass, 1983).

En un área conocida como Anthropological Research Facility, se colocan cuerpos humanos para que se descompongan en diferentes condiciones controladas. Estos experimentos controlados han contribuido significativamente

a una mejor comprensión de la descomposición humana y a nuevos niveles de precisión de las técnicas forenses de reconstrucción, tales como las circunstancias de la muerte, el tiempo y la causa de la muerte, la determinación de la edad, raza y género (Roach, 2003). Los datos colectados de varios tipos de experimentos y las mediciones de cada esqueleto son consignados en un banco de datos computarizado llamado ForDisc (Forensic Discrimination).

El estudio de Haskell (1989) en Tennessee, comparó la estructura de la comunidad insectil y las velocidades de descomposición entre restos humanos de adultos y de infantes contra las de cerdos y no se encontraron diferencias en la composición de las comunidades de insectos (Campobasso *et al.*, 2001). Por lo anterior, se ha recomendado el uso de puercos de 22 kg de peso como modelos apropiados para estudios de descomposición en adultos humanos (Catts & Goff, 1992).

El uso de cadáveres humanos para realizar estudios detallados de descomposición, no ha sido legislado en México, lo cual hace muy difícil su estudio, además de éticamente cuestionable. En cambio, los puercos, *Sus scrofa* (L.), siendo omnívoros, relativamente desprovistos de pelo y con una piel y fauna estomacal muy similar a la de los humanos (Anderson & VanLaerhoven, 1996a) constituyen un modelo idóneo para simular la descomposición en seres humanos. La putrefacción de los puercos con un peso aproximado de 22 Kg (similar al del torso humano), ocurre casi a la misma velocidad que en los cuerpos humanos (Campobasso *et al.*, 2001).

2.6. Organismos asociados a la descomposición cadavérica

Los restos humanos expuestos a los elementos, están sujetos no sólo al proceso de la descomposición, sino también a la actividad de la fauna carroñera. Resulta imperativo tanto para la policía como para los investigadores forenses que tienen que atender los casos de restos descompuestos que se localizan en el campo, poseer un conocimiento extenso del comportamiento de este tipo de fauna presente en un ambiente local (Anderson, 2001b).

En diversas regiones del mundo se han desarrollado estudios para identificar los principales organismos carroñeros que actúan sobre restos humanos en descomposición, se ha consignado la acción de aves, reptiles, mamíferos y anfibios que se alimentaron tanto de tejidos cadavéricos en descomposición como de los insectos asociados a éstos. Es importante resaltar que al igual que con los artrópodos, el comportamiento de estos grupos de animales presenta variaciones de acuerdo a las estaciones del año, la temperatura y otros factores exógenos (O'Brien *et al.*, 2007).

2.6.1. Clasificación de los artrópodos carroñeros

Varios autores han realizado la clasificación de los artrópodos capturados en los cadáveres de acuerdo a sus características y sus relaciones tróficas (Souza & Linhares, 1977; Moura *et al.*, 1977; Rodríguez & Bass, 1983; Magaña, 2001; Oliva, 2001; Castillo, 2002; Pujol-Luz *et al.*, 2008), pudiendo separarlos en los siguientes grupos:

Necrófagos. Son los que se alimentan directamente de los cadáveres, entre los que se encuentran los sarcosaprófagos, que se alimentan de la carne y los tejidos blandos y los dermatófagos, que se alimentan de la piel.

Necrófilos. Son los que se alimentan de los necrófagos y que pueden ser depredadores, se alimentan de los otros artrópodos y sus larvas presentes en el medio (mayormente larvas de dípteros) o parasitoides, si utilizan a las larvas de los dípteros para completar su ciclo biológico.

Saprófagos. Son los que se alimentan de materia orgánica en descomposición y tejidos cadavéricos putrefactos. Entre estos están los coprófagos, que son los que se alimentan de excrementos.

Oportunistas. Son aquellos que utilizan el cadáver como refugio o que simplemente están de paso.

Existen algunas clasificaciones tanto relacionadas con los insectos, como con las etapas de descomposición de los cuerpos, que son útiles para la aplicación de esta disciplina (Torrez, 2006).

2.6.2. Ordenes de insectos necrófagos importantes

Dentro de los órdenes de insectos con relevancia forense se encuentran los pertenecientes a Diptera y Coleóptera (Campobasso *et al.*, 2001). El orden más importante es, sin duda, el de los Dípteros, en el cual se ubican las familias Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Piophilidae, Phoridae, Stratyomidae y Fannidae, que utilizan la materia de animales en descomposición (Oliva, 2001).

2.6.2.1. Orden Diptera

Al momento de producirse la muerte, es cuando las moscas comienzan a llegar al cuerpo (García-Rojo, 2004). Las hembras grávidas llegan al cadáver, lamen la sangre u otras secreciones de heridas ó en los orificios naturales y realizan la ovipostura. Cómo y cuándo llegan estos insectos al cadáver y como se desarrollan en él, son las preguntas que debe hacerse toda persona que se interese por la entomología forense (Magaña, 2001).

La abundancia de individuos del orden Díptera y en particular de la familia Calliphoridae, se registran en las primeras fases de la sucesión (Liria-Salazar, 2006). Estos insectos necrófagos aparecen después de comenzada la autólisis y la putrefacción, atraídos por el olor de gases emitidos en el proceso de degradación de los principios inmediatos (Yussef, 2006).

Varios investigadores señalan la presencia de Dípteros de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae durante las tres primeras etapas de descomposición (fresco, hinchado, decaimiento); de Coleópteros de la familia Staphylinidae en la cuarta etapa de descomposición y de las familias Dermestidae, Cleridae, e Histeridae durante la quinta etapa de descomposición (Magaña, 2001; Guarín, 2005).

Yussef (2006), establece que en estudios realizados en el oeste de Puerto Rico, *Cochliomyia macellaria* es la primer mosca en colonizar y ovipositar en el cadáver, arriba en grandes números, durante la etapa de muerto fresco y disminuye notablemente cuando el cadáver comienza a hincharse; después llega *Chrysomya rufifacies* Macquart y permanece en el cadáver durante la etapa hinchada y descomposición activa.

Chrysomya megacephala también llega en abundancia, junto con *C. rufifacies*, pero sus larvas son muy escasas en el cadáver porque no pueden competir con las larvas de *C. rufifacies*. En estudios sobre depredación y competencia, se reporta que la mortalidad de *C. megacephala* es del 98% cuando compite con *C. rufifacies*. Durante la fase avanzada llegan principalmente múscidos y posteriormente Coleópteros de la familia Dermestidae (Yussef, 2006).

Usaquén-Martínez & Camacho (2004), mencionan que la información publicada hasta el momento en Bogotá sobre la fauna cadavérica, indica que predominan los dípteros, especialmente Calliphoridae y Sarcophagidae, sobre los otros artrópodos.

Algunas moscas tienen características que las hacen únicas para ser utilizadas en la ciencia forense. La primera y más importante es su hábito alimenticio; en su estado larvario, muchas de estas especies son necrófagas y se alimentan directamente de cadáveres. Los dípteros de mayor importancia pertenecen a las familias Sarcophagidae, Calliphoridae y Muscidae (Yussef, 2006).

Otras características morfológicas y de comportamiento permiten a las moscas ser los primeros organismos en encontrar un cadáver, como ejemplo se encuentran la capacidad de detectar el olor emanado por un cadáver a kilómetros de distancia, su tamaño pequeño que les facilita el acceso a casi cualquier lugar, además, su capacidad de vuelo les permite desplazarse a grandes distancias en tiempos relativamente cortos (Yussef, 2006).

Mediante la identificación de los insectos presentes (Diptera: Calliphoridae) y sus estadios de vida, es posible estimar el tiempo del deceso y el sitio donde ocurrió la muerte (Iannacone, 2003).

Además de la importancia como organismos carroñeros, las moscas pueden exhibir un comportamiento alimenticio que las coloca como plagas en relación con la salud humana y veterinaria, ya que pueden causar miasis. Según Torruella (1997), el término miasis comprende a todo un grupo de enfermedades que acontecen en el hombre y en otros vertebrados a causa de la parasitación tanto interna como externa, por larvas de dípteros.

En América Latina y en muchas otras regiones del mundo, la miasis en humanos y en animales, constituye un importante problema sanitario y económico. Siendo este tipo de relación huésped-parásito de forma obligada, facultativa o accidental, el estado patológico resultante de este hecho puede tener mayor o menor significado para la salud dependiendo de la especie involucrada, las áreas afectadas y la parasitemia (Romero-Cabello *et al.*, 2004).

Romero-Cabello *et al.* (2004), reportan diversos géneros productores de miasis: *Cochliomyia hominivorax* Coquerel, *Calliphora* spp., *Cardylobia anthropophaga* Blanchard, *Oestrus ovis* L. *Sarcophaga* spp. Kun *et al.* (1998), mencionan que los casos de miasis registrados en el mundo corresponden a las familias: Muscidae, Sarcophagidae, Piophilidae, Calliphoridae, Syrphidae, Phoridae, Tylidae, Psychodidae, Drosophilidae y Oestridae.

Las moscas califóridas son atraídas por la carroña y el excremento principalmente, aunque algunas pueden alimentarse de heridas abiertas causando miasis en organismos vivos (Byrd y Castner, 2001).

2.6.2.1.1. Familia Calliphoridae

Los insectos de las subfamilias *Calliphorinae*, *Luciliinae* y *Chrysomyinae*, pertenecientes a la familia Calliphoridae, se crían sobre carroña. Las hembras ovipositan en carroña fresca, a sólo algunos minutos de acontecer la muerte y las larvas frecuentemente se desarrollan en grandes números (Solís, 2007).

La familia Calliphoridae consta de aproximadamente 1,000 especies en el mundo, de las cuales sólo 126 se encuentran en el Neotrópico (Triplehorn y Johnson, 2005). La biología de los califóridos es muy variada: generalmente necrófagos, también los hay depredadores y parasitoides de caracoles y lombrices de tierra; algunos son hospedantes en termiteros; otros de importancia médica y veterinaria, como las especies que producen miasis en aves y mamíferos, incluyendo entre ellos al hombre (Pape *et al.*, 2004; Whitworth, 2006).

López (2006), menciona que los dípteros se dividen en tres subórdenes: Nematocera, Brachycera y Cyclorrhapha. En este último suborden se encuentran moscas de importancia forense.

Las moscas de la familia Calliphoridae tienen una coloración brillante ó metálica. Algunas larvas causan heridas severas en animales domésticos y se consideran económicamente importantes. Los adultos son bastante grandes y robustos. Para la identificación de los miembros de la familia Calliphoridae, se menciona que pertenecen: al suborden Cyclorrhapha, en donde las antenas están divididas en tres segmentos y son aristadas; la vena Rs_2 es ramificada (Triplehorn & Johnson, 2005).

Los califóridos son moscas calipteradas de tamaño medio a grande, bastante compactas, con un abdomen redondeado u oval y frecuentemente de color verde o azul metálico (González, 2007). Los adultos miden de 6 a 8 mm de longitud. Las larvas de mosca crecen rápidamente, pasando por tres estadios larvales antes de alcanzar su tamaño final y se crían juntas en grandes números, moviéndose en torno al cadáver promoviendo así, la diseminación de bacterias, lo cual hace posible el consumo de los tejidos blandos del cadáver (Byrd & Castner, 2001). Los adultos ponen los huevos sobre la carne fresca o cocinada, generalmente de animales grandes, así como sobre el excremento animal (Pape *et al.*, 2004). Un carácter distintivo de la mayoría de Calliphoridae es un espiráculo torácico posterior bastante grande.

El desarrollo de las larvas tarda varios días dependiendo de la especie, de las condiciones ambientales, como del número de larvas presentes. A mayor temperatura y mayor humedad relativa, el insecto se desarrollará más rápido. Por ejemplo, *Chrysomya rufifacies* Macquart tarda en pasar de huevo a adulto 612 horas a 15.6°C, 289 horas a 25°C y 180 h oras a 32°C (Visciarelli *et al.*, 2007).

Según Carmona-Cadavid (2004) y Visciarelli *et al.* (2007), los califóridos se clasifican de la siguiente manera:

Dominio: Eukaria
Reino: Animalia
Phylum: Artropoda
Subphylum: Mandibulata
Clase: Hexápoda- Insecta
Subclase: Pterigota
Orden: Diptera
Suborden: Brachycera
Familia: Calliphoridae

Subfamilias:

- Chrysominae
- Luciliinae
- Calliphorinae
- Melanomyinae

2.6.2.1.2. Familia Sarcophagidae

Los sarcófagos o moscas de la carne conforman un grupo con más de 2,000 especies, aproximadamente 327 de ellas se encuentran en EE.UU. y Canadá. Los representantes de esta familia se encuentran en todo el mundo, la mayoría de las especies ocurren en regiones de clima tropical o de temperaturas cálidas. Las moscas adultas se alimentan de sustancias dulces así como savia y néctar (Byrd y Castner, 2001).

Los sarcófagos, dípteros de hábitos sinantrópicos, son importantes como vectores mecánicos de agentes patógenos y por su capacidad para causar una parasitosis conocida como miasis. Las hembras de Sarcophagidae, todas larvíparas, depositan las larvas de primer estadio sobre carroña o cadáveres frescos y debido a ello muchas especies de esta familia son de interés forense (De Arriba & Costamagna, 2006).

Las moscas de la carne son atraídas a la carroña en la mayoría de las condiciones climatológicas; ya sea que estén al sol, a la sombra, en ambiente seco, húmedo, en interiores y al aire libre. Las moscas del género *Sarcophaga* llegan a los restos humanos simultáneamente, o poco después, de las moscas califóridas, aunque en la mayoría de los estudios forenses se les consigna como colonizadores tardíos (Byrd & Castner, 2001).

En lo que se refiere estos dípteros, los datos sobre su biología son muy escasos y frecuentemente están restringidos a registros aislados, por lo que la biología de las especies es, en gran medida, desconocida (Romera *et al.*, 2003).

Romera *et al.* (2003), citan que los sarcófagos son elementos muy importantes del componente necrófago de la comunidad sarcosaprófaga, y sus larvas de tercer estadio se consideran consumidores secundarios. A pesar de que algunos autores citan a un bajo número de especies de sarcófagos implicados en casos forenses, son numerosos los trabajos en los que los sarcófagos aparecen relacionados con cadáveres humanos.

Son moscas robustas, en su mayoría de color gris pardo de 2.5 a 18.0 mm de longitud. El abdomen, especialmente la parte terminal, en ocasiones parcial o completamente rojo. Las facetas en los ojos ligeramente agrandadas en la región anterior. Los sexos pueden presentar diferencias en la coloración corporal. Las hembras son vivíparas y raramente ovovivíparas (Shewell, 1987).

La familia Sarcophagidae comprende 2600 especies descritas en el mundo, distribuidas en tres subfamilias: Miltogramminae, Paramacronychiidae y Sarcophaginae, éstas dos últimas conforman un grupo hermano (Pape *et al.*, 2004). Shewell (1987), sólo reconoce dos subfamilias, Sarcophaginae y Miltogramminae.

La clasificación taxonómica de la familia Sarcophagidae es controvertida y poco clara. Algunos especialistas que objetan el empleo de estructuras no comunes a ambos sexos y siguen la nomenclatura tradicional, distinguen sólo

dos géneros: *Sarcophaga* y *Wohlfahrtia*. Otros, separan a *Sarcophaga* en varios géneros diferentes reconociendo alrededor de 400, los cuales resultan imposibles de identificar con el sólo estudio de las hembras. Los órganos sexuales del macho en la mayoría de los casos, presentan la prueba final de la relación entre las especies y entre los géneros (De Arriba & Costamagna, 2006).

La ubicación taxonómica de Sarcophagidae según Shewell (1987), Jasiorowski (1993), Méndez (1999), Romera *et al.* (2003), Pape *et al.* (2004) y Bar *et al.* (2005), es como sigue:

Dominio: Eukarya
 Reino: Animalia
 Phylum: Arthropoda
 Subphylum: Mandibulata
 Clase: Hexapoda-Insecta
 Subclase: Pterygota
 Infraclase: Neoptera
 Orden: Diptera
 Suborden: Cyclorrhapha
 División: Schizophora
 Sección: Calyptratae
 Familia: Sarcophagidae
 Subfamilias:
 -Miltogramminae(Shewell, 1987)
 -Sarcophaginae (Shewell, 1987)
 - Paramacronychiinae(Pape,1996)

Esta clasificación constituye una síntesis más o menos coherente de las diversas agrupaciones que hacen los autores, unos difieren en cierto taxón y convergen en otro. Por ejemplo, hay quienes consideran a Sarcophagidae dentro del suborden Brachycera y la colocan dentro de una sección de esta, Cyclorrhapha (Costamagna *et al.*, 2007).

2.6.2.2. Orden Coleoptera

El orden Coleoptera es el segundo en importancia, aunque primero en número de especies conocidas. De las numerosas familias que lo componen, sólo unas pocas tienen interés forense, pero esas están bien caracterizadas: los derméstidos, que roen las pieles y los animales disecados; los cléridos, conocidos por los productores de jamón y embutidos; los Sílfidos, que incluyen a los famosos escarabajos sepultureros; los estafilínidos y los histéridos que predan sobre otros insectos (Triplehorn & Johnson, 2005).

Se han estudiado las especies de coleópteros necrófagos asociadas a cadáveres de cerdos. Algunas especies de coleópteros aparecen frecuentemente asociadas a los cadáveres ya que se alimentan de carroña o de los artrópodos que se encuentran en ese medio cadavérico. Los estadios larvarios de estos coleópteros, son necrófagos (Braack, 1987; Catts & Goff, 1992). También se ha estudiado la participación de estos coleópteros en el proceso de descomposición, constatando si hubo o no, distribución exclusiva de especies por zonas y estaciones y comprobando si su acción depredadora alteró el proceso de descomposición (Castillo, 2002).

La diversidad biológica y ecológica de los coleópteros es extraordinaria. A nivel mundial, taxonómicamente constituyen más del 40% de la diversidad descrita para Hexapoda con aproximadamente 350,000 especies descritas a la fecha. Su gran diversidad ecológica se manifiesta en la capacidad de colonizar todo tipo de ambientes entre ellos el acuático, abarcando desde aguas continentales hasta sectores litorales o de marismas, y desde zonas litorales hasta ríos de alta montaña, e inclusive lagunas hipersalinas. La evolución hacia

los ambientes acuáticos pasa por múltiples adaptaciones, que incluyen aspectos morfológicos, fisiológicos y ontogenéticos y todas las familias adaptadas a vivir en estos ambientes presentan al menos, uno de sus estados de desarrollo en el agua (Triplehorn & Johnson, 2005).

Dentro del orden Coleóptera, sobresalen por su importancia forense las familias Cleridae, Dermestidae, Histeridae, Tenebrionidae, Staphylinidae, Silphidae, y Nitidulidae entre otras (Anderson y VanLaerhoven, 1996a; Castillo, 2002; Iannacone, 2003).

2.6.2.2.1. Familia Cleridae

La mayoría de los miembros en la familia Cleridae, larvas y adultos, son depredadores. Algunas especies del género *Necrobia* además de ser depredadoras, pueden encontrarse alimentándose de productos alimenticios almacenados de origen animal o vegetal. Existen 3,366 especies descritas (Opitz, 2002).

Las antenas tienen 11 segmentos y pueden ser filiformes, serriformes, pectiniformes, claviformes, con una maza de 3 a 6 segmentos. Las inserciones antenales pueden estar expuestas o cubiertas. Una porción visible de la procoxa se proyecta por debajo del proesterno con el trocántin cubierto o a veces parcialmente expuesto. La fórmula tarsal es 5-5-5 (Lawrence, 1999b).

La longitud del cuerpo es de 2-15 mm. Los adultos son alargados, aplanados o moderadamente convexos y generalmente de colores llamativos. La mayoría de los miembros de la familia Cleridae pueden ser distinguidos por

el cuerpo setoso, frecuentemente colorido, antenas claviformes o con maza antenal; tarsos claramente lobulados y procoxas proyectadas (Lawrence, 1999b).

Desde el punto de vista forense, *Necrobia rufipes* (DeGeer) es la especie de esta familia con distribución cosmopolita (Opitz, 2002).

2.6.2.2.2. Familia Dermestidae

La mayoría de los derméstidos son descomponedores, se alimentan de material seco de plantas o animales con alto contenido proteínico. Miembros del género *Dermestes* se encuentran con facilidad en despojos animales en la etapa butírica de descomposición. Muchas de las especies más pequeñas ocurren en nidos de abejas y avispas, alimentándose de polen o de despojos de los insectos. Otras especies pueden encontrarse en nidos de aves alimentándose de plumas viejas y otras basuras orgánicas o en nidos de mamíferos, alimentándose de pelo (Kingsolver, 2001).

La mayoría de los derméstidos son relativamente fáciles de distinguir por su forma característica, cobertura de setas gruesas o escamas formando patrones y la presencia de un sólo ocelo medio en la cabeza. Una excepción son los miembros del género *Dermestes*. El cuerpo de los derméstidos generalmente es compacto, con excavaciones y cavidades para alojar las antenas y patas (Lawrence & Britton, 1994).

Las antenas tienen 11 segmentos y pueden ser claviformes, pectiniformes o con una maza de 3 a 8 segmentos. Las inserciones antenales

están expuestas. La porción visible de la procoxa es transversa proyectándose por debajo del proesterno con el trocantín cubierto o parcialmente expuesto. La fórmula tarsal es 5-5-5 (Lawrence & Britton, 1994).

El cuerpo mide de 1-10 mm de longitud. Los adultos pueden ser desde ampliamente ovalados a oblongos. Pubescentes a escamosos. El ocelo medio en la cabeza se encuentra presente, excepto en las especies de *Dermestes* que tienen al menos 6 mm de longitud. Las antenas y patas generalmente acomodadas en depresiones o cavidades bajo el cuerpo (Lawrence & Britton, 1994).

Se sabe que los derméstidos se alimentan directamente de carroña en descomposición, prefiriendo carroña seca. Bajo condiciones ambientales óptimas (cálidas y secas), estos escarabajos pueden aparecer en grandes cantidades, llegando a consumir un cadáver humano hasta el estado de esqueletización en menos de 5 meses (Schroeder *et al.*, 2002).

2.6.2.2.3. Familia Silphidae

Los miembros de esta familia son escarabajos de tamaño grande, que se pueden encontrar con frecuencia asociados a material orgánico en descomposición. Comúnmente se les encuentra en carcasas de vertebrados, por lo que reciben el nombre común de escarabajos carroñeros. El hábito del adulto del género *Nicrophorus* de enterrar carcasas de pequeños vertebrados le confiere el nombre de escarabajo enterrador. Los adultos son fáciles de reconocer por su tamaño, antenas clavadas o capitadas de 11 segmentos,

coxas frontales prominentes y élitros truncados, reticulados, tricostados o sin costas, generalmente de color negruzco y en *Nicrophorus* usualmente con marcas naranjas o rojas (Peck, 2001).

Los sílfidos son principalmente carroñeros, aunque algunas especies son fitófagas y pueden ser consideradas plagas en jardines o depredadores de orugas y caracoles (Peck, 2001).

A nivel mundial, esta familia contiene 15 géneros y cerca de 175 especies que se encuentran en dos subfamilias *Nicrophorinae* y *Silphinae*. En México existen seis géneros y cinco especies descritas (Peck, 2001).

2.6.2.2.4. Familia Histeridae

Los miembros de la familia Histeridae son principalmente depredadores de larvas y huevos de otros insectos, particularmente de Diptera. Por lo anterior, los sustratos sobre los cuales se desarrollan las moscas, son los mejores lugares para buscar a estos escarabajos. Muchas larvas de moscas se desarrollan sobre excremento y carroña de mamíferos y son depredadas por numerosas especies de *Hister*, *Margarionotus*, *Atholus*, *Phelister*, *Eupilotus*, *Saprinus*, *Xerosaprinus* y *Xestipyge* (Kovarik & Caterino, 2001).

Los subproductos olorosos y volátiles de la degradación microbial permiten que tanto las moscas como los escarabajos localicen la carroña y excremento vía el olfato. Otro grupo de histéridos depreda larvas de moscas que se alimentan de hongos putrefactos. Dentro de este grupo se incluyen especies de los géneros *Hister* y *Margarionotus* (Kovarik & Caterino, 2001).

Los histéridos frecuentemente se encuentran donde existe materia orgánica en descomposición, aunque, tanto los adultos, como las larvas, son depredadores de otros insectos saprófagos o xilófagos (Kovarik & Caterino 2001).

Algunos de los histéridos más interesantes desde el punto de vista morfológico, son aquellos que viven en nidos de termitas y de hormigas. Algunas de estas especies mirmecófilas se han integrado tan bien a la sociedad de hospedantes que son alimentados por las hormigas; otras son tratadas como huéspedes no invitados y se alimentan de larvas de las hormigas. Los nidos de *Pogonomyrmex* spp. son habitados por especies de *Hetaerius* y *Onthophilus* (Kovarik & Caterino, 2001).

Kovarik & Caterino (2001), afirman que la mayoría de los histéridos son considerados benéficos ya que gran cantidad de especies que habitan en excremento son enemigos naturales muy efectivos de moscas consideradas plaga, tanto en pastizales (*Hister*, *Phelister* y *Euspilotus*) como en naves avícolas (*Gnathoncus*, *Pendiophilus* y *Carcinops*).

Histeridae constituye un familia grande y particular, cuyos miembros pueden variar considerablemente en forma, pero son reconocidos por las antenas geniculadas con una masa muy compacta y élitros truncados, dejando ver 1 o 2 tergitos y con un número reducido de estrías. La mayoría de histéridos son glabros y pulidos, aunque existen excepciones y algunas especies mirmecófilas tienen parches de pelos. Uno de los grupos más particulares son los Trypanaeinae, que son alargados, cilíndricos, y se

encuentran en los túneles de coleópteros comedores de madera (Lawrence, 1999a).

Son escarabajos pequeños de 0.5 a 10 mm de longitud, ovales y usualmente de color negro brillante. Los élitros están cortados de forma cuadrada en el ápice, exponiendo 1 o 2 segmentos abdominales apicales. Las antenas son geniculadas y clavadas. Las tibias están dilatadas, y las anteriores usualmente presentan espinas o dientes. Estos escarabajos generalmente se encuentran en o cerca de materia orgánica en descomposición como excremento, hongos, y carroña, aunque son depredadores de otros insectos pequeños que viven en estos materiales (Triplehorn & Johnson, 2005).

Algunas especies, que son muy aplanadas, viven bajo la corteza suelta de leños, algunas viven en los nidos de hormigas o termitas, pocas son alargadas y cilíndricas; estas viven en las galerías de insectos barrenadores de madera. Cuando son molestados, usualmente retraen sus patas y antenas y se mantienen inmóviles. Los apéndices encajan muy bien en surcos poco profundos sobre el lado ventral del cuerpo, por lo que es difícil apreciarlos, aun con mucho aumento. En Estados Unidos y Canadá existen cerca de 345 especies (Triplehorn & Johnson, 2005).

Estos escarabajos poseen antenas con 8 a 11 segmentos y una maza de uno o tres segmentos. Las inserciones antenales están expuestas o cubiertas. La porción visible de la procoxa transversa tiene el trocánter cubierto. La fórmula tarsal es 5-5-5 ó 5-5-4. El cuerpo mide de 0.5 a 20 mm de longitud (Lawrence, 1999a).

2.6.2.2.5. Familia Trogidae

En el mundo, la familia Trogidae está constituida por un grupo pequeño de cerca de 300 especies. Los adultos se reconocen fácilmente por su aspecto verrugoso entre gris y negro y su abdomen aplanado. La familia incluye a tres géneros de los cuales dos están presentes en Norteamérica. El género *Trox* se encuentra ampliamente distribuido en las regiones holártica y etíope y el género *Omorgus* ocurre principalmente en regiones áridas en los continentes del sur. Los adultos y las larvas pueden encontrarse en restos secos de animales muertos, siendo los insectos que abundan en las últimas oleadas de la sucesión, o en nidos de aves y mamíferos, en donde se alimentan de pelo, plumas y piel (Jameson, 2001).

Los trógidos son más diversos en regiones templadas y subtropicales y más comunes en hábitats más secos. Los adultos estridulan al frotar un plectrum localizado en el penúltimo segmento abdominal contra un filo localizado en el margen interno de los élitros (Lawrence & Britton, 1994). Las larvas no estridulan y las especies que consumen carcasas, viven en túneles verticales y cortos por debajo de ellas (Baker, 1968).

2.6.2.2.6. Familia Tenebrionidae

Es una familia de coleópteros muy grande y diversa. En el mundo, actualmente existen cerca de 19,000 especies descritas, repartidas en 2,000 géneros. Es la familia más grande dentro de Coleoptera y ocupa el quinto lugar en número de especies de escarabajos (Triplehorn & Johnson, 2005).

Los adultos de esta familia son muy variables en forma y tamaño, desde alargados a ovales, convexos a aplanados, con vestidura variable y exhibiendo tamaño desde 1 a 60 mm. Las larvas y adultos de esta familia son principalmente saprófagos ó fitófagos; algunos se alimentan de hongos y muy pocos pueden ser depredadores facultativos. Estos pueden encontrarse en una amplia variedad de materia vegetal ó animal en descomposición, incluyendo humus, hojarasca, madera podrida, carroña y excremento (Aalbu *et al.*, 2001).

2.6.2.2.7. Familia *Staphylinidae*

Los miembros de esta familia son escarabajos delgados, alargados y fácilmente reconocibles por tener élitros muy cortos. Los élitros usualmente no son más largos que su anchura combinada, y una porción considerable del abdomen se encuentra expuesta más allá de su ápice. Existen seis o siete esterna abdominales visibles, que los diferencian de los escarabajos de alas cortas en la familia Nitidulidae. Las alas posteriores están bien desarrolladas y cuando están en reposo se doblan bajo los élitros cortos (Newton *et al.*, 2001).

Estos escarabajos son activos y corren o vuelan muy rápido. Cuando corren, frecuentemente levantan la punta del abdomen, como lo hacen los escorpiones. Las mandíbulas son muy largas, delgadas y afiladas y usualmente cruzan en frente de la cabeza. Algunas de las especies más grandes pueden morder cuando se manejan sin cuidado y su mordida puede ser muy dolorosa . La mayoría de estos escarabajos son negros o cafés. Su tamaño es muy

variable, siendo los más grandes de cerca de 25 mm, de longitud (Newton *et al.*, 2001).

Esta es una de las dos familias más grandes de escarabajos, con más de 4,000 especies americanas descritas. Sus miembros viven en una gran variedad de hábitats, aunque probablemente la mayoría se encuentran cerca de materiales en descomposición, particularmente excremento y carroña. También viven debajo de piedras y otros objetos sobre el suelo en los remansos de arroyos y en el litoral, sobre hongos y hojarasca y en nidos de aves, mamíferos, hormigas y termitas. La mayoría de las especies son depredadoras. Las larvas usualmente viven en los mismos lugares y se alimentan de los mismos materiales que los adultos. Algunos son parásitos de otros insectos (Newton *et al.*, 2001).

Los escarabajos de alas cortas que se alimentan de moho (subfamilia Pselaphinae) son pequeños escarabajos amarillentos o cafés que miden de 0.5 a 5.5 mm de longitud (la mayoría de 1.5 mm), que pueden encontrarse bajo piedras o leños, en madera en putrefacción y musgo. Algunos viven en nidos de mamíferos, termitas y hormigas (Triplehorn & Johnson, 2005).

2.6.2.2.8. Familia Nitidulidae

Lo que distingue a los miembros de esta familia son las cavidades procoxales transversas, metacoxas acanaladas, tarsómeros dilatados, cuarto tarsómero pequeño y clava antenal con tres antenómeros (Habeck, 2001).

Los miembros de la familia Nitidulidae son primordialmente saprófagos y micetófagos. Aunque algunos viven sobre flores, la mayoría viven de frutos putrefactos, jugos de plantas en fermentación y de hongos. Los géneros *Nitidula* y *Omosita* se crían sobre carroña (Habeck, 2001).

2.7. Factores que influyen en el proceso de descomposición

Los sistemas de artrópodos carroñeros son modelos informativos y útiles para el estudio del enriquecimiento de nutrientes porque se conoce mucho de sus biología a través de fuentes entomológicas (Hall, 1948; Greenberg, 1971, 1973), ecológicas (Putnam, 1983) y forenses (Smith, 1986; Catts & Haskell, 1990; Byrd & Castner, 2001). Las carcasas de vertebrados como fuentes discretas y efímeras, son substratos ricos en nutrientes para que en ellas se reproduzcan y muestreen poblaciones de microbios, invertebrados y vertebrados (Schoenly & Reid, 1987).

Sólo los invertebrados pueden presentarse en un cadáver en grandes cantidades (Payne & Crosley, 1966). Estos pueden en lo individual o colectivamente iniciar el patrón, proceso y velocidad de la descomposición de los tejidos suaves, producción de calor endógeno, sucesión heterotrófica, licuefacción y desarticulación del esqueleto (Shahid *et al.*, 2003).

La interferencia de la comunidad insectil en el proceso de descomposición ha sido investigada en varios estudios en donde se han usado modelos animales y en algunas ocasiones sobre cadáveres humanos. Algunos de los factores que con mayor frecuencia afectan las estimaciones del intervalo

postmortem (IPM) tales como la temperatura, profundidad de la inhumación y acceso de insectos al cadáver han, sido revisados a profundidad. Tomando en cuenta su actividad y distribución cosmopolita, el orden Diptera es el de mayor interés forense. El conocimiento de los factores que favorecen o inhiben la colonización y el desarrollo de los miembros de Diptera, constituye un prerequisite para la estimación del IPM cuando se usan datos entomológicos (Haglund & Sorg, 1997; Anderson, 2001b).

La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, dentro de los cuales se pueden mencionar a las plantas e invertebrados en donde se incluye a los insectos y nematodos (Wells & Lamotte, 2001). Para desarrollarse, todos estos requieren de cierta cantidad de calor. Esta medida de calor acumulado es conocida como tiempo fisiológico. La cantidad de calor requerida para completar el desarrollo de un organismo determinado no varía ya que la combinación de temperatura (entre umbrales) y el tiempo siempre será el mismo. El tiempo fisiológico generalmente se expresa en unidades llamadas grado-días ($^{\circ}\text{D}$) (Higley & Haskell, 2001).

La temperatura tiene un gran efecto sobre la tasa metabólica y de desarrollo de los insectos. De manera general, dentro de cierto rango de temperaturas, el desarrollo se acelera a medida que se incrementa la temperatura, aunque cuando se presentan temperaturas extremas, estas pueden llegar a ser letales para el insecto. Tanto la temperatura del aire como la exposición a los rayos solares afectarán a la temperatura del cadáver, de tal manera que también afectarán el desarrollo de las larvas de mosca (Catts & Goff, 1992).

Para estimar la edad de las larvas de moscas carroñeras es necesario tomar en cuenta el fuerte efecto de la temperatura sobre el desarrollo de las larvas y poder usar esto para estimar el tiempo de colonización de los restos. Sin embargo, se deberá contar con un conocimiento profundo de la biología de las especies en una región geográfica en particular para tratar de establecer la edad de las mismas. Aunque la acumulación de grados días es un comportamiento especie-específico, debemos reconocer que aunque en la actualidad existe bastante información, es necesario conducir investigaciones sobre los requerimientos de las especies locales antes de tratar de inferir de la información disponible para otras áreas (Byrd & Castner, 2001).

Varias especies de moscas carroñeras han sido estudiadas en diversas partes del mundo como Canadá, Estados Unidos, Sudamérica y Europa para establecer las temperaturas umbrales, así como los grado-días requeridos para su desarrollo desde huevo hasta adulto (p.ej.: Anderson 2000, Byrd & Buttler, 1996, 1997, 1998; Greenberg & Wells, 1998; Byrd & Allen, 2001). En México, se han realizado muy pocos trabajos y casi todos con relación a plagas agrícolas.

2.8. Efecto de compuestos tóxicos sobre los insectos carroñeros

Los productos químicos que se encuentran sobre o dentro de una víctima de homicidio, tales como una sobredosis de droga o algún veneno consumido en un suicidio, pueden tener una gran variedad de efectos sobre los insectos carroñeros. Los procesos de descomposición mediados por insectos pueden

verse acelerados o retrasados, dependiendo de la sustancia en cuestión y en su concentración al momento de verificarse la muerte. La presencia de tales sustancias puede encontrarse al verificar un análisis toxicológico en el tejido de la víctima o en el de los insectos que se alimentan de ella, o por otro tipo de evidencia, como algún recipiente encontrado en la escena del crimen (Goff & Lord, 2001).

Las drogas pueden presentar una gran variedad de efectos sobre la tasa de crecimiento de los artrópodos. Algunas de las drogas que más comúnmente se encuentran en casos en donde se considera a la entomología forense son la morfina, heroína, cocaína y metanfetamina. Las etapas de crecimiento de los insectos proporcionan una base para determinar una causa en ciclos alterados en especies específicas. Una etapa alterada durante el desarrollo puede indicar la presencia de toxinas en la carroña sobre la cual se están alimentando los insectos. Las larvas de mosca son los organismos más comúnmente usados en los trabajos de entomotoxicología, aunque en algunos casos se han podido usar escarabajos y las heces de éstos (Goff & Lord, 1994).

2.9. Factores que afectan a la sucesión de insectos

El desarrollo y comportamiento de los artrópodos son afectados por factores extrínsecos e intrínsecos que aceleran, retardan o anulan la putrefacción. Por tal razón resulta imprescindible que en el sitio donde se produce un hallazgo se recolecte información sobre datos climáticos, tipo de vegetación, topografía del terreno, entre otros. La temperatura, humedad

relativa y precipitación tienen una gran influencia en la duración de los estados de descomposición de un cadáver, así como en la abundancia, diversidad y composición de la fauna sarcosaprófaga. La temperatura y la humedad relativa influyen en la duración de los ciclos de vida de los insectos, ya que son factores extrínsecos que afectan la tasa de descomposición de un cadáver e influyen también en la presencia de ciertas especies de insectos sobre este (Magaña, 2001).

La sucesión de insectos sobre carroña se ve afectada por muchos factores, de entre los que destacan la región geográfica y las estaciones del año. La región geográfica define el habitat, el tipo de suelo, la vegetación existente, las condiciones meteorológicas y la fauna que en ella habita (Anderson, 2001b).

La región tiene un impacto sobre el proceso de descomposición de materia orgánica de origen animal y sobre los tipos y especies de insectos que la colonizan. En regiones templadas, el proceso de descomposición tarda más tiempo que en regiones tropicales y subtropicales (MacGregor, 1999).

Ciertos grupos de insectos arriban y colonizan a la carroña primero (Anderson, 2001b), como es el caso de las especies del orden Diptera (principalmente Calliphoridae y Sarcophagidae), cuyas especies pueden variar en cada región. El trabajo de Reed (1958) reporta que en el estado de Tennessee, los califóridos *Lucilia coeruleiviridis* (Macquart) y *Phormia regina* son las especies dominantes y primeras colonizadoras, mientras que Payne (1965) consigna a *Cochliomyia macellaria* como la primer colonizadora en Carolina del Sur, siendo *Lucilia cuprina* (Wiedemann), *Chrysomya megacephala*

y *C. rufifacies* las primera colonizadoras de carroña en Hawaii (Early & Goff, 1986).

Sin embargo, cada estado o provincia puede contener distintas zonas biogeoclimáticas y la colonización puede variar entre cada una de ellas (Anderson, 2001b). Además, las regiones geográficas ejercen una gran influencia sobre las especies y tiempo de colonización de grupos de insectos. Por ejemplo, los escarabajos derméstidos fueron considerados por mucho tiempo colonizadores tardíos de la carroña (Fuller, 1939; Reed, 1958; Payne & King, 1970; Easton & Smith, 1970; Rodríguez & Bass, 1983; Smith, 1986), aunque en diferentes regiones geográficas esto no sucede (Hewadikaram & Goff, 1991; Early & Goff, 1992; Dillon & Anderson, 1996a; Dillon, 1997).

Los climas con baja humedad y altas temperaturas reducen significativamente la duración de los ciclos de vida de los insectos que colonizan a un cadáver. En estudios realizados en Tennessee, Shahid *et al.* (2003), demostraron diferencias importantes en las tasas de descomposición de cadáveres de cerdo colocados en diferentes localidades. Establecieron que el microclima, el ángulo de incidencia de los rayos solares y las temperaturas diarias en cada ambiente, afectan el desarrollo de las masas de larvas de moscas sarcosaprófagas y por lo tanto cambian la tasa de descomposición. Los cadáveres expuestos al sol se descomponen más rápido que los colocados a la sombra.

El efecto de la altitud sobre especies como *C. vicina* y *L. sericata* ha sido evaluado por varios autores, demostrando que en ciertos lugares estas especies aparecen en distintos periodos estacionales pero que ovipositan

simultáneamente al final de la primavera (Anderson, 2001b). La luz es otro factor que interviene en los procesos de descomposición, pues algunos insectos son atraídos a ella y otros la evaden. Esta conducta se observa en las moscas azules (*Calliphora* spp.), que prefieren condiciones de sombra y en las moscas verdes (*Lucilia* spp.), que prefieren la luz, así como las moscas de la carne (*Sarcophaga* spp.) (Anderson & VanLaerhoven, 1996a).

2.9.1. El efecto de la región geográfica

Además de influir en los grupos y especies de insectos que colonizan carroña, la región geográfica también afecta al tiempo de colonización. En estudios realizados en algunas regiones se reconoce a los derméstidos como colonizadores tardíos (Fuller, 1939; Reed, 1958; Easton & Smith, 1970; Payne & King, 1970; Rodríguez & Bass, 1983; Smith, 1986). Sin embargo, posteriormente, en otras regiones se ha consignado a estos mismos escarabajos colonizando la carroña durante las primeras etapas de descomposición (Early & Goff 1986; Hewadikaram & Goff 1991; Dillon & Anderson 1996; Dillon 1997).

En los cadáveres encontrados al aire libre, es imprescindible recolectar datos como la temperatura, pluviosidad, nubosidad, además de factores como vegetación, arbolado, desniveles del terreno entre otros. Para las escenas en el interior es igualmente necesario anotar temperatura, existencia de calefactores automáticos, posición del cadáver con respecto a las puertas y ventanas, así

como cualquier otro detalle que pueda dar información de cómo y cuándo han llegado los insectos a colonizar un cadáver (Catts & Haskell, 1990).

De igual forma, al comparar los tiempos de colonización de carroña por moscas de la familia Piophilidae varios autores consignan que la región geográfica en donde se realizan estudios de sucesión, ejerce una gran influencia sobre el tiempo de colonización (Johnson, 1975; Smith, 1986; Goff & Flynn, 1991; Anderson, 1995; Dillon & Anderson 1996; Anderson & Van Laerhoven, 1996b).

Por lo anterior, Anderson (2001b) hace hincapié en que se deberán desarrollar bases de datos por cada zona biogeoclimática en donde se pretenda utilizar a los insectos para ayudar en la determinación del intervalo postmortem. Aun cuando se trabaje a cortas distancias de sitios en donde se haya construido bases de datos, puede existir una gran diferencia en el microclima que ejerza un efecto sobre el proceso de descomposición y la colonización de insectos (Cornelison, 1999).

2.9.2. *El efecto de las estaciones*

Las estaciones del año representan una categorización del clima y ejercen gran impacto sobre la flora y fauna de una región geográfica, a la vez que sobre la colonización de los insectos en la carroña. Muchas moscas califóridas varían en presencia y abundancia dependiendo de la estación en la que ocurre la muerte (Johnson, 1975; Goddard & Lago, 1985; Introna *et al.*, 1991; Davies, 1999; Schroeder *et al.*, 2003; Sharanowski *et al.*, 2008).

La abundancia relativa de ciertos insectos es muy importante en diferentes estaciones del año y deberá tomarse en cuenta para realizar estudios de sucesión insectil a través del año, lo cual ayudará a desarrollar bases de datos válidos que incluyan a todas las especies presentes en una región determinada (Anderson, 2001b). Cuando se conoce la estacionalidad de las especies carroñeras en un área en particular, se puede inferir que los insectos constituirán una herramienta valiosa para determinar la estación en que los restos fueron colonizados (Dillon & Anderson, 1995; Anderson & Van Laerhoven, 1996a; Dillon, 1997).

Muy pocos de los estudios de sucesión utilizan más de un modelo animal de observación, por lo que resulta sumamente difícil realizar inferencias de tales estudios en donde no existen repeticiones para una situación en particular. Es prioritario realizar más estudios sucesionales masivos para desarrollar bases de datos más completas y certeras para cada zona geográfica y estación del año (Anderson, 2001b; Sharanowski *et al.*, 2008).

Por todo lo mencionado anteriormente, cualquier estudio de entomología forense deberá considerar el cuidadoso registro y análisis de las condiciones climáticas prevalecientes (temperatura ambiental, humedad relativa, foto periodo, intensidad de los rayos solares, entre otros), de manera que los resultados obtenidos puedan ser comparados con los de otras regiones o localidades.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Sitio de experimentación

El terreno en el que se desarrolló la investigación pertenece al campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicado en el ejido San Antonio de los Bravos, Municipio de la ciudad de Torreón, Coahuila. Dicho terreno se encuentra rodeado de asentamientos urbanos recientes. En la región conocida como Comarca Lagunera, predomina un clima desértico extremoso con muy escasas lluvias durante el verano, con una elevación de 1120 msnm donde se registran precipitaciones anuales de 250 mm, perteneciendo a un área climática denominada Desierto de Chihuahua.

Durante el año 2007 se realizaron tres experimentos, dos que involucraron el uso de siete cerdos completos y uno con dos cabezas de cerdo como necrotrampas. El terreno en el que se establecieron los experimentos se encontraba desprovisto de vegetación, recién barbechado. Para el experimento del ciclo invierno-primavera su lectura con el GPS fue 25°33'25" N, 103°21'57" W, mientras que para la del ciclo verano-invierno fue 25°33'23" N, 103°21'59"W.

3.2. Modelos biológicos

Los dos experimentos en los que se utilizaron carcasas completas de cerdo se establecieron en los periodos estacionales Invierno-Primavera y Verano-Invierno. En cada uno de éstos se utilizaron siete cerdos (*Sus scrofa* L.) con un promedio de 22 kg, sacrificados *in situ* el 19 de febrero y 9 de

octubre del 2007, respectivamente. Estos sirvieron como modelo para simular la descomposición en cadáveres humanos. El sacrificio se realizó con una cuchillada en el corazón, siendo este día marcado como el día cero. Cada cerdo se colocó en una jaula con armazón de varilla de 3/8" de 1.2 m x 0.8 m x 0.5 m recubierta con malla pajarera. Dentro de cada jaula se colocó una especie de camilla construida con malla de criba de 4x4 para poder manipular a los cadáveres.

Una vez colocados los cuerpos de los cerdos sobre la camilla dentro de las jaulas, estas se anclaron al suelo con varillas de 1/4" de 0.60 m de longitud. Cada jaula fue rodeada perimetralmente por un cerco de tarimas de madera (2.5 m x 2.5 m) para evitar que mamíferos carroñeros interfirieran con el proceso de descomposición.

Se colocaron trampas de caída en cada uno de los costados de las jaulas destinadas al Grupo 1 que se describe más adelante; éstas fueron de frascos de vidrio de 1 litro aproximadamente. A cada uno de ellos se les vertía agua hasta la mitad y se les agregaba un poco de detergente líquido para romper la tensión superficial del agua y evitar que los artrópodos que caían pudiesen escapar antes de ser recolectados. El contenido de las trampas se recuperaba en cada visita al experimento.

3.2.1. Agrupación de las unidades experimentales

Los modelos experimentales se dividieron en tres grupos para su estudio. El Grupo 1, formado por cuatro cerdos que se destinaron para la toma de

muestras y colecta de artrópodos, tanto sobre como debajo del cadáver, además de lo que se colectaba en las trampas de caída. El Grupo 2 estaba formado por dos cerdos, que sirvieron para obtener datos de pérdida de biomasa pesándolos con báscula electrónica (Revuelta HS-30K) y para extraer muestras de suelo con el objetivo de conocer la artropofauna del mismo.

Un sólo cadáver constituyó el Grupo 3 que fue designado como testigo. A este no se le movió en lo absoluto, sólo se le tomaban fotografías y se registraban los cambios que presentaba, al igual que los otros cadáveres.

Durante las tres primeras semanas después de la muerte, se hicieron visitas diarias al experimento, durante las cuales a los miembros del Grupo 1 se les recogía el contenido de las trampas de caída y se ponían en frascos con etanol al 70% para conservar los especímenes colectados. Debajo y sobre los cadáveres también se colectaban artrópodos manualmente, que de igual manera se colocaban en alcohol etílico al 70%. Después de la tercera semana las visitas se espaciaron a cada tercer día.

La colecta de larvas de dípteros se hacía sobre los cadáveres, debajo de los mismos, así como en el lodo formado bajo los cuerpos. La mitad de las larvas se conservaban en etanol al 70% y la otra mitad se trasladaba al laboratorio para criarlas hasta el estado adulto para su identificación. Únicamente las larvas criadas en laboratorio fueron usadas para cuantificar a los dípteros que colonizaron las carcasas de cerdo.

3.2.2. *Cría de larvas de Diptera*

Las larvas colectadas se colocaban en frascos de plástico con una toallita húmeda y un trozo pequeño de hígado de res de aproximadamente 15 g para que éstas se alimentaran. A las larvas se les cambiaba el alimento y los recipientes que las contenían de dos a tres veces al día hasta que alcanzaban el estado de prepupa. A partir de entonces se les colocaba en un frasco de vidrio de 1 litro con aserrín para que los especímenes entraran a pupar y completaran su desarrollo hasta el estado adulto.

Una vez que emergían los adultos, estos eran trasladados a una cámara letal que contenía una torunda humedecida con acetato de etilo. Posteriormente, se procedía a montar los adultos con alfileres entomológicos y etiquetarlos para ser identificados. En el cuarto de cría se llevó registro diario de temperaturas máximas y mínimas.

3.2.3. *Determinación de las etapas de descomposición*

Durante todas las visitas al lugar del experimento se tomaba registro por escrito de los cambios ocurridos en el proceso de descomposición, así como de la actividad de los artrópodos en los cadáveres. Además del registro por escrito en la bitácora, se llevaba un registro fotográfico detallado. En el lapso de tiempo de la investigación, se tomaron registros de temperatura (máximas y mínimas) y de precipitación pluvial en la estación climatológica ubicada en el Departamento de Riego y Drenaje de la UAAAN-UL.

3.2.4. *Pérdida de biomasa*

Las dos carcasas de cerdo dentro del grupo dos fueron utilizadas para registrar la pérdida de biomasa en éstos. Las carcasas eran suspendidas para pesarlas con una báscula electrónica (Revuelta HS-30K) y los datos eran registrados en la bitácora.

3.2.5. *Procesamiento de muestras de suelo y análisis*

Las muestras de suelo (250 ml) tomadas inmediatamente por debajo de los cadáveres (perfil 0-0.20 m), fueron procesadas en un Embudo de Berlese bajo una fuente de calor (25 watts) por espacio de 24 horas. La fauna recuperada del suelo se conservó en frascos de vidrio con etanol al 70%.

A cada una de las muestras se les practicaron tres extracciones, separando el material vegetal y suelo y utilizando etanol al 70%, con la ayuda del microscopio estereoscópico. Para la identificación de estas extracciones se hicieron montas de ácaros en laminillas con líquido de Hoyer. Las laminillas fueron colocadas en una estufa a 40°C durante una semana y la identificación a nivel familia fue realizada con la ayuda de microscopio compuesto.

Antes del establecimiento del experimento, se tomaron muestras de suelo para determinar la textura del mismo, siendo este un suelo franco-arcilloso. Estas muestras fueron puestas en embudos de Berlese y todos los artrópodos en ellos fueron observados y cuantificados.

3.2.6. *Cuantificación e identificación de especímenes colectados*

Los especímenes en cada una de las fechas de colecta, se registraron e identificaron a nivel clase, orden, familia, género y en los casos en que se

dispuso de claves taxonómicas a nivel especie utilizando las claves de Whitworth (2006), Shewell (1987), Peterson (1987), McAlpine (1987), para Diptera y de Kovarik & Caterino (2001), Newton *et al.* (2001), Peck (2001), Aalbu *et al.* (2002), Habeck (2002), Jameson (2002), Kingsolver (2002), Opitz (2002) y Navarrete-Heredia *et al.*, (2002) para Coleóptera, así como las contenidas en Triplehorn & Johnson (2005).

3.3. *Experimento con cabezas de cerdo*

Al terminar el experimento del período invierno-primavera, se estableció un experimento con dos cabezas de cerdo, adquiridas en una carnicería con registro TIF. Estas cabezas fueron colocadas el día 2 de mayo del 2007, con la finalidad de coleccionar larvas de primer instar de la familia Sarcophagidae y huevecillos de moscas de la familia Calliphoridae, para tratar de determinar la composición faunística de los dípteros en la estación posterior a la del primer experimento.

3.4. *Participación en Casos de fallecimientos humanos*

El 9 de octubre de 2007, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro signó un convenio General de Colaboración con la Procuraduría General de Justicia del Estado de Coahuila para llevar a cabo proyectos de investigación, apoyo técnico, académico y logístico en materia de entomología forense médico legal. A partir de la firma del convenio señalado, se han estrechado los vínculos de trabajo, sobre todo con el Departamento de Servicios Periciales de la

Procuraduría, quienes han brindado la oportunidad de asistir a dos casos de fallecimientos, uno violento (Caso 1) y otro natural (Caso 2), así como de proporcionar muestras de fauna insectil recuperada de cadáveres humanos para su cría e identificación.

La finalidad de participar en la recolección de fauna insectil proveniente de cadáveres humanos, fue la de verificar si la misma fauna que se recuperó de cadáveres de cerdo es la que coloniza de manera natural a los cadáveres de humanos y contribuir con la elaboración de una base de datos de artrópodos de interés forense para la Comarca Lagunera y posteriormente para todo el Estado de Coahuila.

3.5. Análisis de datos

El presente trabajo fue diseñado para iniciar la elaboración de una base de datos de artrópodos sarcosaprófagos para la Comarca Lagunera y observar el patrón sucesional de dichos artrópodos. En ningún momento se diseñó para ser analizado cuantitativamente. Sin embargo, el número total de artrópodos colectados en cada experimento fue utilizado para calcular los porcentajes que ilustraran la abundancia relativa de clases, ordenes, familias, géneros y especies durante las estaciones estudiadas, y la abundancia relativa de las especies sarcosaprófagas fue determinada calculando el índice de diversidad de Shannon, y comparada entre períodos estacionales utilizando la prueba de *t* de Student.

4. RESULTADOS

El presente trabajo presenta de manera detallada los patrones de descomposición de carcasas de cerdo en los que intervinieron insectos pertenecientes a los ordenes Diptera y Coleoptera para un área urbana del semidesierto de Coahuila. De manera adicional, se presentan dos casos de fallecimientos humanos en los que se participó por invitación del Departamento de Servicios Periciales de la Procuraduría de Justicia del Estado de Coahuila, Laguna I.

4.1. Experimentos con cadáveres completos de cerdo

4.1.1. Etapas de descomposición

Durante los dos experimentos efectuados en los periodos invierno-primavera y verano-invierno, se pudieron determinar cinco etapas de descomposición (Fresco, abotagado, descomposición activa, descomposición avanzada y restos secos). Aunque los periodos evaluados tuvieron una duración similar (Cuadro 1), es importante resaltar que las etapas de descomposición fueron de menor duración en días, a partir de la etapa de abotagado durante el periodo verano-invierno, por efecto de la temperatura ambiental. Las características distintivas, fauna general asociada, así como su duración en días después de la muerte (DDM) se describen a continuación.

Cuadro 1. Duración de las etapas de descomposición de carcasas de cerdo en DDM durante los periodos invierno-primavera y verano-invierno en Torreón, Coahuila.

Periodo estacional	Etapas de descomposición				
	Fresco	Abotagado	Desc. Activa	Desc. Avanzada	Restos secos
Invierno-Primavera	0-1	2-4	5-13	14-29	30-70
Verano-Invierno	0-1	2	3-4	5-10	11-81

4.1.1.1. Experimento invierno-primavera

1^a Muerto fresco (0-1 DDM). Durante esta etapa no existieron olores putrefactos. Desde el momento de la muerte se advirtió una actividad de adultos de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae volando sobre las carcasas.

2^a Abotagado (2-4 DDM). Las carcasas completamente abotagadas (hinchadas) y el ano extruído por efecto de los gases generados por la descomposición. Durante esta etapa se producen cambios en la coloración de la piel. Olor putrefacto. Acuden abundantes adultos de moscas de la familia Calliphoridae, larvas pequeñas de moscas sobre aberturas naturales. Se detectó la presencia de adultos Piophilidae. Adultos de la familia Cleridae alimentándose de larvas de Diptera dentro del pabellón de las orejas. Bajo las carcasas se advirtió gran cantidad de cucarachas, cléridos, arácnidos e isópodos.

3^a Descomposición Activa (5-13 DDM). Cambios en olor, menos intenso aunque putrefacto. Mucho escurrimiento de líquido hacia abajo del cadáver en el suelo con gran actividad de larvas de moscas, isópodos, cucarachas, tijeretas, cléridos y derméstidos. Abundantes masas de larvas de Diptera en cavidades oculares, nariz y abdomen de las carcasas. A los 8 DDM se observó

inicio de migración de larvas de Diptera abandonando las carcasas. Al final de esta etapa ya no se encontraron cucarachas bajo las carcasas.

4^a Descomposición Avanzada (14-29 DDM). La intensidad de lo olores fétidos disminuyó, aún existía humedad bajo las carcasas. La piel se empezó a desprender por estar muy seca; las carcasas deshidratadas pero recubiertas de un material aceitoso. Pérdida de biomasa más gradual. Sobre las carcasas ya no se observaban las masas de larvas de larvas; notoria emergencia de adultos de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae que, una vez desplegadas sus alas, descansan sobre las jaulas y corrales en grandes cantidades. Hay presencia de larvas de Piophilidae en la interface cadáver-suelo. Gran actividad de escarabajos de las familias Cleridae y Dermestidae, así como de individuos de la familia Formicidae. Actividad de Xanates (*Quiscalus mexicanus* Gmelin) alimentándose de moscas tenerales.

5^a Restos secos (30-70 DDM). Descubrimiento y desprendimiento de huesos, piel muy seca; poca humedad bajo las carcasas. El olor a manteca rancia era soportable. El residuo graso sobre las carcasas se solidificó. Bajo las carcasas, el suelo seco con abundantes exuvias de Calliphoridae parasitadas por avispidas de la familia Pteromalidae. Continúa emergencia de sarcófagos y piofilidos. Presencia de estafilinidos, hormigas cosechadoras, histéridos, cléridos, derméstidos, chinches, mantis, arañas, grillos, solífugos, isópodos y ácaros. Abundantes individuos de los grupos mencionados que disminuyen a medida que avanza esta última etapa. De las trampas de caída se recuperaron individuos oportunistas como lagartijas (*Podarcis* sp.). El

término de esta etapa fue marcado por escasa actividad insectil, así como suspensión de pérdida de biomasa.

4.1.1.2. Experimento verano-invierno.

1ª Muerto Fresco (0-1 DDM). Desde el momento de la muerte sobre las carcasas se advirtió la actividad de adultos de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Formicidae sobre las carcasas. No existieron olores putrefactos.

2ª Abotagado (2 DDM). Carcasas completamente abotagadas (hinchadas) con el ano extruído por efecto de los gases generados por la descomposición, cambios en la coloración de la piel (mancha iliaca), con olor putrefacto. Abundante actividad de adultos califóridos, sarcófágidos, múscidos y piofilidos sobre las carcasas. Los formícidos se observaron depredando a larvas de dípteros, así como grandes masas de larvas de dípteros sobre y bajo las carcasas además de derméstidos y dermápteros, bajo las carcasas.

3ª Descomposición Activa (3-4 DDM). El suelo bajo los cadáveres se encontraba húmedo. El olor putrefacto era intenso, los cadáveres presentan desprendimiento de huesos y piel. Presencia de adultos sarcófágidos y múscidos. Abundantes masas de larvas de dípteros sobre los cadáveres. Presencia abundante de formícidos, cléridos, derméstidos e histéridos sobre y bajo, así como alrededor de las carcasas depredando larvas de dípteros. Se observó la migración de larvas de tercer estadio de dípteros.

4ª Descomposición Avanzada (5-10 DDM). El suelo presentó una apariencia grasosa. Continuó el desprendimiento de huesos y piel. El olor putrefacto era menos intenso. Presencia de adultos de múscidos, piofilidos y cucarachas. Se apreciaron larvas de *Chrysomya rufifacies* y prepupas de otros dípteros bajo las carcasas. Se pudieron observar larvas de dípteros enterradas en el suelo debajo de las carcasas. Abundantes adultos y larvas de califóridos (L3), cléridos, derméstidos e histéridos en trampas de caída y bajo las carcasas, así como individuos oportunistas como lagartijas (*Podarcis* sp.) dentro de las trampas de caída.

5ª Restos secos (11-81 DDM). Las carcasas se encontraban momificadas y el suelo seco, apreciando una disminución del olor en los cadáveres. Presencia de adultos de califóridos, sarcófagidos y múscidos sobrevolando las jaulas. Se advirtió la emergencia de califóridos y debajo de las carcasas se observaron larvas de cléridos y derméstidos. Sobre la superficie grasosa del suelo también se observaron cucarachas. Adultos e inmaduros de la familia Forficulidae en trampas de caída y bajo las carcasas. Formícidos depredando a larvas de cléridos y derméstidos. Gran cantidad de Isópoda, Soliphugae (Eremobatidae), Aranea y Orthoptera.

4.1.2. Pérdida de Biomasa

La pérdida de peso sucedió más rápidamente en las carcasas expuestas durante el período verano-invierno que en el período invierno-primavera. Durante el experimento invierno-primavera (Figura 1), la pérdida resultó más

notoria durante los primeros 15 DDM, perdiéndose 23% del peso inicial a los 7 DDM (inicios de la etapa de descomposición activa). A mediados de esta misma etapa (10 DDM) se registró la pérdida del 35% del peso inicial. A mediados de la etapa de descomposición avanzada (21 DDM) se registró una pérdida de peso de 51%, alcanzando el 56% de pérdida al final de esta etapa. El promedio de temperaturas máximas y mínimas durante las primeras cuatro etapas de descomposición fue 30.9° - 13.2° C.

Durante el experimento verano-invierno (Figura 2), se registró una pérdida de 9% durante la etapa de muerto fresco (0-1 DDM), siendo ésta de 18% en la de abotagado (2 DDM). Durante la etapa de descomposición activa se observó pérdida de 36% (4 DDM), mientras que al inicio de la etapa de descomposición avanzada (5 DDM), se observó una pérdida del 60% del peso inicial y del 77% al final de esta misma (10 DDM). Durante las primeras cuatro etapas de descomposición se registró un promedio de temperaturas máximas y mínimas de 33.9° - 18.8° C.

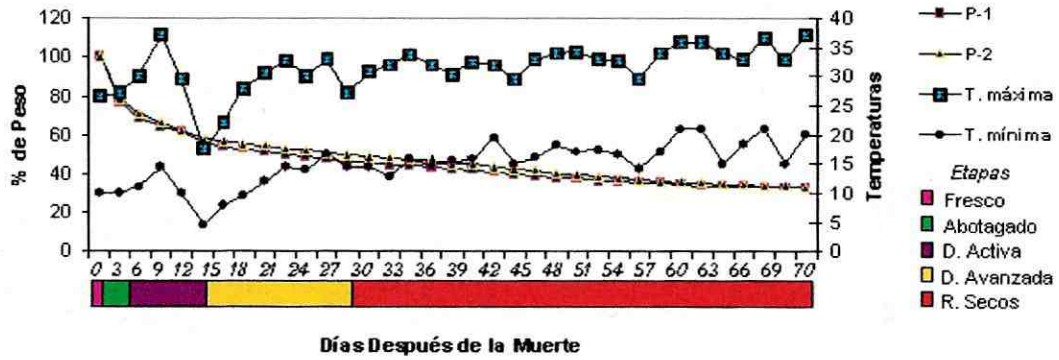


Figura 1. Pérdida de biomasa de dos carcadas de cerdo en Torreón, Coahuila en relación a la temperatura, período invierno-primavera, 2007.

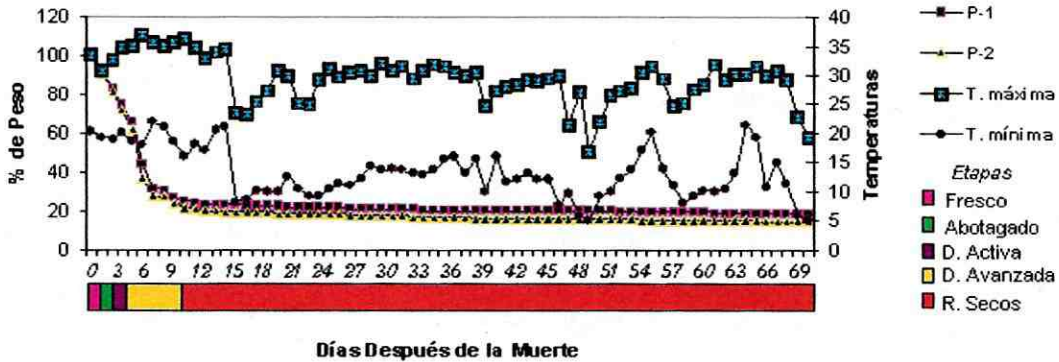


Figura 2. Pérdida de biomasa de dos carcadas de cerdo en Torreón, Coahuila en relación a la temperatura, período verano-invierno, 2007.

4.1.3. Abundancia relativa de clases, ordenes, géneros y especies

La abundancia relativa de especímenes que se presenta a continuación constituye un reflejo del muestreo realizado durante cada período estacional. Sin embargo, no se cuenta con evidencia sólida que apoye la representatividad de estos datos como estimadores de los artrópodos que visitaron y colonizaron las carcadas.

De todos los artrópodos que se observaron y colectaron de los cadáveres de cerdo en descomposición, la clase Hexápoda resultó ser la más abundante durante los dos períodos. Se puede resaltar que ésta clase fue más abundante en el experimento efectuado en el período verano-invierno que en el período invierno-primavera (Figuras 3a y 3b).

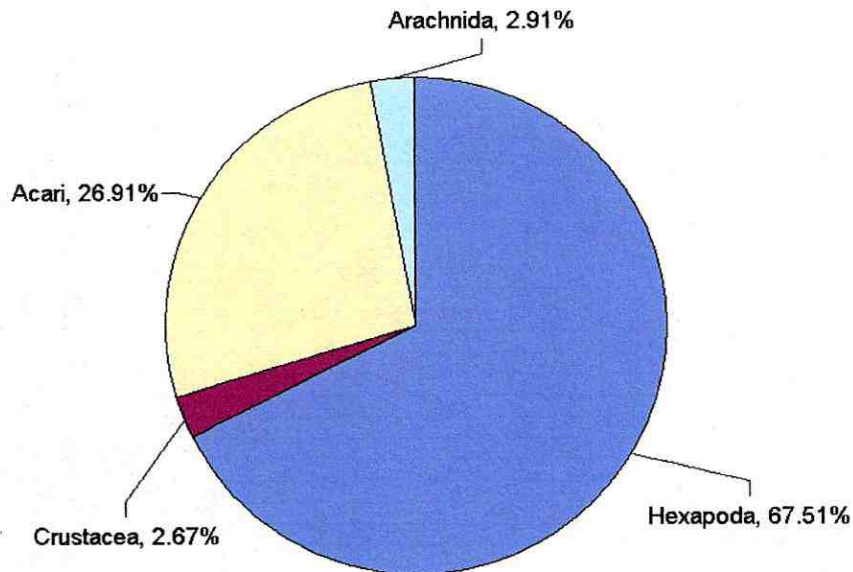


Figura 3a. Abundancia relativa de artrópodos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007.

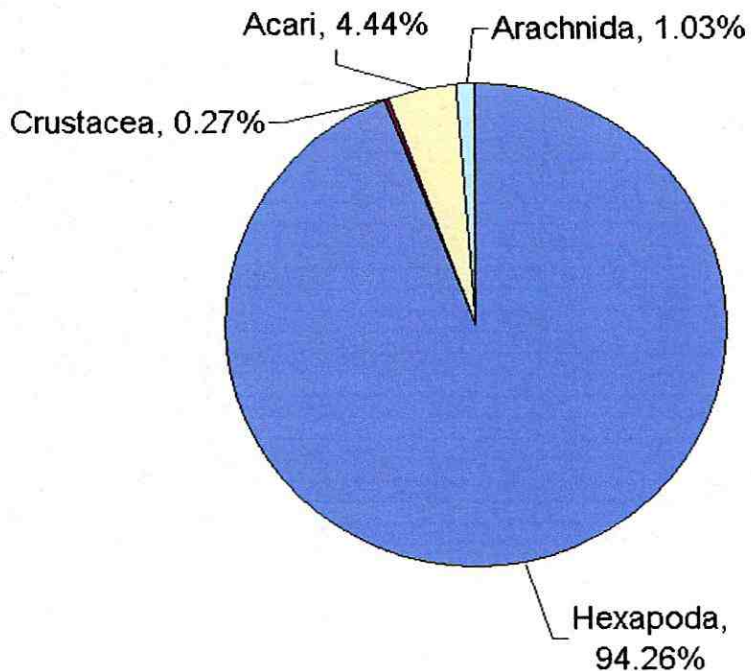


Figura 3b. Abundancia relativa de artrópodos en carcasas de cerdo en Torreón Coahuila durante el período verano-invierno, 2007.

Al observar la abundancia relativa en porcentaje de ordenes de insectos (Figuras 4a y 4b), se puede destacar que para los experimentos en ambos períodos, los más abundantes fueron Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. En el experimento realizado en el período invierno-primavera, el orden más abundante fue Diptera (52.9%), seguido de Coleoptera (35.1%) y de Hymenoptera (7.3%), mientras que en el experimento que se verificó en el período verano-invierno, el orden más abundante resultó ser Hymenoptera (65.79%), seguido de Diptera (21.95%) y de Coleoptera (8.36%).

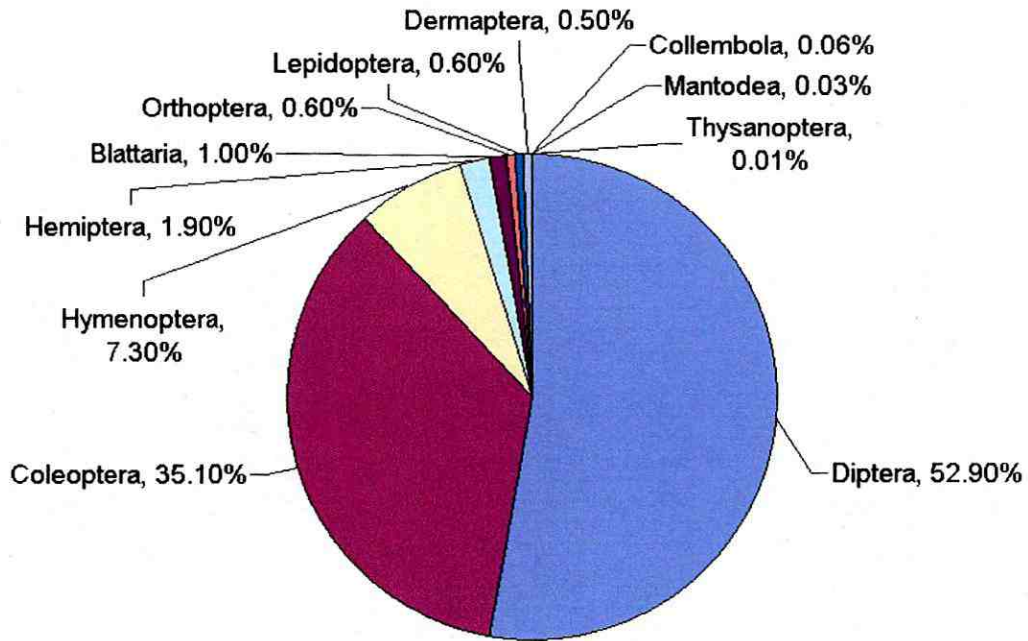


Figura 4a. Abundancia relativa de insectos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007.

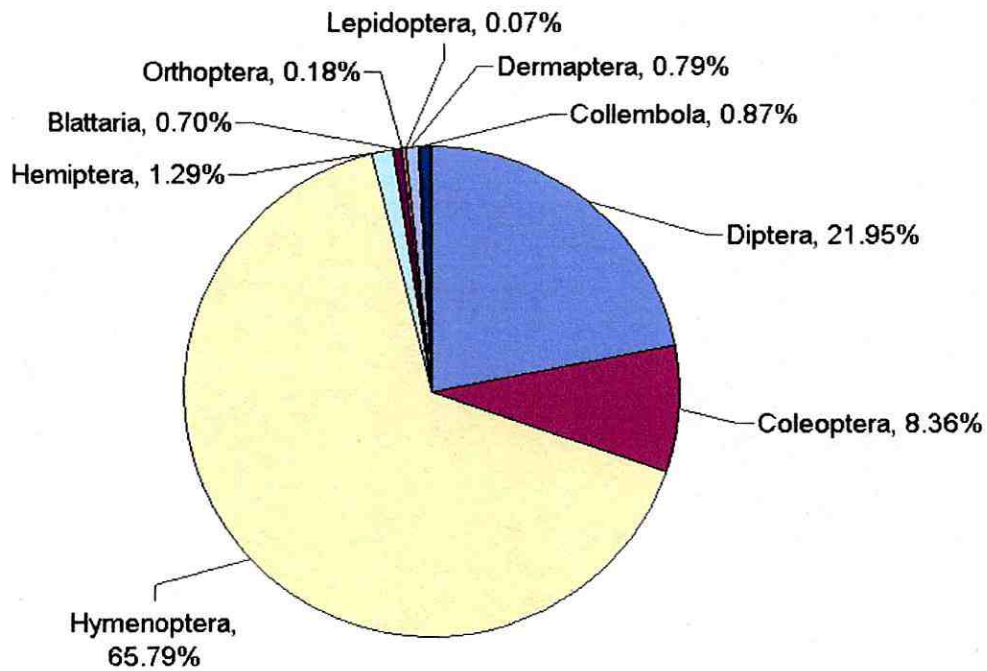


Figura 4b. Abundancia relativa de insectos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano- invierno, 2007.

Las familias de Diptera que fueron colectadas durante los dos períodos estacionales son presentadas en las Figuras 5a y 5b. Cabe destacar que Piophilidae resultó ser la familia más abundante en invierno-primavera, siendo muy reducida su captura durante verano-invierno, mientras que la más abundante en verano-invierno fue Calliphoridae.

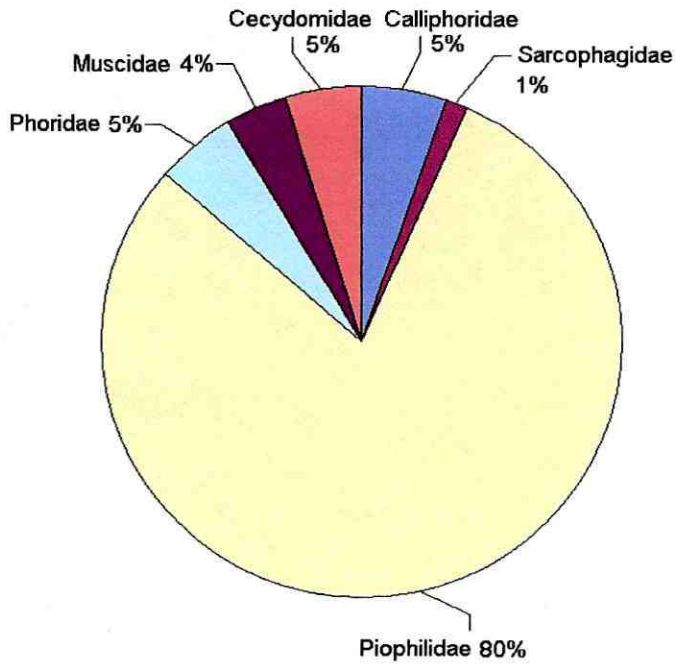


Figura 5a. Abundancia relativa de familias de dípteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007

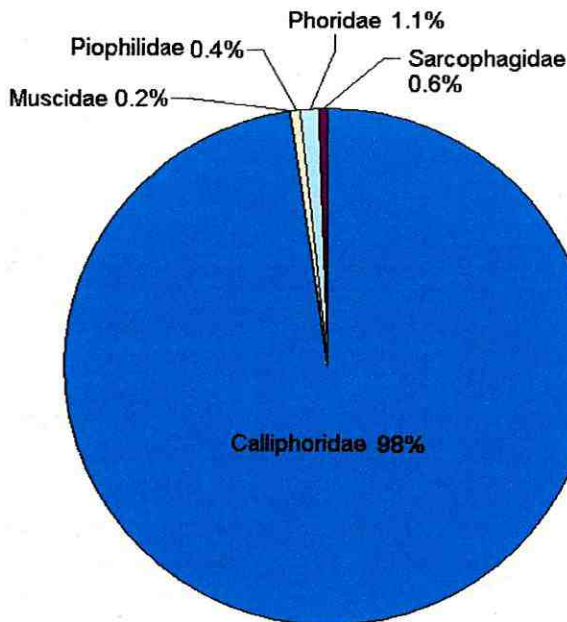


Figura 5b. Abundancia relativa de familias de dípteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007.

Las familias de Coleoptera colectadas en los dos períodos estacionales se presentan en las figuras 6a y 6b, y en ambas las familias más abundantes fueron Cleridae, Dermestidae e Histeridae.

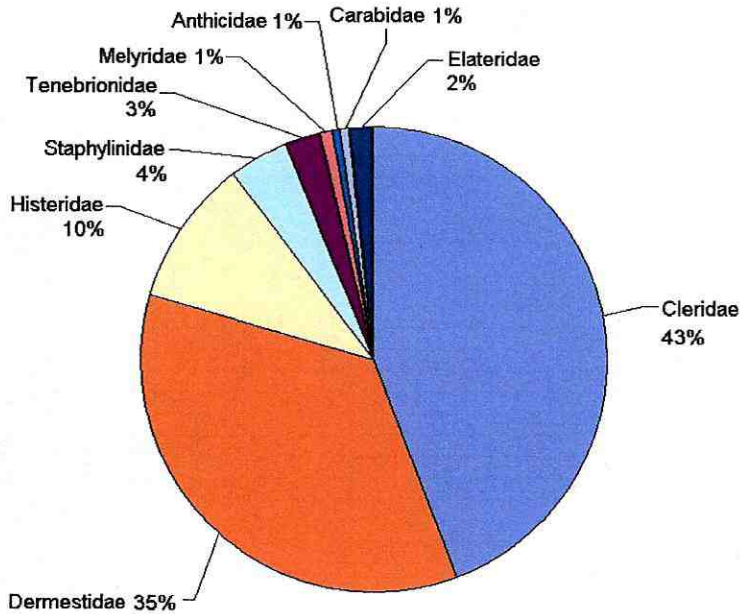


Figura 6a. Abundancia relativa de familias de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007.

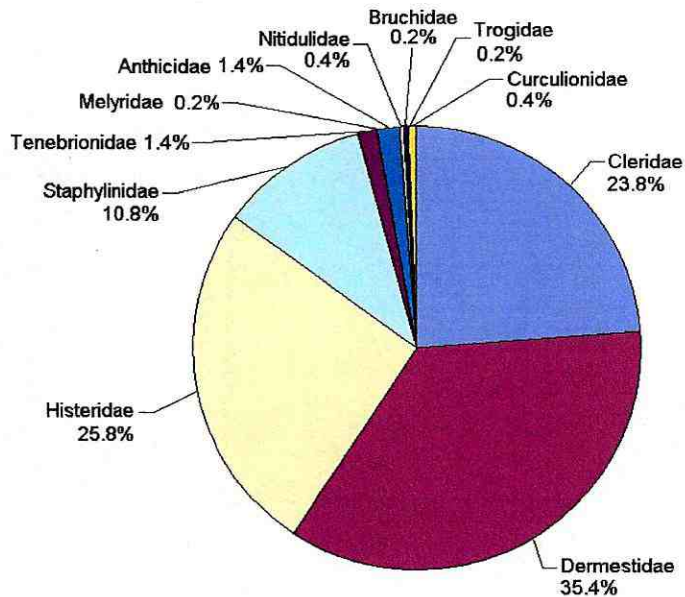


Figura 6b. Abundancia relativa de familias de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007.

Las especies dominantes de la familia Calliphoridae durante el período invierno-primavera resultaron ser *Lucilia sericata* y *Chrysomya rufifacies*, aunque se colectaron y criaron hasta el estado adulto larvas de *L. silvarum*, *L. cuprina* y un espécimen de *C. megacephala* (Figura 7a). Para el período verano-invierno (Figura 7b), la especie dominante fue *Chrysomya rufifacies*, aunque se colectaron individuos de las especies *Cochlyomyia macellaria* (Fabricius), *Lucilia eximia* y *Chrysomya megacephala*.

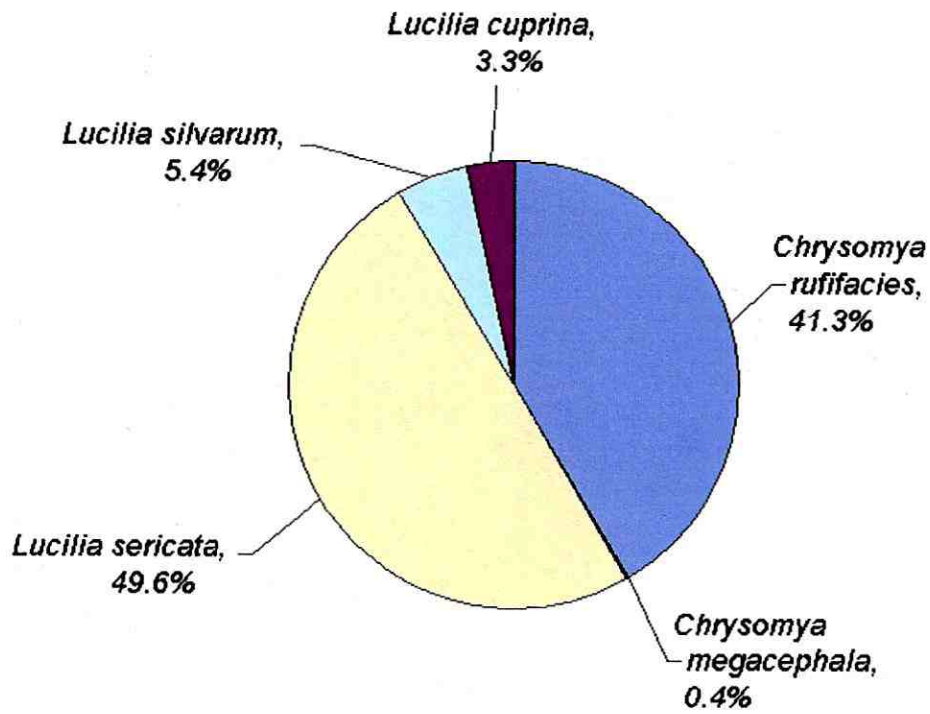


Figura 7a. Abundancia relativa de especies de califóridos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007.

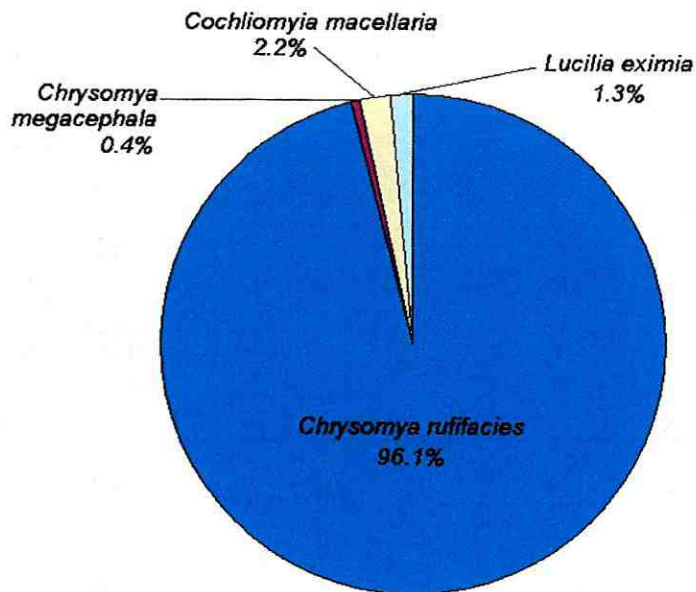


Figura 7b. Abundancia relativa de especies de califóridos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007.

Los individuos pertenecientes a la familia Sarcophagidae fueron identificados a nivel género. Se identificaron cinco géneros en el período invierno-primavera (Figura 8a), mientras que durante verano-invierno sólo se identificaron dos géneros (Figura 8b).

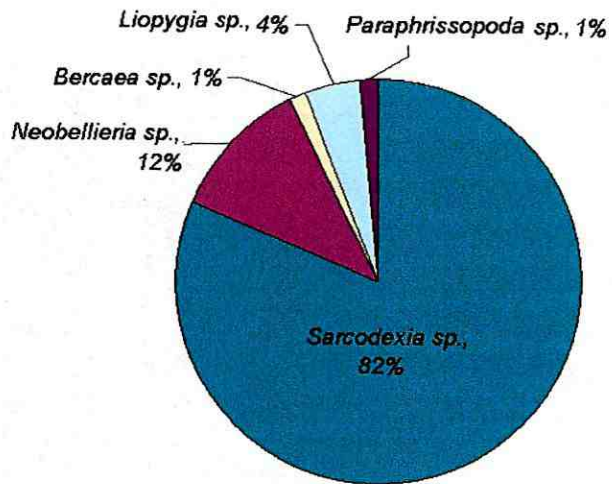


Figura 8a. Abundancia relativa de especies de sarcófágidos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007.

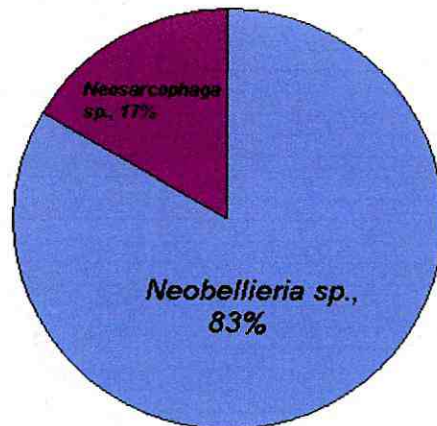


Figura 8b. Abundancia relativa de especies de sarcófágidos en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007.

Los géneros y especies de coleópteros dominantes para ambos períodos fueron *Necrobia rufipes* y *Dermestes* sp. (Figuras 9a y 9b).

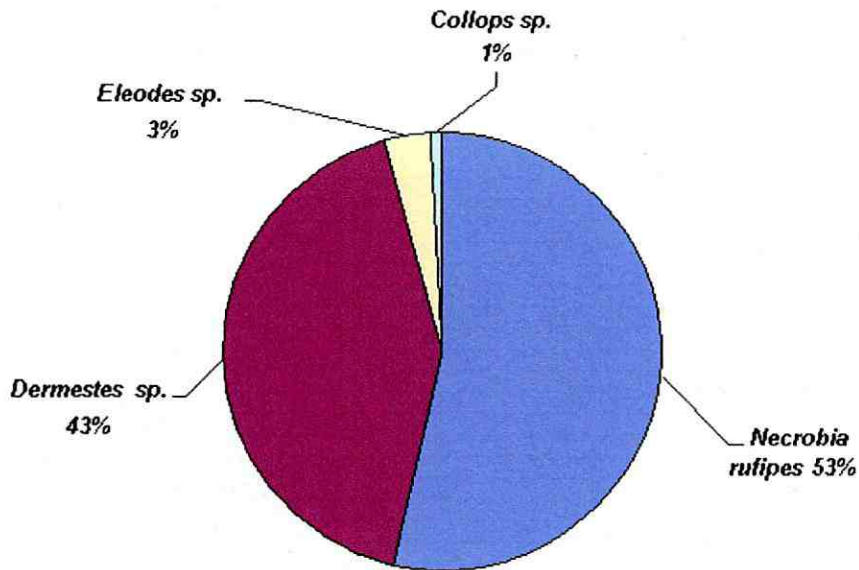


Figura 9a. Abundancia relativa de géneros y especies de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período invierno-primavera, 2007.

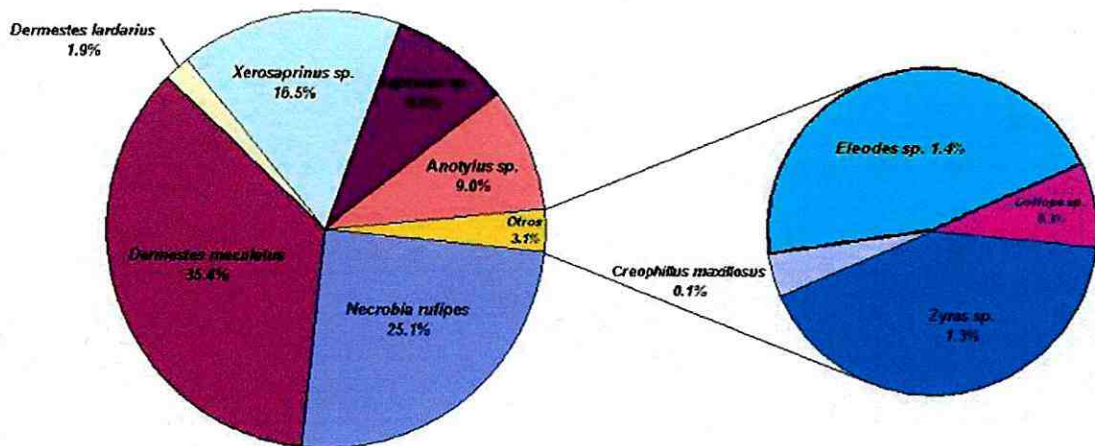


Figura 9b. Abundancia relativa de géneros y especies de coleópteros en carcasas de cerdo en Torreón, Coahuila durante el período verano-invierno, 2007.

4.1.4. Sucesión de artrópodos por etapa de descomposición

4.1.4.1. Sucesión en invierno-primavera

En los resultados de la sucesión se encontró que para el período invierno-primavera (Cuadro 2), la primera oleada de colonizadores estuvo representada por adultos de dípteros de las familias Sarcophagidae, Calliphoridae y en menor proporción, Muscidae. Los individuos aun cuando no fueron colectados, se observaron volando, explorando y ovipositando sobre los cadáveres de cerdo a los pocos minutos (15 min.) de que se produjo la muerte.

En la etapa de abotagado (2-4 DDM), destaca la aparición de adultos de la familia Piophilidae, así como de escarabajos de las familias Cleridae, *Necrobia rufipes* y Dermestidae, *Dermestes* spp. alimentándose de larvas de Diptera, así mismo, bajo las carcasas se advirtió la presencia de un gran número de especímenes de la familia Blattellidae, *Blattella* spp.

Durante la etapa de descomposición activa (5-13 DDM), se consignó la mayor abundancia de masas de larvas de Diptera, principalmente localizadas en la cavidad cefálica y por debajo de las carcasas de cerdo. Estas masas de larvas fueron colectadas y criadas en el Laboratorio de Parasitología-UL para posteriormente identificarlas en el estado adulto. Las larvas de Sarcophagidae pertenecieron a los géneros *Sarcodexia*, *Neobellieria* y *Liopygia*, que resultaron los más abundantes y escasos individuos de los géneros *Tytanogrypa*, *Bercaea*, *Paraphrissopoda*, *Bellieria* y un individuo del género *Anicia*. Las especies dominantes de Calliphoridae resultaron ser *Lucilia sericata* y *Chrysomya rufifacies*. Durante esta etapa se observaron escasos adultos de las familias Histeridae, Staphylinidae y Tenebrionidae, así como hormigas de las especies

Pheidole hyatti (Emery) y *Camponotus festinatus* (Buckley). A finales de esta etapa, se detectaron escasos especímenes de ácaros pertenecientes a la familia Galumnidae.

Durante la etapa de descomposición avanzada empezaron a emerger adultos de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae. De manera temprana, se observaron bajo las carcasas de cerdo abundantes larvas de la familia Piophilidae, fueron consumidas por los adultos de Dermestidae y Cleridae. Por debajo de las carcasas, también se observaron adultos e inmaduros de solífugos del género *Eremobates* en grandes números.

En la etapa final de descomposición (30-70 DDM), se incrementaron los especímenes de familias pertenecientes al orden Coleoptera, dentro de los que destacaron Cleridae, Dermestidae, Histeridae, Staphylinidae y Tenebrionidae, así como las especies de hormigas *Pogonomyrmex rugosus*, *Pheidole hyatti* y *Camponotus festinatus*. Durante la etapa de restos secos las familias de ácaros Dermanyssidae, Macronyssidae y Laelapidae resultaron ser muy abundantes.

Durante todas las etapas de descomposición estuvieron presentes isópodos y dermápteros por debajo de las carcasas de cerdo.

4.1.4.2. Sucesión en verano-invierno

Durante el período verano-invierno (Cuadro 3), la primer oleada de dípteros colonizadores estuvo representada por las familias Calliphoridae, Sarcophagidae, Piophilidae, Phoridae y Muscidae. Durante la etapa de abotagado (2 DDM), se colectaron larvas de las especies *Chrysomya rufifacies*

y *Cochlyomyia macellaria*, *Chrysomya megacephala* y *Lucilia eximia*; siendo las especies dominantes *C. rufifacies* y *C. macellaria*. Así mismo, durante esta etapa se colectaron y criaron sarcófagidos de los géneros *Neobellieria* y *Neosarcophaga*.

A los 2 días después de la muerte, se consignó la presencia de adultos de *Necrobia rufipes*, *Dermestes maculatus* y *Dermestes lardarius* (L.). Por debajo de las carcasas y en las trampas de caída se colectaron escasos adultos de la familia Histeridae (*Saprinus* sp. y *Xerosaprinus* sp.) así como estafilínidos (*Zyras* sp., *Anotylus* sp. y *Creophilus maxillosus* (L.)).

Durante la etapa de descomposición activa (3-4 DDM), de las trampas de caída se recuperó el primer espécimen de la familia Trogidae, *Trox* sp. También durante esta etapa se incrementó la cantidad de especímenes de los ordenes Coleoptera, Dermaptera y de la familia Eremobatidae.

En la etapa de descomposición avanzada (5-10 DDM) se pudo observar la marcada migración de grandes cantidades de larvas de tercer estadio en dirección norte, larvas que presentaron un tamaño reducido. Al abandonar los cadáveres, éstas eran "cosechadas" por hormigas de los géneros *Pogonomyrmex* y *Pheidole*. Durante esta etapa inició la emergencia de adultos de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae y también se recuperó un número creciente de ácaros de las muestras de suelo pertenecientes a las familias Galumnidae, Dermanyssidae, Macronyssidae y Caeculidae de las trampas de caída.

Durante la última etapa de descomposición se verificó la emergencia de adultos de Diptera, así como el aumento de adultos del orden Coleoptera y de ácaros.

A partir de la etapa de abotagado, durante todas las etapas de descomposición subsecuentes se colectaron especímenes de isópodos, Forficulidae, Eremobatidae, Cleridae, Dermestidae, Histeridae, Staphylinidae, Tenebrionidae y Nitidulidae, aunque éstos no fueron tan abundantes como los colectados durante el período invierno-primavera. Durante ninguna de las etapas de descomposición del período verano-invierno se colectaron larvas de la familia Piophilidae.

Cuadro 2. Artrópodos colectados de carcasas de cerdo en una zona urbana abierta del semidesierto Coahuilense en invierno-primavera, 2007.

Etapa	Clase	Orden	Familia	Género o especie	Estado			
Muerto fresco (0-1 DDM)	Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	No se colectaron especímenes, sólo se observaron adultos sobrevolando el cadáver	A			
Abotagado (2-4 DDM)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	<i>Sarcodexia</i> sp.	L			
				<i>Tytanogrypa</i> sp.	L			
				<i>Neobelletia</i> sp.	L			
				<i>Liopygia</i> sp.	L			
				<i>Bercaea</i> sp.	L			
				<i>Bellieria</i> sp.	L			
				Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i> (Meigen)	L, A		
					<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	L, A		
				Muscidae,	No identificados más allá de familia	A		
				Prophoridae,				
				Phoridae				
				Cecidomyiidae	<i>Anaretefla defecta</i> (Winnertz)	A		
				Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A		
				Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)	A		
					<i>Dermestes</i> sp.			
				Histeridae,	No identificados más allá de familia	A		
				Staphylinidae,				
				Elatoridae				
				Hymenoptera	Formicidae	No identificados más allá de familia	A	
				Dermoptera	Forficulidae	No identificados más allá de familia	A	
				Orthoptera	Gryllidae,	No identificados más allá de familia	A	
					Gryllacrydidae			
				Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella</i> sp.	A	
				Collembola	Suborden Arthropleona		A	
				Isopoda			A, Inm	
			Descomposición activa (5-13 DDM)	Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcodexia</i> sp.	L
							<i>Tytanogrypa</i> sp.	L
	<i>Neobelletia</i> sp.	L						
	<i>Liopygia</i> sp.	L						
	<i>Bercaea</i> sp.	L						
	<i>Paraphnissopoda</i> sp.	L						
	<i>Bellieria</i> sp.	L						
	<i>Anicia</i> sp.	L						
	Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i> (Meigen)				L, A		
		<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)				L, A		
		<i>Lucilia silvarum</i> (Meigen)				L		
		<i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann)				L		
		<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)				L		
	Muscidae,	No identificados más allá de familia				A		
	Prophoridae,							
	Phoridae							
	Cecidomyiidae	<i>Anaretefla defecta</i> (Winnertz)				A		
	Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)				A		
	Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)				A, L		
		<i>Dermestes</i> sp.						
	Histeridae,	No identificados más allá de familia				A		
	Staphylinidae,							
	Elatoridae,							
	Tenebrionidae							
	Hymenoptera	Melyridae				<i>Collops</i> sp.	A	
		Formicidae				<i>Pheidole hyatti</i> (Emery)	A	
						<i>Camponotus festinatus</i> (Buckley)	A	
	Hemiptera	Anthracoridae,	No identificados más allá de familia	A, Inm				
		Cydnidae, Nabidae,		A, Inm				
		Tingidae, Reduviidae		A, Inm				
	Dermoptera	Forficulidae	No identificados más allá de familia	A, Inm				
	Orthoptera	Gryllidae	No identificados más allá de familia	A, Inm				
		Gryllacrydidae						
	Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella</i> sp.	A				
	Collembola	Suborden Arthropleona		A				
	Arachnida	Soliphugae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Inm,				
		Arachnida:	No identificados más allá de familia	A				
		Macronyssidae						
		Galumnidae						
Descomposición avanzada (14-29 DDM)	Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcodexia</i> sp.	A, Inm			
						L, A		
				<i>Tytanogrypa</i> sp.	L, A			
				<i>Neobelletia</i> sp.	L, A			
				<i>Liopygia</i> sp.	L, A			
				<i>Bercaea</i> sp.	L, A			
				<i>Bellieria</i> sp.	L, A			
				Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i> (Meigen)	L, A		
					<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	L, A		
					<i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann)	L, A		
					<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	L, A		
				Muscidae,	No identificados más allá de familia	A		
				Phoridae,		A		
	Prophoridae		A, L					
	Cecidomyiidae	<i>Anaretefla defecta</i> (Winnertz)	A					

Cuadro 2. Continuación

Etapa	Clase	Orden	Familia	Género o especie	Estado				
Descomposición avanzada (14-29 DDM) (continuación)	Hexapoda	Coleoptera	Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A				
			Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer) <i>Dermestes</i> sp.	A, L				
			Histeridae, Staphylinidae, Tenebrionidae	No identificados más allá de familia	A				
			Hymenoptera	Melyridae	<i>Collops</i> sp.	A			
				Formicidae	<i>Pogonomymex rugosus</i> (Emery) <i>Pheidole hyatti</i> (Emery) <i>Camponotus festinatus</i> (Buckley)	A A A			
				Hemiptera	Anthocoridae, Nabidae, Tingidae	No identificados más allá de familia	A, Inm		
					Dermoptera	Forficulidae	No identificados más allá de familia	A, Inm	
			Orthoptera	Gryllidae	No identificados más allá de familia	A, Inm			
				Gryllacrydidae	No identificados más allá de familia	A, Inm			
			Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella</i> sp.	A			
		Collembola		Suborden Arthropoona	A				
		Soliphugae		Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Inm			
		Arachnida	Arachnida: Acari	Macronyssidae, Galumnidae	No identificados más allá de familia	A A			
				Crustacea	Isopoda	A, Inm			
		Restos secos (30-70 DDM)	Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcodexia</i> sp. <i>Tytanogrypa</i> sp. <i>Neobolitena</i> sp. <i>Liopygia</i> sp. <i>Bercaea</i> sp. <i>Bolitaria</i>	A A A A A A		
					Calliphoridae	<i>Lucilia senicata</i> (Meigen) <i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart) <i>Lucilia silvarum</i> (Meigen) <i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann) <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A A A A A		
						Muscidae, Phoridae, Piophilidae	No identificados más allá de familia	A A A	
						Coleoptera	Cecidomyiidae Cleridae	<i>Anaretella defecta</i> (Winnertz)	A, L A
							Dermestidae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer) <i>Dermestes maculatus</i> <i>Dermestes</i> sp.	A A A, L
						Histeridae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Anthicidae, Elateridae	Melyridae	<i>Collops</i> sp.	A
							Anthocoridae	No identificados más allá de familia	A, Inm
					Dermoptera	Forficulidae	No identificados más allá de familia	A	
					Hymenoptera	Formicidae	<i>Pogonomymex rugosus</i> (Emery) <i>Pheidole hyatti</i> (Emery) <i>Camponotus festinatus</i> (Buckley)	A A A	
Blattodea	Blattellidae						<i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus) <i>Blattella</i> sp.	A A	
Mantodea	Mantidae						No identificados más allá de familia	A, Inm	
Arachnida	Soliphugae Acari				Eremobatidae, Dermanyssidae, Macronyssidae, Galumnidae, Laelapidae	<i>Eremobates</i> spp. No identificados más allá de familia	A, Inm A A A A		
				Crustacea	Isopoda	A, Inm			

NOTA: — DDM = Días Después de la Muerte, A = adultos, L = larvas, Inm = inmaduro

Cuadro 3. Artrópodos colectados de carcasas de cerdo en una zona urbana abierta del semidesierto Coahuilense en verano-invierno, 2007.

Etapa	Clase	Orden	Familia	Género o especie	Estado		
Muerto fresco (0-1 DDM)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	No se colectaron especímenes, sólo se observaron adultos sobrevolando el cadáver	A		
Abolagado (2 DDM)	Hexapoda	Diptera	Muscidae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A, L		
			Calliphoridae	<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A, L		
Descomposición activa. (3-4 DDM)	Hexapoda	Coleoptera	Phoridae	<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius)	A, L		
			Muscidae	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)	A, L		
			Histeridae	No se identificó más allá de Familia	A, L		
			Staphylinidae	No se identificó más allá de Familia	A, L		
			Tenebrionidae	<i>Xerosaprinus</i> sp.	A		
			Bruchidae	<i>Anotylus</i> sp.	A		
			Anthicidae	<i>Eleodes</i> sp.	A		
			Formicidae	No se identificó más allá de Familia	A		
			Hemiptera	No se identificó más allá de Familia	A		
			Cicadellidae	<i>Pogonomymex</i> sp.	A		
		Reduviidae	No se identificó más allá de Familia	A, Inm			
		Aphididae	No se identificó más allá de Familia	A, Inm			
		Cydnidae	No se identificó más allá de Familia	A, Inm			
		Dermaptera	Forficulidae	<i>Pangaeus</i> sp.	A, Inm		
		Orthoptera	No se identificó más allá de Orden	A, Inm			
		Lepidoptera	No se identificó más allá de Orden	A, Inm			
		Arachnida	Soliphugae	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A	
		Crustacea	Isopoda	No se identificó más allá de Orden	A, Inm		
		Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A, L	
		Descomposición Avanzada (5-10 DDM)	Hexapoda	Coleoptera	Sarcophagidae	<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A, L
					Phoridae	<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius)	A, L
					Piophilidae	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)	A, L
					Phoridae	<i>Neobellieria</i> sp.	A, L
					Cleridae	<i>Neosarcophaga</i> sp.	A, L
					Dermestidae	No se identificó más allá de Familia	A
					Histeridae	No se identificó más allá de Familia	A
					Staphylinidae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A
					Tenebrionidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)	A
					Trogidae	<i>Dermestes</i> sp.	A
				Anthicidae	<i>Xerosaprinus</i> sp.	A	
				Formicidae	<i>Saprinus</i> sp.	A	
				Hemiptera	<i>Anotylus</i> sp.	A	
				Anthoconidae	<i>Creophilus maxillosus</i> (Linnaeus)	A	
Cicadellidae	<i>Eleodes</i> sp.			A			
Aphididae	<i>Trox</i> sp.			A			
Reduviidae	No se identificó más allá de Familia			A			
Cydnidae	No se identificó más allá de Familia			A			
Blattodea	<i>Pangaeus</i> sp.			A, Inm			
Dermaptera	Blatellidae			<i>Pangaeus</i> sp.	A, Inm		
Lepidoptera	Forficulidae			<i>Blatella germanica</i> (Linnaeus)	A, Inm		
Orthoptera	No se identificó más allá de Orden			A			
Arachnida	Soliphugae			Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Inm	
Crustacea	Isopoda			No se identificó más allá de Orden	A, Inm		
Hexapoda	Diptera			Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A	
Descomposición Avanzada (5-10 DDM)	Hexapoda			Coleoptera	Sarcophagidae	<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A
					Piophilidae	<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius)	A
					Phoridae	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)	A
					Muscidae	<i>Neobellieria</i> sp.	A
					Cleridae	<i>Neosarcophaga</i> sp.	A
					Dermestidae	No se identificó más allá de Familia	A, L
					Histeridae	No se identificó más allá de Familia	A, L
					Staphylinidae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A
		Tenebrionidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)		A, L		
		Trogidae	<i>Dermestes lardarius</i> (Linnaeus)		A, L		
		Melyndae	<i>Xerosaprinus</i> sp.	A			
		Nitidulidae	<i>Saprinus</i> sp.	A			
		Bruchidae	<i>Anotylus</i> sp.	A			
		Anthicidae	<i>Zyras</i> sp.	A			
		Curculionidae	<i>Eleodes</i> sp.	A			
		Formicidae	<i>Trox</i> sp.	A			
		Hemiptera	<i>Collops</i> sp.	A			
		Anthoconidae	No se identificó más allá de Familia	A			
		Cicadellidae	No se identificó más allá de Familia	A			
		Cydnidae	No se identificó más allá de Familia	A			
			<i>Pogonomymex</i> sp.	A			
			<i>Pheidole</i> sp.	A			
			No se identificó más allá de Familia	A, Inm			
			No se identificó más allá de Familia	A, Inm			
			<i>Pangaeus</i> sp.	A, Inm			

Cuadro 3. Continuación

Etapas	Clase	Orden	Familia	Género o especie	Estado		
Descomposición Avanzada (5-10 DDM) (continuación)	Hexapoda	Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus)	A, Inm		
		Dermoptera	Forficulidae	No se identificó más allá de Familia	A, Inm		
		Lepidoptera	No se identificó más allá de Orden		A		
		Orthoptera	No se identificó más allá de Orden		A, Inm		
		Soliphugae	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Inm		
	Arachnida	Acari	Galumnidae	No se identificó más allá de Familia	A		
			Caeculidae	No se identificó más allá de Familia	A		
		Crustacea	Isopoda	No se identificó más allá de Orden	A, Inm		
		Resollos secos (11-81 DDM)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A
						<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A
	<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius)				A		
	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)				A		
	<i>Neobellieria</i> sp.				A		
	<i>Neosarcophaga</i> sp.				A		
	No se identificó más allá de Familia				A		
	No se identificó más allá de Familia				A		
	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)				A		
	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)				A, L		
	<i>Dermestes</i> sp.	A, L					
	<i>Xerosaprinus</i> sp.	A					
	<i>Saprinus</i> sp.	A					
	<i>Anolytus</i> sp.	A					
	<i>Zyras</i> sp.	A					
	<i>Eleodes</i> sp.	A					
	<i>Collops</i> sp.	A					
	Nitidulidae	No se identificó más allá de Familia	A				
	Anthicidae	No se identificó más allá de Familia	A				
	Curculionidae	No se identificó más allá de Familia	A				
	Formicidae	<i>Pogonomyrmex</i> sp.	A				
		<i>Pheidole</i> sp.	A				
		No se identificó más allá de Familia	A, Inm				
		No se identificó más allá de Familia	A, Inm				
		No se identificó más allá de Familia	A, Inm				
		No se identificó más allá de Familia	A, Inm				
		No se identificó más allá de Familia	A, Inm				
		<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus)	A, Inm				
		Forficulidae	No se identificó más allá de Familia	A, Inm			
		No se identificó más allá de Orden	A				
		No se identificó más allá de Orden	A, Inm				
		No se identificó más allá de Orden	A				
	Arachnida	Soliphugae	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Inm		
		Acari	Galumnidae	No se identificó más allá de Familia	A		
			Macronyssidae	No se identificó más allá de Familia	A		
			Dermanyssidae	No se identificó más allá de Familia	A		
			Caeculidae	No se identificó más allá de Familia	A		
	Crustacea	Isopoda	No se identificó más allá de Orden	A, Inm			

NOTA: — DDM = Días Después de la Muerte, A = adultos, L = larvas, Inm = inmaduro

4.1.5. Abundancia relativa de ácaros

De manera general, las familias de ácaros colectadas fueron más diversas y abundantes durante el período invierno-primavera que durante el de verano-invierno. Su abundancia fue mayor en las dos últimas etapas de descomposición (Cuadro 4).

Cuadro 4. Familias de ácaros colectadas en invierno-primavera y verano-invierno.

Etapas	Invierno – Primavera					Verano – Invierno			
	1*	2*	3*	4*	5*	2*	3*	4*	5*
Fresco	0	1	0	11	0	0	0	135	2
Abotagado	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D. activa	0	1	0	32	0	0	0	0	1
D. avanzada	1642	290	238	143	2	0	0	38	1
R. secos	543	1527	62	182	0	222	6	296	6

1*= Laelapidae, 2*= Macronyssidae, 3*= Dermanyssidae, 4*= Galumnidae y 5*= Caeculidae

4.1.6. Índices de diversidad biológica de Shannon por etapa de descomposición

Los índices de diversidad biológica de Shannon para cada etapa y período en que se realizaron los experimentos se calcularon tomando en cuenta el número de individuos de cada especie presente por etapa de descomposición. Independientemente del período en que se descompusieron los cerdos, el índice de diversidad biológica aumenta a medida que avanza el proceso de descomposición (Cuadro 5), alcanzando los valores más altos en la etapa de restos secos.

Cuadro 5. Índices de diversidad de Shannon para cada etapa de descomposición en los períodos invierno-primavera y verano-invierno.

Etapa de descomposición	Invierno-Primavera	Verano-Invierno	t_c	$p < 0.01$
Fresco	-----	2.02	0.95	
Abotagado	2.73	2.42		
Descomposición activa	2.99	2.99		
Descomposición avanzada	3.05	3.06		
Restos secos	3.10	3.10		

t de Student $p < 0.01$

4.2. Experimento con cabezas de cerdo

Los especímenes colectados de las cabezas de cerdo fueron más abundantes (193 individuos) para la familia Sarcophagidae y escasos para Calliphoridae (38 individuos). Este cambio en la abundancia de sarcófagos con respecto a califóridos se verificó en primavera (mayo). Los géneros y especies identificados para estas dos familias, así como su abundancia relativa se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Géneros y especies de Sarcophagidae y Calliphoridae colectados de cabezas de cerdo (2) en Torreón, Coahuila, 2007.

Familia	Subfamilia	Especies	No.	% Relativo
Calliphoridae	Chrysominae	<i>Chrysomya megacephala</i>	6	2.60
		<i>Chrysomya rufifacies</i>	1	0.43
	Lucilinae	<i>Lucilia sericata</i>	31	13.42
Sarcophagidae	Sarcophaginae	<i>Sarcodexia</i> sp.	152	65.8
		<i>Neobellieria</i> sp.	34	14.72
		<i>Liopygia</i> sp.	7	3.03

4.3. Casos de estudio 2008

4.3.1. Caso 1, muerte violenta

Durante el período invierno-primavera del 2008 (5 de Marzo), se recuperaron en el Ejido Emiliano Zapata, Municipio de Viesca, Coahuila, restos óseos (cráneo y caja torácica), de un individuo del sexo masculino, de aproximadamente 30 a 35 años, sin pelvis ni extremidades inferiores, quien sufrió una muerte violenta. Dichos restos fueron recuperados de un suelo arenoso.

Con el fin de corroborar si la fauna de insectos sarcosaprófagos es igual tanto en modelos animales como en cadáveres humanos, se realizó una colecta de larvas de dípteros del cráneo de la osamenta mencionada. Una vez abierto el cráneo, se pudo observar que en el interior había una gran masa de larvas de Sarcophagidae en una especie de cieno gris que anteriormente constituyó el cerebro del fallecido (Figura 10) el día 6 de marzo del 2008, obteniéndose lo siguiente:

- Ocho larvas grandes; de las cuales, siete entraron a pupar el mismo día de la colecta en la tarde, debido a que se colectaron como larvas del tercer estadio y una más pupó el día siete de marzo del 2008.
- Seis larvas chicas; al observar una de éstas al microscopio se comprobó que pertenecían a larvas del segundo estadio. Una larva de este grupo murió seca sobre el trozo de hígado del que se alimentaba; sólo se criaron 4 hasta el estado adulto.
- cinco larvas muertas (muy grandes), éstas se encontraban muertas en el interior del cráneo de la osamenta muestreada. Se preservaron en solución de Khale, un medio específico para preservación de inmaduros.
- Dos adultos de Sarcophagidae colectados en la morgue del Hospital Universitario de la Universidad Autónoma de Coahuila.

La muestra con 19 larvas (14 vivas y 5 muertas) de Diptera se recolectó en la cavidad craneal (Figura 11) del cadáver que se había recuperado en el ejido mencionado y que posteriormente fue trasladado al SEMEFO del Hospital Universitario de la Universidad Autónoma de Coahuila ubicado en la Ciudad de Torreón, Coahuila.



Fig. 10. Larvas de Sarcophagidae en cavidad cefálica



Fig. 11. Colecta de larvas sarcófagidas

De las larvas criadas en el laboratorio, se obtuvieron un total de 12 adultos, además de los dos adultos colectados en SEMEFO, los cuales se identificaron utilizando para tal propósito las claves de Shewell, 1987 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Géneros de los especímenes de Sarcophagidae colectados en un cráneo humano el 5 de marzo en el Ejido Emiliano Zapata, Mpio. Viesca, Coahuila, Caso 1.

Género	Estadio colectado	Emergencia	Sexo
<i>Sarcodexia</i>	L ₂	30/03/08	M
	L ₃	30/03/08	M
	L ₃	30/03/08	H
	L ₃	30/03/08	M
	L ₃	29/03/08	H
	L ₃	28/03/08	H
	L ₃	28/03/08	H
	L ₃	28/03/08	H
<i>Oxisarcodexia</i>	L ₂	31/03/08	M
	L ₂	30/03/08	M
	L ₂	30/03/08	M
<i>Neobellieria</i>	L ₃	29/03/08	H
<i>Bercaea</i>	L ₃	29/03/08	M
<i>Liopygia</i>	Adulto	06/03/08	H
<i>Archimimus camatus</i> Reinhard	Adulto	06/03/08	H

H = hembra

L₃ = tercer estadio larval

M = Macho

L₂ = segundo estadio larval



Figura 12. Adultos y casas pupales de sarcófagidos colectados en un cráneo humano en el ejido Emiliano Zapata, Municipio de Viesca Coahuila el 5 de marzo del 2008.

Al coleccionar y criar las larvas de Sarcophagidae del cráneo humano, se logró estimar por medios entomológicos que el cadáver había sido colonizado 12 a 15 días previos al hallazgo, situación que concordó con el cronotanodiagnóstico del médico legista.

4.3.2. Caso 2, muerte no violenta

El 11 de noviembre del 2008, a invitación de Servicios periciales de la Procuraduría Estatal se asistió al reconocimiento cadavérico de un individuo del sexo masculino de 75 años de edad que fue reportado como fallecido dentro de

su domicilio. El occiso fue visto por sus vecinos por última vez con vida dos días antes de que varios miembros de la comunidad (Colonia El Roble, Municipio de Torreón, Coahuila) dieran aviso de su posible deceso.

Al llegar al domicilio, se inspeccionó el cadáver para colectar fauna entomológica sobre el mismo. Aunque se pudieron detectar escasos adultos de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae volando dentro de la casa-habitación, no se recuperaron oviposturas ni larvas sobre el cadáver. La razón fundamental fue que un gran número de hormigas *Solenopsis* sp., se encontraban alimentándose de la epidermis del occiso y probablemente habían consumido cualquier ovipostura sobre el mismo (Figura 13).

La probable causa de muerte fue señalada como consecuencia de una penosa situación de alcoholismo, pudiendo corroborar la pérdida de sangre que antecedió al deceso.



Figura 13. Consumo de epidermis en un cadáver humano por *Solenopsis* sp., noviembre de 2008, en la Colonia El Roble en Torreón, Coahuila.

5. DISCUSIÓN

Debido a las temperaturas ambientales, el proceso de descomposición en los dos períodos estacionales exhibió los mismos cambios morfológicos generales, aunque éstos sucedieron de manera más rápida durante el período verano-invierno que durante invierno-primavera. Estos resultados concuerdan con lo consignado por Sharanowski *et al.* (2008).

La duración de las etapas tempranas del proceso de descomposición fue similar a la consignada por otros investigadores (Centeno *et al.*, 2002; Sharanowski *et al.*, 2008), aunque, siendo el clima de Torreón más cálido y árido que el de Buenos Aires, Argentina y del de Saskatchewan, Canadá, esto influyó para que se verificara una descomposición y deshidratación más rápida de la carroña (Catts & Goff, 1992; Marshenko, 2001)

La etapa de abotagado se verificó en ambos períodos estacionales, dos días después de la muerte (DDM), a partir de la cual todas las etapas subsecuentes se verificaron en menos de la mitad del tiempo en verano-invierno que en invierno-primavera. Varios autores establecen que el final de ésta etapa se ve marcado por la ruptura de la piel, producto de la alimentación de las larvas de Diptera y su consiguiente deflación (Payne, 1965; Rodríguez & Bass, 1983; Early & Goff, 1986; Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Carter *et al.*, 2007). La deflación de las carcasas en los experimentos sucedió como un fenómeno inmediato y no como lo consignado por Sharanowski *et al.* (2008).

Durante la etapa de descomposición activa, se consignó la migración de larvas de Diptera, que abandonaron las carcasas para llevar a cabo la pupación

(Gomes & VonZuben, 2005). Esto concuerda con lo observado por Centeno *et al.* (2002), ocurriendo a los 3 DDM, en el experimento durante verano-invierno y a los 8 DDM en el estudio en invierno-primavera.

La emergencia de adultos de Diptera fue observada a principios de la etapa de restos secos (12 DDM) en el experimento en verano-invierno y a principios de la etapa de descomposición avanzada (15 DDM) en el experimento en invierno-primavera, concordando con lo encontrado por Watson & Carlton (2003) en carroña de cerdo en Tennessee y por Sharanowski *et al.* (2008) en sitios expuestos al sol, respectivamente.

Al considerar la pérdida de biomasa de las carcasas durante los dos períodos estacionales, se puede indicar que ésta ocurrió de manera dramática durante las primeras tres etapas de descomposición. Esta pérdida mencionada por Catts & Goff (1992) se debe a la pérdida de fluidos y a la dispersión de las larvas de Diptera durante el período post-alimenticio.

Al igual que lo hipotetizado por Sharanowski *et al.* (2008), se pensó que la fauna carroñera en un área urbana del semidesierto de Coahuila resultaría ser única al compararla con la de otras regiones geográficas del mundo. Sin embargo, las clases, ordenes y familias de artrópodos más numerosas asociados a carroña, así como su tiempo de colonización son comparables con las de estudios en otras regiones.

Tomando en cuenta su actividad y frecuencia, los insectos son los artrópodos de mayor importancia involucrados en la descomposición de carroña y por ende de mayor relevancia forense (Velázquez, 2008), dentro de ellos destacan los órdenes Diptera, Coleoptera (Payne, 1965; Campobasso *et al.*,

2001; Marshenko, 2001; Watson & Carlton, 2003) e Hymenoptera (Centeno *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2002; Arnaldos *et al.*, 2005; Velázquez, 2008). Deberán tenerse muy en cuenta tanto los factores que afectan directamente al proceso de descomposición como a la colonización de la carroña por parte de éstos, al utilizar sólo los indicios entomológicos para el establecimiento del intervalo postmortem (IPM) (Turner & Wiltshire, 1999).

Dentro del orden Diptera, las familias de interés forense más abundantes resultaron ser Calliphoridae, Sarcophagidae, Piophilidae, Phoridae y Muscidae. Todas estas familias aparecieron en las etapas de descomposición tempranas, lo cual concuerda con los resultados de varios autores (Payne, 1965; Rodríguez & Bass, 1983; Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Anderson, 2001b; Sharanowski *et al.*, 2008).

La fauna carroñera resultó afectada de manera notable por las estaciones. La mayor diversidad del orden Diptera ocurrió durante el período invierno-primavera. Esto concuerda con lo reportado por Sharanowski *et al.* (2008) quienes encontraron una mayor diversidad de Diptera en la primavera. Los especímenes de la familia Calliphoridae colectados y criados, fueron más diversos pero menos abundantes durante el período invierno-primavera que durante verano-invierno que los Sarcophagidae. Estos últimos resultaron más abundantes y diversos en el período invierno-primavera que durante el verano en donde sólo se colectaron y criaron 6 especímenes.

En estudios sobre entomología forense, los principales esfuerzos se encaminan al estudio de la biología de las moscas. La razón de esto radica en el hecho de que las moscas son los primeros insectos que llegan a colonizar un

cadáver, lo cual realizan rápida y simultáneamente, de manera que su composición específica corresponde al grado de descomposición tisular del cadáver y es responsable de alterar a éste en un patrón regular durante el proceso de descomposición (Marshenko, 2001).

Durante el período invierno-primavera, las especies de Calliphoridae más abundantes en el presente estudio fueron *Lucilia sericata* y *Chrysomya rufifacies* en el período verano-invierno. Otras especies menos frecuentes fueron *Lucilia eximia*, *Chrysomya megacephala* y *Cochliomyia macellaria*, siendo éstas las mismas especies colectadas por Pérez (2007) desde julio hasta noviembre en un ambiente urbano en San Nicolás de los Garza, N.L.

Diferentes especies de califóridos se han asociado con diferentes tipos de hábitat, habiendo encontrado que en las áreas urbanas se recolectan diferentes composiciones de especies de las que se han reportado en las áreas rurales, boscosas o en regiones áridas (Anderson, 2001a). Denno & Cothram (1976) mencionan que *Lucilia sericata* fue el califórido dominante en carroña de conejo en Davies, CA, desde junio hasta septiembre. Velázquez (2008) colectó a *Lucilia sericata* de carroña de rata, mientras que Watson & Carlton (2003), la reportan como colonizador temprano en carroña de oso, venado, caimán y puerco, durante la primavera. De igual manera, ésta resultó ser una de las especies dominantes en trampas cebadas con carne de res en Buenos Aires, Argentina (Oliva, 2001).

La preferencia de *Lucilia sericata* por carroña fresca ha sido documentada por trabajos previos (Goddard & Lago, 1985; Hall & Doisy, 1993). Esta especie no fue colectada durante el período verano-invierno, pudiendo ser

reflejo de su alta susceptibilidad a la desecación (Davies & Hobson, 1935; Wall *et al.*, 2001). La ausencia de *Lucilia sericata* durante el verano en nuestro trabajo difiere de lo consignado por Schroeder *et al.* (2003), Hwang & Turner (2005) y Vanin *et al.* (2007).

La cría de larvas en laboratorio se verificó utilizando hígado de res como fuente de alimentación, lo cual pudo haber retrasado el desarrollo de las especies criadas como lo consignan Clark *et al.* (2005). Además de esto, la cría fue mixta, lo cual pudo influir para que *Chrysomya rufifacies* que exhibe un marcado comportamiento depredador, resultara ser una de las especies más abundantes (Aguiar-Coelho & Milward-de-Azevedo, 1998), sobre todo en el período verano-invierno.

Hasta fines de la década de los setenta, las especies *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) y *Chrysomya rufifacies* habían mantenido distribuciones separadas fuera del continente Americano, siendo éstas *C. albiceps* Paleártica y *C. rufifacies* oriental y australasiática (Tantawi & Greenberg, 1993). En 1978, *C. rufifacies* fue descubierta en Costa Rica (Jirón, 1979) y desde entonces se ha consignado su presencia en México (Gagné, 1981; Richard & Ahrens, 1983).

Chrysomya megacephala fue colectada durante ambos períodos estacionales, sin embargo su abundancia resultó ser reducida. Esto difiere de lo encontrado por Gruner *et al.* (2007), quienes sólo la colectaron en la parte central de Florida durante los meses más calientes del año. Tenorio *et al.* (2003) colectaron a *Cochliomyia macellaria*, *Chrysomya rufifacies* y *C. megacephala* de carroña en puerco tanto en sitios rurales como urbanos en el centro de Texas.

Existe un gran número de trabajos de investigación en los que se menciona la presencia de sarcófágidos relacionados con cadáveres humanos (Introna *et al.*, 1998; Goff, 1991; Benecke, 1998; Leclerq, 1997; Oliva, 1997; Anderson, 1995). Romera *et al.* (2003) consideran a las larvas de tercer estadio como consumidores secundarios y Carvalho & Linhares (2001) los consignan como carroñeros asociados a las etapas tardías de descomposición. Sin embargo, Tantawi *et al.* (1996) opinan que estas son moscas carroñeras primarias en zonas de temperaturas altas y regiones tropicales. Más aún, Castillo (2002) menciona que en España, algunos sarcófágidos se comportan como moscas primarias en primavera, acudiendo al cadáver junto con algunos califóridos, mientras que en el verano se comportan como moscas secundarias.

Salviano (1996) y Meneses *et al.* (2008) encontraron una mayor abundancia y diversidad de sarcófágidos en la fase de abotagado en carcasas de puerco, lo cual coincide con los resultados de este trabajo para el período invierno-primavera. Batistelli (2007) menciona que en sus estudios, los dípteros más abundantes fueron los sarcófágidos.

En este trabajo, los géneros de Sarcophagidae fueron moderadamente abundantes sobre las carcasas en el período invierno-primavera y más abundantes que Calliphoridae en las cabezas de puerco. De igual forma, en el caso 1, fueron los únicos insectos recuperados de la cavidad cefálica del occiso, apoyando lo establecido por Tantawi *et al.* (1996) y Castillo (2002).

Al igual que los resultados de varios autores, los miembros de la familia Piophilidae llegaron a colonizar las carcasas durante las etapas tempranas de descomposición (Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Watson & Carlton, 2003;

Sharanowski *et al.*, 2008), siendo los especímenes más abundantes los de Diptera, aunque sus larvas se colectaron hasta la etapa de descomposición avanzada (14 DDM) durante el período invierno-primavera, mientras que en el período verano-invierno, éstos fueron poco abundantes y sus larvas no se recuperaron durante ninguna de las etapas de descomposición.

Las familias más abundantes del orden Coleoptera fueron Cleridae, Dermestidae, Histeridae y Staphylinidae, pudiendo observar que su abundancia fue mayor durante el período invierno-primavera que durante verano-invierno, además de que ésta se incrementó a medida que avanzaba el estado de descomposición de las carcasas. Las dos familias que colonizaron las carcasas más temprano durante la etapa de abotagado, fueron Cleridae y Dermestidae, contrario a lo señalado por Sharanowski *et al.* (2008), quienes sólo colectaron unos cuantos especímenes de *Necrobia rufipes* y reportan a Dermestidae como casi ausente de sus colectas, con un sólo espécimen en la etapa de restos secos, haciendo notar que Campobasso *et al.* (2001) señalan a esta familia como asociada con las etapas más avanzadas de descomposición.

Arnaldos *et al.* (2005), colectaron derméstidos en las etapas tempranas de descomposición, no así a los cléridos a los que colectaron durante las etapas más avanzadas de descomposición. Richardson & Goff (2001), mencionan la llegada de *Dermestes maculatus* entre los días 5 y 11 DDM. Por otro lado, los miembros de estas familias son considerados como los principales colonizadores de carroña en Bhopal por Kulshrestha & Satpathy (2001).

Es oportuno hacer notar que en ninguno de los períodos estacionales se colectaron especímenes de la familia Silphidae, los cuales han sido señalados

por varios autores como los primeros coleópteros en colonizar carroña (Rodríguez & Bass, 1983; Centeno *et al.*, 2002; Sharanowski *et al.*, 2008). La ausencia de estos insectos tal vez obedezca a su gran susceptibilidad a la desecación en condiciones de baja humedad como lo establecen Bedick *et al.* (2006).

Especímenes de la familia Nitidulidae fueron colectados en cantidades muy reducidas y sólo durante el período verano-invierno, lo cual concuerda con lo encontrado por Sharanowski *et al.* (2008) y es contrario a lo reportado por otros autores (Rodríguez & Bass, 1983; Anderson & VanLaerhoven, 1996a). De igual forma, sólo se colectaron 3 especímenes de la familia Trogidae en el período verano-invierno, aunque éstos fueron colectados durante las etapas de descomposición activa y descomposición avanzada, contrario a lo consignado por varios autores que mencionan que estos especímenes son atraídos por los restos secos y se encuentran durante las etapas más avanzadas de la descomposición (Abbott, 1937; Payne & King, 1970; Peterson, 1979; Arnett *et al.*, 1980; Arnett & Jaques, 1981; Castner *et al.*, 1995).

Los histéridos arribaron a las carcasas en la etapa de abotagado en ambos períodos estacionales, lo cual coincide con Rodríguez & Bass (1983) y Sharanowski *et al.* (2008), aunque estos últimos autores mencionan que durante el verano en Saskatchewan, los histéridos no fueron colectados hasta la etapa de restos secos.

El orden Hymenoptera, representado principalmente por la familia Formicidae, resultó ser el tercero en abundancia durante el período invierno-primavera, pero fue el más abundante durante el período verano-invierno. Esto

se contraponen a lo encontrado en la península Ibérica por Martínez *et al.* (2002), quienes colectaron un mayor porcentaje de hormigas durante la primavera (65.59%) que durante el verano (29.55%).

Dentro de la comunidad sarcosaprófaga, los formícidos son considerados uno de los grupos más representativos (Arnaldos *et al.*, 2001), constituyendo un conjunto de los insectos detritívoros y depredadores más importante en la reducción cadavérica de algunos vertebrados (Payne, 1968; Payne & Mason, 1971; Cornaby, 1974; Anderson & VanLaerhoven, 1996a).

Anderson (1995) y Byrd & Castner (2001) mencionan la presencia de hormigas sobre cadáveres humanos sujetos a investigación forense, resaltando que éstas pueden causar daño postmortem al tejido, que pudiese confundirse con quemaduras antemortem, pudiendo inducir a error al investigador forense (Moura *et al.*, 1977). Además mencionan que en ocasiones la tasa de depredación de las hormigas sobre huevos de dípteros puede ser tan grande que la colonización inicial puede retardarse de dos a tres días. Esto fue corroborado en el Caso 2, en donde no se encontraron huevos de Díptera sobre el occiso, por la gran cantidad de hormigas depredándolos sobre el cadáver y lesionando la piel de cara, brazos y torso.

Cornaby (1974) colectó un número considerable de especies de formícidos, siendo las más importantes seis del género *Camponotus* y cinco del género *Pheidole*, siendo los mismos géneros colectados en el presente trabajo.

De manera general, las familias de ácaros colectadas del suelo por debajo de las carcasas de puerco presentaron su mayor abundancia durante las últimas dos etapas de descomposición. Esto ha sido consignado en trabajos

previos (Catts & Haskell, 1990; Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Goff, 2000; Iraola, 2001; Magaña, 2001; Castillo, 2002); por otra parte, el suborden Oribatida al cual pertenece la familia Galumnidae ha sido relacionado con hábitos depredadores y saprófagos (Iraola, 2001).

Al comparar por medio de la prueba de t de Student los índices de diversidad biológica de Shannon para cada etapa de descomposición durante los dos períodos estacionales, no se encontraron diferencias significativas entre éstos. Sin embargo, se pudo establecer que la diversidad tendió a incrementarse a medida que avanzaba el proceso de descomposición, lo cual concuerda con lo señalado por Arnaldos *et al.* (2005) al utilizar el índice de diversidad de Margalef. Es importante resaltar la importancia de realizar más estudios en donde se incluyan todos los períodos estacionales, de manera que podamos comparar los índices de diversidad biológica por etapa de descomposición y estación, ya que Arnaldos *et al.* (2005) mencionan que al analizar sus datos utilizando el índice cuantitativo de Sorenson, observaron mayores similitudes entre primavera y verano y por otro lado entre otoño e invierno.

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el desarrollo de ésta área del conocimiento es la asociación de los datos experimentales y la casuística forense (Amendt *et al.*, 2004). A este respecto, es importante estrechar los lazos de comunicación y cooperación entre las instituciones académicas de investigación y las instancias de procuración de justicia, además de agrupar, organizar y certificar a todos los entomólogos forenses y peritos forenses que

participan en las diversas instancias de procuración de justicia (Pujol-Luz *et al.*, 2008).

El proyecto de colaboración entre la Procuraduría Estatal del Estado de Coahuila de Zaragoza con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, es una de las acciones planteadas que deberán ser emuladas y desarrolladas en el resto de las entidades federativas para asegurar que los conocimientos generados en el campo de la entomología forense pasen a ser una más de las valiosas herramientas adoptadas para ser utilizadas en los foros legales de nuestro país.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que el patrón de descomposición de las carcasas de puerco en un área urbana abierta del semidesierto de Coahuila es el mismo en los dos períodos estudiados, variando sólo la tasa del mismo.

El factor más importante en la determinación de la tasa de descomposición de carroña de puerco durante los dos períodos estacionales fue la temperatura ambiental.

La descomposición de las carcasas de cerdo fue influenciada por las especies sarcosaprófagas que las colonizaron durante los dos períodos estacionales.

La carroña de cerdo se descompuso más rápidamente durante el período verano-invierno que durante invierno-primavera.

Durante los dos períodos estacionales estudiados, las carcasas de cerdo exhibieron los mismos patrones morfológicos de descomposición.

Los índices de diversidad biológica de cada etapa de descomposición fueron similares para los dos períodos estacionales estudiados, aumentando a medida que avanzó el proceso de descomposición.

Algunos de los géneros de moscas de la carne colectados en las carcasas de cerdo fueron recuperados en la misma zona geográfica de un cadáver humano.

Se establece por primera vez una base de datos sobre artrópodos sarcosaprófagos para un área urbana abierta del semidesierto de Coahuila, la

cual deberá de ser complementada con estudios en diferentes hábitats y períodos estacionales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aalbu R.L., C.A. Triplehorn, J.M. Cambell, K.W. Brown, R.E. Somerby & D.B. Thomas. (2002). Tenebrionidae. Arnett R.H. & M.C. Thomas (eds). In: American beetles vol 2. CRC Press. Boca Raton FL. pp.463-509.
- Aarsons S.R., C.R. O'Connor & C.J.P. Gourley (2004). Dung decomposition in temperate dairy pastures. I. Changes in soil chemical properties. Aust. J Soil Res. 42:107-114.
- Abbott C.E (1937). The necrophilous habit in Coleoptera. Bull. Brooklyn Entomol. Soc. 32:202-204.
- Adams Z.J.O & M.J.R. Hall. (2003). Methods used for the killing and preservation of blowfly larvae, and their effect on post-mortem larval length. Forensic Sci. Int. 138:50-61.
- Aguiar-Coelho V.M. & E.M.V Milward-de-Azevedo. (1998). Combined rearing of *Cochliomyia macellaria* (Fabr.), *Chrysomya megacephala* (Fabr.) and *Chrysomya albiceps* (Wied.) (Dipt., Calliphoridae) under laboratory conditions. J. Appl. Ent. 122:551-554.
- Allee W.C., A.E. Emerson, O. Park, T. Park and K.P Schmidt. (1949). Principles of animal ecology. WB Saunders Co., Philadelphia, PA, USA.
- Amendt J., R. Krettek, C. Niess, R. Zehner and H. Bratzke. (2000). Forensic Entomology in Germany. Forensic Sci. Int. 113:309- 314.
- Amendt J., C.P. Campobasso, E. Gaudry, C.Reiter, H.N. LeBlanc and M.J.R Hall. (2006). Best practice in forensic entomology standards and guidelines. Int. J. Legal Med. 121:90-104.
- Amendt J., R. Zehner & F. Reckel. (2007). The nocturnal oviposition behavior of blowflies (Diptera:Calliphoridae) in Central Europe and its forensic implications. Forensic Sci. Int. 175:61-64.
- Amorim J.A. & O.B. Ribeiro. (2001). Distinction among puparia of three blowfly species (Diptera:Calliphoridae) frequently found on unburied corpses. Mem. Inst Oswaldo Cruz. 96:1-4.
- Anderson G.S. (1995). The use of insects in death investigations: an analysis of forensic entomology cases in British Columbia over a five year period, Can. Soc. Foren. Sci. J., 28(4):277-292.
- Anderson G.S (1999). Wildlife forensic entomology: determining time of death in two illegally killed black bear cubs. J. Forensic Sci. 44(4):856-859.
- Anderson G.S. (2000). Minimum and maximum developmental rates of some forensically significant Calliphoridae (Diptera). J. Forensic Sci. 45(4):824-832.
- Anderson G.S.(2001a). Forensic Entomology in British Columbia: A brief history. J. Entomol.Soc.Brit. Columbia. 98:127-135.
- Anderson G.S. (2001b). Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In: Byrd JH & JL Castner (Eds). Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations. CRC Press. Boca Raton, FL. pp. 143-176.
- Anderson G.S. (2005). Forensic Entomology. Minerva Med. Leg. 125:45-60.

- Anderson G.S. & N.R. Huitson. (2004). Myiasis in pet animals in British Columbia: The potential of forensic entomology for determining duration of possible neglect. Special report. Can. Vet. J. 45:993-998.
- Anderson G.S. & S.L. VanLaerhoven. (1996a). Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia, J. Foren. Sci., 41(4):617-625.
- Anderson G.S. & S.L. VanLaerhoven. (1996b). Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia. J. Forensic Sci. 44:31-41.
- Anderson G.S & N.R. Hobishak (2004). Decomposition of carrion in the marine environment in British Columbia, Canada. Int. J. Legal Med. 118:206-209.
- Arnaldos M.I., E. Romera, J.J. Presa, A. Luna & M.D. García. (2001). Studies on seasonal arthropod succession on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. Int. J. Legal Med. 118:197-205.
- Arnaldos M.I., M.D. García, E. Romera, J.J. Presa & A. Luna. (2005). Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. Forensic Sci. Int. 149(1):57-65.
- Arnett R.H. Jr. N. M. Downie & H.E. Jaques. (1980). How to know the beetles. (2nd Ed.). William C. Brown, Dubuque, IA.
- Arnett R.H. Jr. & R.L. Jaques. (1981). Guide to insects. Simon and Schuster, New York.
- Baker C.W. (1968). Larval taxonomy of the Troginae in North America with notes on biologies and life histories (Coleoptera:Scarabeidae). US National Mus. Bull. 279:1-79.
- Baldrige R.S., S.G. Wallace & R. Kirkpatrick. (2006). Investigation of nocturnal oviposition by necrophilous flies in Central Texas. J. Forensic Sci. 51(1):125-126
- Bar M.E., M.P. Damborsky, G. Ávalos, E. Monteresino y E. B. Oscherov. (2005). Fauna de Arthropoda de la Reserva Iberá, Corrientes, Argentina. INSUGEO. Misc. (14): 293-310.
- Batistelli S.N.M. (2007). Dinâmica e variabilidade populacional em dípteros necrófagos: Uma abordagem teórico-empírica. Dissertação (maestrado). Univ. Est. Paulista, Inst. Biociências de Botucatu, Brasil. 74pp.
- Bedick J.C., W.W. Hoback, and M.C. Albrecht. (2006). High water-loss rates and rapid dehydration in the burying beetle, *Nicrophorus marginatus*. Physiol. Entomol. 31:23-29
- Benecke M. (1998). Six forensic entomology cases: description and commentary. J. Forensic Sci. 43:797-805
- Benecke M. (2001). A brief history of forensic entomology. Forensic Sci. Int. 120:2-14.
- Benecke M. & L. Rüdiger. (2001). Child neglect and forensic entomology. Forensic Sci. Int. 120:155-159.
- Benecke M., E. Josephi & R. Zweihoff. (2004). Neglect of the elderly: forensic entomology cases and considerations. Forensic Sci. Int. 146:195-199.

- Bergeret M. (1855). "Infanticide, momification du cadavre. Decouverte du cadavre d'un enfant nouveau-ne dans une cheminee ou il setait momifie. Determnation de l'epoque de la naissance par la presence de nymphes et de larves d'insectes dans le cadavre et par l'etude de leurs metamorphoses." Ann. Hyg. Med. Leg. 4: 442-452.
- Bjornlund L., S. Christensen (2005). How does litter quality and site heterogeneity interact on decomposer food webs of a semi-natural forest? Soil Biol. Biochem. 37: 203-213.
- Blackith R.E. & R.M. Blackith. (1989). Insects infestations of small corpses. J. Nat. Hist. 24:699-709.
- Bourel B., V. Hédouin, L. Martin-Bouyer, A. Bécart, G. Tournel, M. Deveaux, D. Gosset.(1999). Effects of morphine in decomposing bodies on the development of *Lucilia sericata* (Diptera:Calliphoridae). J. Forensic Sci. 44(2):354-358.
- Braack L.E.O. (1981). Visitation patterns of principal species of the insect complex at carcasses in Kruger National Park. Koedoe 24:33-49.
- Braack L.E.O. (1987). Community dynamics of carrion-attendant arthropods in tropical African woodland. Oecologia (Berlin) 72:402-409.
- Byrd J.H. & J.C. Allen. (2001a). The development of the black blow fly, *Phormia regina* (Meigen). Forensic Sci. Int. 120:79-88.
- Byrd J.H. & J.C. Allen. (2001b). Computer modeling of insect growth and its application to forensic entomology. In: Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. CRC, Boca Ratón, FL, USA.pp. 303-329.
- Byrd J.H. & J.F. Buttler. (1996). Effects of temperature on *Cochliomyia macellaria* (Diptera:Calliphoridae) development. J. Med. Entomol.33:901-905.
- Byrd J.H. & J.F. Buttler. (1997). Effects of temperature on *Sarcophaga haemorrhoidalis* (Diptera:Sarcophagidae) development. J. Med. Entomol.35:694-698.
- Byrd J.H. & J.F. Buttler. (1998). Effects of temperature on *Chrysomya rufifacies* (Diptera:Calliphoridae) development. J. Med. Entomol.34:353-358.
- Byrd J.H. & J.L. Castner. (2001). Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. CRC, Boca Ratón, FL, USA. 418pp.
- Campobasso C.P. & F. Introna. (2001) The forensic entomologist in the context of the forensic pathologist's role. Forensic Sci Int 120:132-139
- Campobasso C.P., G. Di Vella & F. Introna. (2001). Factors affecting decomposition and Diptera colonization. Forensic Sci. Int. 120:18-27.
- Carmona-Cadavid S. (2004). Clasificación de los insectos, Entomología en el mundo de los insectos. 9 pp
- Carter D.O. & M. Tibbett. (2003). Taphonomic mycota: fungi with forensic potential. J. Forensic Sci. 48:168-171.
- Carter D.O. & M. Tibbett. (2006). The decomposition of skeletal muscle tissue (*Ovis aries*) in a sandy loam soil incubated at different temperatures. Soil Biol. Biochem. 38:1139-1145.

- Carter D.O., D. Yellowlees & M. Tibbett. (2007). Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*. 94:12-24.
- Carvalho C.J.B. de, P.S. Thyssen, A.X. Linhares & F.A.B. Palhares. (2000). A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 95:135-138.
- Carvalho L.M.L., A.X. Linhares & J.R. Trigo. (2001). Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. *Forensic Sci. Int.* 120(1):140-144.
- Carvalho L.M.L. & A.X. Linhares. (2001). Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. *J. Forensic Sci.* 46:604-608.
- Carvalho C.J.B. de & C.A. Mello-Patiu. (2008). Keys to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Rev. Bras. de Entomol.* 52:390-406.
- Castillo M. M. 2002. Estudio de la Entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). *Sociedad Entomológica Aragonesa* 6:94 pp.
- Castner J.L., J. H. Byrd & J.F. Butler. (1995). Forensic insect field identification cards. Forensic Science Foundation. Colorado Springs, Co.
- Catts E.P. & N.H. Haskell. (1990). *Entomology and death: a procedural guide*. Joyce's Print Shop, Clemson, SC, USA
- Catts E.P. and M.L. Goff. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annu. Rev. Entomol.* 37: 253-272.
- Centeno N., M. Maldonado & A. Oliva. (2002). Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *Forensic Sci. Int.* 126:63-70.
- Cheng K. (1890, Reprinted 1985). *Zhe yu gui jian bu* (Additional cases in the history of Chinese trials. (English Translation). Beijing, Chung-hua Shu Chu.
- Clark K., L. Evans & R. Wall. (2005). Growth rates of the blowfly *Lucilia sericata*, on different body tissues. *Forensic Sci. Int.* 156:145-149.
- Coe M. (1978). The decomposition of elephant carcasses in the Tsavo (East) National Park, Kenya. *J. Arid Environ.* 1:71-86.
- Coe J.I. & W.J. Curran. (1980). Definition and time of death, *Modern legal psychiatry and forensic science*. WJ Curran, AL McGarry & CS Petty (eds). Philadelphia FA. Davies Co.
- Cornaby B.W. (1974). Carrion reduction by animals in contrasting tropical habitats. *Biotropica*. 6:51-63.
- Cornelison J.B. (1999). Microenvironmental effects on the decomposition of pig carrion (*Sus scrofa* L.) and carrion arthropod communities in southeastern Idaho. 51st American Academy of Forensic Sciences Annual Meeting. Orlando FL. USA.

- Costamagna S. R., E. C. Visciarelli, L. D. Lucchi, N. E. Basabe, M. P. Esteban y A. Oliva. (2007). Aportes al conocimiento de los dípteros ciclorrafos en el área urbana de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires), Argentina. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, n.s. 9(1):1-4.
- Davies L. (1999). Seasonal and spatial changes in blowfly production from small and large carcasses at Durham in lowland northeast England. *Medical and Veterinary Entomology*. 13(3):245-251.
- Davies WM & RP Hobson. (1935). Sheep blowfly investigations. I.the relationship of humidity to blowfly attack. *Ann. Appl. Biol.* 22:279-293.
- Davies J.B. & M.L. Goff. (2000). Decomposition patterns in terrestrial and intertidal habitats in Oahu Island and Coconut Island, Hawaii. *J. Forensic Sci.* 45:836-842.
- De Arriba A.V. y S.R. Costamagna. (2006). Desarrollo post-embionario de *Microcerella acrydiorum* (Diptera. Sarcophagidae) bajo condiciones de laboratorio. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 65(1-2): 55-61.
- DeCarvalho L.M.L., P.J. Thyssen, A.X. Linhares & F.A.B. Pilhares. (1999). A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in southeastern Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 95:135-138.
- DeCarvalho L.M.L. & A.X. Linhares. (2001). Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. *J. Forensic Sci.* 46:604-608.
- Deonier C.C. (1940). Carcass temperatures and their relation to winter blowfly populations and activity in the southwest. *J.Econ.Entomol.* 33:166-170.
- DeSouza A.M. & A.X. Linhares. (1997). Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. *Med. Vet. Entomol.* 11:8-12.
- Denno R.F. & W.R. Cothram. (1976). Competitive interactions and ecological strategies of Sarcophagid and calliphorid flies inhabiting rabbit carrion. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 69:109-113.
- Dillon L.C. (1997). Insect succession on carrion in three biogeoclimatic zones in British Columbia, M.Sc. thesis, Department of Biological Science, Simon Fraser University, Burnaby.B.C.
- Dillon L.C. & G.S. Anderson. (1995). Forensic entomology: the use of insects in death investigations to determine the time elapsed since death. Technical report TR-05-95. Canadian Police Research Centre. Ottawa, Ontario, Canada.
- Dillon L.C. & G.S. Anderson (1996). Forensic entomology: a database for insect succession on carrion in Northern and Interior B.C., Technical report TR-04-96, Canadian Police Research Centre, Ottawa, Ontario.
- Early M. & M.L. Goff. (1986). Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of Oahu, Hawaii. *J. Med Entomol.* 23:520-531.
- Easton A.M. and K.G.V. Smith. (1970). Entomology of the cadaver, *Med Sci. Law*, 10:208-215
- Efremov E.A. (1940). Taphonomy: a new branch of paleontology. *Pan-Amer Geol.* 74:81-93.

- Faucherre J., D. Cherix & C. Wyss. (1999). Behavior of *Calliphora vicina* (Diptera:Calliphoridae) under extreme conditions. *J. Insect Behav.* 12:687-690.
- France D.L., C.T. Travis, J.G. Swqanburg, J.W. Lindemann, G.C. Davenport, V. Trammell, C.T. Travis, B. Kondratieff, A. Nelson K. Castellano & D. Hopkinsl (1992). A multidisciplinary approach to the detection of clandestine graves. *J Forensic Sci.* 37:1445-1458.
- Fuentes MA. (2002). La muerte: ¿cuando se produce? (En Línea) <http://www.iverargentina.org/Foro> (F.consulta:12/12/08).
- Fuller, M. E. 1934. The insect inhabitants of carrion: a study in animal ecology, *CSIRO Bull.*, 82:5-62.
- Forbes S.L., B.H. Stuart & B.B. Dent. (2002). The identification of adipocere in grave soils. *Forensic Sci. Int.* 127:225-230.
- Gagné R.J. (1981). *Chrysomya* spp., old world blowflies (Diptera:Calliphoridae), recently established in the Americas. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 27:21-22.
- 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. *Soc. Entomol. Aragonesa* 34:263-269.
- Gill G.J. Decomposition and arthropod succession on above ground pig carrion in rural Manitoba. Technical Report. TR-06-2005. Canadian Police Research Centre, Ottawa. 2005.
- Goff M.L. (1991). Comparison of insect species associated with decomposing remains recovered inside dwellings and outdoors on the island of Oahu, Hawaii. *J. Forensic Sci.* 36:748-753.
- Goff M.L. (1993). Estimation of postmortem interval using arthropod development and successional patterns. *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 12:235-240.
- Goff M.L. (2000). *A fly for the prosecution*. Howard Univ. Press. Cambridge, Massachusetts. Pp 47-49.
- Goff M.L. & M.M. Flynn. (1991). Determination of postmortem interval by arthropod succession: a case study from the Hawaiian islands, *J.Foren. Sci.*, 36:607-614.
- Goff M.L. & W.D. Lord. (1994). Entomotoxicology. A new area for forensic investigation. *Am. J. Foren. Med. Pathol.* 15:51-57.
- Goff M.L. & W.D. Lord. (2001). Entomotoxicology: Insects as toxicological indicators and the impact of drugs and toxins on insect development. In: *Forensic Entomology. The utility of arthropods in legal investigations*. J.H. Byrd and J.L. Castner Editors. CRC Press. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. pp. 331-340.
- Goff M.L., S. Charbonneau and W. Sullivan. (1991). Presence of fecal matter in diapers as potential source of error in estimations of postmortem intervals using arthropod development patterns. *J. Forensic Sci.* 36(5):1603-1606.

- Goddard J. & P.K. Lago. (1985) Notes on blowfly (Diptera: Calliphoridae) succession on carrion in Northern Mississippi. *J Entomol Sci* 20:312-317
- Gomes L. & C.J. Von Zuben. (2005). Postfeeding radial dispersal in larvae of *Chrysomya albiceps* (Diptera:Calliphoridae): implications for forensic entomology. *Forensic Sci. Int.* 155:61-64.
- González L.R. (2007). Las Moscas. Guía científica de Truman Ambiente Ecológico. 40 pp.
- Greenberg B. (1971). Flies and disease, vol.1. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Greenberg B. (1973). Flies and disease, vol.2. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Greenberg B. (1990). Behavior of postfeeding larvae of some Calliphoridae and muscid (Diptera). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 83(6):1210-1214.
- Greenberg B. & J.D. Wells. (1998). Forensic use of *Megaselia abdita* and *M. scalaris* (Diptera:Phoridae): Case studies, development rates, and egg structure. *J. Med. Entomol.* 35:205-209.
- Greenberg B. & J.C. Kunich. (2002). Entomology and the law: Flies as forensic indicators. Cambridge University Press.
- Gruner S.V., D.H. Slone & J.L. Capinera. (2007). Forensically important Calliphoridae (Diptera) associated with pig carrion in rural north-central Florida. *J. Med. Entomol.* 44:509-515.
- Guarín V. E. G. (2005) Insectos de importancia forense asociados a la descomposición cadavérica del cerdo *Sus domesticus*, expuesto a sol, sombra total y sombra parcial, en Mayagüez, Puerto Rico. *Biología. Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.* 136 pp.
- Habeck D.H. (2002). Nitidulidae. Arnett RH & MC Thomas (eds). In: *American Beetles vol 2.* CRC Press. Boca Raton, FL. pp.311-315.
- Haglund W.D. & M.H. Sorg. (1997). Introduction to forensic taphonomy. In: Haglund WD & MH Sorg (eds) *Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains.* CRC Press, Boca Raton, FL, USA pp 1-9.
- Hall D.G. (1948). *The blowflies of North America: The Thomas Say Foundation.* Lafayette, IN, USA.
- Hall R.D. & K.E. Doisy. (1993). Length of time after death: effect on attraction and oviposition or larviposition of midsummer blowflies (Diptera:Calliphoridae) and fleshflies (Diptera:Sarcophagidae) of medicolegal importance in Missouri. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86(5):589-593.
- Haskell N.H. (1989). Calliphoridae of pig carrion in northwest Indiana: a seasonal comparative study. College of Agric. Purdue Univ, Lafayette. 57pp.

- Hewadikaram K.A. & M.L. Goff. (1991). Effect of carcass size on rate of decomposition and arthropod succession patterns, *Am. J. Forensic Med. Pathol.*, 12(3):235-240.
- Higley L.G. & N.H. Haskell. (2001). Insect development and forensic entomology. In: *Forensic Entomology. The utility of arthropods in legal investigations.* In: Byrd JJ & JL Castner (eds) *Forensic Entomology.* CRC Press, Boca Raton, FL, USA pp. 287-302.
- Hopkins D.W., P.E.J. Wiltshire & B.D. Turner. (2000). Microbial characteristics of soils from graves: an investigation at the interface of soil microbiology and forensic science. *Appl. Soil Ecol.* 14:283-288.
- Hwang C. & B.D. Turner. (2005). Spatial and temporal variability of necrophagous Diptera from urban to rural areas. *Med. Vet. Entomol.* 19:379-391.
- Iannacone J. (2003). Artrópofauna de importancia forense en un cadáver de cerdo en el Callao, Perú. *Revista Brasileira de Zoología* 20(1): 85-90.
- Iraola V. (2001). Introducción a los ácaros (II): Hábitats e importancia para el hombre. *Bol SEA.* 28:141-146.
- Illinworth F.J. (1926). Insects attracted to carrion in southern California. *Proc. Hawaiian Entomol.Soc.* 6:397-401.
- Introna Jr. F., B. Altamura, A. Dell'Erba & V. Dattol. (1989). Time since death definition by experimental reproduction of *Lucilia sericata* cycles in growth cabinet. *J. Forensic Sci.* 34:478-480.
- Introna F., Suman T.W., Smialek J.E. (1991) Sarcosaprophagous fly activity in Maryland. *J Forensic Sci* 36:238-243
- Jameson M.L. (2002). Trogidae. Arnett RH & MC Thomas (eds). In: *American Beetles vol 2.* CRC Press. Boca Raton, FL. pp17-19.
- Janzen D.H. (1977). Why fruits rot, seeds mold, and meat spoils. *Am. Natural.* 111:691-713.
- Jasiorowski, H.A. (1993). Manual para el control de la mosca del gusano barrenador del ganado *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) 71pp.
- Jenkinson D.S.(1977). The soil biomass. *NZ Soil News.* 25:213-218.
- Jirón L.F. (1979). Sobre moscas califóridas de Costa Rica (Diptera, Cyclorrapha). *Brenesia* 16:221-222.
- Jirón L.F. & V. M. Cartin. (1981). Insect succession in the decomposition of a mammal in Costa Rica. *J. New York Entomol. Soc.* 89:158-165.
- Johnson, M. D. 1975. Seasonal and microseral variations in the insect populations on carrion, *Am. Midl. Nat.*, 93:79-90.
- Johnston, W. & G. Villeneuve. (1897). On the medico-legal application of entomology. *Montreal Med. J.* 26:81-90.
- Joy J.E., M.L. Herrell & P.C. Rogers. (2002). Larval fly activity on sunlit versus shaded raccoon carrion in southwestern West Virginia with special reference to the black blowfly (Diptera:Calliphoridae). *J. Med. Entomol.* 39:392-397.

- Kingsolver J.M. (2002). Dermestidae. Arnett RH & MC Thomas (eds). In: American beetles vol 2. CRC Press. Boca Raton FL. pp.228-232.
- Kocarek P. (2001). Diurnal patterns of postfeeding larval dispersal in carrion blowflies (Diptera:Calliphoridae). Eur. J. Entomol. 98:117-119.
- Kovarik P.W. & M.S. Caterino. (2001). Histeridae. Arnett RH & MC Thomas (eds). In: American beetles vol 1. CRC Press. Boca Raton FL. pp.212-227.
- Kulshrestha P. & D.K. Satpathy. (2001). Use of beetles in forensic entomology. Forensic Sci. Int. 120:15-17.
- Kun M., A. Kreiter & L. Semenas. (1998). Myasis gastrointestinal humana por *Eristalis tenax*. Revista de Saúde Pública 32(4): 367-369.
- Lane R.P. (1975). An investigation into blowfly (Diptera:Calliphoridae) succession on corpses. J. Nat. Hist. 9:581-588.
- Lawrence J.F. & E.B. Britton. (1994). Australian beetles. Melbourne Univ. Press. 192 pp.
- Lawrence J.F. (1999a). Histeridae. (En Línea). INBio. <http://www.inbio.ac.cr/papers/coleoptera/HISTERIDAE.html> (F.consulta:06/07/2007).
- Lawrence J.F. (1999b). Cleridae. (En Línea). INBio. <http://www.inbio.ac.cr/papaers/coleoptera/CLERIDAE.html> (F.consulta:06/07/2007)
- Leclercq M. (1997). On the entomofauna of a wild boar's cadavers. Bull et Ann. Soc. Royale Belge d'Entomologie. 132:417-422.
- Lerner K.L. & B.W. Lerner (eds). (2006). Decomposition. World of Forensic Science. Gale, Cengage. (En línea). <http://www.enotes.com/forensic-science/decomposition> (F.consulta:04/11/08)
- Liria-Salazar J. (2006). Insectos de importancia Forense en cadáveres de Ratas, Carabobo-Venezuela. Revista Perú Medicina Experta en Salud Pública 22(1): 6 pp.
- López C.L.D. (2006). Miasis. Revista Mexicana Dermatología 50: 94-104.
- Lord W.D. & J.F. Burger. (1984). Arthropods associated with herring gull (*Larus argentatus*) and great black-backed gull (*Larus marinus*) carrion on islands in the Gulf of Maine. Environ. Entomol. 13:1261-1268.
- Lord W.D. & J.R. Stevenson. (1986a). Forensic entomology: The use of insects in the investigation of homicide and untimely death. Prosecutor. 22:41-48.
- Lord W.D. & J.R. Stevenson. (1986b). Directory of forensic entomologists. 2ed. Misc. Publ. Armed Forces Pest Mgt. Board. Washington D.C. 42pp.
- Magaña C. (2001). La entomología forense y su aplicación a la medicina legal. Data de la muerte. Sociedad Entomológica Aragonesa 28: 49-57.
- Marshenko M.I. (2001). Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. Forensic Sci. Int. 120:89-109.
- Martínez M.D., M.I. Arnaldos, E. Romera & M.D. García. (2002). Los Formicidae (Hymenoptera) de una comunidad sarcosaprófaga en un ecosistema mediterráneo. Ann. Biología. 24:33-44.

- MacGregor D.M. (1999). Decomposition of pig carrion in southeast Queensland, Australia, during summer. 51st Am. Acad. of Forensic Sci. Ann. Meeting, Orlando, FL.
- McAlpine J.F. (1987). Piophilidae. JF McAlpine (Ed.) In: Manual of Nearctic Diptera, Vol. 2. Agr. Canada. Biosystematics Research Centre. Ottawa, CA. pp. 845-852.
- McKnight, B.E. (1981). The washing away of wrongs: Forensic medicine in thirteenth century China by Sung T'zu. Ann. Arbor, Center for Chinese Studies, Univ. Mich.
- Mégnin, J.P. (1894). La faune des cadavres: application e l'entomologie a la medicine legale. Encyclopedie Scientifique de Aide-Memoires. Villars, Paris, Masson et Gauthiers.
- Mégnin J.P. (1896). Note sur une collection d'insectes des cadavres intéressants à connaitre au point de vue medico-legal, offerte au Muséum. Bull. Mus. Hist. Nat. 10:187-190.
- Megyesi M.S., S.P. Nawrocki & N.H. Haskell. (2005). Using accumulated degree days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. J. Forensic Sci. 50:618-626.
- Méndez E. (1999). Insectos y otros Artrópodos de Importancia Médica y Veterinaria. Panamá, Panamá, Impresora Pacífico, S.A. Pág.8-26.
- Meneses B. R.M. de, C. Antunez & J.L. Pujol-Luz. (2008). Sarcophagidae (Insecta, Diptera) asociados à decomposição de carcaças de *Sus scrofa* Linnaeus (Suidae) em área de Cerrado do Distrito Federal, Brasil. Ver. Bras. Entomol. 52(4):606-609.
- Morton R.J. & W.D. Lord. (2006). Taphonomy of child sized remains: A study of scattering and scavenging in Virginia USA. J. Forensic Sci. 51:475-479.
- Motter M.G. (1898). A contribution to the study of the fauna of the grave. A study of one hundred and fifty disinterments, with some additional experimental observations. J.N.Y.Entomol.Soc. 6:201-233.
- Moura M.O., C.J.B. de Carvalho & E.L.A. Monteiro Filho. (1977). A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Paraná. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz. 92:269-274.
- Navarrete-Heredia J.L., A.F. Newton, M.K. Thayer, J.S. Asher & D.S. Chandler. (2002). Guia ilustrada para los generos de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Univ. de Guadalajara y CONABIO. México. 401pp.
- Newton A.F., M.K. Thayer, J.S. Ashe & D.S. Chandler. (2001). Staphylinidae. Arnett RH & MC Thomas (eds). In: American beetles vol 1. CRC Press. Boca Raton FL. pp.272-418.
- Nuorteva P. (1974). Age determination of a blood stain in a decaying shirt by entomological means. Forensic Sci. Int. 3: 89-94.
- Nuorteva P. (1977). Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. In: Tedeschi CG, WG Eckert & LG Tedeschi (eds) Forensic Medicine: a study in trauma and environmental hazards. WB Saunders Co., Philadelphia, PA, USA.

- O'Brien R.C., S.L. Forbes, J. Meyer & I.R. Dadour.(2007). A preliminary investigation into the scavenging activity on pig carcasses in western Australia. *Forensic Sci. Med Pathol.* 3:194-199.
- Oliva A. (1997). Insectos de interés forense de Buenos Aires (Argentina). Primera lista ilustrada y datos bionómicos. *Rev. Mus. Arg. Ciencias Nat. Bernardino Rivadavia. Entomología* 7(2):13-59.
- Oliva A. (2001). Insects of forensic significance in Argentina. *Forensic Sci. Int.* 120:145-154.
- Opitz W. (2002). Cleridae. Arnett RH & MC Thomas (eds). In: *American beetles vol 2.* CRC Press. Boca Raton FL. pp.267-280.
- Pape T., M. Wolff y E.C. Amat. (2004). Los califóridos, éstridos, rinofóridos y Sarcófágidos (Díptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) de Colombia. *Biota Colombiana* 5(2): 201-208.
- Payne J.A. (1965). A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology.* 46:592-602.
- Payne J.A. & D.A. Crossley. (1966). Animal species associated with pig carrion. ORNL-TM 1432. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge TN, USA.
- Payne J.A., E.W. King & G. Beinhort. (1968). Arthropod succession and decomposition of buried pigs. *Nature* 219:1180-1181.
- Payne, J. A. & E. W. King .(1970). Coleoptera associated with pig carrion, *J. Lepidop. Soc.*, 23:191-195.
- Payne J.A. & W.R.M. Mason. (1971). Hymenoptera associated with pig carrion. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 73:132-141.
- Peck S.B. (2001). Silphidae. Arnett RH & MC Thomas (eds). In: *American Beetles vol 1.* CRC Press. Boca Raton, FL. pp.268-271.
- Peterson B.V. (1987). Phoridae. JF McAlpine (Ed.) In: *Manual of Nearctic Diptera, Vol. 2.* Agr. Canada. Biosystematics Research Centre. Ottawa, CA. pp. 689-712.
- Perez V, D.D. (2007). Dipteros necrófagos en el área urbana de San Nicolás de los Garza, Nuevo León. UANL, Fac. de Ciencias Biológicas. Tesis Licenciatura. 91pp.
- Pujol-Luz J.R., L.C. Arantes & R. Constantino. (2008). Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008). *Rev. Bras. de Entomol.* 52(4):485-492.
- Putnam R.J. (1978). Patterns of Carbon dioxide evolution form decaying carrion. Decomposition of small mammal carrion in temperature systems. 1. *Oikos.* 31:47-57.
- Putnam R.J. (1983). Carrion and dung: the decomposition of animal wastes. Institute of Biology's Studies in Biology no.156. Edward Arnold. London. UK.
- Reed H.B. (1958). A study of dog carcass communities in Tennessee with special reference to the insects. *Am. Midl. Nat.* 59:213-245.

- Richard R.D. & E.H. Ahrens. (1983). New distribution record for the recently introduced blow fly *Chrysomya rufifacies* (Macquart) in North America. *Southwest. Entomol.* 8:216-218.
- Richards E.N. & M.L. Goff. (1997). Arthropod succession on exposed carrion in three contrasting tropical habitats on Hawaii Islands, Hawaii. *J. Med. Entomol.* 34:328-339.
- Richardson M.S. & M.L. Goff. (2001). Effects of temperature and intraspecific interaction on the development of *Dermestes maculates* (Coleoptera:Dermestidae). *J. Med. Entomol.* 38(3):347-351.
- Roach M. (2003). *Stiff. The curious lives of human cadavers.* WW Norton & Co. Ltd. New York. pp.61-86.
- Romera E., Ma. I. Arnaldos, M.D. García & D. González-Mora. (2003). Los Sarcophagidae (Insecta: Diptera) de un ecosistema cadavérico en el sureste de la Península Ibérica. *Anales de Biología* (25): 49-63.
- Romero-Cabello R, J.T. Sánchez-Vega, J. Tay-Zavala, D. Ruiz-Sánchez & L. Calderón-Romero. (2004). Miasis asociada a síndrome de complejo vascular periférico. *Parasitol. Latinoam.* 59: 159-161.
- Rodríguez J.M. (2003). Del diagnóstico de la muerte en atención primaria: la muerte "doméstica". (En línea). <http://www.peritajemedicoforense.com/index.htm> (F.consulta:15/12/08).
- Rodríguez W.C. & W.M. Bass. (1983). Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in east Tennessee. *J. Forensic Sci.* 28:423-432.
- Rodríguez W.C. & W.M. Bass. (1985). Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. *J. Forensic Sci.* 30:836-852.
- Sagara N. (1995). Association of ectomycorrhizal fungi with decomposed animal wastes in forest habitats: a cleaning symbiosis? *Can. J. Bot.* 73:S1423-S1433.
- Salviano R.J.B. (1996). Sucessão de Diptera Caliptrata em carcaça de *Sus scrofa* L. Dissertação de Mestrado. Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro. 124pp.
- Schoenly K.G. & W.H. Reid. (1987). Dynamics of heterotrophic succession in carrion arthropod assemblages: discrete seres or a continuum of change? *Oecologia (Berl.)* 73:192-202.
- Schroeder H., H. Klotzbach & K. Püschel. (2003). Insects' colonization of human corpses in warm and cold season. *Legal Med.* S372-S374.
- Schroeder H., H. Klotzbach, L. Oesterhelweg & K. Puschel. (2002). Larder Beetles (Coleoptera: Dermestidae) as an accelerating factor for decomposition of a human corpse. *Forensic Sci. Int.* 127(3):231-236.

- Shahid S.A., R.D. Hall, N.H. Haskell, and R.W. Merrit. (1999). *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae) established in the vicinity of Knoxville, Tennessee, USA. *J. Forensic Sci.* 45:896-897.
- Shahid S.A., K. Schoenly, N.H. Haskell, R.D. Hall & W. Zhang. (2003). Carcass enrichment does not alter decay rates or arthropod community structure: A test of the arthropod saturation hypothesis at the anthropology research facility in Knoxville Tennessee. *J. Med. Entomol.* 40(4):559-569.
- Sharanowski B.J., E.G. Walker & G.S. Anderson. (2008). Insect succession and decomposition patterns on shaded and sunlit carrion in Saskatchewan in three different seasons. *Forensic Sci. Int.* 179:219-240.
- Shean B.S., L. Messinger & M. Papworth. (1993). Observations of differential decomposition on sun exposed v. shaded pig carrion in coastal Washington State. *J. Forensic Sci.* 38:938-949.
- Shewell G.E. (1987). Sarcophagidae. J. F. McAlpine (Ed.). In: *Manual of Nearctic Diptera*. Ottawa, CA, Biosystematic Research Center, Research Branch Agriculture Canada. 2: 1159-1186.
- Smith K.G.V. (1975). The fauna succession of insects and other invertebrates on a dead fox. *Entomol. Gaz.* 26:277.
- Smith K.G.V. (1986). *A Manual of Forensic Entomology*, London, Trustees of the British Museum (Natural History) and Cornell University Press.
- Solís M.I. (2007). Las moscas. Museo de Insectos Centro de Investigación en Protección de Cultivos. Escuela de Agronomía. La Nación San José. Costa Rica. 9 pp.
- Souza A.M. & A.X. Linhares (1977). Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in Southeastern Brazil: Relative abundance and seasonality. *Med.Vet.Entomol.* 11:8-12.
- Spennemann DHR & B. Franke. (1995). Decomposition of buried human bodies and associated death scene materials on coral atolls in the tropical Pacific. *J. Forensic Sci.* 40:356-367.
- Swift M.J., O.W. Heal & J.M. Anderson. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific. Oxford.
- Tabor K.L., C.C. Brewster & R.D. Fell. (2004). Analysis of the successional patterns of insects on carrion in southwest Virginia. *J. Med. Entomol.* 41:785-795.
- Tantawi T.I. & B. Greenberg. (1993). *Chrysomya albiceps* and *C. rufifacies* (Diptera:Calliphoridae). Contribution to an ongoing taxonomic problem. *J. Med. Entomol.* 30:646-648.
- Tantawi T.I., E.M. El-Kady, B. Greenberg & I.T.A. El-Ghaffas. (1996). Arthropods succession on exposed rabbit carrion in Alexandria, Egypt. *J. Med. Entomol.* 33:566-580.

- Tarrío J.M., J.M. Gonzalez & S. Balanza. (1995). Curso de formación sanitaria y primeros auxilios en el mar. Soc. Española de Med. Marítima (SEMM). (En línea). <http://www.semm.org/curso/pauxm.html> (F.consulta:10/12/07).
- Tenorio F.M., J.K. Olson & C.J. Coates. (2003). Decomposition studies, with a catalog and description of forensically important blow flies (Diptera:Calliphoridae) in central Texas. *Southwest. Entomol.* 28:37-45.
- Tessmer J.W. & C.L. Meek. (1996). Dispersal and distribution of Calliphoridae (Diptera) immature from animal carcasses in Southern Louisiana. *J. Med. Entomol.* 33:665-669.
- Tibbett M. & D.O. Carter. (2003). Mushrooms and Taphonomy: the fungi that mark woodland graves. *Mycologist* 17:20-24.
- Tibbett M., D.O. Carter, T. Haslam, R. Major & R. Haslam. (2004). A laboratory incubation method for determining the rate of microbiological degradation of skeletal muscle tissue in soil. *J. Forensic Sci.* 49:560-565.
- Tomberlin J.K. & P.H. Adler. (1998). Seasonal colonization and decomposition of rat carrion in water and on land in an open field in South Carolina. *J. Med. Entomol.* 35:704-709.
- Torrez J., S. Zimman, C. Rinaldi y R. Cohen. 2006. *Entomología Forense. Revista del Hospital José María Ramos Mejía* 10(1): 22.
- Torruella J. 1997. Miasis Cutánea por larvas de *Lucilia sericata* (Meigen) en el hombre; reporte de un caso clínico en Barcelona. *Soc. Entom. ICHN-SCL* 9: 151-160.
- Triplehorn C. A. y N. F. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insect.* Belmont, C.A. USA, Peter Marshall. 864 pp.
- Tullis K. & M.L. Goff. (1987). Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on O'ahu Island, Hawai'i. *J. Med. Entomol.* 24:332-339.
- Turner B. & P. Wiltshire. (1999). Experimental validation of forensic evidence: a study of the decomposition of buried pigs in a heavy clay soil. *Forensic. Sci. Int.* 101:113-122.
- Usaquén-Martínez W. & G.P. Camacho. (2004). Ciclo de vida de *Lucilia sericata* (Diptera:Calliphoridae) como primera especie colonizadora presente en hígado humano realizado en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Bogotá 2000. *Revista del INML y CF.* 18(2): 31-36.
- Van den Oever R. (1976). A review of the literature as to the present possibilities and limitations in estimating the time of death. *Med. Sci. Law.* 16:269-276.
- Vanin S., P. Tasinato, G. Ducolin, C. Terranova, S. Zancaner, M. Montisci, S.D. Ferrara & M. Turchetto. (2007). Use of *Lucilia* species for forensic investigations in Southern Europe. *Forensic Sci. Int.* 177(1):37-41.
- VanLaerhoven S.L. & G.S. Anderson. (1999). Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia. *J. Forensic Sci.* 44(1):32-43.
- Vass A.A., W.M. Bass J.D. Wolt, J.E. Foss & J.T. Ammons. (1992). Time since death determinations of human cadavers using soil solution. *J. Forensic Sci.* 37:1236-1253.

- Velázquez Y. (2008). A checklist of arthropods associated with rat carrion in a montane locality of northern Venezuela. *Forensic Sci. Int.* 174:67-69.
- Visciarelli E., S. Costamagna, L. Lucchi & N. Basabe. (2007). Miasis Humana en Bahía Blanca, Argentina. Período 2000/2005. *Neotropical Entomology* 36(4): 605-611.
- Wall R., K.M. Pitts & K.E. Smith. (2001). Pre-adult mortality in the blowfly *Lucilia sericata*. *Med. Vet. Entomol.* 15:328-334.
- Watson E.J. & C.E. Carlton. (2003). Spring succession of necrophilous insects on wildlife carcasses in Louisiana. *J. Med. Entomol.* 40(3):338-347.
- Wells J.D. & L.R. Lamotte. (2001). Estimating the postmortem interval. In: *Forensic Entomology. The utility of arthropods in legal investigations.* Byrd JH & JL Castner (eds). CRC Press. Boca Raton. pp.263-286.
- Willey P. & L.M. Snyder. (1989). Canid modification of human remains: implications for time-since-death estimations. *J. Forensic Sci.* 34:894-901.
- Whitworth T. (2006). Keys to the genera and species of blow flies (Diptera:Calliphoridae) of America North of Mexico. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 108(3):689-725.
- Wolff M., A. Uribe, A. Ortiz & P. Duque. (2001). A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Sci. Int.* 120(1):53-59.
- Yusseff V.S.Z. (2007). Efectos de la temperatura sobre el desarrollo de *Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae), dos especies importantes para la entomología forense en Puerto Rico. *Biología.* Mayagüez, Puerto Rico. 98 pp.

APÉNDICES

Tesis traducida al inglés

**INITIAL STUDY OF INSECTS ON PIG CARRION IN A SEMIDESERTIC AREA
OF COAHUILA**

1. INTRODUCTION

In our search for answers to existential questions, humans have resorted to several tools which have allowed us to thoroughly analyze and systematize empirical knowledge. In the field of biological sciences, knowledge of death as an ineludible phase of all living beings has not constituted an exception. Although the observation, study, and diffusion of this field are as old as civilization, its systematization, support, and number of scholars have increased over the last three centuries.

Within the scope of this field of study, emphasis should be placed on understanding the process of death, from the destruction of the animal biological unit to the exploitation of its remains by other living beings, such as arthropods, capable of profiting from the energy released by this media (Lord & Stevenson, 1986a).

The generation of basic knowledge of necrophagous and necrophilic fauna per geographical zone has allowed for the establishment of parameters that may be used as important evidence to solve judicial problems, and which are increasingly being used and regarded as valid tools for investigating and clarifying criminal cases (Catts & Goff, 1992). This is how the scientific field known as medico legal entomology is flourishing. This sphere of knowledge may still be considered new in our country, where sustained efforts from a number of researchers are building the foundations for its legal field use.

Nutrient decomposition and recycling is an important process in the ecological sphere of our planet. Arthropods, including insects, are some of its main actors (Roach, 2002).

Insects usually are the first organisms arriving at a corpse after death occurs, and they colonize it in a predictable sequence. The body passes through a sequence of decomposition stages, from fresh cadaver to skeleton. During decomposition, it undergoes dramatic physical, biological, and chemical changes (Van den Oever, 1976; Coe & Curran, 1980).

Each of these decomposition stages attracts different groups of sarcosaprophagous arthropods, mainly insects. Some species are attracted directly by the corpse, as food or as an oviposition medium, while others are drawn to the food source constituted by the great aggregation of other insects (Anderson, 2001a).

At present, in several parts of the world there are studies designed to learn the sequence followed in the corpse colonization process by some of the main forensically important arthropods (Byrd & Castner, 2001). It is known that these arthropods present a predictable colonization pattern after the involved species, as well as their life cycles, have been determined. This kind of research is valuable not only to complement homicide investigations, but also from an ecological perspective, under which we may recognize the main actors in the organic matter decomposition and recycling process for such matter to be used by other organisms, such as plants (Byrd & Castner, 2001).

As it is a field of knowledge which has only recently become applicable to criminal investigation worldwide, forensic entomology has not been explored in Mexico. At present, the forensic entomology line of investigation is beginning to yield its first fruits, which will allow the use of insect evidence to aid in crime clarification, particularly those crimes involving violence. This opens a window of opportunity for the study of sarcosaprophagous insects in a geographical zone, a field regarded as unexplored from the justice procurement perspective.

Based on the above, the following work hypothesis may be formulated:

The succession of sarcosaprophagous insect species which assist in decomposing pig carrion in a semi-desert zone matches a pattern comparable to that of other biogeoclimatic zones of the world.

OBJECTIVES

To know and determine the duration of decomposition stages in pig carcasses in an open urban area of the Coahuilan semidesert.

To know and identify the insect species which colonize and assist in decomposing pig carrion in each stage of decomposition in an open urban area of the Coahuilan semidesert.

To determine biomass loss in each decomposition stage due to pig carrion sarcosaprophagous insect colonization and succession.

To compare insect fauna found on pig carrion to those found on human corpses.

2. LITERATURE REVIEW

2.1. Forensic entomology

Forensic entomology is one of the forensic sciences which has become very popular during the last three decades; this is the reason why many people regard it as a new forensic science. On the contrary, it has a long history with its first recorded case dating back to 10th and 13th century China (MackKnight, 1981; Greenberg & Kunich, 2002).

By understanding insect biology, forensic entomology provides evidence applicable to civil and criminal cases, which has been used and accepted in legal forums throughout the world. This forensic science has been classified into medicolegal, urban, and stored-product forensic entomology (Anderson, 2001b). Medicolegal forensic entomology distinguishes itself from the others, because its evidence standards are governed by penal law, while the other two are governed by civil law, with less stringent evidence standards. Forensic science possesses a strong interdisciplinary character; hence, forensic entomology derives from veterinary science, medicine, ecology, physiology, plant protection and taxonomy (Catts & Goff, 1992).

Forensic entomology is the study of insects and other arthropods within a legal context, in most cases to assist in criminal investigations by interpreting entomological evidence in cases where the time of death has not been established, although it may also be applied to cases of food contamination, unlawful commodity importation, fraud, wildlife illegal slaughter, as well as neglect of children, elders, or disabled individuals (Anderson, 1995, 1999, 2001b; Benecke & Rüdiger, 2001; Benecke *et al.*, 2004). The key issue of forensic entomology in a criminal investigation is the postmortem interval (PMI) estimate, which requires an understanding of the involved insects taxonomy, physiology and ecology (Catts & Goff, 1992; Anderson, 2001b).

Although one of the main objectives of forensic entomology is the use of insects to estimate the postmortem interval, the knowledge that is generated may also prove useful in other areas of homicide analysis. Entomology may be used to determine if a corpse has been moved after its death, to indicate the presence and position of the wounds, to establish the use of unlawful drugs, to locate a suspect at the crime scene, and it may also be used in abuse or neglect cases involving humans or animals (Goff *et al.*, 1991; Anderson & Huitson 2004).

Currently, entomological knowledge has become a useful tool in the investigation field of wildlife abuse and illegal traffic. Postmortem interval determination is traditionally performed on human victims, although this may also be applicable to non-human victims, such as illegally slaughtered wild animals. In North America, wildlife species slaughter constitutes a major problem, since they are sacrificed to obtain their fur, meat, as trophies, and more recently, to extract their organs, which are greatly valued in the black market of certain cultures (Anderson, 1999, 2001a).

Wildlife represents a great source of biological abundance and a variety of opportunities for recreation; therefore, these illegal practices impact the ecological and economic fields. In a similar way, many wild species are threatened by extinction. Determination of the postmortem interval in a wildlife illegal slaughter investigation has the same value as that of a homicide investigation, since it provides an adequate time framework to focus the lines of investigation (Anderson, 1999, 2001b).

In the broadest sense, forensic entomology refers to any application of the study of insects (and other arthropods) in a legal investigation. This may include urban entomology, which relates to legal issues of insect-related structural damage caused by termites or carpenter ants, and its treatment. It also includes stored-product entomology, which refers to insects and insect associated with stored grain and other commodities. However, when most people mention forensic entomology, they refer to this science from a medicolegal standpoint (Catts & Goff, 1992).

In a homicide, the estimation of the time elapsed since death is a fundamental element for the investigation, to set the correct time framework, to help identify the victim, and to establish the time line previous to death. This helps to determine the victim's location before death occurred, and the persons who were around the victim at that moment. This can confirm or reject suspect alibis, corroborate witness statements, and significantly increase the effectiveness of an investigation and the promptness in solving the crime. Even in non-violent deaths, the postmortem interval determination is important for other legal reasons such as the collection of a life insurance policy (Catts & Goff, 1992).

2.2. A brief history of forensic entomology

Hundreds of arthropod species are attracted to corpses, mainly flies (Diptera), beetles (Coleoptera) and their larvae, and also acari, isopods, opilions and nematodes. These animals feed, live or grow up inside and over the corpse, depending on their feeding preferences and the decomposition stage of the remains (Méglin, 1896; Motter, 1898; Illinworth, 1926; Abbott, 1937; Deonier, 1940).

Usually the first documented forensic entomology case is considered to be that recorded by a Chinese lawyer and investigator named Sung T'zu, during the 13th century, in the legal medical text titled *Hsi yüan chi lu* (The Washing Away of Wrongs) (McKnight 1981), however, Greenberg and Kunich (2002) refer to a case in 10th Century China (Cheng 1890, Reprinted 1985) in which a woman told officials that her husband had died due to a fire but observant investigators noted that flies were attracted to the head and discovered a suspicious head wound (p 11) , When faced with this evidence, the woman confessed to killing him.

Leclercq and Lambert (1976) reinforced the notion that certain calliphorids prefer to oviposit on blood. They found a *Calliphora vomitoria* Linnaeus ovipositing on the blood (not on the wounds) of a corpse six hours after its death (Nuorteva, 1974; Benecke, 2001; Anderson, 2005). In addition to legal and medical experts, sculptors, painters, and poets have closely observed human corpse decomposition, noting the effects of larvae feeding. There are documents dating back to the Middle Ages –including wood carvings and ivory sculptures from the 15th and 16th centuries– illustrating larvae on corpses. This type of art describes in detail the pattern of bodily mass reduction caused by insects (Benecke, 2001).

During the 18th and 19th centuries, massive disinterments were performed in France and Germany, in which medical examiners observed that buried corpses had been colonized by a great number of arthropods. Later on, during 1831, after observing a large number of exhumations, the French physician Orfila recorded that fly larvae play a very significant role in corpse decomposition (Benecke, 2001).

The first report of a modern forensic entomology case where a postmortem interval estimate is included, was recorded in 1855 by the French physician Bergeret (Bergeret, 1855). In retrospect, it should be understood that Bergeret used entomology as one of several tools to argue this case (Anderson, 2001a).

In 1879, the French Society of Forensic Medicine president, C.H. Brouardel, presented another one of the first cases in which P. Mègnin participated. This case illustrates how the first researchers in this area of knowledge studied, apart from insects: molds, fungi, crustaceans, acari and plants (Benecke, 2001).

Later on, the German physician Reinhard recorded the first forensic entomology systematic study in which he found flies mainly from the Phoridae family and beetles in corpses disinterred in Saxony. During 1886, Hoffmann presented a case in which he identified *Conicera tibialis* Schmitz, a phorid or coffin fly, in corpses exhumed in Franconia (Benecke, 2001).

Almost simultaneously, Doctor J.P. Mègnin was developing his theory of predictable, ecological waves of insect life on corpses, publishing his most important work "La Faune des Cadavres" in 1894 (Mègnin, 1894). This book depicts drawings of juvenile and adult forms of various insect families, in great detail, especially the anatomical features which serve to identify them. In addition to the great advancement of forensic entomology science, Mègnin's work greatly contributed to this area of general scientific knowledge (Benecke, 2001).

Inspired by Mègnin's work, in 1895 Québécois researchers W. Johnston and G. Villeneuve launched a series of systematic entomology studies on human corpses (Johnston and Villeneuve, 1895, Anderson, 2001a).

Between 1895 and 1897, M.G. Motter *et al.* systematically and critically examined over 150 exhumed corpses in Washington, DC (Motter, 1898), contributing brief entomological descriptions, comments on the types of soil and tomb depths, among other concepts. Around 1895, Swedish researcher Schøyen provided a summary of his work which could be applied to tomb fauna investigation; however, he refers in it to the species found in Reinhard and Mègnin publications (Benecke, 2001).

The development of forensic entomology research work has been particularly extensive in the United States (Illinworth, 1926; Deonier, 1940; Reed, 1958; Payne, 1965; Payne & Crossley, 1966; Payne & King, 1970; Greenberg, 1971, 1973; Johnson, 1975; Rodriguez & Bass, 1983, 1985; Lord & Stevenson, 1986a; Wiley & Snyder, 1989; Catts & Haskell, 1990; Goff & Flynn, 1991; Hewadikaram & Goff, 1991; Introna *et al.*, 1991; Catts & Goff, 1992; Shean *et al.*, 1993; Goff, 1993; Goff & Lord, 1994, 2001; Byrd & Buttler, 1997, 1998; Greenberg & Wells, 1998; Cornelison, 1999; Byrd & Allen, 2001; Byrd & Castner, 2001; Higley & Haskell, 2001; Adams & Hall, 2003; Shahid *et al.*, 2003; Tabor *et al.*, 2004; Amendt *et al.*, 2006; Baldrige *et al.*, 2006; Morton & Lord, 2006) and in Canada (Anderson, 1995, 1999, 2001a, 2001b, 2005; Dillon & Anderson, 1995, 1996; Anderson & VanLaerhoven, 1996a, 1996b; Dillon, 1997; VanLaerhoven and Anderson, 1999; Anderson & Hobishack, 2004; Gill, 2005; Sharanowski *et al.*, 2008).

As well, another development arm of this branch of science has been observed in South America, where 100 years of research stand out in Brazil (Moura *et al.*, 1977; Souza & Linhares, 1977; DeSouza & Linhares, 1997; Carvalho *et al.*, 2000, 2001; Amorim & Ribeiro, 2001; DeCarvalho & Linhares, 2001; Carvalho & Mello-Patiu, 2008; Pujol-Luz *et al.*, 2008), Colombia (Woff *et al.*, 2001; Pape *et al.*, 2004; Usaquén-Martínez & Camacho, 2004), Venezuela

(Liria-Salazar, 2006), Argentina (Oliva, 2001; Bar *et al.*, 2005; De Arriba & Costamagna, 2006; Costamagna *et al.*, 2007; Visciarelli *et al.*, 2007), Costa Rica (Solis, 2007), Puerto Rico (Guarín, 2005; Yusseff, 2007) and Peru (Iannacone, 2003).

In Mexico, work in this area has been documented since the end of the 1970's and is now considered valuable enough that several educational institutions have become interested in participating in this line of research. Among them, the most outstanding results are from Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Colegio de Posgraduados, Universidad de Guadalajara (Perez, 2007) and, as of 2006, from Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

2.3. Process of corpse decomposition

The biological and chemical changes occurring in a body after death are known as decomposition. Decomposition is a continuous process of gradual putrefaction and disorganization of organic tissues and structures after death. Some tissues such as bones, teeth, and hair are the most resistant to the action of microorganisms and other environmental factors, and they may last for centuries. Fossilized bones from animals and hominids which became extinct millions of years ago, are presently being studied by paleontologists and anthropologists, thanks to such resilience (Rodriguez, 2003).

Both forensic medicine and forensic anthropology investigate the sequence and types of changes affecting decomposing bodies under different conditions and environments. Several variables may affect the decomposition rate as well as its sequence. Therefore, the estimation of time elapsed since death, known in forensics as postmortem interval, takes into consideration the particular conditions associated with the decomposing body, such as temperature, humidity level, and the environment where the body is found, as well as the exposure to substances acting on its conservation (Van den Oever, 1976).

A general description of postmortem changes due to decomposition basically includes two autolysis stages and four putrefaction stages, in addition to some conservation phenomena, such as saponification or adipocere, natural mummification and calcification. Nevertheless, these events only occur under specific conditions (Coe & Curran, 1980).

Autolysis consists of fast, intense, and spontaneous tissue destruction by the body enzymes present in its cells, without any interference from bacteria. Once cells stop receiving nutrients and oxygen through blood circulation, they resort to anaerobic respiration, converting ATP (adenosine triphosphate) into ADP (adenosine diphosphate) in order to obtain energy. Anaerobic respiration lasts for some hours, until all ATP reserves are exhausted. Anaerobic respiration induces lactic acid accumulation in cell tissues and disrupts cell function. Enzymes then collapse the cell nucleus, and cell breakdown occurs (Lerner & Lerner, 2006).

Tissues rich in blood vessels (more dependent on oxygen and energy) are the first to suffer autolysis, whereas those poorly irrigated or deprived of blood vessels, like the ocular corneas, are not immediately affected by decomposition. Putrefaction (or breakdown by microorganisms) follows decomposition. With the exception of fetuses and newborns, the main source of these microorganisms in corpses is the right part of the large intestine. Microorganisms then invade the abdominal cavity, chest, head, and limbs (Tarrío *et al.*, 1995).

The first visible signs of such activity are the greenish iliac (abdominal) staining, accompanied by the initial odors of rotting flesh. The stains gradually expand to other parts of the body (thorax, head, and limbs) and change from light to dark green, and then necrosis becomes visible. (Lerner & Lerner, 2006).

In people who have died by drowning, the greenish coloration starts in the face, progressing to the thoracic area and then to other parts, due to the position that bodies assume in water, which facilitates putrefaction of the upper respiratory pathways first (Tarrío *et al.*, 1995).

In newborns, putrefaction agents (bacteria, fungi) invade the body through all cavities, especially through the respiratory pathways. The greenish stains appear in newborns first on the face, neck, and chest due to bacterial activity in the upper and lower respiratory pathways, and because their intestines are sterile. This phase of decomposition is known as the chromatic period (Fuentes, 2002).

During this process, bacterial action destroys the structure of cells and soft tissues, releasing fluids into the internal cavities such as chest, abdomen, and oral tract. Anaerobic microorganisms produce methane, hydrogen sulphide and other gases responsible for the foul odors accompanying rotting organic matter. As gases accumulate inside the body, it starts to swell, forcing more fluids from organs into internal cavities and blood to the periphery of the body. This phase of decomposition is called the gaseous period (Fuentes, 2002; Rodríguez, 2003; Lerner & Lerner, 2006).

Subcutaneous blisters containing a mixture of plasma, hemoglobin, and gases appear, giving the skin a marble-like pattern all over the skin. The outer layers of the skin (epidermis) begin to detach from the inner layers (dermis) as the gaseous period progresses. The subsequent phase involves the process of liquid putrefaction, in which soft tissues are gradually dissolved. The body loses its shape as tissue mass decreases and separation of skin layers is completed. During this liquefaction period, gases are released and a putrefied creamy substance covers the skeleton (Lerner & Lerner, 2006).

The next phase is known as skeletonization, in which environmental agents (e.g. larvae, adult insects, and other adult arthropods) separate the skeleton from its ligaments, causing the skull, mandible, and long bones to detach. Bones become increasingly fragile and lighter over the years, and may eventually dissolve when located in acidic soils (Lerner & Lerner, 2006).

Adipocere is formed by the conversion of body fat into a lipid mixture. Partial adipocere formation may occur in as short a time as six weeks, while complete transformation all over the body may take years, depending on the conditions under which this process takes place. Water and bacteria must be present for adipocere formation to occur. Adipocere main constituents are free saturated fatty acids containing carbon atoms in pair numbers, and they include myristic, palmitic and stearic acids, as well as their 10-hydroxy acids (Forbes *et al.*, 2002).

Adipocere formation is not a universal phenomenon during decomposition. It is more common in remains of children, women, or overweight individuals, requiring adipose tissues to contact humidity in the soil, or to be immersed in water, or body water evaporation prevention. Collective graves, where bodies are piled together, also favor adipocere formation (Lerner & Lerner, 2006).

Adipocere is very rare in the remains of slim individuals, because it results from spontaneous chemical transformation of fatty tissues into a grayish-white waxy matter. Forensic examiners are particularly interested in adipocere because of its preservation properties on tissues located underneath it. Adipocere-preserved body parts allow the performance of several forensic tests months (and even years, on occasion) after death occurs. Some examples include the study of facial or neck injuries, toxicological tests, or the study of perforations caused by bullets (Lerner & Lerner, 2006).

Unborn fetuses dying between the sixth and ninth month of pregnancy undergo a different process, known as maceration, due to prolonged exposure to amniotic fluid. External signs of fetal maceration resemble in some ways those found in corpses that have been immersed in water. However, the precise sequence of internal changes in fetal maceration is unique and presents three different well-defined phases, or maceration degrees, which allow the forensic determination of postmortem interval. (Tarrío *et al.*, 1995).

2.4. Nutrient recycling

It has been estimated that about 99% of organic sources decaying in a terrestrial ecosystem are derived or come from plants or fecal matter (Swift *et al.*, 1979). Consequently, great attention has been placed on the decomposition of these materials (Aarons *et al.*, 2004; Bjornlund & Christensen, 2005). In contrast, dead mammal decomposition has been ignored (Allee *et al.*, 1949), regardless of the fact that many die from causes other than predators.

Considering that each corpse is made up of almost 20% carbon, cadaver decomposition constitutes an important ecosystem process, besides acting as a specialized habitat to several organisms (Carter *et al.*, 2007).

Most research works on corpse decay have been made in relation to forensic taphonomy. Taphonomy, originally a branch of paleontology, was developed to understand the ecology of the decomposition site, how the site ecology is changed when plant or animal remains are introduced, and also how the site ecology affects the decay of these materials (Efremov, 1940).

Nowadays, these goals have been incorporated by forensics to understand human cadaver decomposition (Rodríguez & Bass, 1983; Spennemann & Franke, 1995; Carter & Tibbett, 2006); to provide a foundation on which the postmortem and/or post-interment interval may be estimated (Willey & Snider, 1989; Vass *et al.*, 1992; Highley & Haskell, 2001; Tibbett *et al.*, 2004; Megyesi *et al.*, 2005) to help estimate the cause of death (Nuorteva, 1977; Haglund & Sorg, 1997); and to assist in locating clandestine graves (Rodríguez & Bass, 1985; France *et al.*, 1992; Carter & Tibbett, 2003).

These goals are reached through the study of the factors influencing corpse decay (temperature, humidity, insect activity). These studies have also provided information for comprehending corpse decay underground ecology (Rodríguez & Bass, 1985; France *et al.*, 1992; VanLaerhoven and Anderson, 1999; Carter & Tibbett, 2003).

Although soil microbial mass is recognized as the "needle eye" through which all organic material must pass (Jenkinson, 1977), few works have focused on underground corpse decay, microbiology and ecology (Sagara, 1995;

Hopkins *et al.*, 2000; Tibbett & Carter, 2003). Empirical observations and studies about carrion feeder activities have demonstrated that cadaver matter introduction into the soil is mainly regulated by the activity of insects and other carrion feeders and by the corpse mass.

Microbes, insects, and carrion feeders compete for the cadaver source. Insects can consume a cadaver before a carrion feeder can use it and before microorganisms can release repellent toxins such as botulin (Janzen, 1977).

2.5. Biological models

The study of forensically important insects has been conducted primarily using non-human models. Decomposition studies in various parts of the World have employed cadavers of different sizes and types, including, among others: dogs (Reed, 1958; Jirón & Cartin, 1981; Early & Goff, 1986), cats (Early & Goff, 1986), guinea pigs (Lane, 1975), rats (Greenberg, 1990; Tomberlin & Adler, 1998; Faucherre *et al.*, 1999; Kocarek, 2001), squirrels (Johnson, 1975), foxes (Easton & Smith, 1970; Smith, 1975), pigs (Payne, 1965; Tullis & Goff, 1987; Haskell, 1989; Anderson & VanLaerhoven, 1996a, 1996b; Tessmer & Meek, 1996; Richards & Goff, 1997; deCarvalho *et al.*, 1999; Shahid *et al.*, 1999; Davis & Goff, 2000; deCarvalho & Linhares, 2001; Wolff *et al.*, 2001; Tenorio *et al.*, 2003), seals (Lord & Burger, 1984), mice (Putnam, 1978; Blackith & Blackith, 1989), lizards and toads (Cornaby, 1974), raccoons (Joy *et al.*, 2002), turtles (Abell *et al.*, 1982), birds (Hall & Doisy, 1993; Tessmer & Meek, 1996), sheep (Deonier, 1940), rabbits (Denno & Cothram, 1976; Tantawi *et al.*, 1996; Bourel *et al.*, 1999), elephants (Coe, 1978), opossums (Goddard & Lago, 1985), black bears (Anderson, 1999), and impalas (Braak, 1981).

The only recent research on faunistic succession in human remains was conducted in Tennessee (Rodriguez & Bass, 1983, 1985; Catts & Haskell, 1990).

Over the centuries, pigs were the animal model used to study both the anatomy and the decomposition process due to their internal similarities to the human body. However, in 1980 the University of Tennessee at Knoxville launched a research project on human decomposition using corpses donated by the families of the deceased, or by individuals who bequeathed their bodies to science (Rodriguez & Bass, 1983).

In an area known as the Anthropological Research Facility, human bodies are placed to decompose under different controlled conditions. These controlled experiments have significantly contributed to gain a better understanding of human decay and to achieve new precision levels in forensic reconstruction techniques, such as death circumstances, time and cause, and determination of age, race, and gender (Roach, 2003). Collected data of various types and measurements of each skeleton are recorded in a computerized data bank named ForDisc (Forensic Discrimination).

Haskell's study (1989) in Tennessee compared the insect community structure and the decay rates among adult and infant human remains against those of pigs and no differences were found in the composition of insect communities in humans and pigs (Campobasso *et al.*, 2001). Therefore, the use of pigs with a weight of 22 kg has been recommended as appropriate models for adult decomposition (Catts & Goff, 1992).

The use of human corpses to conduct detailed decomposition studies has not been legislated in Mexico, which renders their study very difficult, as well as ethically questionable. Instead, omnivorous, relatively hairless *Sus scrofa* (L.) pigs, with a skin and a stomach fauna very similar to those of humans (Anderson & VanLaerhoven, 1996a) constitute suitable models to simulate human decomposition. Putrefaction of pigs with a weight similar to a human torso occurs almost at the same rate as in human bodies (Campobasso *et al.*, 2001).

2.6. *Organisms associated with corpse decomposition*

Human remains exposed to the elements are subject not only to the decomposition process, but also to carrion fauna activities. An extensive knowledge of the behavior of carrion fauna is imperative to police and forensic investigators who must deal with decomposed remains (Anderson, 2001b).

In various regions of the world, studies have been performed to identify the main carrion organisms feeding on human decomposing bodies; such studies have recorded the action of birds, reptiles, mammals, and amphibians which feed on cadaver tissues and on insects associated with them. It is important to stress that the behavior of these animal groups, as well as that of arthropods, vary according to each season of the year, temperature and other exogenous factors (O'Brien *et al.*, 2007).

2.6.1. *Classification of carrion arthropods*

Classification of arthropods captured in corpses has been made according to their characteristics and trophic relationships (Souza & Linhares, 1977; Moura *et al.*, 1977; Rodriguez & Bass, 1983; Magaña, 2001; Oliva, 2001; Castillo, 2002; Pujol-Luz *et al.*, 2008), and they have been separated into the following groups:

Necrophagous: those which directly feed on corpses, and among which we find the sarcosaprophagous, feeding on flesh and soft tissues and the dermatophagous, feeding on skin.

Necrophilous: those which feed on the necrophagous, and which may be either predators, if they feed on other arthropods present in the medium (mainly larvae or dipterous), or parasitoids, if they use dipterous larvae to complete their own biological cycle.

Saprophagous: those which feed on decaying organic matter and, within this group, those who feed on putrefaction liquids and tissues of a corpse. Among these, there are the coprophagous, which feed on excrements.

Opportunists: those which use the corpse as a refuge, or which are simply passing through.

There are some classifications related both to insects and to the bodily decomposition stages which are useful for the application of this discipline (Torrez, 2006).

2.6.2. *Orders of major necrophagous insects*

Diptera and Coleoptera are the major orders of forensic relevance (Campobasso *et al.*, 2001). Diptera being without doubt the most important, where Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Piophilidae, Phoridae, Stratiomyidae and Fanniidae are associated with the consumption of decaying animal organic matter (Oliva, 2001).

2.6.2.1. Order Diptera

When death occurs, flies begin to arrive at the remains (García-Rojo, 2004). Gravid females arrive at a cadaver and feed on blood or other secretions from wounds or in natural orifices and oviposit. How and these insects arrive at the corpse and how they develop, are the questions that any person interested in forensic entomology must answer (Magaña, 2001).

Diptera abundance, and specially members of Calliphoridae are constituents of the first waves in the succession (Liria-Salazar, 2006). These necrophagous insects appear after autolysis and putrefaction have started, lured by the odors of volatile gases produced during the first stages of the degradation process (Yussef, 2006).

Several researchers point out the presence of dipterans from Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae during the first three stages of decomposition (fresh, bloat, active decay), of coleopterans from Staphylinidae during the fourth stage of decomposition and of Dermestidae, Cleridae, and Histeridae during the fifth stage of decomposition (Magaña, 2001; Guarín, 2005).

Yussef (2006), states that in studies done in western Puerto Rico, *Cochliomyia macellaria* was the first species to colonize and oviposit on the body, arrives in great numbers, during the fresh stage and decreases dramatically during the bloat stage. After this, *Chrysomya rufifacies* (Macquart) arrives and stays on the corpse during the bloat and active decay stages.

Chrysomya megacephala arrives in great numbers along with *C. rufifacies*, although its larvae are scarce on the body, because they cannot compete with *C. rufifacies* maggots. In studies of depredation and competence, the mortality of *C. megacephala* is around 98% when competing with *C. rufifacies*. During the advanced decay stage muscids arrive and later coleopterans of the Dermestidae family (Yussef, 2006).

Usaquén-Martínez & Camacho (2004), mention that in published information to date from Bogota, Colombia on cadaveric fauna, the dominant arthropods are Diptera of the families Calliphoridae and Sarcophagidae.

Some flies have characteristics that allow them to be used in forensic science, the first and most important is their feeding behavior, as many of these species are necrophagous and feed directly on the corpse during their larval stage. Dipterans of major importance belong to the families Sarcophagidae, Calliphoridae and Muscidae (Yussef, 2006).

Other morphological and behavioral characteristics that allow the flies to be the first organisms to find a corpse, are their capacity to detect odors emanating from a corpse, kilometers away, their small size that facilitates their access to almost any place, and their flight capacity that permits mobility through long distances in short periods of time (Yussef, 2006).

It is possible to estimate the time a body has been dead and where the death took place, by the identification of insects found on the body and their life stages (Iannacone, 2003).

Flies can exhibit a feeding behavior that make them important human and veterinary health pests, since some of them are responsible for some types of myiasis. According to Torruella (1997), the term myiasis includes a group of diseases in a number of vertebrates, including man due to parasitization both internal and external by dipteran larvae.

In Latinamerica and many other regions of the world, myiasis in animals and humans cause important sanitary and economic problems. The type of relationship between the host and the parasite, such as whether they are obligate, facultative or accidental parasites and the resulting pathological state can have a major or minor significance for health, depending on the species involved, the affected areas and the parasitemia (Romero-Cabello *et al.*, 2004).

Romero-Cabello *et al.* (2004), report several genera responsible for myiasis: *Cochliomyia hominivorax* Coquerel, *Calliphora* spp., *Cardylobia anthropophaga* Blanchard, *Oestrus ovis* L. *Sarcophaga* spp. Kun *et al.* (1998), mention that myiasis cases registered worldwide are produced by the families: Muscidae, Sarcophagidae, Piophilidae, Calliphoridae, Syrphidae, Phoridae, Tylidae, Psychodidae, Drosophilidae and Oestridae.

Calliphorid flies are attracted primarily to carrion and dung, although some of them can feed on open wounds causing myiasis in living organisms (Byrd and Castner, 2001).

2.6.2.1.1. Family Calliphoridae

The subfamilies *Calliphorinae*, *Luciliinae* and *Chrysomyinae* in the Calliphoridae, typically breed on carrion. Females oviposit on fresh carrion, only minutes after death and their larvae usually develop in great numbers (Solis, 2007).

The Calliphoridae consist of approximately 1,000 species worldwide, from which only 126 are present in the Neotropic area (Triplehorn and Johnson, 2005). Calliphorid biology is varied. They are generally necrophagous, predators and parasites of snails and earthworms, although; some are hosts in termite nests and others have a medical and veterinary importance as pests, such as the species that produce myiasis in birds and mammals (Pape *et al.*, 2004, Whitworth, 2006).

López (2006), mentions that the Diptera are divided into three suborders: Nematocera, Brachycera and Cyclorrhapha. The last suborder is the one that includes flies of forensic importance.

Calliphorids present a bright or metallic coloration. Some larvae cause severe wounds in domestic animals and are considered economically important. Adults are fairly big and robust flies. These are included in the suborder Cyclorrhapha, and exhibit antennae divided in three segments, being aristate, with the Rs_2 vein branched (Triplehorn & Johnson, 2005).

Calliphorids are calypterate flies of medium to big size, fairly compact with a rounded or oval abdomen with a metallic green or blue color (González, 2007). Adults are 6 to 8 mm long. The larvae develop rapidly, going through three larval instars before they reach their final size. Larvae breed closely together in big masses, and move around the body promoting bacteria dissemination, which enables the consumption of cadaver soft tissues (Byrd & Castner, 2001). Adults lay eggs on fresh or cooked meat, generally on big animals, as well as on animal dung (Pape *et al.*, 2004). A distinctive character in most Calliphoridae is a fairly large posterior thoracic spiracle.

Larval development takes several days depending on the species, environmental conditions, and the number of larvae present on carrion. Insects will develop more rapidly when temperature and relative humidity are high. For

example, *Chrysomya ruffiacis* takes 612 hours at 15.6°C, and 289 hours at 25°C, and 180 hours at 32°C, from egg to adult (Visciarelli *et al.*, 2007).

According to Carmona-Cadavid (2004) and Visciarelli *et al.* (2007), calliphorids have the following classification:

Domain: Eukarya
 Kingdom: Animalia
 Phylum: Arthropoda
 Subphylum: Mandibulata
 Class: Hexápoda-Insecta
 Subclass: Pterigota
 Order: Diptera
 Suborder: Brachycera
 Family: Calliphoridae
 Subfamilies:

- Chrysominae
- Luciliinae
- Calliphorinae
- Melanomyinae

2.6.2.1.2. Sarcophagidae Family

Sarcophagids or flesh flies constitute a group of more than 2,000 species, of which approximately 327 occur in the USA and Canada. Members of this family are represented worldwide, most of them occur in tropical regions or with high temperatures. Adult flies feed on sweet substances like sap or nectar (Byrd and Castner, 2001).

Sarcophagids are synanthropic flies, considered mechanical vectors of pathogen agents and capable of causing myiasis. Females in this family are larviparous, depositing first instar larvae on carrion or fresh cadavers, and are considered flies of forensic interest (De Arriba & Costamagna, 2006).

Flesh flies are attracted to carrion in most conditions, including sun, shade, dry, and humid, inside dwellings and outdoors. Flies of the genus *Sarcophaga* arrive at human remains simultaneously or shortly after the calliphorids, although most studies state that they are late colonizers (Byrd & Castner, 2001).

Biological data on these dipterans is scarce and frequently restricted to isolated studies, which makes the biology of these insects to be considered almost unknown (Romera *et al.*, 2003).

Romera *et al.* (2003), state that sarcophagids are very important elements of the sarcosaprophagous community, and their third instar maggots are considered secondary consumers. Some authors state that very few species of this family are associated with forensic cases, but numerous studies have reported them related to human cadavers.

The sarcophagids are large sized flies, mostly dull gray in colour. The abdomen, especially terminalia, is sometimes partly or entirely red. The eye facets are slightly enlarged in the front part. Sexes may present different body color. The females are viviparous, rarely ovoviviparous (Shewell, 1987).

There are 2,600 species described and distributed worldwide in three subfamilies: Miltogramminae, Paramacronychiidae and Sarcophaginae; the last two constitute a sibling group (Pape *et al.*, 2004). Shewell (1987), recognizes only two subfamilies, Sarcophaginae and Miltogramminae.

The systematics of Sarcophagidae is controversial and not clear. Some specialists object to the use of structures that common to both sexes and follow traditional nomenclature, distinguishing only two genera: *Sarcophaga*

and *Wohlfahrtia*. Others, separate *Sarcophaga* into several different genera, recognizing about 400 of them, which are impossible to identify with only the study of females. Male sexual organs, in the majority of cases, present the final identification of a species (De Arriba & Costamagna, 2006).

The taxonomic description of Sarcophagidae according to Shewell (1987), Jasiorowski (1993), Méndez (1999), Romera *et al.* (2003), Pape *et al.* (2004) and Bar *et al.* (2005), is:

Domain: Eukarya
 Kingdom: Animalia
 Phylum: Arthropoda
 Subphylum: Mandibulata
 Class: Hexapoda-Insecta
 Subclass: Pterygota
 Infraclass: Neoptera
 Order: Diptera
 Suborder: Cyclorrhapha
 Division: Schizophora
 Sección: Calyptrate
 Family: Sarcophagidae
 Subfamilies:

- Miltogramminae (Shewell, 1987)
- Sarcophaginae (Shewell, 1987)
- Paramacronychiinae (Pape, 1996)

This classification constitutes a synthesis of certain groups by several authors, some of which do not agree on certain taxa, for example, some consider Sarcophagidae to be in the suborder Brachycera and put it in a section of this, the Cyclorrhapha (Costamagna *et al.*, 2007).

2.6.2.2. Order Coleoptera

The order Coleoptera is the second order in importance, although first in number of known species. Only few of the many families that constitute this order are of forensic importance, being these very well categorized: dermestids, which feed on animal skins and furs, clerids, known by ham canned producers, silphids, which include the burying beetles, and staphilids and histerids that prey on other insects (Triplehorn & Johnson, 2005).

Some species of beetles have been frequently associated with pig carcasses, feeding on carrion or on other arthropods that are present in that cadaveric medium. Larvae of these coleopterans are necrophagous (Braack, 1987; Catts & Goff, 1992). The role played by coleopterans in the decomposition process has also been studied, showing whether there is an exclusive distribution of species per zone or season and whether their predator action alters the decaying process (Castillo, 2002).

The biological and ecological diversity of beetles is extraordinary. Taxonomically they constitute more than 40% of hexapod diversity in the world, with approximately 350,000 described species. Their great ecological diversity is expressed in their colonizing capacity for almost all types of environments, among them, the aquatic, from continental waters to littoral or tidal sectors, and from these to high mountain rivers, and even some hyper saline lagoons. The evolution to aquatic environments passes through multiple adaptations, that include morphological, physiological and ontogenic aspects, and all the families adapted to live in these environments have at least one aquatic developmental stage (Triplehorn & Johnson, 2005).

In the Coleoptera, the major families of forensic importance are Cleridae, Dermestidae, Histeridae, Tenebrionidae, Staphylinidae, Silphidae, and Nitidulidae (Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Castillo, 2002; Iannacone, 2003).

2.6.2.2.1. Cleridae Family

Most members of this family are predacious, as larvae and adults, on other insects. Some *Necrobia* spp. in addition to being predacious may also feed on stored food products of animal and vegetable origin. There are 3,366 described species (Opitz, 2002).

The antennae have 11 segments, and can be filiform, serrate, pectinate or clavate, with a club exhibiting 3 to 6 segments. Antennal insertions are exposed or concealed. A visible portion of the procoxa projects below the prosternum with the trochantin concealed, or at least partly exposed. Tarsal formula is usually 5-5-5. (Lawrence, 1999b).

The body is 2-15 mm long. Adults are elongate and flattened to moderately convex, and usually brightly colored. Most Cleridae may be distinguished by the setose, often colorful body, clavate or capitate antennae, distinctly lobed tarsi, and projecting procoxae (Lawrence, 1999b).

From the forensic point of view, *Necrobia rufipes* (DeGeer) is the most cosmopolitan species in this family. (Opitz, 2002).

2.6.2.2.2. Dermestidae Family

Most dermestids for which the habits are known are scavengers, feeding on dried animal or plant materials of high protein content. Members of the genus *Dermestes* are commonly found in animal carcasses in the third or butyric state of decomposition. Many of the smaller species occur in bee and wasp nests, feeding on old pollen stores or on dried insect remains. Others are more commonly found in bird nests, feeding on old feathers and other organic debris or in mammal nests feeding on hair (Kingsolver, 2001).

The majority of Dermestidae are relatively easy to distinguish by the characteristic form, clothing of stout setae or scales forming a pattern and the presence of a single, median ocellus on the head. An exception is the genus *Dermestes*. The dermestid body is usually compact, with excavations and cavities for housing antennae and legs (Lawrence & Britton, 1994).

The antennae have 11 segments and are clavate or pectinate, or with club with 3 to 8 segments. Antennal insertions are exposed. The visible portion of the procoxa is transverse to projecting below prosternum with the trochantin concealed or at least partly exposed. The tarsal formula is 5-5-5 (Lawrence & Britton, 1994).

The body is 1-10 mm long. The adults can be broadly ovate to oblong. Median ocellus on the head is present, except in *Dermestes* species which are at least 6 mm long. The antennae and legs are usually fitted into depressions or cavities under body (Lawrence & Britton, 1994).

Dermestids are known to feed directly on carrion, preferring dry carrion. Under optimal environmental conditions (warm and dry), these beetles can appear in great numbers, reducing a human cadaver to a skeleton in less than 5 months (Schroeder *et al.*, 2002).

2.6.2.2.3. Silphidae Family

Members of the silphid family are large beetles, frequently found in association with decaying organic material. They are most commonly encountered at vertebrate carcasses and hence have the common name of carrion beetles. The habit of adult *Nicrophorus* of interring small vertebrate carcasses has also led to the use of the common name of burying beetles. Adults can be easily recognized by their size; possession of clavate or capitate 11-segmented antennae; prominent front coxae and elytra which are truncate, reticulate, tricostate or lacking costae, generally blackish and usually with orange or red markings in *Nicrophorus* (Peck, 2001).

Silphids are primarily scavengers and carrion feeders, but some species are phytophagous and may be garden pests and others are predators of caterpillars or snails (Peck, 2001).

This family contains 15 genera and about 175 species worldwide. These are contained in two subfamilies, Nicrophorinae and Silphinae. Twenty five species in six genera occur from Mexico southward (Peck, 2001).

2.6.2.2.4. Histeridae Family

Histerids are mainly predators of soft bodied insect larvae and eggs, particularly those of cyclorhaphan Diptera. Hence, substrates on which flies develop in numbers are among the best places to look for these beetles. Many muscoid fly larvae develop on the dung of large mammals and carrion. These are selectively preyed on by numerous species of *Hister*, *Margarinotus*, *Atholus*, *Phelister*, *Eupilotus*, *Saprinus*, *Xerosaprinus*, and *Xestipyge* (Kovarik & Caterino, 2001).

The volatile and odiferous byproducts of microbial degradation enable both flies and beetles to locate carrion and dung via olfaction. Another group of histerids prey on fly larvae that feed on rotting fungi. In this group *Hister* and *Margarinotus* are included (Kovarik & Caterino, 2001).

Histerids are frequently found where there is decaying organic matter. Although, adults and larvae can be predators of other saprophagous and xylophagous insects (Kovarik & Caterino 2001).

Some of the most interesting histerids from a morphological standpoint are those inhabiting ant and termite nests. Some of the myrmecophilous taxa have become so well-integrated into their host's society that they are actually fed by the ants. Others are treated as uninvited guests and mainly feed upon insect larvae in the refuse piles of the ants. Nests of *Pogonomyrmex* spp. are inhabited by species of *Hetaerius* and *Onthophilus* (Kovarik & Caterino, 2001).

Kovarik & Caterino (2001) consider most histerids to be beneficial. Numerous dung-inhabiting species have been found to be effective natural enemies of pest flies, both in cattle pastures (*Hister*, *Phelister* and *Euspilotus*) and in poultry houses (*Gnathoncus*, *Dendrophilus* and *Carcinops*)

Histeridae is a large and particular family whose members can vary considerably in shape but are recognized by their geniculate antennae with a compact club and truncate elytra that expose 1 or 2 tergites and having a reduced number of striae. Most histerids are glabrous and shiny, although there are exceptions and some species are myrmecophilous with hair patches (Lawrence, 1999a).

These are small beetles, 0.5 to 10 mm long, broadly oval and usually shiny black. The elytra are quadrate at the apex, exposing 1 to 2 apical abdominal segments. Their antennae are geniculate and clavate. The tibiae are dilated, with the anterior tibiae usually with spines or teeth. These beetles are generally found in or near decomposing organic matter like dung, fungi and carrion, although some are predators of other small insects that live on these materials. (Triplehorn & Johnson, 2005).

Some species, which are completely flattened, live under the loose bark of wood. Some others live inside ants or termite nests. A few species are elongated and cylindrical; these live inside galleries of wood boring insects. When these are disturbed, they usually retract their legs and antennae and remain motionless. The legs fit closely inside shallow furrows on the ventral side of the body, becoming very difficult to observe even when using a good lens. In the US and Canada there are over 345 species. (Triplehorn & Johnson, 2005).

These beetles have antennae with 8 to 11 segments and a terminal club of one to three segments. Antennae insertions are exposed or covered. The visible portion of the traverse procoxa has a covered trochantin. Tarsal formula is 5-5-5 or 5-5-4. The body is 0.5 to 20 mm long. (Lawrence, 1999a).

2.6.2.2.5. *Trogidae* Family

The family Trogidae is a small group (about 300 species worldwide) occurring on all major continents. Adults of the family are easily recognized by their overall warty, brown to gray, dirt-encrusted appearance, and their flat abdomen. The family includes three genera, two of which are present in North America. The genus *Trox* is widespread in the Holarctic and Ethiopian regions, and the genus *Omorgus* occurs primarily in arid regions in the Southern Continents. Adults and larvae can be found on the dry remains of dead animals (they are usually among the last of the succession of insects that invade carcasses) or in the nests of birds and mammals where they feed on hair, feathers and skin (Jameson, 2001).

Trogids are most diverse in temperate and subtropical regions and are most common in drier habitats. Adults stridulate by rubbing a plectrum (located on the penultimate abdominal segment) against a file (located on the internal margin of the elytra) (Lawrence & Britton, 1994). Larvae do not stridulate and larvae of carcass-feeding species live in short, vertical burrows beneath the carcass (Baker, 1968).

2.6.2.2.6. *Tenebrionidae* Family

This is a very large and varied family of beetles. At present, there are approximately 19,000 described species worldwide in more than 2,000 genera. It is the fifth largest family of beetles (Triplehorn & Johnson, 2005).

Adults in this family are very variable in size and shape, from broadly oval to slender, convex to flattened, with variable vestiture and from 1 to 60 mm. Larvae and adults of this family are primarily saprophagous or phitophagous; some feed on fungi and a few can be facultative predators. These can be found in a wide variety of animal or plant decomposing material, including humus, dead leaves, rotten wood, carrion and dung (Aalbu *et al.*, 2001).

2.6.2.2.7. Family Staphylinidae

Members of this family are long and slender and are easily recognized for having very short elytra. Elytra are usually no longer than their combined width, and a considerable portion of the abdomen is exposed beyond its apex. There are six to seven visible abdominal sterna, which differentiate them from members of the Nitidulidae. The hind wings are well developed and are kept folded under the short elytra when at rest. (Newton *et al.*, 2001).

These are very active beetles and when they run or fly, they do it very quickly. When running, they usually turn up the tip of the abdomen, like scorpions do. The mandibles are very long, slender and sharpened and usually crossing in front of the head. Some of the biggest species can bite and inflict a very painful bite when handled without care. The majority of these beetles are black or brown. Their size is variable, with specimens up to 25 mm long (Newton *et al.*, 2001).

This is one of the biggest families of beetles, with more than 4,000 species described in America. Its members live in a great variety of habitats, but the majority is found near decaying materials, particularly dung and carrion. They also live under stones and other objects on soil near springs, on fungi and litter and in birds, mammals, ants or termite nests. Most species are predators. Larvae usually live in the same places and feed on the same materials as the adults. Some are parasites of other insects (Newton *et al.*, 2001).

The short winged beetles that feed on mold (subfamily Pselaphinae) are small yellow or brown beetles which measure 0.5 a 5.5 mm long and can be found under stones, logs and on decaying wood or moss. Some live in mammals, termites or ants nests (Triplehorn & Johnson, 2005).

2.6.2.2.8. Family Nitidulidae

Members of this family are distinguished by their transverse procoxal cavities, grooved metacoxae, dilated tarsomeres, the fourth tarsomere is small and they have an antennal club with three antenomeres (Habeck, 2001).

Members of this family are mainly saprophagous or mycetophagous. Some live on flowers, although most live on decaying fruits, fermenting plant juices and fungi. The genera *Nitidula* and *Omosita* breed on carrion (Habeck, 2001).

2.7. Factors influencing the decomposition process

Carrion arthropod systems are informative and useful models to study nutrient enrichment, because there is so much knowledge about their biology available through entomological (Hall, 1948; Greenberg, 1971, 1973), ecological (Putnam, 1983), and forensic (Smith, 1986; Catts & Haskell, 1990; Byrd & Castner, 2001) sources. Vertebrate

carcasses, as discrete and ephemeral sources, are nutrient-rich substrates where microbe, invertebrate and vertebrate populations may reproduce and be sampled (Shoenly & Reid, 1987).

Only invertebrates can be present on a corpse in great numbers (Payne & Crosley, 1966). They may either individually or collectively initiate the pattern, process and rate of soft tissue decomposition, endogenous heat production, heterotrophic succession, liquefaction, and skeleton disarticulation (Shahid *et al.*, 2003).

Insect community interference in the decomposition process has been researched by several studies using animal models and even some human corpse contributions. Some of the factors –such as temperature, burial depth, and insect access to the corpse– which most frequently affect postmortem interval (PMI) estimates have been extensively reviewed. Considering their activity and cosmopolitan distribution, and their forensic value, the Diptera order is the most interesting of all. A prerequisite for PMI estimates where entomological data are employed is knowledge of the factors which favor or inhibit colonization and development of Diptera members (Haglund & Sorg, 1997; Anderson, 2001h).

Temperature controls the development rate of many organisms, among which plants and invertebrates –including insects and nematodes– may be mentioned (Wells & Lamotte, 2001). All of them require a certain amount of heat to develop from one point in their life cycle to the next. This accumulated heat measurement is known as physiological time. The amount of heat required to complete certain organism's development does not vary, since the combination of temperature (among thresholds) and time will always be the same. Physiological time is usually expressed in units called degree days ("D") (Higley & Haskell, 2001).

Temperature has a great effect on the metabolic and development rates of insects. Generally, within a certain range of temperatures, their development is accelerated as temperature increases, although extreme temperatures may prove lethal to insects. Both air temperature and sunray exposure will affect corpse temperature in such a way that fly larval development will also be influenced (Catts & Goff, 1992).

In order to estimate carrion maggot age it is necessary to consider the strong effect temperature exerts over larval development, and also to be able to use it to estimate colonization time of the remains. However, to attempt to establish their age one must have a deep knowledge of the species biology in a certain geographical region. Although degree-day accumulation is a species-specific behavior, we must acknowledge that even if nowadays there is enough information, investigations based upon local species requirements must be conducted before trying to infer from information which may be available for other areas (Byrd & Castner, 2001).

Several carrion fly species have been studied in various parts of the world, such as Canada, the United States, South America, and Europe to establish threshold temperatures as well as degree days required for their development from eggs to adults (for example: Anderson 2000, Byrd & Buttler, 1996, 1997, 1998; Greenberg & Wells, 1998; Byrd & Allen, 2001). Very little research has been conducted in Mexico, and most that do exist are related to crop pests.

2.8. Toxic compound effect on carrion insects

Chemicals found over or inside a homicide victim, such as a drug overdose, or some poison consumed in a suicide, may present a great variety of effects on carrion insects. Decomposition processes mediated by insects may be accelerated or delayed, depending on the substances and their concentrations at the moment of death. The presence of such substances may be found from toxicological analyses performed on the victim's tissue, or on the tissue of insects feeding on it, or by any other type of evidence, such as a container found at the crime scene (Goff & Lord, 2001).

Drugs may present a wide variety of effects over the growth rate of arthropods. Some of the drugs which are most often found in cases where forensic entomology is considered are morphine, heroine, cocaine and methamphetamine. Insect growth stages provide the basis to determine the cause for altered cycles of specific species. An altered growth stage may indicate the presence of toxins in the carrion on which insects are feeding. Fly larvae are the organisms most widely used in entomotoxicology works, although in some cases it has been possible to use beetles and their feces (Goff & Lord, 1994).

2.9. Factors affecting insect succession

Arthropod development and behavior are affected by extrinsic and intrinsic factors which accelerate, delay or annul putrefaction. For such a reason, it is essential to collect information about the site of discovery, regarding climatic data, vegetation type, and field topography, among others. Temperature, relative humidity, and rainfall exert great influence on corpses, as do sarcosaprophagous fauna abundance, diversity, and composition. Temperature and relative humidity impact insect life cycle duration, as they are extrinsic factors influencing the decomposition rate of a corpse and also affecting the presence of certain insect species (Magaña, 2001).

Carrion insect succession is influenced by many factors, among which the geographic region and the seasons of the year are remarkable. The geographic region defines habitat, type of soil, meteorological conditions, existing vegetation, and associated fauna living (Anderson, 2001b).

Each region has an impact on the decomposition process of animal organic matter and on colonizing insect types and species. In temperate regions, the decomposition process takes longer than in tropical and subtropical regions (MacGregor, 1999).

Certain insect groups arrive and colonize carrion first (Anderson, 2001b); they are species of the Diptera order (mainly Calliphoridae and Sarcophagidae), although the species themselves may vary on each region. Reed's work (1958) reports that in the state of Tennessee the calliphorids *Lucilia coeruleiviridis* (Macquart) and *Phormia regina* are the dominating species and the first colonizers; Payne (1965) states that *Cochliomyia macellaria* is the first colonizer in South Carolina, while *Lucilia cuprina* (Wiedemann), *Chrysomya megacephala* and *C. rufifacies* are the first carrion colonizers in Hawaii (Early & Goff, 1986).

Nevertheless, each state or province may contain several biogeoclimatic zones, and colonization may vary among each of them (Anderson, 2001b). Geographic zones exert great influence over the species and colonization time of the insect groups. For example, for a long time dermestid beetles were regarded as late carrion colonizers (Fuller,

1939; Reed, 1958; Payne & King, 1970; Easton & Smith, 1970; Rodriguez & Bass, 1983; Smith, 1986), although in other regions they arrive earlier (Hewadikaram & Goff, 1991; Early & Goff, 1992; Dillon & Anderson, 1996; Dillon, 1997).

Low humidity and high temperature climates significantly reduce the duration of the life cycles of insects colonizing a corpse. In studies performed in Tennessee, Shahid *et al.* (2003) demonstrated important differences in the decomposition rates of pig cadavers placed in different locations. They established that microclimates, sunray angles of incidence, and daily temperatures in each environment affect the development of sarcosaprophagous maggot masses, thus changing the decomposition rate. Sun-exposed corpses decomposed faster than those placed under the shade.

The effect of altitude on species such as *C. vicina* and *L. sericata* has been assessed by several authors, demonstrating that in certain locations these species appear in different seasonal periods, but they oviposit simultaneously, at the end of the spring (Anderson, 2001b). Light is another factor which intervenes in the decomposition processes, because some insects are drawn to light and others evade it. This behavior has been observed in blue flies (*Calliphora* spp.), which prefer shady conditions and in green flies (*Lucilia* spp.), which prefer the light, as flesh flies also do (*Sarcophaga* spp.) (Anderson & VanLaerhoven, 1996a).

2.9.1. Geographic region effect

Besides influencing groups and species of carrion-colonizing insects, geographic regions also impact colonization time. In studies performed in some regions, dermestids were recognized as late colonizers (Fuller, 1939; Reed, 1958; Easton & Smith, 1970; Payne & King, 1970; Rodriguez & Bass, 1983; Smith, 1986). Later on, however, these same beetles reportedly colonized carrion during its first decomposition stages (Early & Goff 1986; Hewadikaram & Goff 1991; Dillon & Anderson 1996; Dillon 1997).

In corpses found outdoors, it is essential to collect data such as temperature, rainfall, cloudiness, in addition to other factors such as vegetation, woodland, and land unevenness, among others. In the case of indoor scenes, it is also necessary to record temperature, presence of automatic heating devices, corpse position in relation to doors and windows, as well as any other details which may provide information on how and when insects arrived to colonize a corpse (Catts & Haskell, 1990).

Similarly, while comparing carrion colonization times by flies from the Piophilidae family, several authors report that each geographic region where succession studies are conducted greatly influences colonization time (Johnson, 1975; Smith, 1986; Goff & Flynn, 1991; Anderson, 1995; Dillon & Anderson 1996; Anderson & VanLaerhoven, 1996b).

Consequently, Anderson (2001b) emphasizes that data bases must be developed for each biogeoclimatic zone where it is intended to use insects to help determine the postmortem interval. Even when working only a short distance away from the sites where data bases have been built, there may be a great difference in the microclimate, which may have an effect on the decomposition process and on insect colonization (Cornelison, 1999).

2.9.2. Seasonal effect

The seasons of the year represent our climate categorization and have a strong impact on geographic regions and also on carrion insect colonization. Presence and abundance of many calliphorid flies vary depending on the season in which death occurs (Johnson, 1975; Goddard & Lago, 1985; Introna *et al.*, 1991; Davies, 1999; Schroeder *et al.*, 2003; Sharanowski *et al.*, 2008).

Relative abundance of certain insects in different seasons of the year is very important, and it should be considered when conducting insect successional studies throughout the year, which will help develop valid data bases that will include all species present at a certain region (Anderson, 2001b). When carrion species seasonality is known for a particular area, we can infer that insects will constitute a valuable tool in determining the season in which the remains were colonized (Dillon & Anderson, 1995; Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Dillon, 1997).

Since very few succession studies use more than one animal observation model, it is extremely difficult to make inferences from such studies when no repetitions exist for a particular situation. A primary issue is to conduct more massive succession studies in order to develop more complete and accurate data bases for each geographical zone and season of the year (Anderson, 2001b; Sharanowski *et al.*, 2008).

For all of the above, any forensic entomology study should consider careful recording and analysis of prevailing climatic conditions (ambient temperature, relative humidity, photoperiod, sunray intensity, among others), in order that the results obtained may be compared to those of other regions or locations.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1. Experimental site

The land on which this research was performed belongs to the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna agricultural experiment field and is located at the communal farming entity of San Antonio de los Bravos, in the municipality of Torreón, Coahuila, Mexico. This land is surrounded by recent urban settlements. In this region, known as Comarca Lagunera, pertaining to a climatic area named the Chihuahuan Desert, the prevailing weather is one of extreme desert conditions, with very scant rainfall during the summer, an elevation of 1120 m AMSL and annual precipitation of 250 mm.

During 2007, three experiments were conducted, two of which involved seven whole pigs, and the third one used two pig heads as necrotraps. The land where these experiments were set was free of vegetation, recently plowed and left fallow. GPS readings were: 25°33'25" N, 103°21'57" W for the winter-spring cycle experiment, and 25°33'23" N, 103°21'59" W for the summer-winter experiment.

3.2. Biological models

The two experiments involving whole pig carcasses were set up during the winter-spring and summer-winter periods. Each of them involved seven pigs (*Sus scrofa* L.) with an average weight of 22 kg, slaughtered *in situ* on February 19 and October 9, 2007. They served as models to simulate human corpse decomposition. Their slaughter was accomplished by a stab through the heart, and that day was marked as day zero. Each pig was placed inside a 1.2 m x 0.8 m x 0.5 m 3/8" wire frame cage, covered with birdcage mesh. Inside each cage, a sort of stretcher made of 4x4 sieve mesh was built to help handle the carcasses.

Once the pig carcasses were placed in the cages and on the stretchers, the latter were anchored to the ground with 1/4", 0.60 m long bars. Each cage was perimeter-wise surrounded by a fence made out of 2.5 m x 2.5 m wooden pallets to prevent vertebrate scavengers from interfering with the decomposition process.

Pitfall traps were placed on each side of Group 1 cages, as described below. These traps were made of glass jars with an approximate capacity of 1 liter. Each jar was half full of water to which a small amount of liquid detergent was added in order to break the water surface tension and thus prevent arthropods falling into them from escaping before being collected. Trap contents were recovered each time the experiment was visited.

3.2.1. Experimental unit grouping

Experimental models were divided into three groups to be studied. Group 1, consisted of four pigs, from which arthropods were sampled from over and under the carcass in addition to what was collected in the pitfall traps placed on each of the four sides of their cages. Group 2 was formed by two pigs; these served to gather biomass loss data by checking their weight with an electronic (Revueleta HS-30K) scale, and also to collect soil samples in order to determine its arthropofauna.

Only one carcass formed Group 3, which was the appointed control. This was not moved at all; it was only photographed, and the changes it presented were recorded, as well as changes to the other carcasses.

During the first three weeks after their death, daily visits were made to the experiment, during which the contents of Group 1 pitfall traps were collected and placed in jars with 70% ethanol in order to preserve the collected specimens. Arthropods were also collected manually on and under the carcasses, and they were placed in 70% ethanol. After the third week, visits were reduced to every other day.

Collection of Diptera larvae was made on the carcasses, underneath them, and also from the sludge formed under their bodies. Half of the larvae were preserved in 70% ethanol, and the other half were taken to the laboratory to be raised until they reached their adult stage and could be identified more easily. Only the larvae reared in the laboratory were used to quantify Diptera that were colonizing pig carcasses.

3.2.2. Rearing of Diptera larvae

Collected larvae were placed in plastic jars, with a wet towel and a small (approximately 15 g) piece of beef liver for food. Larvae food was added to the containers twice or three times per day, until they reached the prepupal stage. From then on, they were placed in a 1-liter glass jar with sawdust in order that the specimens would go into pupation and would complete their development to the adult stage.

Once adult individuals emerged, these were moved to a lethal chamber which contained a cotton ball soaked in ethyl acetate. Finally, adults were mounted with entomology pins and labeled for identification. Daily maximum and minimum temperatures were recorded in the rearing room.

3.2.3. Decomposition stage determination

On every visit to the experimental site, written records were made of the changes occurring during the decomposition process, as well as of the arthropod activity on the carcasses. In addition to these written logbook entries, a detailed photographic record was kept. During the period in which this research was conducted, maximum and minimum temperature and rainfall records were taken from the weather station located at the UAAAN-UJL Irrigation and Drainage Department.

3.2.4. Biomass Loss

The two pig carcasses in group two were used to record biomass loss. These carcasses were suspended to be weighted with an electronic scale and data was registered in the ledger.

3.2.5. Soil sample processing and analysis

Soil samples (250 ml each) were taken from directly under the carcasses (profile 0-0.20 m); they were processed in a Berlese funnel, under a 25-watt heat source for a period of 24 hours. Soil-recovered fauna were kept in glass jars with 70% ethanol.

Each sample processed in the Berlese funnel was observed under the stereoscopic microscope, to recover mites and other small insects, three times so that soil and debris could be separated from the arthropods. Acari obtained from these extractions, were mounted in slides with Hoyer liquid for their identification. These slides were placed in an oven at 40°C for a week. Identification to a family level was made using a compound microscope.

Before beginning the experiment, soil samples were taken to analyze its texture, and it was ascertained that this was a clay loam soil. These samples were also put through the Berlese funnels, and any arthropods in them were observed and quantified.

3.2.5. Collected specimen quantification and identification

Specimens from each collection date were recorded and identified according to class, order, family, and genus. They were identified using taxa specific keys such as Whitworth (2006), Shewell (1987), Peterson (1987), McAlpine (1987), for Diptera and Kovarik & Caterino (2201), Newton *et al.* (2001), Peck (2001), Aalbu *et al.* (2002), Habeck (2002), Jameson (2002), Kingsolver (2002), Opitz (2002) and Navarrete-Heredia *et al.* (2002) for Coleoptera, as well as those contained in Triplehorn and Johnson (2005).

3.3. Experiment with pig heads

Upon finishing the winter-spring experiment, a new experiment with two pig heads was set up. These heads were purchased at a TIF-registered meat store and were placed on May 2, 2007, with the purpose of collecting first instar Sarcophagidae larvae and Calliphoridae family fly eggs to try to determine the faunistic composition of Diptera in the season immediately following that of the first experiment.

3.4. Participation in cases involving human deaths

On October 9, 2007, the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro signed a General Collaboration Agreement with the Coahuila State Attorney General's Office to conduct investigation projects and to provide technical, academic and logistic support on medicolegal forensic entomology. Since this agreement was signed, work ties have strengthened, especially with the Department of Expert Services of the Attorney General's Office, providing the opportunity for us to attend two death cases: one involving a violent death (Case 1), and another a natural death (Case 2). Also, they have provided samples of insect fauna collected from human corpses for their rearing and identification.

The purpose of participating in the collection and analysis of insect fauna from human corpses was to verify if the fauna recovered from pig carcasses is the same fauna which colonizes human corpses in a natural way, and to contribute to the elaboration of an arthropod data base of forensic interest for the Comarca Lagunera and, later on, for the whole State of Coahuila.

3.5. Data analysis

This work was designed to begin the development of a sarcosaprophagous arthropods data base for the Comarca Lagunera, and to observe the succession pattern of such arthropods, but it was not intended for quantitative analysis. Nevertheless, the total number of arthropods collected in each experiment was used to calculate percentages that illustrate the relative abundance of classes, orders, families, genera and species during the seasonal periods studied, and the relative abundance of sarcosaprophagous species was determined by calculating Shannon's diversity index for comparison between seasonal periods by means of a Student's t-test.

4. RESULTS

This work presents the detailed decomposition patterns of insects belonging to the orders Diptera and Coleoptera in an urban semi-desert area of the State of Coahuila. It also presents two cases involving human deaths; we were invited to participate in their investigation by the Expert Services Department of the State of Coahuila, Laguna I, General Attorney's Office.

4.1. Experiments involving whole pig carcasses

4.1.1 Decomposition stages

During both experiments performed in the winter-spring and summer-winter periods, it was possible to determine five decomposition stages (fresh, bloated, active decay, advanced decay and dry remains). Although seasonal periods had a similar duration (Table 1), stages of decomposition verified more quickly during summer-winter, due to environmental temperature. Each stage's distinctive features, general associated fauna, and duration in days after death (DAD) are described in Table 1 below.

Table 1. Decomposition stage duration, in DAD for different seasons

Seasonal period	Decomposition stages				
	Fresh	Bloated	Active decay	Advanced decay	Dry remains
Winter-Spring	0-1	2-4	5-13	14-29	30-70
Summer-Winter	0-1	2	3-4	5-10	11-81

4.1.1.1. Winter-spring experiment

1st Stage - Fresh (0-1 DAD). During this stage there were no fetid odors. From the moment of death, the activity of adult members of the Calliphoridae, Sarcophagidae and Muscidae families was observed, as they flew over the corpses.

2nd Stage - Bloated (2-4 DAD). Corpses were completely bloated (swollen) and their anuses were extruded due to the effect of the gases generated by decomposition. During this stage, skin coloration changes were produced and a fetid odor was present. Many Calliphoridae flies arrived and small maggots were seen in the bodies' natural orifices. Piophilidae adults were present and Cleridae adults were found in the ears, feeding on small Diptera maggots. Large numbers of cockroaches, Cleridae, arachnids and isopods were seen beneath the carcasses.

3rd Stage - Active Decay (5-13 DAD). By this stage the odor was less intense but still fetid. A large volume of bodily fluids drained from the corpse and seeped into the ground. There was great activity of maggots and isopods, cockroaches, earwigs, clerids, arachnids, and dermestid adults were present. Great masses of Diptera maggots were present in the eye sockets, noses and abdomens. At 8 DAD, Diptera larvae began migrating, abandoning the carcasses. At the end of this stage, cockroaches were no longer found under the carcasses.

4th Stage - Advanced decay (14-29 DAD). The intensity of the foul decreased, and it was still damp under the corpses. The skin started to come off as it was very dry. The bodies were very dehydrated and covered by an oily material. Biomass loss became more gradual. Maggot masses were no longer observed on the corpses, but many teneral adult Calliphoridae, Sarcophagidae and Muscidae were observed. These rested in large numbers on the cages or fences to allow their wings to expand and dry. Piophilidae larvae were first seen at the carcass-soil interface. Many Cleridae and Dermestidae beetles, as well as Formicidae. Black birds (*Quiscalus mexicanus* Gmelin) were observed feeding on tenerals.

5th Stage Dry remains (30-70 DAD). By this stage the bones were exposed and disarticulated and only very dry skin remained, with the little remaining tissue fairly dry. A slight rancid lard odor was present. The previously observed oily residue on the carcasses solidified. The soil below the carcasses was dry with abundant Calliphoridae pupae parasitized by Pteromalidae wasps. Sarcophagidae and Piophilidae adults continued to emerge. Abundant adults of staphilinids, harvesting ants, histerids, clerids, dermestids, hemipterans, mantis, spiders, crickets, soliphugae, and isopods. The numbers of specimens in all the above-mentioned groups diminished as this last stage advanced. Opportunist individuals, such as lizards (*Podarcis* sp.), were collected from the pitfall traps. The end of this stage was marked by scarce insect activity, as well as by the lack of further biomass loss.

4.1.1.2. Summer-winter experiment

1st Stage - Fresh (0-1 DAD). Immediately after death, adult Calliphoridae, Sarcophagidae, and Formicidae were observed over the carcasses. There was no putrid odor at this stage.

2nd Stage - Bloated (2 DAD). The carcasses were completely bloated (swollen) and their anuses were extruded by the effect of the gases generated by decomposition. Changes in skin coloration (iliac stain) occurred and a rotten odor was noted. There was a great deal of activity of adult Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, and Piophilidae ovipositing on the carcasses. Formicidae were observed preying on Diptera. Large masses of Diptera maggots over and under the corpses were present. Dermestid adults and earwigs were present beneath the carcasses.

3rd Stage Active Decay (3-4 DAD). At this stage the soil under carcasses was damp and there was an intense rotten odor emanating from the carcasses. Bones became exposed and the skin began to detach from the body. Adult Sarcophagidae and Muscidae were present on the carcasses and there were large masses of Diptera maggots over the corpses. Many adults and larvae of Calliphoridae, Formicidae, Cleridae, Dermestidae, and Histeridae adults were collected from over, under, and around the carcasses, feeding on maggots. Third-stage Diptera maggot migration was observed during this stage.

4th Stage - Advanced decay (5.10 DAD). In this stage the soil presented an oily appearance. The bones became more exposed and more skin became detached. A rotten odor was still present but less intense than before.. Adult Muscidae, Piophilidae and Blattidae were present. *Chrysomya rufifacies* larvae and prepupal Diptera were observed beneath the corpses. The Diptera maggots could be seen buried in the soil under the corpses. Abundant adult Calliphoridae as well as third instar larvae (L3), together with adult Cleridae, Dermestidae, and Histeridae were

collected in the pitfall traps and from under the carcasses, as well as their larvae. Opportunist individuals, such as lizards (*Podarcis* sp.), were found in the pitfall traps.

5th Stage Dry remains (11-81 DAD). By this stage, the carcasses were mummified, the soil was dry, and the odour was much less pungent. Adult Calliphoridae, Sarcophagidae and Muscidae were observed flying over the cages. Calliphoridae adults began to emerge and Cleridae and Dermestidae larvae were observed beneath the carcasses. Cockroaches (Blattidae) were also seen crawling over the oily soil surface. Adult and immature individuals from the Forficulidae family were found in pitfall traps and under the carcasses. Formicids were observed preying on clerid and dermestid larvae. Large numbers of Isopoda, Soliphugae (Eremobatidae), Aranea and Orthoptera were observed

4.1.2. Biomass loss

Weight loss occurred faster in exposed corpses during the summer-winter period than during the winter-spring period (Figure 1). This loss was more evident during the first 15 DAD, with a 23% weight loss at 7 DAD (beginning of active decay stage). By the middle of this same stage (10 DAD); a 35% loss of initial weight was recorded. By the middle of the advanced decay stage (21 DAD), a 51% weight loss which increased to 56% at the end of this stage was recorded. Average maximum and minimum temperatures during the four decomposition stages were 30.9°- 13.2°C.

During the summer-winter experiment (Figure 2), a 9% loss was recorded at the fresh stage (0-1 DAD), which increased to 18% in the bloated stage (2 DAD). During the active decay stage (4 DAD) a 36% weight loss was observed, and at the beginning of the advanced decay stage (5 DAD), a 60% loss of initial weight was recorded, which increased to 77% at the end of this same stage (10 DAD). During the first four decomposition stages, the average maximum and minimum temperatures were 33.9°- 18.8° C.

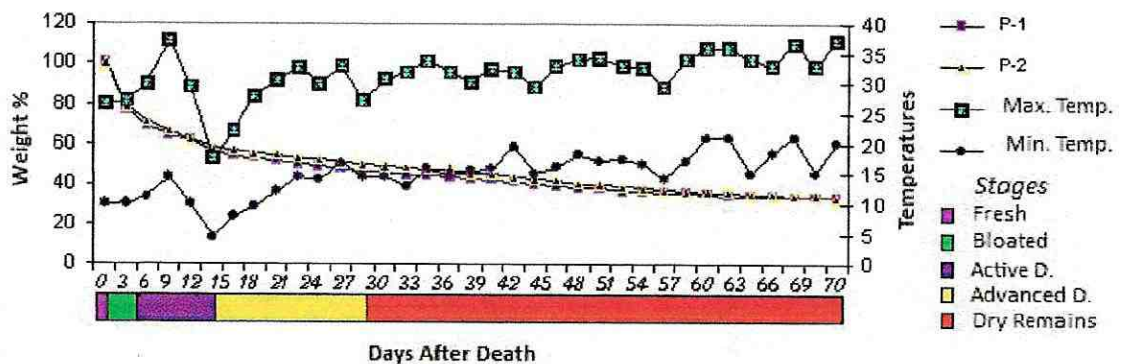


Figure 1. Biomass loss of two pig carcasses in Torreón, Coahuila, in relation to temperature during the winter-spring, 2007.

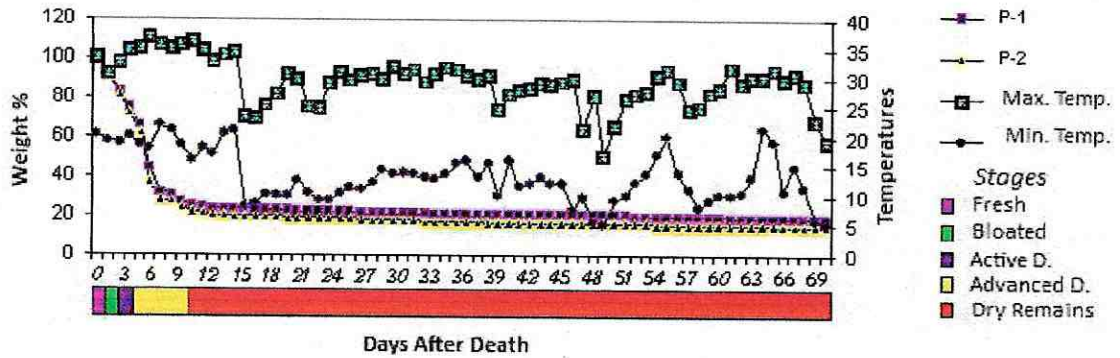


Figure 2. Biomass loss of two pig carcasses, in Torreón, Coahuila in relation to temperature, during summer-winter, 2007.

4.1.3. Relative abundance of classes, orders, genera and species

Relative abundance of specimens presented here constitutes a reflection of sampling during each seasonal period. However, there is no solid evidence that support this data as representative estimators of arthropods that visited and colonized carcasses.

Among all arthropods observed and collected from the decomposing pig carcasses, the Hexapoda was the most abundant class found during both sets of experiments. It should be noted that this class was more abundant in the experiment performed during the summer-winter period than in the winter-spring period (Figures 3a and 3b).

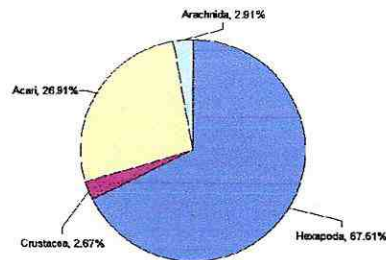


Figure 3a. Relative abundance of arthropods in pig carcasses in Torreón, Coahuila during winter-spring, 2007.

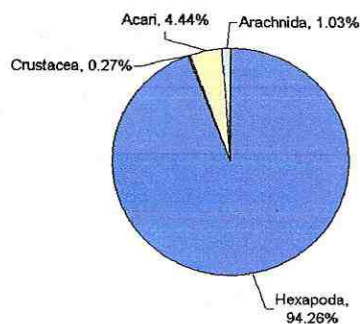


Figure 3b. Relative abundance of arthropods in pig carcasses in Torreón, Coahuila during summer-winter, 2007.

Observing the relative abundance of insect orders (adults) as a percentage (Figures 4a and 4b), it is clear that the Diptera, Coleoptera, and Hymenoptera were the most abundant in all the experiments of both time periods. Nevertheless, in the winter-spring period experiment, the most abundant order was Diptera (52.9%), followed by Coleoptera (35.1%) and Hymenoptera (7.3%), while in the summer-winter period experiment the most abundant order was Hymenoptera (65.79%), followed by Diptera (21.95%) and Coleoptera (8.36%).

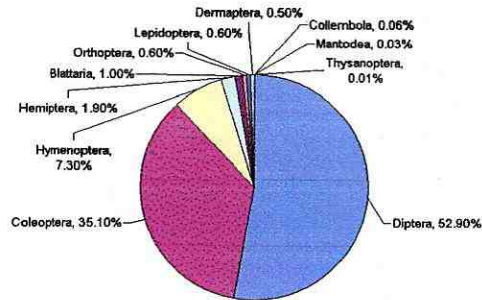


Figure 4a. Relative abundance of insects in pig carcasses in Torreón, Coahuila during winter-spring, 2007.

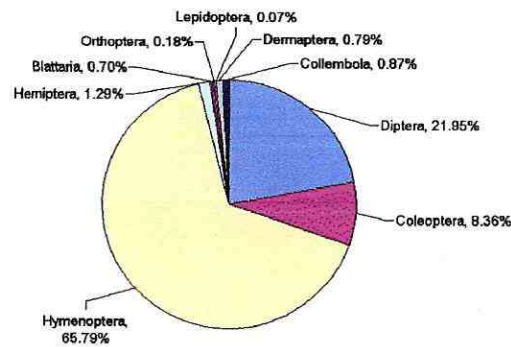


Figure 4b. Relative abundance of insects in pig carcasses in Torreón, Coahuila during summer-winter, 2007. period

Figures 5a and 5b show the Diptera families collected (adults) during both seasonal periods. It should be noted that Piophilidae was most abundant family during the winter-spring period, its capture greatly decreasing during the summer-winter period, while the Calliphoridae were the most abundant during this same summer-winter period.

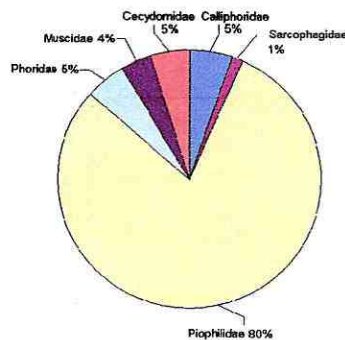


Figure 5a. Relative abundance of Diptera families in pig carcasses in Torreón, Coahuila during winter-spring, 2007.

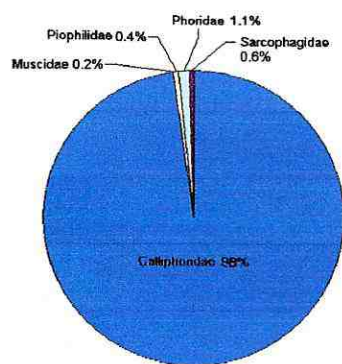


Figure 5b. Relative abundance of Diptera families in pig carcasses in Torreón, Coahuila during summer-winter, 2007.

Figures 6a and 6b illustrate Coleoptera families collected during both seasonal periods. Regardless of the seasonal period, the most abundant families were Cleridae, Dermestidae, and Hysteridae.

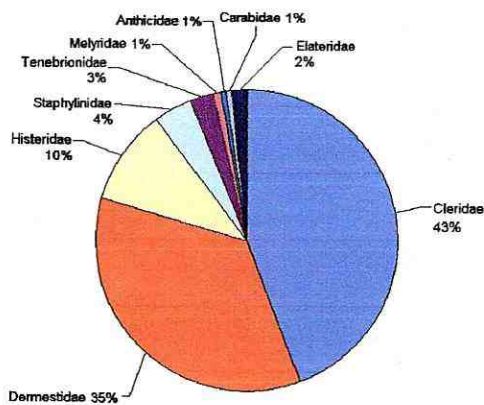


Figure 6a. Relative abundance of Coleoptera families in pig carcasses in Torreón, Coahuila during winter-spring, 2007.

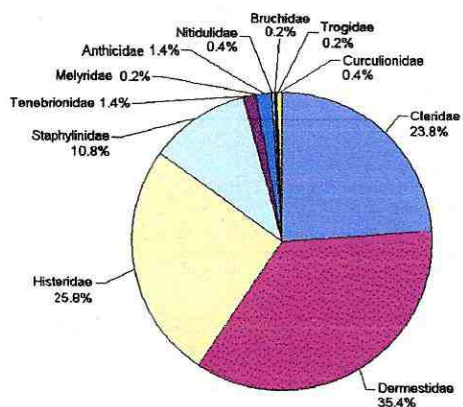


Figure 6b. Relative abundance of Coleoptera families in pig carcasses in Torreón, Coahuila during summer-winter, 2007.

Lucilia sericata (and *Chrysomya rufifacies* were the to be the dominant species of Calliphoridae during the winter-spring period, although *L. silvarum* and *L. cuprina* larvae were also collected and raised to their adult stage, as well as one *C. megacephala* specimen (Figure 7a). *Chrysomya rufifacies* was the dominant species during the summer-winter period (Figure 7b), but *Cochliomyia macellaria*, *Lucilia eximia* and *Chrysomya megacephala* specimens were also collected.

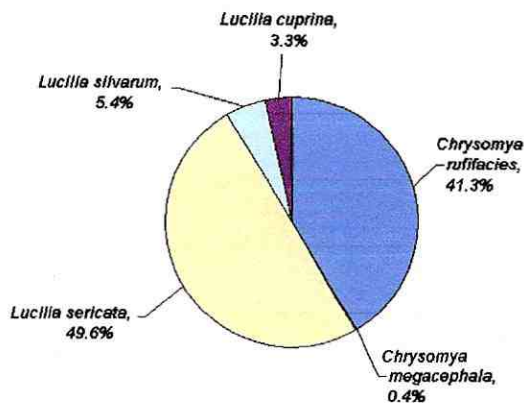


Figure 7a. Relative abundance of Calliphoridae species in pig carcasses in Torreón, Coahuila during winter-spring, 2007.

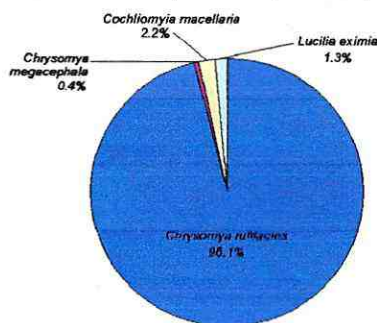


Figure 7b. Relative abundance of Calliphoridae species in pig carcasses in Torreón, Coahuila during the summer-winter, 2007.

Individuals pertaining to the Sarcophagidae family were identified to the genus level. Five genera were identified in the winter-spring period (Figure 8a), while during the summer-winter period only two genera were identified (Figure 8b).

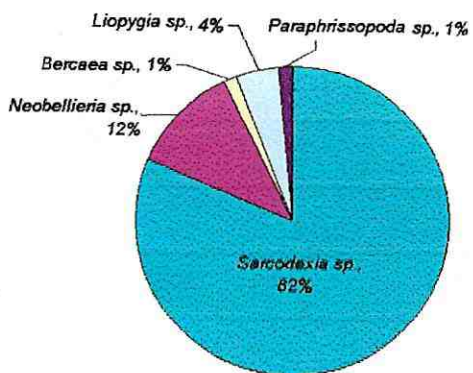


Figure 8a. Relative abundance of Sarcophagidae genera in pig carcasses in Torreón, Coahuila during winter-spring, 2007.

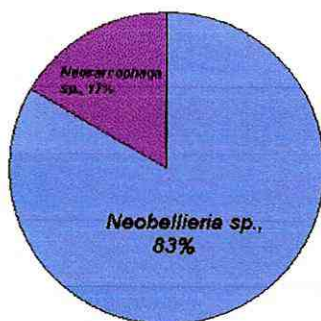


Figure 8b. Relative abundance of Sarcophagidae genera in pig carcasses in Torreón, Coahuila during summer-winter, 2007.

Necrobia rufipes and *Dermestes sp.* were the dominant Coleoptera genera and species (Figures 9a and 9b).

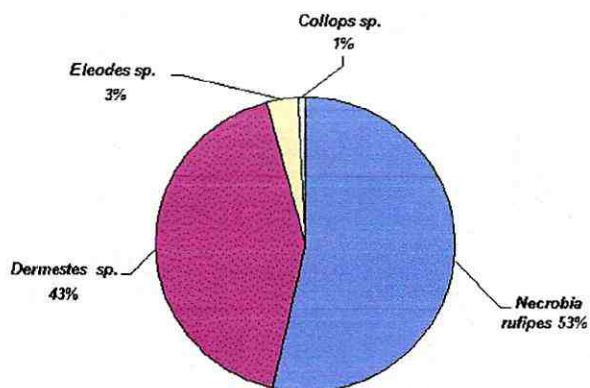


Figure 9a. Relative abundance of Coleoptera genera and species in pig carcasses in Torreón, Coahuila during winter-spring period, 2007.

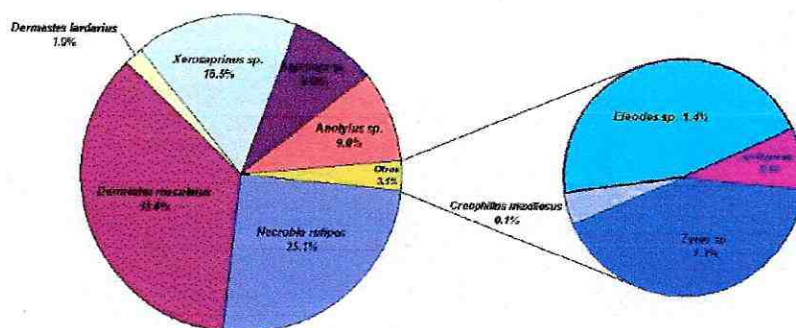


Figure 9b. Relative abundance of Coleoptera genera and species in pig carcasses in Torreón, Coahuila during summer-winter, 2007. Period.

4.1.4. Arthropod succession per decomposition stage

4.1.4.1. Winter-spring succession

Winter-spring succession results (Table 2) demonstrate that the first colonizing wave was represented by Diptera from the Sarcophagidae and Calliphoridae families and, to a lesser extent, from the Muscidae family. Even though they were not collected, it was possible to observe these individuals flying, exploring, and ovipositing on the carcasses, just a few (15) minutes after the pigs had been slaughtered.

During the bloated stage (2-4 DAD), the appearance of Piophilidae adults was remarkable, as well as beetles from the Cleridae –*Necrobia rufipes* (DeGeer)– and Dermestidae –*Dermestes maculatus*, *Dermestes* spp.– families, feeding on Diptera maggots. Also, a great number of specimens from the Blattellidae family, *Blattella* spp., was observed under the carcasses.

The greatest abundance of Diptera maggot masses was recorded during the active decay stage (5-13 DAD); they were mainly located in the cephalic cavity and underneath the pig carcasses. These maggot masses were collected and raised at the UL-Parasitology Laboratory to be identified later, when they had reached their adult stage. Sarcophagidae maggots belonged to the *Sarcodexia*, *Neobellieria* and *Liopygia* genera, which proved to be the most abundant; and there were also scarce individuals of the *Tytanogrypa*, *Bercaea*, *Paraphrissopoda*, and *Bellieria* genera, and only one individual of the *Anicia* genus. The dominant Calliphoridae species was *Lucilia sericata* and Chrysomya rufifacies. During this stage a few adults belonging to the Histeridae, Staphylinidae and Tenebrionidae families were observed, as well as ants belonging to the *Pheidole hyatti* (Emery) and *Camponotus festinatus* (Buckley) species. At the end of this stage, a few mite specimens belonging to the Galumnidae family were detected.

Calliphoridae and Sarcophagidae adults started to emerge during the advanced decay stage. An early appearance of abundant Piophilidae family larvae was observed under the carcasses; they were being consumed by Dermestidae and Cleridae adults. Also, large numbers of adult *Eremobates* sp. (Soliphugae) were observed under the carcasses.

During the final decomposition stage (30-70 DAD), specimens of families belonging to the order Coleoptera increased, among which Cleridae, Dermestidae, Histeridae, Staphylinidae and Tenebrionidae were most noticeable, as

were ant species *Pogonomyrmex rugosus*, *Pheidole hyatti* and *Camponotus festinatus*. During this dry remains stage, the families of Dermanyssidae, Macronyssidae and Laelapidae mites were very abundant.

During all decomposition stages, Isopoda and Dermaptera individuals were present beneath the pig carcasses.

4.1.4.2. Summer-winter succession

During the summer-winter period (Table 3), the first Diptera colonizing wave was represented by the Calliphoridae, Sarcophagidae, Piophilidae, Phoridae and Muscidae families. During the bloated stage (2 DAD), maggots were collected from *Chrysomya rufifacies*, *Cochlyomyia macellaria* (Fabricius), *Chrysomya megacephala*, and *Lucilia eximia* with *C. rufifacies* and *C. macellaria* the dominating species. Also during this stage, Sarcophagidae of the *Neobellieria* and *Neosarchophaga* genera were collected and raised.

Two days after death, the presence of *Necrobia rufipes*, *Dermestes maculatus* and *Dermestes lardarius* (L.) adults was recorded. Few adults pertaining to the Histeridae (*Saprinus* sp. and *Xerosaprinus* sp.) and Staphylinidae families (*Zyras* sp., *Anotylus* sp. and *Creophilus maxillosus* (L.)) were collected underneath the carcasses and in the fall traps.

During the active decay stage (3-4 DAD), the first specimen of the Trogidae family, *Trox* sp was recovered from the pitfall traps. Also during this stage, the number of specimens in the orders Coleoptera and Dermaptera, and of the Eremobatidae family increased.

During the advanced decay stage (5-10 DAD) a marked northern migration of large numbers of individuals in the third larval stage was witnessed; such larvae showed a reduced size. As they abandoned the carcasses, they were "harvested" by ants of the *Pogonomyrmex* and *Pheidole* genera. During this stage, the emergence of adults of Calliphoridae and Sarcophagidae was observed. Also during this stage, a growing number of mites belonging to the Galumnidae, Dermanyssidae and Macronyssidae families were collected from the soil samples, and specimens of the Caeculidae family were recovered from the pitfall traps.

During the last decomposition stage, the emergence of Diptera adults was observed, as well as an increase in the number of x Coleoptera adults and mites.

From the bloated stage on, and during all subsequent decomposition stages, specimens of Forficulidae, Eremobatidae, Cleridae, Dermestidae, Histeridae, Staphylinidae, Tenebrionidae and Nitidulidae isopods were collected, although these were not as abundant as those collected during the winter-spring period. Piophilidae maggots were not collected during any of the decomposition stages.

Table 2. Arthropods collected from pig carcasses in an open semi-desert urban zone in the Coahuilan semidesert during the winter-spring period, 2007

Stage	Class	Order	Family	Genus or species	Stage		
Fresh (0-1 DAD)	Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	No specimens were collected;	A		
			Calliphoridae	adults were merely observed			
Bloated (2-4 DAD)	Hexapoda	Diptera	Muscidae	flying over carcasses			
			Sarcophagidae	<i>Sarcodexia</i> sp.	L		
				<i>Tytanogrypa</i> sp.	L		
				<i>Neobellieria</i> sp.	L		
				<i>Liopygia</i> sp.	L		
				<i>Bercaea</i> sp.	L		
				<i>Bellieria</i> sp.	L		
				<i>Lucilia sericata</i> (Meigen)	L, A		
				<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	L, A		
				Not identified beyond the Family level	A		
				Calliphoridae			
				Muscidae,			
				Piophilidae,			
				Phoridae			
				Cecidomyiidae	<i>Anareteia defecta</i> (Winnertz)	A	
				Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A	
				Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)	A	
					<i>Dermestes</i> sp.	A	
					Not identified beyond the Family level		
				Histeridae,			
				Staphylinidae,			
				Elatridae			
				Hymenoptera	Formicidae	Not identified beyond the Family level	A
				Dermoptera	Forficulidae	Not identified beyond the Family level	A
				Orthoptera	Gryllidae,		
					Gryllacrydidae	Not identified beyond the Family level	A
				Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella</i> sp.	A
	Collembola	Suborder Arthropleona		A			
	Isopoda			A, Imm			
Active Decay (5-13 DAD)	Crustacea Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcodexia</i> sp.	L		
				<i>Tytanogrypa</i> sp.	L		
				<i>Neobellieria</i> sp.	L		
				<i>Liopygia</i> sp.	L		
				<i>Bercaea</i> sp.	L		
				<i>Paraphrissopoda</i> sp.	L		
				<i>Bellieria</i> sp.	L		
				<i>Anicia</i> sp.	L		
				Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i> (Meigen)	L, A	
					<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	L, A	
					<i>Lucilia silvarum</i> (Meigen)	L	
					<i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann)	L	
					<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	L	
					Not identified beyond the Family level	A	
				Muscidae,			
				Piophilidae,			
				Phoridae			
				Cecidomyiidae	<i>Anareteia defecta</i> (Winnertz)	A	
				Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A	
				Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)	A, L	
					<i>Dermestes</i> sp.	A	
					Not identified beyond the Family level		
				Histeridae,			
				Staphylinidae,			
				Elatridae,			
				Tenebrionidae			
				Melyridae	<i>Collops</i> sp.	A	
				Hymenoptera	Formicidae	<i>Pheidole hyatti</i> (Emery)	A
					<i>Camponotus festinus</i> (Buckley)	A	
					Not identified beyond the Family level	A, Imm	
				Hemiptera	Anthracoridae,		
					Cydnidae, Nabidae,		
					Tingidae, Reduviidae	A, Imm	
			A, Imm				
	Dermoptera	Forficulidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm			
	Orthoptera	Gryllidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm			
		Gryllacrydidae					
	Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella</i> sp.	A			
	Collembola	Suborder Arthropleona		A			
	Arachnida	Soliphugae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Imm.			
		Arachnida:					
		Macronyssidae	Not identified beyond the Family level	A			
		Acari					
	Crustacea	Isopoda					
Advanced decay (14-29 DAD)	Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcodexia</i> sp.	L, A		
				<i>Tytanogrypa</i> sp.	L, A		
				<i>Neobellieria</i> sp.	L, A		
				<i>Liopygia</i> sp.	L, A		
				<i>Bercaea</i> sp.	L, A		
				<i>Bellieria</i> sp.	L, A		
				Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i> (Meigen)	L, A	
					<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	L, A	
					<i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann)	L, A	
					<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	L, A	
					Not identified beyond the Family level	A	
				Muscidae,			
				Phoridae,			
				Piophilidae			
				Cecidomyiidae	<i>Anareteia defecta</i> (Winnertz)	A	

Table 2. Continued

Stage	Class	Order	Family	Genus or species	Stage			
Advanced decay (14-29 DAD) (continued)	Hexapoda	Coleoptera	Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A			
			Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer) <i>Dermestes</i> sp.	A, L			
			Histeridae, Staphylinidae, Tenebrionidae	Not identified beyond the Family level	A			
			Hymenoptera	Melyridae	<i>Collops</i> sp.	A		
				Formicidae	<i>Pogonomymex rugosus</i> (Emery) <i>Pheidole hyatti</i> (Emery) <i>Camponotus festinatus</i> (Buckley)	A A A		
					Not identified beyond the Family level	A, Imm		
					Not identified beyond the Family level	A, Imm		
			Hemiptera	Anthocoridae, Nabidae, Tingidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm		
			Dermoptera	Forficulidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm		
			Orthoptera	Gryllidae Gryllacrydidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm		
		Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella</i> sp.	A			
			Collembola	Suborder Arthropleona	A			
			Soliphugae	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Imm		
			Arachnida: Acari	Macronyssidae, Galumnidae	Not identified beyond the Family level	A		
			Isopoda		A, Imm			
		Dry remains (30-70 DAD)	Hexapoda	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcodexia</i> sp. <i>Tylanogrypa</i> sp. <i>Neobellieria</i> sp. <i>Liopygia</i> sp. <i>Bercaea</i> sp. <i>Bellieria</i> <i>Lucilia sericata</i> (Meigen) <i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart) <i>Lucilia silvarum</i> (Meigen) <i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann) <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A A A A A A A A A A A	
					Muscidae, Phoridae, Piophilidae	Not identified beyond the Family level	A A A, L	
					Coleoptera	Cecidomyiidae	<i>Anaretella defecta</i> (Winnertz)	A
						Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A
						Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> <i>Dermestes</i> sp.	A, L A
						Histeridae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Anthicidae, Elatridae	Not identified beyond the Family level	A
					Hemiptera	Melyridae	<i>Collops</i> sp.	A
						Anthocoridae	Not identified beyond the Family level	A, Imm
Dermoptera	Forficulidae				Not identified beyond the Family level	A		
Hymenoptera	Formicidae				<i>Pogonomymex rugosus</i> (Emery) <i>Pheidole hyatti</i> (Emery) <i>Camponotus festinatus</i> (Beckley)	A A A		
					Not identified beyond the Family level	A		
Blattaria	Blattellidae			<i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus) <i>Blattella</i> sp.	A A			
Mantodea	Mantidae			Not identified beyond the Family level	A, Imm			
Arachnida	Soliphugae			Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Imm		
	Acari			Dermanyssidae, Macronyssidae, Galumnidae, Laelapidae	Not identified beyond the Family level	A A A A		
Crustacea	Isopoda				A, Imm			

NOTE: — DAD = Days After Death, A = Adults, L = larvae, Imm = immature

Table 3. Arthropods collected from pig carcasses in an open semi-desert urban zone in the Coahuilan semidesert during the summer-winter period, 2007

Stage	Class	Order	Family	Genus or species	Stage			
Fresh (0-1 DAD)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	No specimens were collected; adults were merely observed flying over carcasses	A			
			Sarcophagidae		A			
Bloated (2 DAD)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A, L			
				<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A, L			
				<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius)	A, L			
				<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)	A, L			
				Not identified beyond the Family level	A, L			
				Muscidae	Not identified beyond the Family level	A, L		
			Coleoptera	Phoridae		<i>Xerosaprinus</i> sp.	A	
				Histeridae		<i>Anotylus</i> sp.	A	
				Staphylinidae		<i>Eleodes</i> sp.	A	
				Tenebrionidae		Not identified beyond the Family level	A	
				Bruchidae		Not identified beyond the Family level	A	
				Anthicidae		Not identified beyond the Family level	A	
				Formicidae		<i>Pogonomymex</i> sp.	A	
				Hymenoptera	Cicadellidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
				Hemiptera	Reduviidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
					Aphididae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
				Cydnidae	<i>Pangaëus</i> sp.	A, Imm		
			Dermaptera	Forficulidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm		
			Orthoptera	Not identified beyond the Order level		A, Imm		
			Lepidoptera	Not identified beyond the Order level		A		
			Arachnida	Soliphugae	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Imm	
						Not identified beyond the Order level	A, Imm	
			Crustacea	Isopoda	Not identified beyond the Order level			
			Active decay (3-4 DAD)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A, L
							<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A, L
							<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius)	A, L
	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)	A, L						
	Sarcophagidae	<i>Neobellieria</i> sp.				A, L		
		<i>Neosarcophaga</i> sp.				A, L		
	Piophilidae	Not identified beyond the Family level				A		
	Phoridae	Not identified beyond the Family level				A		
Coleoptera	Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)				A		
	Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)				A		
		<i>Dermestes</i> sp.				A		
	Histeridae	<i>Xerosaprinus</i> sp.				A		
		<i>Saprinus</i> sp.				A		
	Staphylinidae	<i>Anotylus</i> sp.				A		
		<i>Creophilus maxillosus</i> (Linnaeus)				A		
	Tenebrionidae	<i>Eleodes</i> sp.				A		
	Trogidae	<i>Trox</i> sp.				A		
	Anthicidae	Not identified beyond the Family level				A		
Hymenoptera	Formicidae	<i>Pogonomymex</i> sp.				A		
		<i>Pheidole</i> sp.				A		
Hemiptera	Anthocoridae	Not identified beyond the Family level				A, Imm		
	Cicadellidae	Not identified beyond the Family level				A, Imm		
	Aphididae	Not identified beyond the Family level				A, Imm		
	Reduviidae	Not identified beyond the Family level				A, Imm		
	Cydnidae	<i>Pangaëus</i> sp.				A, Imm		
Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus)				A, Imm		
Dermaptera	Forficulidae	Not identified beyond the Family level				A, Imm		
Lepidoptera	Not identified beyond the Order level		A					
Orthoptera	Not identified beyond the Order level		A, Imm					
Arachnida	Soliphugae	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Imm				
			Not identified beyond the Order level	A, Imm				
Crustacea	Isopoda	Not identified beyond the Order level						
Advanced decay (5-10 DAD)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A			
				<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A			
				<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius)	A			
				<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)	A			
				Sarcophagidae	<i>Neobellieria</i> sp.	A		
					<i>Neosarcophaga</i> sp.	A		
				Piophilidae	Not identified beyond the Family level	A, L		
				Phoridae	Not identified beyond the Family level	A		
			Coleoptera	Muscidae	Not identified beyond the Family level	A		
				Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A		
				Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)	A, L		
					<i>Dermestes</i> sp.	A, L		
				Histeridae	<i>Xerosaprinus</i> sp.	A		
				Staphylinidae	<i>Saprinus</i> sp.	A		
					<i>Anotylus</i> sp.	A		
					<i>Zyras</i> sp.	A		
				Tenebrionidae	<i>Eleodes</i> sp.	A		
				Trogidae	<i>Trox</i> sp.	A		
				Melyridae	<i>Collops</i> sp.	A		
				Nitidulidae	Not identified beyond the Family level	A		
				Bruchidae	Not identified beyond the Family level	A		
				Anthicidae	Not identified beyond the Family level	A		
				Curculionidae	Not identified beyond the Family level	A		
			Hymenoptera	Formicidae	<i>Pogonomymex</i> sp.	A		
					<i>Pheidole</i> sp.	A		
			Hemiptera	Anthocoridae	Not identified beyond the Family level	A, Imm		
				Cicadellidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm		
	Cydnidae	<i>Pangaëus</i> sp.	A, Imm					

Table 3. Continued

Stage	Class	Order	Family	Genus or species	Status		
Advanced decay (5-10 DAD) (continued)	Hexapoda	Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus)	A, Imm		
		Dermaptera	Forficulidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm		
		Lepidoptera	Not identified beyond the Order level		A		
		Orthoptera	Not identified beyond the Order level		A, Imm		
		Arachnida	Soliphugae	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Imm	
			Acari	Galumnidae	Not identified beyond the Family level	A	
		Crustacea	Isopoda	Caeculidae	Not identified beyond the Family level	A	
				Not identified beyond the Order level		A, Imm	
		Dry remains (11-81 DAD)	Hexapoda	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)	A
						<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius)	A
	<i>Cochliomyia macellana</i> (Fabricius)				A		
	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann)				A		
	<i>Neobellieria</i> sp.				A		
	<i>Neosarcophaga</i> sp.				A		
	Not identified beyond the Family level				A		
	Not identified beyond the Family level				A		
Coleoptera	Cleridae				<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	A	
	Dermestidae				<i>Dermestes maculatus</i> (De Geer)	A, L	
				<i>Dermestes</i> sp.	A, L		
				<i>Xerosaprinus</i> sp.	A		
	Histeridae			<i>Saprinus</i> sp.	A		
	Staphylinidae			<i>Anotylus</i> sp.	A		
				<i>Zyras</i> sp.	A		
				<i>Eleodes</i> sp.	A		
				<i>Collops</i> sp.	A		
				Not identified beyond the Family level	A		
				Not identified beyond the Family level	A		
				Not identified beyond the Family level	A		
Hymenoptera	Formicidae			<i>Pogonomymex</i> sp.	A		
				<i>Pheidole</i> sp.	A		
	Hemiptera			Anthracoridae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
				Cicadellidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
				Aphididae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
				Cydnidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
				Reduviidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
	Blattodea			Blattellidae	<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus)	A, Imm	
	Dermaptera			Forficulidae	Not identified beyond the Family level	A, Imm	
	Lepidoptera			Not identified beyond the Order level		A	
Orthoptera	Not identified beyond the Order level		A, Imm				
Collembola	Not identified beyond the Order level		A				
Arachnida	Soliphugae	Acari	Eremobatidae	<i>Eremobates</i> spp.	A, Imm		
			Galumnidae	Not identified beyond the Family level	A		
			Macronyssidae	Not identified beyond the Family level	A		
			Dermanyssidae	Not identified beyond the Family level	A		
			Caeculidae	Not identified beyond the Family level	A		
Crustacea	Isopoda	Not identified beyond the Order level		A, Imm			

NOTE: — DAD = Days After Death, A = adults, L = larvae, Imm = immature

4.1.5. Relative abundance of mites

In general, collected mite families were more diverse and abundant during the winter-spring period than during the summer-winter period. Their numbers were concentrated in the last two decompositional stages (Table 4).

Table 4. Mite families collected during the winter-spring and summer-winter periods

Stages	Winter - Spring					Summer - Winter				
	1*	2*	3*	4*	5*	2*	3*	4*	5*	
Fresh	0	1	0	11	0	0	0	135	2	
Bloated	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Active decay	0	1	0	32	0	0	0	0	1	
Adv. decay	1642	290	238	143	2	0	0	38	1	
Dry remains	543	1527	62	182	0	222	6	296	6	

1* = Laelapidae, 2* = Macronyssidae, 3* = Dermanyssidae, 4* = Galumnidae and 5* = Caeculidae

4.1.6. Shannon's biological diversity indexes per decomposition stage

Taking into consideration the number of individuals of each species presents per decomposition stage, Shannon's biological diversity indexes were calculated for each stage and period during which the experiments were conducted. Independently from the period in which pigs decomposed, the biological diversity index increases as the decomposition process advances (Table 5), reaching the highest values during the dry remains stage.

Table 5. Shannon's diversity indexes per decomposition stage during the winter-spring and summer-winter periods

Decomposition stages	Winter-Spring	Summer-Winter	t_c	$p < 0.01$
Fresh	-----	2.02	0.95	
Bloated	2.73	2.42		
Active decomposition	2.99	2.99		
Advanced decomposition	3.05	3.06		
Dry remains	3.10	3.10		

Student's t : $p < 0.01$

4.2. Experiment with pig heads

Specimens collected from pig heads were more abundant (193) in the case of the Sarcophagidae family and scant (38) in the case of the Calliphoridae family. This change in the abundance of Sarcophagidae as compared to that of Calliphoridae was verified during the spring (May). Identified genera and species of these two families, as well as their relative abundance, are shown in Table 6.

Table 6. Sarcophagidae and Calliphoridae genera and species collected from pig heads (2), in Torreón, Coahuila, 2007

Family	Subfamily	Species	Nr.	Relative %
Calliphoridae	Chrysominae	<i>Chrysomya megacephala</i>	6	2.60
		<i>Chrysomya rufifacies</i>	1	0.43
	Lucilinae	<i>Lucilia sericata</i>	31	13.42
Sarcophagidae	Sarcophaginae	<i>Sarcodexia</i> sp.	152	65.8
		<i>Neobellieria</i> sp.	34	14.72
		<i>Liopygia</i> sp.	7	3.03

4.3. Year 2008 study cases

4.3.1. Case 1, violent death

During the 2008 winter-spring period (March 5) skeletal remains (a skull and a thorax, with no pelvis or lower limbs) of a man approximately 30 to 35 years old who suffered a violent death, were recovered. These remains were found on sandy soil, at the Emiliano Zapata communal farming entity located in the Municipality of Viesca, in the State of Coahuila.

In order to corroborate if the Sarcosaprophagous insect fauna is the same in animal models as in human corpses, on March 6, 2008 Diptera maggots were collected from the skull of the above mentioned remains. After the skull was opened, it was possible to observe a large mass of Sarcophagidae larvae in a sort of gray sludge which had formerly been the brain of the deceased (Figure 10), obtaining the following:

- Eight large maggots, seven of which went into pupation on the afternoon of the very same day they were collected as third-stage larvae, and the eighth specimen went into pupation on the next day, March 7, 2008.
- Six small larvae. After observing one of them through the microscope, it was confirmed that they were in the second larval stage. One of the maggots in this group died dry on the liver piece on which it was feeding; hence, only four of them were raised to the adult stage.
- Five (very large) dead larvae. These were found dead inside the skull of the sampled bone remains. They were preserved in Khale solution, a specific media for preserving immature specimens.
- Two Sarcophagidae adults collected at the Universidad Autónoma de Coahuila Hospital Morgue.

The sample –19 Diptera larvae, 14 alive and 5 dead– was collected from the cranial cavity (Figure 11) of the corpse which had been recovered at the formerly mentioned communal farming entity and had been transferred to the University Hospital Forensic Medical Service (SEMEFO) of the Universidad Autónoma de Coahuila, located in the City of Torreón, Coahuila.



Figure 10. Sarcophagidae maggots in cranial cavity



Figure 11. Collection of Sarcophagidae maggots

Of all the maggots raised in the laboratory, a total of 12 adults were obtained, plus the two adults collected at the SEMEFO. All of them were identified according to Shewell's 1987 keys (Table 7).

Table 7. Genera of Sarcophagidae collected from a human skull on March 5, 2008 in Emiliano Zapata, Viesca Municipality, Coahuila, Case 1

Genus	Collected stage	Emergence	Sex
<i>Sarcodexia</i>	L ₂	30/03/08	M
	L ₃	30/03/08	M
	L ₃	30/03/08	F
	L ₃	30/03/08	M
	L ₃	29/03/08	F
	L ₃	28/03/08	F
	L ₃	28/03/08	F
	L ₃	28/03/08	F
<i>Oxisarcodexia</i>	L ₂	31/03/08	M
	L ₂	30/03/08	M
	L ₂	30/03/08	M
<i>Neobellieria</i>	L ₃	29/03/08	F
<i>Bercaea</i>	L ₃	29/03/08	M
<i>Liopygia</i>	Adult	06/03/08	F
<i>Archimimus camatus</i> Reinhard	Adult	06/03/08	F

F = female

M = male

L₃ = third larval stage

L₂ = second larval stage



Figure 12. Sarcophagidae adults and pupal cases collected from a human brain in Emiliano Zapata, Viesca Municipality, Coahuila, 2008.

With the Sarcophagidae larvae collected from the human corpse, we were able to estimate by entomological methods, that the cadaver had been colonized 12 to 15 days before it was found, estimation that fully coincided with the postmortem interval estimated by the legal medic at the Coroner's office.

4.3.2. Case 2, non-violent death

On November 11, 2008 we were invited by the Department of Expert Services of the State Attorney General's Office to attend the corpse examination of a 75 year old man who had been reported dead at his home. The deceased was last seen alive by his neighbors two days before several persons in his community (Colonia El Roble, Municipality of Torreón, Coahuila) gave notice of his possible death.

Upon arrival at his home, the corpse was examined in order to collect entomological fauna. Even though few adults pertaining to the Calliphoridae, Sarcophagidae and Muscidae families were detected, flying around inside the dwelling, no eggs or maggots could be recovered from the corpse. The main reason for this was that a large number of *Solenopsis* sp. ants were found feeding on the epidermis of the deceased and they had probably consumed any eggs which might have been oviposited on it (Figure 13).

Probable cause of death was stated as the consequence of a lamentable alcoholism-related situation, which was corroborated by the blood loss suffered by the deceased before his death.



Figure 13. Consumption of the epidermis of a corpse by *Solenopsis* sp. November, 2008 in Torreón, Coahuila.

5. DISCUSSION

During both seasonal periods, the decomposition process exhibited the same general changes, although they occurred faster during the summer-winter period than during the winter-spring period, due to ambient temperatures. These results agree with those reported by Sharanowski *et al.* (2008).

The duration of the early stages of the decomposition process was similar to that recorded by other researchers (for example Centeno *et al.*, 2002; Sharanowski *et al.*, 2008). However, Torreón has much warmer and drier conditions than those found in Buenos Aires, Argentina, and Saskatchewan, Canada, so the local climate speeded up carcass decomposition and dehydration (Catts & Goff, 1992; Marshenko, 2001).

The bloated stage occurred two days after death (DAD) in both seasonal periods, and from this stage on, all subsequent stages occurred in less than half the time during the summer-winter period as compared to the time in which they were verified during the winter-spring period. Several authors state that the end of this stage is marked by skin rupture, as a result of Diptera larvae feeding, and the bodies' consequent deflation (Payne, 1965; Rodríguez & Bass, 1983; Early & Goff, 1986; Anderson & VanLaerhoven, 1996; Carter *et al.*, 2007). In my experiments carcass deflation occurred as an immediate phenomenon due to maggot activity and not as reported by Sharanowski *et al.* (2008).

Diptera maggot migration (abandoning the carcasses to go into pupation), was recorded during the active decay stage (Gomes & VonZuben, 2005). This agrees with the observation of Centeno *et al.* (2002). Migration was first observed three DAD in the summer-winter experiment, and eight DAD in the winter-spring experiment.

Diptera adult emergence was observed at the beginning of the dry remains stage (12 DAD) in the summer-winter experiment, and at the beginning of the advanced decomposition stage (15 DAD) in the winter-spring experiment, in accordance with the findings made by Watson & Carlton (2003) for pig carcasses in Tennessee and by Sharanowski *et al.* (2008) in sun-exposed sites, respectively.

When considering carcass biomass loss during both seasonal periods, we can state that this occurred dramatically during the first four decomposition stages. This loss, as mentioned by Catts & Goff (1992) is due to fluid and tissue loss and Diptera maggot dispersion during the post-feeding period.

In the same manner as the hypothesis formulated by earlier studies and Sharanowski *et al.* (2008), we thought that carrion fauna in a semi-desert urban area in Coahuila would be very different from other geographic regions of the world. However, the most numerous carrion-associated arthropod classes, orders and families, as well as their colonization time are comparable to those reported in studies conducted in other regions.

Considering their activity and frequency, insects are the most important arthropods involved in carrion decomposition and therefore are the ones who have the greatest forensic relevance (Velázquez, 2008). Among them, the following orders stand out: Diptera, Coleoptera (Payne, 1965; Campobasso *et al.*, 2001; Marshenko, 2001; Watson & Carlton, 2003), and Hymenoptera (Centeno, 2002; Martínez *et al.*, 2002; Arnaldos *et al.*, 2005; Velázquez, 2008). Serious attention should be paid to factors directly affecting the decomposition process and, therefore, carrion

colonization by these insects, when only entomological evidence is to be used to establish the postmortem interval (PMI) (Turner & Wiltshire, 1999).

Within the order Diptera, the Calliphoridae, Sarcophagidae, Piophilidae, Phoridae and Muscidae families were the most abundant families of forensic interest. All these families appeared during the early decomposition stages, in agreement with the results reported by several authors (Payne, 1965; Rodriguez & Bass, 1983; Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Anderson, 2001; Sharanowski *et al.*, 2008).

The carrion fauna were greatly affected by the seasons. The greatest diversity in the order Diptera occurred during the winter-spring period. This coincides with the findings reported by Sharanowski *et al.* (2008), who record greater Diptera diversity during spring. Collected and raised Calliphoridae specimens were more diverse during the winter-spring period than during the summer-winter period, although they were less abundant than Sarcophagidae. The latter were more abundant and diverse during the winter-spring period than during the summer, when only six specimens were collected and raised.

In forensic entomology studies major efforts are oriented to fly biology. The reason for this lies in the fact that flies are the first insects arriving at a carcass to colonize, and they achieve this rapidly in such a way that their specific composition corresponds to the degree of corpse tissue decomposition and is responsible for altering it, following a regular pattern, during the decomposition process (Marshenko, 2001).

The most abundant Calliphoridae species found in this study were *Lucilia sericata* and *Chrysomya rufifacies* during winter-spring, and *Chrysomya rufifacies* during summer-winter. Other less frequent species were *Lucilia eximia*, *Chrysomya megacephala*, and *Cochliomyia macellaria*, being also the same species collected by Pérez (2006) in an urban area in San Nicolás de los Garza, Nuevo León, from July to November.

Different Calliphoridae species have been associated with different habitats. It has been found that in urban areas collected species compositions are different from those collected in rural, wooded or arid areas (Anderson, 2001a). Denno & Cothram (1976) mention that *Lucilia sericata* was the dominant Calliphoridae in rabbit carrion in Davies, California, from June to September. Velázquez (2008) collected *Lucilia sericata* from rat carrion, while Watson & Carlton (2003) report it as an early colonizer of bear, deer, caiman, and pig carrion during the spring. Furthermore, this was one of the dominant species recovered from traps with beef baits in Buenos Aires, Argentina (Oliva, 2001).

Lucilia sericata's preference for fresh carrion has been documented in previous works (Goddard & Lago, 1985; Hall & Doisy, 1993). This species was not collected during the summer-winter period, maybe as due to its high susceptibility to desiccation (Davies & Hobson, 1935; Wall *et al.*, 2001). In my work, the absence of *Lucilia sericata* during the summer differs from that which was reported by Schroeder *et al.* (2003), Hwang & Turner (2005), and Vanin *et al.* (2007) in Europe. Such geographical differences are not unexpected with such differences in climate and geographical region.

Maggots were reared in the laboratory using beef liver as their food, a fact which may have delayed the development of raised species, as reported by Clark *et al.* (2005). In addition, their brood was mixed, which may have

influenced *Chrysomya ruffiacies* which exhibits a highly predator behavior, to be one of the most abundant species (Aguar-Coelho & Milward-de-Azevedo, 1998), especially during the summer-winter period.

Until the end of the 1970's, the species *Chrysomya albiceps* and *Chrysomya ruffiacies* maintained separate distributions outside the American continent, these being *C. albiceps* Palearctic and *C. ruffiacies* Oriental and Australasian (Tantawi & Greenberg, 1993). In 1978, *C. ruffiacies* was discovered in Costa Rica (Jirón, 1979), and since then its presence in Mexico has also been reported (Gagné, 1981; Richard & Ahrens, 1983).

Chrysomya megacephala was collected during both seasonal periods, although its abundance was moderate. This differs from Gruner *et al.* (2007), who only collected it during the hottest months of the year in central Florida. Tenorio *et al.* (2003) collected *Cochliomyia macellaria*, *Chrysomya ruffiacies* and *C. megacephala* from pig carrion in rural and urban sites in central Texas.

Many works mention the presence of Sarcophagidae in relation to human corpses (Goff, 1991; Introna *et al.*, 1998; Benecke, 1998; Leclercq, 1997; Oliva, 1997; Anderson, 1995). Romera *et al.* (2003) regard third-stage larvae as secondary consumers and Carvalho & Linhares (2001) consider them carrion feeders associated with the late decomposition stages. However, in the opinion of Tantawi *et al.* (1996) these are primary carrion flies in high temperature zones and tropical regions. Furthermore, Castillo-Miralbés (2000) mentions that some Sarcophagidae in Spain behave as primary flies during the spring, being drawn to the corpse along with some Calliphoridae, while during the summer they behave as secondary flies.

Salviano (1996) and Meneses *et al.* (2008) found greater abundance and diversity of Sarcophagidae in pig carcasses during the bloated phase, agreeing with my results for the winter-spring period. Batistelli (2007) mentions that Sarcophagidae were the most abundant Diptera in his studies.

In my own studies, Sarcophagidae genera were moderately abundant in the carcasses during the winter-spring period and more abundant than Calliphoridae in the pig heads. In Case 1, they were also the only insects recovered from the cephalic cavity of the deceased, supporting statements made by Tantawi *et al.* (1996) and Castillo (2002).

As has been reported by other authors, adult members of the Piophilidae family arrived during the early decomposition stages to colonize the carcasses (Anderson & VanLaerhoven, 1996; Watson & Carlton, 2003; Sharanowski *et al.*, 2008), although their maggots were not collected until the advanced decay stage (14 DAD) during the winter-spring period. During the summer-winter period Piophilidae adults were less abundant and their maggots were not recovered during any of the decomposition stages.

The most abundant families in the order Coleoptera were Cleridae, Dermestidae, Histeridae and Staphylinidae. It was observed that they were most abundant during the winter-spring period than during the summer-winter period, and also that their abundance increased as the carcass decomposition stages advanced. The two families colonizing the carcasses earlier during the bloated stage were Cleridae and Dermestidae. This is contrary Sharanowski *et al.* (2008) who only collected a few *Necrobia rufipes* specimens and one dermestid during the dry remains stage. Campobasso *et al.* (2001) reported this family to be associated with the more advanced decomposition stages. Again, these differences most probably relate to geographical differences.

Amaldos *et al.* (2005), collected dermestids during the early decomposition stages, unlike clerids, which they collected during the more advanced decomposition stages. Richardson & Goff (1997) mention the arrival of *Dermestes maculatus* between 5 and 11 DAD. On the other hand, members of these families are regarded by Kulshrestha & Satpathy (2001), as the first carrion colonizers in Bhopal.

It is pertinent to note that specimens in the Silphidae family were not collected during any of the seasonal periods, although various authors have reported them as being the first carrion colonizing Coleoptera (Rodríguez & Bass, 1983; Centeno *et al.*, 2002; Sharanowski *et al.*, 2008). The absence of these insects is perhaps due to their great susceptibility to desiccation in low-humidity conditions, as stated by Bedick *et al.* (2006).

Specimens of the Nitidulidae family were collected in very low numbers and only during the summer-winter period, in accordance with the findings made by Sharanowski *et al.* (2008) and contrary to statements by other authors (Rodríguez & Bass, 1983; Anderson & VanLaerhoven, 1996a). Similarly, only three Trogidae family specimens were collected during the summer-winter period, although these were collected during the active decay and advanced decay stages. This is contrary to what several authors mention about these specimens being attracted by dry remains and being found during the more advanced decomposition stages (Abbott, 1937; Payne & King, 1970; Peterson, 1979; Arnett *et al.*, 1980; Arnett & Jaques, 1981; Borror *et al.*, 1989; Castner *et al.*, 1995).

Histerids arrived at the carcasses during the bloated stage and during both seasonal periods, in accordance with Rodríguez & Bass (1983) and Sharanowski *et al.* (2008), although the latter also mentions that in Saskatchewan, histerids were only collected until the dry remains stage, during the summer.

The Order Hymenoptera, mainly represented by the Formicidae family, rated third in abundance during the winter-spring period, although it was the most abundant during the summer-winter period. This is contrary to the findings made by Martínez *et al.* (2002) in the Iberian Peninsula, where they collected a greater percentage of ants during the spring (65.59%) than during the summer (29.55%). These differences in arrival times and species and families colonizing the carcasses between different geographical regions highlights the need to develop local databases of insect fauna on carrion before forensic entomology analyses can be made in any region.

Formicids are considered one of the most important groups within the sarcosaprophagous community (Amaldos, 2002), constituting the most important set of detritivorous and predating insects in the reduction of some vertebrates carcasses (Payne, 1968; Payne & Mason, 1971; Cornaby, 1974; Anderson & VanLaerhoven, 1996a).

Anderson (1995) and Byrd & Castner (2001) mention the presence of ants on human corpses under forensic investigation, remarking that ants may cause postmortem tissue damage which may be mistaken for ante mortem burns, leading the forensic investigators to err (Moura *et al.*, 1997). These authors also mention that on occasion the ant predation rate on Diptera eggs may be so extensive as to delay initial colonization by two or three days. This was corroborated in Case 2, where no Diptera eggs could be found over the deceased, due to the large quantity of ants predating them on the corpse and having injured the skin on his arms and torso.

Cornaby (1974) collected a considerable number of formicid species, the most important being six of genus *Camponotus* and five of genus *Pheidole*, the same genera that we collected in our experiments.

Broadly, mite families collected on the ground underneath the pig carcasses were most abundant during the last two decomposition stages. This has also been reported in previous works (Catts & Haskell, 1990; Anderson & VanLaerhoven, 1996a; Goff, 2000; Iraola, 2001; Magaña, 2001; Castillo, 2002); however, the suborder Oribatida, -to which the Galumnidae family belongs, has been shown to be a predator and to have saprophagous habits (Iraola, 2001).

When comparing Shannon's biological diversity indexes for each decomposition stage during both seasonal periods, by means of Student's t-test, no significant differences were found among them. Nevertheless, I was able to establish that diversity tended to increase as the decomposition process advanced, which agrees with the findings reported by Arnaldos *et al.* (2004), who used Margalef's diversity index. It is appropriate to emphasize the importance of conducting more studies where all seasonal periods are included, in order to compare the biological diversity indexes per decomposition stage and season, since Arnaldos *et al.* (2004) mention that when they analyzed their data using Sorenson's quantitative index, they observed greater similarities between spring and summer, and, on the other hand, between autumn and winter.

One of the greatest challenges facing the development of this area of knowledge is associating experimental data with forensic case studies (Amendt *et al.*, 2004). In this regard, it is important to strengthen communication and cooperation among academic research institutions and criminal justice agencies and also to group, organize, and certify all forensic entomologists and forensic experts participating in the different criminal justice fields (Pujol-Luz *et al.*, 2008).

The collaboration project between the State of Coahuila General Attorney's Office and the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, is one of the actions which should be emulated and developed in all other federal entities to ensure that knowledge generated in the forensic entomology field becomes one of the most valuable tools which will be adopted for use in legal forums throughout Mexico.

6. CONCLUSIONS

This study demonstrated that the pig carcass decomposition pattern in an open urban area of Coahuilan semidesert is the same during the two seasonal periods under study, showing only differences in the rate at which it took place, although insect colonization was greatly affected by season.

The most critical factor for both seasonal periods was environmental temperature.

Pig carcasses decomposition was influenced by sarcosaprophagous species that colonized them during both seasonal periods.

Pig carrion decomposed more rapidly during summer-winter than during winter-spring.

The same morphological pattern of decomposition was observed in pig carcasses during both seasonal periods.

Biological diversity indexes for each stage of decomposition were similar for both seasonal periods, increasing as the decaying of carrion advanced.

Some of the flesh fly genera collected from pig carcasses were recovered from human remains in the same area.

A sarcosaprophagous arthropod database is established for the first time in an open urban area of the Coahuilan semidesert, which has to be updated with further investigations that consider different habitats and seasons.

Correspondencia de artículos enviados para su publicación



**Arthropods of Forensic Importance on Pig Carrion in the
Coahuilan Semidesert, Mexico**

Journal:	<i>Journal of Forensic Sciences</i>
Manuscript ID:	JOFS-09-060.R1
Manuscript Type:	Technical Note
Date Submitted by the Author:	
Complete List of Authors:	Valdés-Perezgasga, Ma; Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Parasitología Sánchez Ramos, Francisco; Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Parasitología García Martínez, Oswaldo; Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Parasitología Anderson, Gail; Simon Fraser University, Criminology
Keywords:	Forensic science, forensic entomology, arthropods, succession, semidesert, pigs, Mexico





FOLIA ENTOMOLOGICA MEXICANA

México, D. F., 11 de marzo del 2009

DRA MARIA TERESA VALDES PEREZGASGA
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA, DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA
PERIFERICO Y CARRETERA A SANTA FE,
TORREON, COAHUILA

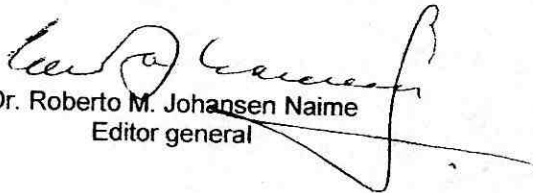
Presente

Por este conducto me permito informarle, que he recibido de Usted, los originales de dos manuscritos titulados: 1) "IDENTIFICACION Y ABUNDANCIA ESTACIONAL DE GENEROS DE LA FAMILIA SARCOPHAGIDAE (DIPTERA) SOBRE CARRONA DE PUERCO EN UNA AREA SEMIDESERTICA DE COAHUILA" y 2) "CLAVES PARA GENEROS Y ESPECIES DE MOSCAS CALIFORIDAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) DE AMERICA AL NORTE DE MÉXICO", a fin de que sean considerados y enviados a dos revisores arbitrales y, de ser aceptados, puedan ser publicados en la revista *Folia Entomologica Mexicana*.

En cuanto reciba los resultados de su revisión, con gusto se lo comunicaré a Usted.

Reciba un saludo cordial.

Atentamente


Dr. Roberto M. Johansen Naime
Editor general

Base de datos de especímenes identificados durante la investigación

Especímenes colectados e identificados durante el experimento invierno – primavera

No.	Origen	Fecha	Clave	Cantidad	Género o especie
1	M-1	23/02/2007	51	1	<i>C. rufifacies</i>
2	M-1	23/02/2007	51	1	<i>L. sericata</i>
3	M-1	26/02/2007	82	1	<i>L. sericata</i>
4	M-1	26/02/2007	82	1	<i>L. sericata</i>
5	M-1	26/02/2007	82	1	<i>L. sericata</i>
6	M-1	26/02/2007	82	1	<i>L. sericata</i>
7	M-2	26/02/2007	107	1	<i>L. sericata</i>
8	M-2	26/02/2007	107	1	<i>C. rufifacies</i>
9	M-4	26/02/2007	160	1	<i>C. rufifacies</i>
10	M-4	26/02/2007	160	1	<i>C. rufifacies</i>
11	M-4	26/02/2007	160	1	<i>C. rufifacies</i>
12	M-1	25/02/2007	68	1	<i>L. sericata</i>
13	M-2	25/02/2007	71	1	<i>L. sericata</i>
14	M-1	28/02/2007	204	1	<i>C. rufifacies</i>
15	M-1	28/02/2007	204	1	<i>C. rufifacies</i>
16	M-3	02/03/2007	336	1	<i>C. rufifacies</i>
17	M-3	07/03/2007	473	1	<i>C. rufifacies</i>
18	M-3	08/03/2007	497	1	No sirve
19	M-4	08/03/2007	502	1	<i>C. rufifacies</i>
20	M-3	09/03/2007	540	1	<i>C. rufifacies</i>
21	M-3	09/03/2007	540	1	<i>C. rufifacies</i>
22	M-4	09/03/2007	568	1	No sirve
23	M-1	12/03/2007	590	1	<i>L. sericata</i>
24	M-1	12/03/2007	590	1	No sirve
25	M-2	12/03/2007	614	1	No sirve
26	M-2	12/03/2007	614	1	<i>C. rufifacies</i>
27	M-2	12/03/2007	614	1	<i>L. sericata</i>
28	M-2	12/03/2007	614	1	<i>C. rufifacies</i>
29	M-3	12/03/2007	623	1	No sirve
30	M-3	12/03/2007	623	1	<i>C. rufifacies</i>
31	M-3	12/03/2007	623	1	<i>C. rufifacies</i>
32	M-3	12/03/2007	623	1	No sirve
33	M-3	12/03/2007	623	1	<i>C. rufifacies</i>
34	M-3	12/03/2007	623	1	<i>C. rufifacies</i>
35	M-3	12/03/2007	623	1	<i>L. sericata</i>
36	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
37	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
38	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
39	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
40	M-4	12/03/2007	642	1	<i>L. sericata</i>
41	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
42	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
43	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
44	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
45	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
46	M-4	12/03/2007	642	1	<i>C. rufifacies</i>
47	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
48	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
49	M-4	12/03/2007	642	1	<i>C. rufifacies</i>
50	M-4	12/03/2007	642	1	No sirve
51	M-4	12/03/2007	648	1	<i>C. rufifacies</i>
52	M-4	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
53	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
54	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
55	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
56	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
57	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
58	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
59	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
60	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
61	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
62	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
63	M-1	14/03/2007	653	1	<i>L. sericata</i>
64	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
65	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
66	M-1	14/03/2007	653	1	<i>Opodoxia</i> sp.
67	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
68	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
69	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
70	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
71	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
72	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
73	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
74	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
75	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
76	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
77	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
78	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
79	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
80	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
81	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
82	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
83	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>

84	M-1	14/03/2007	653	1	<i>C. rufifacies</i>
85	M-1	14/03/2007	653	1	No sirve
86	M-1	14/03/2007	654	1	No sirve
87	M-1	14/03/2007	654	1	No sirve
88	M-1	14/03/2007	654	1	<i>C. rufifacies</i>
89	M-1	14/03/2007	654	1	No sirve
90	M-1	14/03/2007	654	1	No sirve
91	M-1	14/03/2007	654	1	<i>L. sericata</i>
92	M-1	14/03/2007	654	1	No sirve
93	M-1	14/03/2007	654	1	No sirve
94	M-2	14/03/2007	662	1	No sirve
95	M-2	14/03/2007	662	1	<i>L. sericata</i>
96	M-2	14/03/2007	662	1	<i>L. sericata</i>
97	M-2	14/03/2007	662	1	<i>C. rufifacies</i>
98	M-2	14/03/2007	662	1	No sirve
99	M-2	14/03/2007	662	1	No sirve
100	M-2	14/03/2007	662	1	No sirve
101	M-2	14/03/2007	662	1	No sirve
102	M-4	14/03/2007	680	1	<i>C. rufifacies</i>
103	M-4	14/03/2007	680	1	<i>Lucifa sp.</i>
104	M-4	14/03/2007	680	1	No sirve
105	M-4	14/03/2007	680	1	No sirve
106	M-4	14/03/2007	680	1	No sirve
107	M-4	14/03/2007	680	1	No sirve
108	M-4	14/03/2007	704	1	<i>L. sericata</i>
109	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
110	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
111	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
112	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
113	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
114	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
115	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
116	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
117	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
118	M-4	14/03/2007	704	1	No sirve
119	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
120	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
121	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
122	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
123	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
124	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
125	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
126	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
127	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
128	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
129	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
130	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
131	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
132	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
133	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
134	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
135	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
136	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
137	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
138	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
139	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
140	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
141	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
142	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
143	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
144	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
145	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
146	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
147	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
148	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
149	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
150	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
151	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
152	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
153	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
154	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
155	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
156	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
157	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
158	M-1	16/03/2007	734	1	No sirve
159	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
160	M-1	16/03/2007	734	1	<i>L. sericata</i>
161	M-1	16/03/2007	734	1	<i>C. rufifacies</i>
162	M-1	16/03/2007	735	1	No sirve
163	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
164	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
165	M-2	16/03/2007	758	1	No sirve
166	M-2	16/03/2007	758	1	No sirve
167	M-2	16/03/2007	758	1	No sirve
168	M-2	16/03/2007	758	1	<i>C. rufifacies</i>
169	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
170	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>

171	M-2	16/03/2007	758	1	<i>C. rufifacies</i>
172	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
173	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
174	M-2	16/03/2007	758	1	<i>C. rufifacies</i>
175	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
176	M-2	16/03/2007	758	1	No sirve
177	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
178	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
179	M-2	16/03/2007	758	1	<i>L. sericata</i>
180	M-2	16/03/2007	758	1	No sirve
181	M-3	16/03/2007	758	1	No sirve
182	M-3	16/03/2007	778	1	No sirve
183	M-3	16/03/2007	778	1	No sirve
184	M-3	16/03/2007	778	1	No sirve
185	M-3	16/03/2007	778	1	<i>L. sericata</i>
186	M-4	16/03/2007	778	1	No sirve
187	M-4	16/03/2007	788	1	<i>C. rufifacies</i>
188	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
189	M-4	16/03/2007	788	1	<i>L. sericata</i>
190	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
191	M-4	16/03/2007	788	1	<i>L. sericata</i>
192	M-4	16/03/2007	788	1	<i>L. sericata</i>
193	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
194	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
195	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
196	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
197	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
198	M-4	16/03/2007	788	1	No sirve
199	M-1	20/03/2007	788	1	No sirve
200	M-1	20/03/2007	802	1	<i>C. rufifacies</i>
201	M-1	20/03/2007	802	1	No sirve
202	M-2	20/03/2007	802	1	<i>C. rufifacies</i>
203	M-2	20/03/2007	818	1	<i>L. sericata</i>
204	M-4	20/03/2007	818	1	No sirve
205	M-4	20/03/2007	835	1	<i>L. sericata</i>
206	M-4	20/03/2007	857	1	<i>L. sericata</i>
207	M-1	23/03/2007	857	1	<i>L. sericata</i>
208	M-1	23/03/2007	866	1	No sirve
209	M-1	23/03/2007	866	1	<i>L. sericata</i>
210	M-2	23/03/2007	866	1	<i>L. sericata</i>
211	M-2	23/03/2007	892	1	<i>L. sericata</i>
212	M-2	23/03/2007	892	1	<i>L. sericata</i>
213	M-2	23/03/2007	892	1	<i>L. sericata</i>
214	M-3	23/03/2007	892	1	No sirve
215	M-3	23/03/2007	908	1	<i>L. sericata</i>
216	M-3	23/03/2007	908	1	<i>L. sericata</i>
217	M-4	23/03/2007	908	1	<i>L. sericata</i>
218	M-4	26/03/2007	925	1	<i>L. sericata</i>
219	M-1	26/03/2007	938	1	<i>L. sericata</i>
220	M-3	26/03/2007	963	1	<i>L. sericata</i>
221	M-3	26/03/2007	963	1	<i>L. sericata</i>
222	M-3	26/03/2007	963	1	<i>L. sericata</i>
223	M-3	26/03/2007	963	1	<i>L. sericata</i>
224	M-3	28/03/2007	1024	1	<i>L. sericata</i>
225	M-1	04/04/2007	1198	1	<i>L. sericata</i>
226	M-1	04/04/2007	1198	1	<i>C. rufifacies</i>
227	M-3	11/04/2007	1381	1	<i>L. sericata</i>
228	M-1	13/04/2007	1403	1	<i>C. rufifacies</i>
229	M-1	18/04/2007	1528	1	<i>C. rufifacies</i>
230	M-1	18/04/2007	1528	1	No sirve
231	M-1	18/04/2007	1528	1	<i>C. rufifacies</i>
232	M-1	18/04/2007	1528	1	<i>C. rufifacies</i>
233	M-1	18/04/2007	1528	1	No sirve
234	M-1	18/04/2007	1528	1	<i>C. rufifacies</i>
235	M-1	18/04/2007	1528	1	No sirve
236	M-1	18/04/2007	1528	1	<i>C. rufifacies</i>

Especímenes colectados e identificados durante el experimento de primavera (2 cabezas de cerdo)

No.	Fecha	Género o especie	Cantidad
302	12/05/2007	<i>C. megacephala</i>	1
303	12/05/2007	<i>C. megacephala</i>	1
304	12/05/2007	<i>C. megacephala</i>	1
305	12/05/2007	<i>C. megacephala</i>	1
306	12/05/2007	<i>C. rufifacies</i>	1
307	12/05/2007	<i>C. megacephala</i>	1
309	12/05/2007	<i>C. megacephala</i>	1
310	13/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
311	13/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
312	14/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
313	14/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
314	14/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
315	14/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
316	14/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
317	14/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
318	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
319	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
320	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
321	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
322	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
323	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
324	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
325	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
326	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
327	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
328	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
329	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
330	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
331	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
332	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
333	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
334	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
335	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
336	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
337	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
338	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
339	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1
340	15/05/2007	<i>L. sericata</i>	1

M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1911	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-1	18/10/2007	18/10/2007	25/10/2007	3832	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1912	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-1	18/10/2007	18/10/2007	25/10/2007	3833	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1913	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-1	18/10/2007	18/10/2007	25/10/2007	3834	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1914	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	24/10/2007	3835	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1915	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	24/10/2007	3836	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1916	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	24/10/2007	3837	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1917	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	24/10/2007	3838	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1918	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	24/10/2007	3839	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1919	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	25/10/2007	3840	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1920	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	25/10/2007	3841	<i>Chrysomya rufifacies</i>
M-2	12/10/2007	13, 14, 15/10/07	20/10/2007	1921	<i>Chrysomya rufifacies</i>	M-4	18/10/2007	18/10/2007	26/10/2007	3842	<i>Chrysomya rufifacies</i>

**Pérdida de biomasa de las carcasas de cerdo y datos de la estación
meteorológica utilizados**

PÉRDIDA DE BIOMASA INVIERNO-PRIMAVERA

X (DDM)	FECHA	P-1	P-2	TEMP. MAX. C°	TEMP. MIN. C°	P RECIPITACIÓN (mm)
0	19-02-07	100.00	100.00	26.5	10.0	0
7	26-02-07	76.54	78.35	27.0	10.0	0
9	28-02-07	68.77	71.39	29.9	11.0	0
10	01-03-07	63.75	66.09	37.0	14.5	0
11	02-03-07	61.57	62.61	29.6	10.0	0
14	05-03-07	55.99	57.65	17.6	4.5	0
15	06-03-07	53.4	56.78	22.0	8.0	0
16	07-03-07	52.51	55.48	27.8	9.5	0
17	08-03-07	51.05	54.26	30.6	12.0	0
18	09-03-07	49.84	53.13	32.6	14.5	0
19	10-03-07	48.79	52.0	30.0	14.0	0
21	12-03-07	47.01	50.17	32.8	16.8	0
22	13-03-07	45.95	49.48	27.2	14.5	0
23	14-03-07	45.63	48.87	30.9	14.4	0
24	15-03-07	44.58	47.91	31.9	13.0	0
25	16-03-07	43.93	47.3	33.8	15.8	0
26	17-03-07	43.77	47.13	31.8	14.8	0
29	20-03-07	42.31	45.22	30.3	15.5	0
30	21-03-07	41.67	44.78	32.4	15.7	0
32	23-03-07	40.78	43.74	31.9	19.5	0
35	26-03-07	39.8	42.43	29.4	15.0	0
37	28-03-07	39.88	41.56	32.9	16.0	0
39	30-03-07	38.19	40.61	34.0	18.2	0
42	02-04-07	37.78	39.65	34.2	17.0	0
44	04-04-07	36.65	38.78	32.9	17.5	Inapreciable
46	06-04-07	36.16	37.91	32.6	16.5	0
49	09-04-07	35.52	37.04	29.6	14.1	0
51	11-04-07	35.35	36.43	33.9	17.1	0
53	13-03-07	34.63	35.91	35.7	21.0	0
56	15-04-07	34.22	35.21	35.7	21.0	0
58	18-04-07	33.89	34.78	33.9	15.0	0
60	20-04-07	33.81	34.78	32.8	18.3	0
63	23-04-07	33.41	34.08	36.6	21.0	0
66	26-04-07	33.09	33.65	32.9	15.0	0
70	30-04-07	33.0	33.3	37.2	20.0	0

PÉRDIDA DE BIOMASA VERANO-INVIERNO

X (DDM)	FECHA	P-1	P-2	TEMP, MAX C°	TEMP MIN C°	PREC IPITACION (mm)
0	09-10-07	100.00	100.00	33.2	20.2	0
1	10-10-07	90.61	30.6	30.6	19.3	0
2	11-10-07	81.3	32.6	32.6	19.0	0
3	12-10-07	71.99	34.6	34.6	20.0	0
4	13-10-07	62.67	35.0	35.0	18.6	0
5	14-10-07	36.46	36.8	36.8	18.0	0
6	15-10-07	27.29	35.6	35.6	21.8	0
7	16-10-07	26.86	35.0	35.0	21.0	0
8	17-10-07	23.94	35.6	35.6	18.6	0
9	18-10-07	22.00	36.2	36.2	16.0	0
10	19-10-07	21.08	34.6	34.6	18.2	0
11	20-10-07	20.17	32.8	32.8	17.0	0
12	21-10-07	19.88	34.0	34.0	20.5	0
13	22-10-07	19.59	34.4	34.4	21.0	0
14	23-10-07	19.3	23.4	23.4	8.0	0
15	24-10-07	19.08	23.2	23.2	8.5	0
16	25-10-07	18.87	25.4	25.4	10.2	0
17	26-10-07	18.81	27.2	27.2	10.0	0
18	27-10-07	18.76	30.8	30.8	9.9	0
19	28-10-07	18.71	30.0	30.0	12.5	0
20	29-10-07	18.66	25.0	25.0	10.5	0
21	30-10-07	18.51	24.7	24.79	9.0	0
22	31-10-07	18.37	29.0	29.0	9.0	0
23	01-11-07	18.23	31.0	31.0	10.5	0
24	02-11-07	18.1	29.6	29.6	11.2	0
25	03-11-07	17.97	30.3	30.3	10.85	0
26	04-11-07	17.84	30.6	30.6	12.4	0
27	05-11-07	17.71	29.8	29.8	14.5	0
28	06-11-07	17.58	32.0	32.0	13.5	0
29	07-11-07	17.41	30.8	30.8	13.8	0
30	08-11-07	17.25	31.4	31.4	13.6	0
31	09-11-07	17.09	29.4	29.4	13.0	0
32	10-11-07	16.93	30.6	30.6	12.8	0
33	11-11-07	20.27	16.77	31.8	13.5	0
35	12-11-07	20.20	16.61	31.4	15.6	0
36	13-11-07	20.09	16.52	30.4	16.0	0
37	14-11-07	19.99	16.44	29.8	13.0	0
38	15-11-07	19.89	16.36	30.4	15.5	0
39	16-11-07	19.79	16.28	24.6	9.8	0
40	17-11-07	19.77	16.17	27.2	15.9	0
41	18-11-07	19.75	16.06	28.0	11.5	0
42	19-11-07	19.73	15.99	28.2	12.0	0
43	20-11-07	19.71	15.92	29.0	13.2	0
44	21-11-07	19.68	15.96	28.9	12.0	0
45	22-11-07	19.68	15.85	29.4	12.0	0
46	23-11-07	19.68	15.85	30.0	7.8	0
47	24-11-07	19.68	15.85	21.4	9.7	0
48	25-11-07	19.68	15.85	26.9	6.0	Inapreciable
49	26-11-07	19.68	15.85	16.8	5.0	0
50	27-11-07	19.68	15.85	22.0	9.0	0
51	28-11-07	19.57	15.76	26.4	10.0	0
52	29-11-07	19.47	15.67	27.2	12.2	0
53	30-11-07	19.36	15.59	27.8	13.5	0
54	01-12-07	19.26	15.50	30.5	17.0	0
55	02-12-07	19.16	15.42	31.6	20.0	0
56	03-12-07	19.08	15.34	29.4	14.0	0
57	04-12-07	19.00	15.26	24.6	11.0	0
58	05-12-07	18.92	15.18	25.0	8.0	0
59	06-12-07	18.85	15.10	27.4	9.0	0
60	07-12-07	18.76	15.03	28.4	10.2	0
61	08-12-07	18.67	14.97	31.8	10.0	0
62	09-12-07	18.58	14.91	29.0	10.5	0
63	10-12-07	18.49	14.85	30.2	13.0	0
64	11-12-07	18.40	14.79	30.2	21.4	0
65	12-12-07	18.31	14.73	31.4	19.2	0
66	13-12-07	18.22	14.67	29.8	10.6	0
67	14-12-07	18.15	14.63	30.6	14.9	0
68	15-12-07	18.08	14.59	29.0	11.3	0
69	16-12-07	18.02	14.56	22.6	6.0	0

Cálculo del índice de diversidad de Shanon por etapa de descomposición

ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON (INVIERNO-PRIMAVERA)

ABOTAGADO

DESCOMPOSICIÓN ACTIVA

FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)	FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)
Calliphoridae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Calliphoridae	2	0.06061	-2.803360381	0.169900629
Sarcophagidae	0	0	0	0	Sarcophagidae	0	0	0	0
Piophilidae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Piophilidae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Phoridae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Phoridae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Muscidae	3	0.13043	-2.036881927	0.265680251	Muscidae	3	0.09091	-2.397895273	0.217990479
Cecydomidae	2	0.08696	-2.442347035	0.212378003	Cecydomidae	2	0.06061	-2.803360381	0.169900629
Cleridae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Cleridae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Dermeestidae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Dermeestidae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Histeridae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Histeridae	3	0.09091	-2.397895273	0.217990479
Staphylinidae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Staphylinidae	2	0.06061	-2.803360381	0.169900629
Melyridae	0	0	0	0	Melyridae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Tenebrionidae	0	0	0	0	Tenebrionidae	2	0.06061	-2.803360381	0.169900629
Anthicidae	0	0	0	0	Anthicidae	0	0	0	0
Carabidae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Carabidae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Elatridae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Elatridae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Anthocoridae	0	0	0	0	Anthocoridae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Formicidae	0	0	0	0	Formicidae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Forficulidae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Forficulidae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Blatellidae	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Blatellidae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Mantidae	0	0	0	0	Mantidae	0	0	0	0
Orthoptera	2	0.08696	-2.442347035	0.212378003	Orthoptera	2	0.06061	-2.803360381	0.169900629
Lepidoptera	3	0.13043	-2.036881927	0.265680251	Lepidoptera	3	0.09091	-2.397895273	0.217990479
Collembola	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Collembola	0	0	0	0
Isópoda	1	0.04348	-3.135494216	0.136325835	Isópoda	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Soliphugae	0	0	0	0	Soliphugae	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
Acarí	0	0	0	0	Acarí	1	0.0303	-3.496507561	0.105954775
	23		H=	2.72835237		33		H=	2.986841428

DESCOMPOSICIÓN AVANZADA

RESTOS SECOS

FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)	FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)
Calliphoridae	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Calliphoridae	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Sarcophagidae	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Sarcophagidae	5	0.1	-2.302585093	0.230258509
Piophilidae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Piophilidae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Phoridae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Phoridae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Muscidae	3	0.07317	-2.614959778	0.19133852	Muscidae	3	0.06	-2.813410717	0.168804643
Cecydomidae	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Cecydomidae	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Cleridae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Cleridae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Dermeestidae	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Dermeestidae	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Histeridae	3	0.07317	-2.614959778	0.19133852	Histeridae	3	0.06	-2.813410717	0.168804643
Staphylinidae	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Staphylinidae	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Melyridae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Melyridae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Tenebrionidae	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Tenebrionidae	3	0.06	-2.813410717	0.168804643
Anthicidae	0	0	0	0	Anthicidae	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Carabidae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Carabidae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Elatridae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Elatridae	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Anthocoridae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Anthocoridae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Formicidae	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Formicidae	3	0.06	-2.813410717	0.168804643
Forficulidae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Forficulidae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Blatellidae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Blatellidae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Mantidae	0	0	0	0	Mantidae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Orthoptera	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Orthoptera	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Lepidoptera	2	0.04878	-3.020424886	0.147337799	Lepidoptera	2	0.04	-3.218875825	0.128755033
Collembola	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Collembola	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Isópoda	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Isópoda	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Soliphugae	1	0.02439	-3.713572067	0.090574928	Soliphugae	1	0.02	-3.912023005	0.07824046
Acarí	5	0.12195	-2.104134154	0.256601726	Acarí	5	0.1	-2.302585093	0.230258509
	41		H=	3.052218102		50		H=	3.104661376

INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON (VERANO-INVIERNO)

FRESCO

ABOTAGADO

FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)	FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)
Calliphoridae	0	0	0	0	Calliphoridae	4	0.16	-1.832581464	0.293213034
Sarcophagidae	0	0	0	0	Sarcophagidae	0	0	0	0
Piophilidae	0	0	0	0	Piophilidae	0	0	0	0
Phoridae	0	0	0	0	Phoridae	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Muscidae	0	0	0	0	Muscidae	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Cleridae	0	0	0	0	Cleridae	0	0	0	0
Dermeestidae	0	0	0	0	Dermeestidae	0	0	0	0
Histeridae	0	0	0	0	Histeridae	4	0.16	-1.832581464	0.293213034
Staphylinidae	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Staphylinidae	3	0.12	-2.120263536	0.254431624
Tenebrionidae	0	0	0	0	Tenebrionidae	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Trogidae	0	0	0	0	Trogidae	0	0	0	0
Bruchidae	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Bruchidae	0	0	0	0
Nitidulidae	0	0	0	0	Nitidulidae	0	0	0	0
Melyridae	0	0	0	0	Melyridae	0	0	0	0
Anthicidae	0	0	0	0	Anthicidae	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Curculionidae	0	0	0	0	Curculionidae	0	0	0	0
Formicidae	4	0.33333	-1.098612289	0.366204096	Formicidae	4	0.16	-1.832581464	0.293213034
Anthocoridae	0	0	0	0	Anthocoridae	0	0	0	0
Cicadellidae	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Cicadellidae	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Aphididae	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Aphididae	0	0	0	0
Reduviidae	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Reduviidae	0	0	0	0
Cidnidae	0	0	0	0	Cidnidae	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Forficulidae	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Forficulidae	0	0	0	0
Blattellidae	0	0	0	0	Blattellidae	0	0	0	0
Lepidoptera	0	0	0	0	Lepidoptera	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Orthoptera	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Orthoptera	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Collembola	0	0	0	0	Collembola	0	0	0	0
Soliphugae	0	0	0	0	Soliphugae	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
Acarí	0	0	0	0	Acarí	0	0	0	0
Isópoda	1	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Isópoda	1	0.04	-3.218875825	0.128755033
	12		H=	2.022808529		25		H=	2.421621057

DESCOMPOSICIÓN ACTIVA

DESCOMPOSICIÓN AVANZADA

FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)	FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)
Calliphoridae	4	0.11111	-2.197224577	0.244136064	Calliphoridae	4	0.11111	-2.197224577	0.244136064
Sarcophagidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Sarcophagidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Piophilidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Piophilidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Phoridae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Phoridae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Muscidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Muscidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Cleridae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Cleridae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Dermeestidae	2	0.05556	-2.890371758	0.160576209	Dermeestidae	2	0.05556	-2.890371758	0.160576209
Histeridae	4	0.11111	-2.197224577	0.244136064	Histeridae	4	0.11111	-2.197224577	0.244136064
Staphylinidae	3	0.08333	-2.48490665	0.207075554	Staphylinidae	3	0.08333	-2.48490665	0.207075554
Tenebrionidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Tenebrionidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Trogidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Trogidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Bruchidae	0	0	0	0	Bruchidae	0	0	0	0
Nitidulidae	0	0	0	0	Nitidulidae	0	0	0	0
Melyridae	0	0	0	0	Melyridae	0	0	0	0
Anthicidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Anthicidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Curculionidae	0	0	0	0	Curculionidae	0	0	0	0
Formicidae	4	0.11111	-2.197224577	0.244136064	Formicidae	4	0.11111	-2.197224577	0.244136064
Anthocoridae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Anthocoridae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Cicadellidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Cicadellidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Aphididae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Aphididae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Reduviidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Reduviidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Cidnidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Cidnidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Forficulidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Forficulidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Blattellidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Blattellidae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Lepidoptera	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Lepidoptera	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Orthoptera	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Orthoptera	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Collembola	0	0	0	0	Collembola	0	0	0	0
Soliphugae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Soliphugae	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
Acarí	0	0	0	0	Acarí	0	0	0	0
Isópoda	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193	Isópoda	1	0.02778	-3.583518938	0.099542193
	36		H=	2.991361617		36		H=	2.991361617

RESTOS SECOS

FAMILIA	Ni	Pi	In Pi	-(Pi * In Pi)
Calliphoridae	4	0.09302	-2.374905755	0.220921466
Sarcophagidae	0	C	0	0
Piophilidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Phoridae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Muscidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Cleridae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Dermestidae	2	0.04651	-3.068052935	0.142700137
Histeridae	4	0.09302	-2.374905755	0.220921466
Staphylinidae	3	0.06977	-2.662587827	0.185761941
Tenebrionidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Trogidae	0	0	0	0
Bruchidae	0	0	0	0
Nitidulidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Melyridae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Anthicidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Curculionidae	2	0.04651	-3.068052935	0.142700137
Formicidae	4	0.09302	-2.374905755	0.220921466
Anthororidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Cicadellidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Aphididae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Reduviidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Cidnidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Forficulidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Blattellidae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Lepidoptera	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Orthoptera	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Collembola	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Soliphugae	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
Acan	4	0.09302	-2.374905755	0.220921466
Isópoda	1	0.02326	-3.761200116	0.08746977
	43		H=	3.104243479