

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**"Identificación y abundancia estacional de insectos y ácaros del suelo
bajo carroña de puerco en un área semidesértica de Coahuila"**

POR:

ELBA PASTRANA ORTÍZ

TESIS

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

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL DE 2008

TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

PRESIDENTE:


M. Sc. Ma. Teresa Valdes Perezgasga

VOCAL:


Dr. Fransico Javier Sanchez Ramos

VOCAL: VOCAL


M. C. Javier Lopez Hernandez

SUPLENTE:


Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores

COORDINADOR DE LA DIVISION DE
CARRERAS AGRAGRONOMICAS:


M. C. VICTOR MARTÍN CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronomía

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL DE 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"Identificación y abundancia estacional de insectos y ácaros del suelo
bajo carroña de puerco en un área semidesértica de Coahuila"

POR:

ELBA PASTRANA ORTÍZ

APROBADA POR EL COMITÉ PART Pe_k - DE SESORÍA

ASESOR Dr. Fra Triér Sánchez Ramos

?) 0 Teresa ...

PRINCIPAL: M. Sc. Sc. Ma. Teresa Valdés 14'izgasga

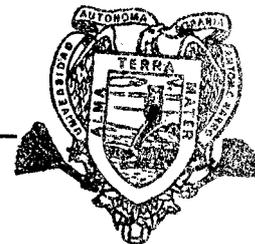
ASESOR: ASESOR: IVIC. Javier López Hernández

ASESOR: Ing. BerthAlk~eros Flores

COORDINAD
CARRE

SIÓN DE
ICAS:

M. C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL DE 2008

DEDICATORIA

A DIOS.

Por darme el privilegio de vivir hasta este momento, de permitirme compartir y realizar sueños e ilusiones. Por ser mi luz, mi proveedor y fortaleza en todo tiempo. Por la serenidad que me has dado para enfrentar las pruebas y dificultades de cada día.

A MIS PADRES.

A mi madrecita **Estela Ortiz Bonilla**, por su gran labor de mamá, amiga y, confidente. Porque siempre ha sido la persona más especial que he conocido. Gracias por su ejemplo y sabios consejos, por los buenos y malos momentos que hemos pasado juntas. Por darme su confianza y apoyo de esforzarme a ser una persona de bien.

A mi padrecito **Jerónimo Pastrana Montaña**, muchas gracias por confiar en mí, por respetar y apoyar siempre mis decisiones, por ser mi amigo y confidente. Gracias por heredarnos esta gran virtud que es el estudio y por enseñarnos a trabajar y esforzarse en todo momento.

A MIS HERMANOS.

Alfredo, Marino, Ma. Guadalupe, Onofre y Nestor. Muchas gracias por ser mi familia, cada uno de ustedes tienen su esencia y carisma. Gracias por todos los gratos momentos de compañerismo y amistad que hemos compartido desde la infancia hasta el día de hoy. Por todo el apoyo brindado, por su confianza, por sus cuidados. Son de bendición para mi vida.

A MIS HERMANAS.

Rosalía y Zita. Gracias por ser las mejores hermanas que he tenido como familia, son muy especiales, gracias por compartir este grandioso momento, por apoyarme y respaldarme cuando más lo necesite. Por sus sabios consejos y ejemplos. Por su amistad incondicional, por cuidar de las personas que más quiero y admiró. Dios las bendiga.

A MIS SOBRINOS.

Maximiliano, Aldebarán, Aide, Maraya y Ricardo, gracias chiquillos por ser la base de mi pequeña y gran familia. Por todos los grandiosos momentos compartidos, gracias por todo su apoyo. Por ser parte de este sueño.

A MIS AMIGOS.

Muchas gracias por su amistad, compañerismo y confianza. Por todos los buenos y malos momentos vividos en la Universidad, en las aulas, en las casas. Son de bendición para mi vida, gracias por escucharme, por sus llamadas de atención. Teresita, Julieta, Abdías, Isaías, Ismael, Polita, Misael, Luz Arellí, Adriana, Abelardo, Lucy, Raquel y a todos aquellos a quienes estimo y aprecio mucho.

AGRADECIMIENTOS

A MI UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO-UNIDAD LAGUNA. Por haberme cobijado y brindado todo su apoyo durante mi estancia de formación profesional.

A LA M. Sc. MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA de antemano le agradezco por darme la oportunidad de haber colaborado en su grupo de trabajo y proyecto. Por todo el gran apoyo brindado en la realización de este valioso trabajo. Por las convivencias durante todo este tiempo, por la confianza, enseñanzas y sobre todo por compartir sus conocimientos. Dios la bendiga.

AL ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO por brindarme su apoyo y colaboración en este trabajo, **AL DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS** por sus ánimos, confianza y apoyo para finalizar esta gran labor. **A LA ING. GABRIELA CISNEROS, GRACIELA ARMIJO YERENA,** les agradezco su apoyo y colaboración. **A LA M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO** gracias por su apoyo durante mi estancia en la Universidad

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS Fabián, José Cruz y Daniel, les agradezco a cada uno de ustedes por todo su apoyo brindado, por su confianza, amistad, compañerismo y por compartir sus conocimientos, por todos los momentos de convivencia. Los estimo y aprecio mucho.

A TODAS LAS PERSONAS Y FAMILIAS que he conocido en el transcurso de mi vida que me han brindado su amistad, afecto, apoyo y cariño les agradezco por depositar su confianza en mi, por alentarme a seguir esforzándome a ser una persona de bien.

"Cuando la luna haya desaparecido del firmamento, y el sol tenga a mediodía un color raja coroca ~aro, los trearvs so kayacs kv/izar° y los etzsepootos peligros fielyare avanzado hacia el Ecuador... cuando haga mucho tiempo que las ciudades hayan muerto y se hayan convertido en polvo, todavía, sobre un fragmento de liquen que crezca en las rocas desnudas próximas a las nieves eternas se hallará un diminuto insecto, moviendo sus antenas en la débil faz del gastado sol, un melancólico animáculo que representará el único resto de vida en la Tierra".

W. Yloffand,

RESUMEN

Durante el Período Invierno-Primavera del año 2007, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna, se efectuó el presente trabajo de investigación, teniendo como objetivo el establecer una base de datos de artrópodos sarcosaprófagos asociados a cuerpos en descomposición. Se trabajó con siete cadáveres completos de puerco (*Sus scrofa* L) como biomodelo del proceso de descomposición. El modelo experimental se dividió en tres grupos: El grupo 1 se destinó para toma de muestras y colecta de artrópodos sobre, dentro y bajo cadáver. El grupo 2 sirvió para registrar la pérdida de biomasa y extracción de muestras de suelo para conocer la artropofauna del mismo. El grupo 3 se designó como testigo del experimento. Se identificaron cinco etapas de descomposición: muerto fresco (0-1 DDM), abotagado (2-4 DDM), descomposición activa (5-13 DDM), descomposición avanzada (14-29 DDM) y restos secos (30-70 DDM). Los ácaros recuperados de las muestras de suelo y trampas de caída fueron identificados a nivel de familia. Destacaron en orden de abundancia y por etapa de descomposición: Laelapidae (descomposición avanzada 80%; restos secos 20%). Dermanyssidae (descomposición avanzada 85%; restos secos 15%). Galumnidae (descomposición activa 9.2%; descomposición avanzada 40.6%; en restos secos 50%). Macronyssidae (descomposición avanzada 65.8%; restos secos 30.5%). También se recuperaron dos especímenes de la familia Caeculidae en trampas de caída. De los insectos habitantes del suelo sólo se recuperaron cinco especímenes pertenecientes al orden Collembola y Suborden Arthropleona.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	iv
ÍNDICE.....	
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURASvi
1. INTRODUCCIÓN1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA3
2.1 Importancia de la entomología forense	3
2.2 Breve reseña de la entomología forense	4
2.3 Trabajos y modelos utilizados en la entomología forense .	6
2.4 Artrópodos de importancia forense.....	10
2.5 Los artrópodos y sus hábitos alimenticios	13
2.6 Importancia de los ácaros en la entomología forense	14
2.6.1 Los ácaros: forma de vida y sus hábitos alimenticios	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS...20	
4. RESULTADOS	23
4.1 Etapas de descomposición23
4.2 Pérdida de biomasa	24
4.3 Análisis de Materia orgánica, pH y conductividad eléctrica del suelo	25
4.4 Muestras de suelo	26
4.5 Trampas de caída.....	27
4.6 Familias de ácaros identificados en el experimento	28
5. DISCUSIÓN	30
6. CONCLUSIONES	32
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

U.A.A.A. 11.11.1.●

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.
Cuadro No. 1 Etapas de descomposición en los cadáveres de puerco	23
Cuadro No. 2 Materia orgánica, pH y conductividad eléctrica durante las etapas de descomposición	25
Cuadro No. 3 Familias de ácaros recuperadas de muestras de suelo procesadas en embudo de Berlese (Peso 1 y Peso 2)	26
Cuadro No. 4 Abundancia Relativa en % de las familias de ácaros por etapa de descomposición	27
Cuadro No. 5 Familias de ácaros recuperadas de las trampas de caída	27
Figura 1 Pérdida de biomasa de los puercos y temperaturas máximas y mínimas	24
Figura 2 Ácaros de las familias (a) Laelapidae, (b) Dermanyssidae), (c) Macronyssidae y (d) Galumnidae identificadas en el estudio	29

1. INTRODUCCIÓN

Los artrópodos son los primeros invertebrados que colonizan un cadáver animal o humano (Catts y Goff 1992, Amendt *et al.*, 2000). De esta forma el cadáver provee a los artrópodos de un microhábitat de constantes cambios en el cual se pueden desarrollar gran variedad de sarcosaprófagos quienes presentan diversos hábitos tales como: alimenticios, reproductivos, depredatorios y en algunos casos foréticos. Durante el proceso de descomposición, los restos pasan por una serie de cambios biológicos, químicos y físicos desde su estado fresco hasta su esqueletización (Anderson y Vanlaerhoven, 1996) que, en conjunto, determinan la diversidad y sucesión de artrópodos sarcosaprófagos colonizadores del cadáver (Battán *et al.*, 2005).

Dado que ciertas especies de artrópodos son los primeros en localizar y colonizar de manera secuencial un cadáver, produciendo una adición o sustitución de especies; siguiendo este patrón, el cual varía con el lugar y la época del año. El modelo animal para estos estudios debe aproximarse al modelo del cuerpo humano en descomposición, debido a que la agrupación de las vísceras así como de la flora bacteriana de los puercos es muy similar a la humana, se seleccionó este modelo. Ya que se observan los mismos procesos de descomposición (Guarín-Vargas, 2005).

1.1 Justificación

En virtud de la necesidad que representa el estudio de la entomología forense en México, debido a que en la actualidad son muy pocos los estudios realizados, así como de instituciones y personal que se dediquen al desarrollo del conocimiento en esta área que es de gran interés y aportación para la sociedad, es necesario generar proyectos de investigación en esta disciplina, los cuales permitan abrir un nuevo campo de estudio a las instituciones del país y reforzar a aquellas que se encuentran trabajando en ésta área del conocimiento.

1.2 Objetivos

Objetivo General:

- Establecer una base de datos de Artrópodos sarcosaprófagos para un área semidesértica de Coahuila.

Objetivos Específicos:

- Conocer y determinar las etapas de descomposición de cadáveres de puerco en un área semidesértica de Coahuila.
- Determinar la pérdida de biomasa debida a la colonización y sucesión de artrópodos sobre la carroña de cerdo.
- Medir los cambios ocurridos en materia orgánica, pH y conductividad eléctrica en el suelo bajo carroña del cerdo.
- Determinar y cuantificar la abundancia estacional de las familias de insectos y ácaros en el suelo bajo carroña del cerdo.

1.3 Hipótesis

Las etapas de descomposición en cadáveres de puerco de un área semidesértica de Coahuila, presentará cambios en el suelo con respecto a materia orgánica, pH y conductividad eléctrica, así como de la presencia y abundancia de ácaros e insectos habitantes del mismo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la entomología forense

La entomología forense es la ciencia que estudia la aplicación de los insectos y otros artrópodos para la resolución de problemas legales (Catts & Goff, 1992), y su campo de actuación abarca áreas tan amplias como la entomología urbana, entomología de los productos almacenados y la entomología médico-legal (Martínez *et al.*, 2002).

Gill (2005), menciona que la entomología urbana incluye las acciones del derecho civil y litigaciones que involucran a los artrópodos con casas-habitación. En el caso de la entomología de productos almacenados incluye las investigaciones de invasión de alimentos, mientras que la entomología médico-legal incluye la investigación de asesinatos, suicidios y violaciones en relación con los artrópodos.

La entomología forense es la disciplina que estudia a los insectos y otros artrópodos asociados con cadáveres, es una herramienta de la medicina legal para fechar y estimar las causas y lugar de una muerte. Uno de los objetivos principales de esta disciplina, es la estimación del intervalo postmortem a partir de datos entomológicos (Liria-Salazar, 2006). La entomología tiene como propósito conocer a los artrópodos asociados a los cadáveres. Esta ciencia combina conocimientos entomológicos con los de medicina legal para determinar el tiempo transcurrido entre la muerte y el hallazgo de un cadáver (Guarín-Vargas, 2005).

La entomología forense interpreta la información que suministran los insectos como testigos indirectos de un deceso, donde la patología clásica no provee de datos necesarios para resolver un caso. Esta información sirve de apoyo a otros medios de datación forense (Yusseff, 2006).

Guarín-Vargas (2005), comenta que esta disciplina es poco utilizada debido a la carencia de bases de datos que permitan establecer comparaciones con los casos investigados. Las diversas aplicaciones de la entomología

forense incluyen la detección de abuso y/o negligencia en infantes, además de casos de homicidio, abusos sexuales y tráfico de órganos.

La disciplina de la entomología forense se usa hoy en día principalmente para estimar el intervalo postmortem, aunque tiene nuevas aplicaciones tales como: consumo de droga y químicos, presencia de tóxicos, abuso o maltrato antes de la muerte (Turchetto *et al.*, 2004).

Camacho (2005), menciona que una de las categorías de la entomología forense es la médico legal, la cual es de gran interés, debido a que aporta evidencias en casos de homicidio, suicidio, violación, negligencia, toxicología, traslado de cuerpos y determinación del intervalo postmortem.

Para determinar el Intervalo postmortem (IPM) existen dos métodos que se pueden utilizar conjuntamente o por separados, dependiendo del tipo de restos encontrados. El primero consiste en la estimación de la edad de las diferentes fases de desarrollo de los artrópodos encontrados. Y el segundo utiliza la sucesión de insectos en la descomposición de un cadáver (Magaña, 2001).

Las variables que se deben tomar en cuenta a la hora de realizar este tipo de investigación son: condiciones meteorológicas, latitud geográfica, tipo de sustrato, lugar y condiciones en que se halla el cuerpo, relaciones intra e interespecíficas de la fauna cadavérica así como el conocimiento taxonómico de las especies y su biología (Torrez *et al.*, 2006).

2.2 Breve reseña de la entomología forense

La entomología Forense se remonta al año 1235 D.C. cuando el investigador chino Sung Tz'u escribió un libro titulado "The Washing Away Of Wrongs", en el cual describe que tras un asesinato por acuchillamiento. El líder político mandó llamar a los habitantes de su pueblo y les pidió colocar sus hoces en el suelo, notando que en una de ellas se rodeó de moscas, debido a que conservaba trazas de sangre ya descompuesta. Así, se determinó que su propietario había sido el responsable del crimen (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007).

En el año 1668, Francisco L. Redi refutó la hipótesis de la "Generación Espontánea", llevando a cabo estudios sobre carne putrefacta la cual fue expuesta y protegida de las moscas observando así la sucesión y no sucesión de las mismas (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007).

En 1855, Bergeret en París, fue el primer occidental en utilizar los insectos como indicadores forenses. Reportó el caso del cuerpo de un bebé encontrado oculto en una casa. Determinó que, la asociación de insectos y cuerpo puntualizaba el estado de descomposición (ErzinOiojlu, 2000).

Entre los años 1883 y 1898, Megnin detalló la sucesión de artrópodos asociados con la descomposición del cuerpo. Publicó una serie de artículos referentes a la entomología médico-criminal ("Fauna of Cadavers") que sirvió para crear una profesión médico y legal consciente de que los datos entomológicos, podían comprobar su utilidad en las investigaciones forenses (Mavárez-Cardoso *etal.*, 2007).

En la actualidad, existe un gran número de investigaciones que tratan directamente sobre la entomología forense. Entre los trabajos más destacados se encuentra la obra de Byrd y Castner, titulada "Forensic Entomology". Así mismo, Benecke ha contribuido con aportes a la Entomología, en los que destaca su libro titulado "Insects and Corpses", editado en el 2000.

Greenberg y Munich describen la morfología de las moscas de importancia forense, abarcando diferentes países del continente americano (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007).

La entomología forense ha adquirido una gran importancia dentro del campo de la medicina legal en países como Estados Unidos, Canadá, Tailandia, Italia, España y Alemania. Estos trabajos están sujetos a las condiciones ambientales propias de cada país, donde las estaciones anuales son bien definidas (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007).

En contraste, son pocos los estudios que describen la ecología de los artrópodos y el ciclo de descomposición de mamíferos en los ecosistemas de la región neotropical, los cuales son dinámicos y se encuentran sujetos a la

influencia de un amplio espectro de procesos ambientales (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007).

En el continente Americano, a excepción de Perú, en varios países, investigadores como Greenberg, han dirigido sus esfuerzos hacia las investigaciones entomoforenses, dejando como legado una gran cantidad de reportes y descripciones de entomofauna cadavérica (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007). En Colombia, a partir de 1999, se han realizado estudios sobre la aplicación de esta disciplina, particularmente en la determinación del tiempo de muerte a través de material entomológico (Yusseff, 2006). Aunque los resultados de los estudios llevados a cabo en entomología Forense han sido muy útiles en las pesquisas de la escena del crimen en diferentes países, son escasas las investigaciones que se han realizado en el neotrópico (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007).

2.3 Trabajos y modelos utilizados para el estudio de la entomología forense

Hough fue uno de los pioneros en trabajos de entomología forense, estudiando la fauna cadavérica en especial el Orden Diptera. También comparó la fauna de los insectos de América con los de Europa. Johnston y Villeneuve (1897), trabajaron con cadáveres humanos y establecieron la duración de varias etapas de descomposición, al igual que Megnin (Deep, 2005).

Mearns (1939), estudió la infestación larval y putrefacción del cuerpo humano y verificó la exactitud de la estimación del tiempo entre la muerte y el examen de los restos humanos, identificando las larvas que estaban presentes en el cuerpo, asimismo explicó que es posible determinar la edad del ciclo larval y así establecer el intervalo postmortem (Deep, 2005).

Deonier (1940), estudió la relación de temperatura de un cadáver y la actividad de una población de moscas, durante el invierno, señalando que después del establecimiento de larvas sobre el cadáver, la temperatura de la

masa de larvas se eleva independientemente de la temperatura del medio donde esta se encuentra (Deep, 2005).

Bornemissza (1957), estudió el efecto de descomposición de carroña de un cadáver humano sobre la fauna edáfica. Este estudio mostró que la fauna del suelo tenía una función menor en la descomposición del cadáver, siendo hormigas y tijeretas los únicos que se alimentaron de la carroña en descomposición (Deep, 2005).

Burger (1965), estudió la sucesión de saprófagos del orden Diptera sobre carroña de mamíferos en diferentes estaciones del año. En ese mismo año Payne trabajó con masas de larvas sobre los cadáveres y señaló que las temperaturas de los cuerpos en descomposición se elevan debido a la masa de larvas y que la temperatura ambiente no tiene ninguna relación con la del cuerpo (Deep, 2005).

Gran parte de las publicaciones científicas relacionadas con la entomología forense, estudian los patrones de sucesión de la entomofauna asociada a los cadáveres, así como los procesos de descomposición en las diferentes situaciones, ambientes y regiones del planeta. En casi todos los casos se trata de trabajos en los que se controlan y miden fenómenos ambientales, como: humedad, radiación solar y especialmente las temperaturas del medio y las de los cadáveres (Castillo-Miralbes, 2002).

Castillo-Miralbes (2002), comenta que se han publicado diversos trabajos en entomología forense desde mediados de los años cincuenta. Chapman y Sankey (1955), estudiaron en Oxford (Reino Unido) la fauna invertebrada en cadáveres de conejos expuestos en tres ambientes diferentes, en lugar seco y oscuro, con luz y a cielo abierto y determinaron tres estados de descomposición.

En Tennessee (EE UU), Reed (1958), utilizó cadáveres de perros que fueron colocados sucesivamente, en diferentes ambientes, como bosques y pastos, estudiando la sucesión de insectos y sus relaciones. Se pudo establecer una cadena trófica interdependiente, además de dividir el proceso en cuatro

etapas de descomposición: fresco, hinchado, en descomposición y seco (Castillo-Miralbes, 2002).

En 1973 Nabaglo, estudió la fauna invertebrada en la descomposición de ratones expuestos en un medio forestal, tanto enterrados como sobre el suelo. Encontró tres estados de descomposición: el preparativo, seguido por el activo y el residual, afirmando que la velocidad de descomposición varía según la presencia de artrópodos, siendo lenta en primavera en los enterrados y rápida durante el verano (Castillo-Miralbes, 2002).

A mediados de los años 80, comienza una serie de publicaciones que tratan de estudiar la entomofauna asociada a cadáveres. Goff y Early (1986), estudiaron los patrones de sucesión de artrópodos en cadáveres de gatos expuestos en dos ambientes distintos, dentro de la isla de O'ahu (Hawaii, EE UU), encontrando cinco etapas de descomposición: fresco, hinchado, pudrición, seco y de restos (Castillo-Miralbes, 2002).

Jiron y Cartin (1981), estudiaron la sucesión de insectos y las relaciones tróficas entre ellos en Costa Rica, usando cadáveres de perro durante la estación seca encontrando cuatro estados de descomposición: decoloración, enfisematoso, licuefacción y de restos esqueléticos.

En Alemania, Peschke *et al.* (1987), realizaron un estudio biológico sobre especies de insectos carroñeros muy completo utilizando cadáveres de conejo. Además Braack (1987), publicó un trabajo sobre la comunidad de artrópodos carroñeros en Sudáfrica. Saiz *et al.* (1989), estudiaron en Chile los cambios de la "mesofauna" asociada a la descomposición de cadáveres de conejos, en un clima típico mediterráneo, describiendo cuatro etapas de descomposición: fresca, enfisematosa, licuefacta y seca. Así mismo Ellison (1990), estudió la sucesión de insectos necrófagos y las diferencias de descomposición de los vertebrados carroñeros en Sudáfrica, encontrando cuatro etapas de descomposición: fresco, hinchado, putrefacto y seco. Kentner y Streit (1990), estudiaron las especies de insectos que acuden a los cadáveres en Alemania, mientras que Hegazi *et al.* (1991), utilizaron como modelos

biológicos peces del mediterráneo y serpientes desérticas en el oeste de Egipto (Castillo-Miralbes, 2002).

En el Estado de New York (EE UU), Patrican y Vaidyanathan (1995), experimentaron con ratas que habían sido eutanizadas de dos formas distintas, mediante la anoxia con CO₂ y con sobredosis de pentobarbital sódico, demostrando que la diferente manera de morir influye en la descomposición de los cadáveres (Castillo-Miralbes, 2002).

Tantawi *et al.* (1996), utilizaron cadáveres de conejos para estudiar el proceso de descomposición y los patrones de sucesión de artrópodos durante las cuatro estaciones del año en Egipto en un medio urbano (Castillo-Miralbes, 2002).

En British Columbia (Canadá), Anderson y Vanlaerhoven (1996), utilizando como modelos cadáveres de puerco de 22 kg, realizaron un estudio de la sucesión de insectos que acuden a la carroña hasta los 271 días postmortem en un medio rural y en dos ambientes. Además identificaron cinco estados de descomposición: fresco, hinchado, descomposición activa, descomposición avanzada y restos secos.

En el Parque Nacional Volcano (Hawaii EE UU), Richards y Goff (1997), estudiaron patrones de sucesión de artrópodos que acuden a cadáveres de cerdos, fijando cinco estados de descomposición, fresco, hinchado, en descomposición, postputrefacción y el estado de restos. En Carolina del Sur (EE UU) Tomberlin y Adler (1998) realizaron un estudio de artrópodos, utilizando los cadáveres de ratas, como cebo, comparando los distintos resultados obtenidos en cada medio y durante las estaciones estudiadas, verano e invierno. Vanlaerhoven y Anderson (1999) utilizaron puercos enterrados en dos zonas biogeoclimáticas bien diferenciadas realizando un estudio comparativo entre zonas. Posteriormente en ese mismo año en Francia, Bourel *et al.* estudiaron la sucesión de insectos en cadáveres de conejos expuestos en un ambiente extremo. Vance *et al.* (1995), presentan un mecanismo de muestreo acuático y obtienen una relación de insectos acuáticos asociados a cadáveres sumergidos (Castillo-Miralbes, 2002).

2.4 Artrópodos de importancia forense

Los artrópodos son la mayor colección de formas vivientes de este planeta. Representan el phylum más diverso y numeroso del reino animal. Crustáceos, insectos, arácnidos, miriápodos y otros grupos menores, constituyen la mayoría de los protagonistas de la evolución animal. Sus características anatómo-fisiológicas les han permitido conquistar casi todos los ecosistemas del planeta. El éxito evolutivo de este grupo principalmente el de los insectos, se debe a las propiedades de su exoesqueleto, la posibilidad de vuelo, su reducido tamaño, el tipo de desarrollo y su adaptación al hábitat donde se encuentran (Muzón, 2005).

El estudio de la sucesión de artrópodos en cadáveres ha demostrado ser muy útil en casos de práctica forense, ya que puede aportar evidencias para la estimación del intervalo postmortem (Romera *et al.*, 2003)

Castillo-Miralbes (2002), comenta que los artrópodos asociados a los cadáveres se estudian con el fin de resolver incógnitas relacionadas con casos judiciales. El principal es la data de la muerte, es decir, el tiempo transcurrido desde el deceso hasta que ha sido hallado el cadáver, (denominado período postmortem).

La descomposición de un cadáver inicia principalmente por la acción de microorganismos, tales como hongos y bacterias, seguidas por la acción de una serie de artrópodos, donde predominan los insectos sarcosaprófagos (Carvalho *et al.*, 2000).

El cadáver es un recurso tráfico, el cual conduce una sucesión de colonizaciones con diferente composición faunística, la cual juega un papel importante debido al rol que desempeña cada uno y por la llegada de acuerdo a la etapa de descomposición (Mavárez-Cardoso *et al.*, 2007).

Uno de los rasgos importantes de los artrópodos es que se alimentan y habitan sobre la carroña, es decir, comen los cuerpos de vertebrados muertos, incluyendo al hombre. Apoyando de esta forma a las investigaciones legales. Además los artrópodos también son recicladores de la materia orgánica del ecosistema (Deep, 2005).

La artropofauna en un cadáver está ligada a los cambios naturales que tienen lugar en un cadáver y también a las condiciones ambientales (Iannacone, 2003).

Gil (2005), comenta que algunos artrópodos han sido clasificados por su papel ecológico en la descomposición del cadáver, puesto que es invadido por moscas necrófagas de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae, así como también de depredadores como sílfidos, estafilínidos e histéridos. Muchos artrópodos sarcosaprófagos son atraídos durante las etapas de descomposición activa y restos secos, originando una sucesión de artropofauna.

Guarín-Vargas (2005), comenta que cuando se estudian los cadáveres en descomposición es importante evaluar los insectos que se encuentren sobrevolando el área y los que se encuentren en el cadáver. Además Carvalho et al. (2000), establecen que las especies de mayor importancia forense son las que se encuentran en el cadáver, ya sea como larvas o como adultos.

Los insectos pueden ser usados como una alternativa para el análisis toxicológico cuando no es posible obtener muestras de: sangre, orina, u órganos internos debido al estado de descomposición o esqueletización del cuerpo (Wolff et al., 2004). Los artrópodos encontrados sobre el cadáver pueden ser usados en la determinación de alguna droga o tóxicos que estuvieron presentes en el tejido humano antes de la muerte (Deep, 2005). Los insectos en una investigación criminal pueden ayudar al investigador a estimar el intervalo postmortem. Usualmente son los primeros visitantes en llegar a un cadáver. Por lo tanto los insectos son el grupo más numeroso de invertebrados en carroña, debido en parte a su habilidad y rapidez para colonizar diferentes hábitats (Leccese, 2004)

Arnaldos et al. (2004), comentan que la comunidad de artrópodos varía con el tiempo, ya que existen especies específicas que se alimentan de tejidos o exudados que aparecen al momento de iniciarse el proceso de descomposición.

Oliva et al. (2004), comentan que el uso de los insectos asociados con los cadáveres han ayudado a determinar el intervalo postmortem, y esto ha sido aceptado por algunos expertos en medicina legal en Argentina.

Yusseff (2006), establece que la preferencia de los insectos por el estado de descomposición del cadáver permite ver una clara sucesión durante el proceso de descomposición.

Dípteros

Los dípteros forman uno de los órdenes más grandes de insectos. Están asociados a materia orgánica (animal o vegetal) en descomposición. Otros son depredadores o parásitos de insectos. Los dípteros de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae son los más comunes en la descomposición de un cadáver, tanto en etapa larval como adulto, siendo estas familias las más útiles en la evidencia forense. Existen otras familias asociadas a la descomposición como: Phoridae, Sepsidae, Piophilidae, Sphaeroceridae, Drosophilidae y Syrphidae (Guarín-Vargas, 2005).

Coleópteros

Guarín-Vargas (2005), comenta que Payne y King 1970 dedujeron que el orden coleoptera contiene grupos de importancia forense, siendo el grupo más diverso (número de especies) en un cuerpo en descomposición.

Los depredadores de las familias Staphylinidae y Carabidae arriban al cuerpo desde las primeras etapas de descomposición hasta las etapas finales. Los depredadores de la familia Histeridae permanecen durante las primeras etapas de descomposición. La familia Silphidae llega en la etapa de descomposición activa y permanece hasta la fase de restos secos, mientras que la familia Dermestidae y Cleridae llegan a la etapa de restos secos (Guarín-Vargas, 2005).

Himenópteros

Los himenópteros tienen una función importante en la descomposición de cadáveres. Varias especies de hormigas son depredadoras de huevos y larvas de otros insectos, retardando así los procesos de descomposición (Early y Goff, 1986). Los miembros de las familias Ichneumonidae, Braconidae y Chalcididae

son parasitoides de larvas y pupas de dípteros, coleópteros y otros insectos influyendo así en la descomposición del cadáver (Guarín-Vargas, 2005).

2.5 Los artrópodos y sus hábitos alimenticios

La muerte produce una serie de cambios y transformaciones fisicoquímicas que transforman el cuerpo sin vida en un ecosistema dinámico. A éste se asocian una serie de organismos necrófagos, necrófilos, omnívoros y oportunistas que se van presentando dependiendo del estado de descomposición del cadáver (Guarín-Vargas, 2005).

Castillo-Miralbes (2002), comenta que para la clasificación de los artrópodos de importancia forense se toman en cuenta sus características biológicas y sus relaciones tróficas en base a los criterios utilizados por Leclercq (1978) y Braack (1987). De esta manera se han clasificado en los siguientes grupos:

Necrófagos

Se alimentan directamente de la carne y tejidos blandos de los cadáveres, entre los que se encuentran los sarcófagos de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae entre otros. Los dermatófagos que se alimentan de la piel, incluyen dípteros de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae y coleópteros de las familias Silphidae y Dermestidae.

Necrófilos

Se alimentan de los necrófagos y pueden ser depredadores, capturan y se alimentan de los otros artrópodos presentes en el medio (larvas de dípteros) o parásitos. Utilizan a las larvas de los dípteros para completar su ciclo biológico. Se incluyen dípteros de las familias Calliphoridae y Stratiomyidae. Coleópteros de las familias Silphidae, Staphylinidae e Histeridae e Himenópteros, parasitoides de larvas y pupas de Diptera.

Saprófagos

En general, se alimentan de materia orgánica en descomposición. Incluyen aquellos que se alimentan de los líquidos y tejidos putrefactos

cadavéricos. No son necrófagos estrictos, pudiendo en este caso alimentarse del contenido del aparato digestivo de los puercos.

Oportunistas

Aquellos que utilizan el cadáver como refugio o que simplemente están de paso.

2.6 Importancia de los ácaros en la entomología forense

Los ácaros están considerados como uno de los grupos animales más antiguos. Los primeros restos fósiles hallados datan del Devónico temprano, hace 400 millones de años, e incluso algunos de ellos se encuentran perfectamente conservados en ámbar (Sánchez-López, 2002).

Aristóteles (384-322 a. C.) en el Libro **V** de su *Historia Animalium*, describe un animal de tamaño muy pequeño, blanco y que aparentemente carecía de cabeza, que según Sánchez-López (2002) corresponde a un ácaro.

Los ácaros pertenecen al Phylum Artrópoda, Subphylum Chelicerata, Clase Arachnida, Sudase Acarina. Son los organismos más abundantes de la mesofauna en muchos tipos de suelo. Los agroecosistemas poseen gran variedad de fauna edáfica, principalmente de ácaros, cuya importancia empieza a ser reconocida (Mineiro *et al.*, 2001).

La composición, distribución y densidad de ácarofauna edáfica varía de acuerdo con la profundidad del suelo, del tamaño de los ácaros, de la ubicación geográfica y la estación del año. Los ácaros edáficos generalmente son encontrados en mayor cantidad en las capas de materia orgánica que en un suelo mineral (Mineiro *et al.*, 2001)

Los ácaros han logrado adaptarse a todo tipo de hábitat en cualquier tiempo y lugar. Han sido capaces de colonizar cada rincón de la tierra, tanto el medio acuático como terrestre, incluidos extremos polares y alpinos, llanuras tropicales y desérticas, superficies y depósitos minerales, aguas subterráneas con temperaturas de hasta 50°C, todo tipo de arroyos, ríos y aguas continentales e incluso profundas zanjas marinas de hasta 5,000 metros. La distribución de los ácaros esta determinada por las condiciones ecológicas de

cada región, principalmente la humedad relativa y la temperatura (Sánchez-López, 2002).

Existen referencias acerca de los substratos en los cuales han sido hallados los ácaros, tales como: azúcar, bulbos, carnes, chocolate, cuero, especias, frutas, frutos secos, granos, harinas, heno, hongos, madera húmeda, mercancías ricas en grasa y proteína (jamones, chorizos, salami, lomos, copra, plantas en quesos o leche en polvo, ^{aja, polvo de las casas,} pieles, descomposición, polvos orgánicos, semillas, tabaco, té, vegetales secos, estiércol, cadáveres de artrópodos y vertebrados, nemátodos, tubérculos podridos y en nidos de roedores, hormigas y aves (Sánchez-López, 2002). Los ácaros tienen importancia ecológica, contribuyen a la descomposición de la materia vegetal y favorecen la estructuración del suelo. Son empleados como bioindicadores de contaminación edáfica y en medicina forense son una fuente importante de información temporal y geográfica para sucesos difíciles de estudiar (Pérez, 1998).

Según Iraola (2001), los ácaros que se alimentan de materia vegetal muerta, son los descomponedores primarios, recicladores de las sustancias del suelo, además facilitan la actuación de las bacterias y hongos e indirectamente son reguladores del proceso tráfico del suelo. Los ácaros son componentes significativos de la comunidad sarcosaprófaga; calificados como depredadores y saprófagos, encontrándose durante las últimas etapas de descomposición. Los ácaros constituyen una valiosa herramienta en investigaciones médico-legales, ya que su presencia no sólo es indicador ambiental y biogeográfico, sino que en diferentes trabajos han sido utilizados para el establecimiento de Intervalos postmortem y resolver diferentes situaciones forenses (Battán et al., 2005).

Castillo-Miralbes (2002), detalla que la resolución de un caso judicial donde las picaduras de ácaros en la zona anatómica de los órganos genitales de un sospechoso violador y asesino, terminaron delatándolo ya que esos ácaros estaban ligados exclusivamente a la zona geográfica donde se encontró el cadáver.

Lord (2005), comenta que algunas especies de ácaros de las familias Acaridae, Histiostomatidae, Macrochelidae, Pachylaelapidae, Uropodidae y Winterschmidtidae se asocian con algunos géneros del orden Coleoptera, como *Dermestes maculatus* e Histéridos.

Goff (2004), observó que algunos ácaros miembros de las familias Macrochelidae y Parasitidae, cazan insectos y otros animales pequeños que se alimentan del cadáver. Los cambios en las poblaciones de estos ácaros pueden aportar valiosas pistas sobre la historia de un cadáver, sobre todo si éste ha sido trasladado después de la muerte.

Castillo-Miralbes (2002), comenta que desde que Megnin incluyó a los ácaros, estos artrópodos han sido asociados normalmente a etapas tardías de descomposición (estado seco). Son seres de vida libre, polívoros, que se alimentan de materia orgánica en descomposición y que han acudido a la carroña para alimentarse. Los ácaros más abundantes en cuanto a número y presencia por días durante todo el proceso de descomposición son los de la familia Trombidiidae (orden Acariforme) de hábitos depredadores en estado adulto.

Magaña (2001), comenta que en la etapa de descomposición de los restos secos, aparecen las masas de ácaros, siendo los más abundantes el grupo de los tiroglífidos (*Tyroglyphus siro*), que en ocasiones pueden ser observados en el jamón seco, cecina u otros productos cárnicos ahumados.

Según Iraola (2001), en la Arqueología y Paleoecología se utilizan a los oribátidos como herramientas para reconstruir paleoambientes. Incluso se han llegado a utilizar a los ácaros en medicina forense para determinar la fecha de la muerte en casos problemáticos.

2.6.1 Los ácaros: forma de vida y sus hábitos alimenticios

El grado de diversidad de hábitats corresponde a un alto grado de variabilidad de formas, tamaños, estructuras y comportamiento. Así mismo, respecto a sus hábitos alimenticios varias líneas de ácaros han evolucionado (Iraola, 2001).

Los ácaros son un grupo megadiverso. Su origen y filogenia siempre han sido aspectos debatidos por los especialistas ya que la multitud de formas, colores, hábitos, morfología y comportamientos son extremadamente variables (Almaguel, 2002).

Magaña (2000), comenta que algunas familias de ácaros pueden alimentarse de hongos y moho que crece en el cuerpo.

Iraola (2001), menciona que los ácaros se pueden dividir de acuerdo a su forma de vida y hábitos alimenticios en:

Ácaros de vida libre (no parásitos)

Depredadores

En el suelo, viven en la superficie exterior del suelo o en musgos, humus y excrementos de animales. Se alimentan de otros pequeños artrópodos y nemátodos. Normalmente tienen patas largas, escudo dorsal bien desarrollado y presentan movimientos rápidos. Estos depredadores abundan en el Suborden Mesostigmata.

En las plantas, son similares a los que viven en el suelo, depredan sobre ácaros fitófagos y otros artrópodos, principalmente Mesostigmata.

En productos almacenados, se encuentran ácaros de tamaño pequeño, poco esclerotizados que se mueven rápidamente. Depredan especialmente sobre ácaros que se alimentan de los productos almacenados, perteneciendo al Suborden Mesostigmata.

Especies Fitófagas

Las especies fitófagas subterráneas, se alimentan de raíces o bulbos, perforando las células y absorbiendo el contenido, o triturando el tejido con los quelíceros. Son ácaros poco esclerotizados, con patas cortas y movimientos lentos. Generalmente pertenecen al Suborden Oribatida.

Las especies de ácaros fitófagos que se alimentan de las partes aéreas de las plantas, suelen tener quelíceros modificados en forma de estilete. Se alimentan de las células epidérmicas de la planta y son de movimientos lentos, poco esclerotizados y pertenecen al Suborden Prostigmata.

En productos almacenados, estos ácaros se alimentan tanto de los productos como de los hongos que pueden crecer sobre ellos. Son de color blanco o translucido, tienen forma redondeada, patas cortas y movimientos lentos. Pertenecen al suborden Astigmata.

Especies Micófagas

Muchas especies de ácaros de todos los tipos (excepto los Ixodida) se alimentan de hongos, incluso ácaros que son depredadores.

Especies Saprófagas

En la mayoría de los Subórdenes existen representantes de esta categoría, aunque la mayoría pertenecen al Suborden Oribatida. Participan en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes.

Existen tres categorías que cubren la mayor parte de la materia orgánica:

1. Los macrofitófagos que se alimentan de materia vegetal muerta y madera.
2. Los microfitófagos se alimentan de hongos, bacterias y algas.
3. Finalmente los panfitófagos que no muestran una especialización clara.

Especies Coprófagas y Necrófagas

Estos ácaros acuden a los excrementos y cadáveres para alimentarse de otros artrópodos (depredadores). Algunas especies del Suborden Oribatida son importantes ya que se alimentan de insectos muertos localizados en el suelo.

Especies Foréticas

Distintas especies de ácaros practican la foresía sobre artrópodos, habiéndose desarrollado en muchas especies estructuras especiales para asirse al hospedante, excepto en los oribátidos.

Ácaros parásitos

Especies ectoparásitas

Ectoparásitos de vertebrados. Muchas especies de ácaros de todos los grupos (excepto Oribátidos) son parásitos de vertebrados, destacando la totalidad del suborden Ixodida (las garrapatas), aunque también pertenecen a esta categoría muchos Mesostigmata y Prostigmata. Se les ha encontrado en mamíferos, aves y reptiles. Se pueden alimentar de sangre, linfa, secreciones sebáceas, pelo, plumas o tejidos.

Ectoparásitos de invertebrados. Algunos pertenecen a los Subordenes Prostigmata y Mesostigmata. Es posible encontrar ácaros que son parásitos en estadio larvario únicamente, mientras que los adultos son depredadores. Otros lo son toda su vida.

Especies endoparásitas

Endoparásitos de vertebrados. Algunos pertenecen a los Subordenes Mesostigmata y Astigmata, principalmente. Se distinguen por una reducción en la esclerotización. Existen ácaros que viven exclusivamente en las cavidades nasales o pulmones de aves y mamíferos, en el tejido subcutáneo o incluso en el interior del estómago de los murciélagos.

Endoparásitos de invertebrados. Existen pocos grupos de ácaros, limitándose a los Subordenes Mesostigmata y Prostigmata. Destacan, por su importancia económica, los que parasitan a las abejas, situándose en la cavidad protorácica (Prostigmata, Acarapidae; Mesostigmata, Varroidae). Otros organismos parasitados por estas especies de ácaros son ortópteros, himenópteros, lepidópteros, esponjas y crustáceos, entre otros.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se realizó dentro del campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicada en una zona urbana del Municipio de Torreón Coahuila, México (25° 33' 25" N, 103° 21' 57" W). El clima que predomina es semidesértico, con una precipitación media anual inferior los 200 mm. El área experimental estaba delimitada al norte por una huerta de nogal, al este y sur por una barda perimetral, al oeste por un campo agrícola sin cultivo y una escasa cobertura vegetal.

El modelo experimental consistió en simular la descomposición en humanos después de la muerte. Siete puercos (*Sus scrofa* L.) con pesos de 22 kgs aproximadamente, fueron sacrificados de una cuchillada en el corazón el día 19 de Febrero del 2007. A partir de este día (día cero) cada uno de los cuerpos fueron colocados en una jaula a 50 m de separación entre jaulas para evitar la competencia. A partir de este momento se dió inicio a las visitas y muestreos sobre, debajo y dentro de los cadáveres. Las jaulas que resguardaban a los puercos fueron construidas con armazón de varilla 3/8" de 1.2 m X 0.8 m X 0.5 m recubiertas de malla pajarera para protegerlos de aves y mamíferos carroñeros. En la parte baja de cada jaula se colocó una especie de camilla de malla de criba (4 X 4) de 1.00 X 0.70 X 0.45 m, la cual permitió la manipulación de los cadáveres. Las jaulas se anclaron al suelo con varilla 3/8" a una profundidad de 0.60 m. Cada jaula fue rodeada por un cerco de tarimas de madera (2.5 X 2.5 m) para restringir el paso de mamíferos carroñeros.

Los siete puercos fueron divididos en tres grupos para efectuar el experimento. El primer grupo formado por cuatro puercos, se les asignó un número de muestra con marcador negro de aceite y cartulina fosforescente (12 cm X 7.0 cm). Se colocaron frascos de vidrio (1000 ml) como trampas de caída a una profundidad de 10 cms bajo tierra, y a una distancia de separación de 15 cms de la jaula, con un volumen de agua aproximadamente de 100 ml + 10 ml de detergente líquido para trastes, con la finalidad de romper la tensión

superficial del agua e impedir que los insectos escaparan una vez dentro de éstas.

El segundo grupo constó de 2 puercos a los cuales se les programó la realización de pesaje (Peso 1 y Peso 2). Se efectuaron mediciones de pérdida de biomasa utilizando una báscula electrónica (Revuelta H5-30k). Asimismo se extrajeron muestras de suelo de bajo de cada uno de estos cadáveres (250 ml.) con un perfil de O - 0.2 m con el objetivo de conocer la artrópofauna. Dichos muestreos se realizaron cada tercer día. El tercer grupo de un solo puerco se identificó como testigo, no se manipuló y sirvió como guía del proceso de descomposición durante el experimento.

En el transcurso de las tres primeras semanas posteriores al sacrificio, se efectuaron muestreos diarios. En el primer grupo (M-1, M2, M-3 y M-4) se colectaban los contenidos de las trampas de caída, siendo colocados en frascos de vidrio con alcohol al 70% para su conservación. Además se colectaban artrópodos debajo, sobre y dentro del cadáver los cuales eran puestos en frascos de alcohol al 70%. En el caso de larvas diptera fueron depositadas en solución Khale y otra parte en frascos de plástico que en su interior contenía una servilleta húmeda (14 cm x 10cm) con un pedazo de hígado de res (15 grs.) para su alimentación_ Estas larvas fueron criadas en el Laboratorio de Parasitología hasta que presentaron su estado adulto. Además se llevó un registro de temperaturas máximas y mínimas diarias.

Las muestras de suelo correspondientes al segundo grupo (Peso 1 y Peso 2) se procesaron en un embudo de Berlese bajo una fuente de calor (25 watts) por espacio de 24 horas. Los especímenes recuperados se conservaron en frascos de vidrio con alcohol al 70%.

En el transcurso de los muestreos se anotaron los cambios efectuados en el proceso de descomposición, la actividad y abundancia de los artrópodos . sobre los cadáveres. También se efectuó un registro fotográfico, así como el registro de temperaturas máximas y mínimas para llevar la secuencia de cambios presentados durante todo el proceso.

Al finalizar el trabajo de colecta se separaron los especímenes, realizando tres extracciones de cada muestra, auxiliándonos de un microscopio estereoscópico. De estas extracciones se hicieron montas en laminillas utilizando líquido Hoyer para la identificación de los especímenes. Las laminillas fueron colocadas en una estufa a una temperatura de 40°C durante una semana. Para la identificación a nivel familia se utilizó un microscopio compuesto.

4. RESULTADOS

4.1 Etapas de Descomposición identificadas en cadáveres de puerco

En el transcurso del experimento se presentaron cinco etapas de descomposición en los cadáveres de puerco. Cada grupo asignado presentaba una gran variedad de artrópodos. En el cuadro 1 se describen las cinco etapas de descomposición.

Cuadro 1. Etapas de descomposición en los cadáveres de puerco

Etapa	Descripción de las etapas de Descomposición
Muerto fresco (0-1 DDM)	Desde el momento mismo de la muerte se advirtió una gran cantidad de familias como: Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae sobre los cadáveres. No existen olores putrefactos aunque el día (o clima es cálido).
Abotagado (2-4 DDM)	Los cadáveres completamente abotagados (hinchados) y el ano extraído por efecto de los gases generados por la descomposición. Durante esta etapa se producen cambios en la coloración de la piel. Olor putrefacto fuerte. Acuden abundantes moscas de la familia Calliphoridae, larvas pequeñas de moscas sobre aberturas naturales, presencia de adultos de Piophilidos, Cleridae alimentándose de larvitas de Diptera dentro del pabellón de las orejas. Bajo los cadáveres gran cantidad de cucarachas, cléridos, arácnidos y cochinillas.
Descomposición activa (5-13DDM)	Cambios en olor, menos intenso aunque putrefacto, gran escurrimiento de líquido hacia abajo del cadáver en el suelo con gran actividad de larvas de mosca, cochinillas, cucarachas, tijeretas, cléridos y derméstidos. Grandes masas de larvas de Diptera en cavidades oculares, nariz y abdomen de los cadáveres. A los 8DDM se observa inicio de migración de larvas de Diptera. Al final de esta etapa ya no se encuentran cucarachas bajo los cadáveres.
Descomposición avanzada (14-29DDM)	La intensidad de los olores fétidos disminuye, aún existe humedad bajo los cadáveres. La piel se empieza a desprender por estar muy seca; cuerpos deshidratados pero recubiertos de un material aceitoso. Pérdida de biomasa más gradual. Sobre los cadáveres ya no se observan las masas de larvas de moscas; notoria emergencia de adultos de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae que <i>una</i> vez desplegadas sus alas descansan sobre las jaulas y corrales en grandes números. Inicia presencia de larvas de Piophilidae en la interfase cadáver-suelo. Gran variedad de escarabajos de las familias Cleridae y Dermestidae, así como de individuos de la familia Formicidae. Actividad de Xanates (<i>Quiscalus mexicanus</i> Gmelin) alimentándose de moscas tenerales.
Restos secos (30-70DDM)	Descubrimiento y desprendimiento de huesos, poca piel, seca; existe poca humedad bajo cadáver; olor soportable a manteca rancia. El residuo graso sobre los cadáveres se solidifica. Suelo seco bajo cadáver con abundantes exubias de Calliphoridae parasitadas por avispidas de la familia Pteromalidae. Continúa emergencia de sarcófágidos y piofílicos. Presencia de estafilinidos, hormigas cosechadoras, histéridos, cléridos, derméstidos, chinches, mantis, arañas, grillos, solífugos, cochinillas y ácaros. Abundantes individuos de los grupos mencionados que disminuyen a medida que avanza esta última etapa. De las trampas de caída se recuperan individuos oportunistas como lagartijas (<i>Podareis</i> sp). El término de esta etapa fue marcado por escasa actividad insectil, así como suspensión de <u>pérdida de biomasa</u> .

4.2 Pérdida de biomasa

En la Figura 1 se muestra gráficamente la pérdida de biomasa de los puercos de Peso 1 y Peso 2. La mayor pérdida de peso se registra en los primeros 7 días después de la muerte que incluye las etapas de muerto fresco, abotagado e inicio de la descomposición activa, registrándose casi un 23% de pérdida de peso, cuya mayor pérdida es en forma de agua. Al término de la etapa de descomposición activa (11 DDM) ya se registraba una pérdida de casi 38% del peso inicial. Es importante resaltar que a los 11 **DDM**, se tuvo registro de temperatura máxima y mínima de (38°C y 14°C). Durante la etapa de descomposición avanzada (14 **DDM** — 29 DDM) se consignó una pérdida de peso desde 43% (14 DDM) hasta 56% (29 DDM). Tanto la etapa de descomposición activa, como la de descomposición avanzada representan las etapas de mayor abundancia de larvas de Diptera que son los principales organismos que se alimentan del tejido suave de los cadáveres. La pérdida de peso durante la última etapa de descomposición (restos secos 30 — 70 DDM) es la que presenta cambios más paulatinos.

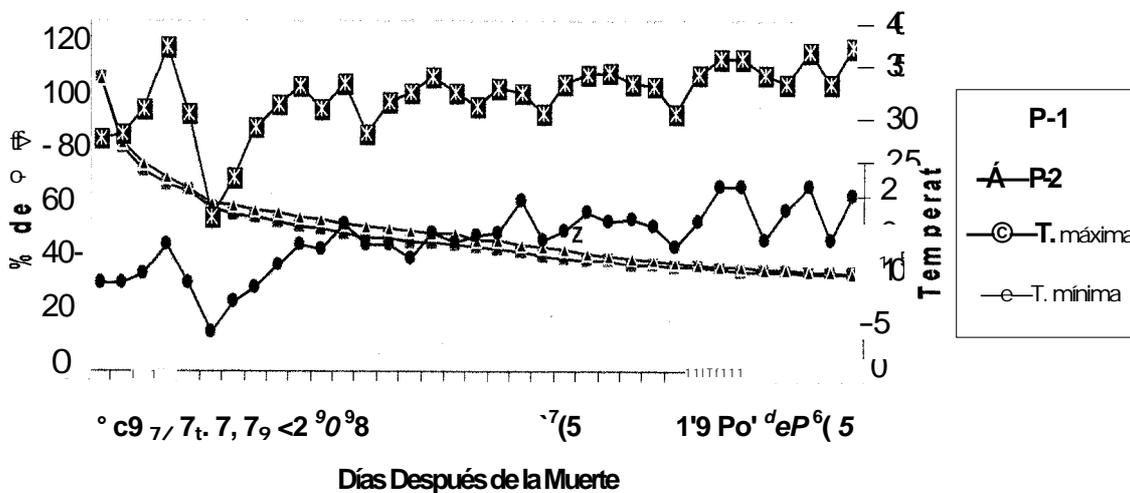


Figura 1. Pérdida de biomasa de los puercos y temperaturas máximas y mínimas.

4.3 Análisis de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica del suelo

Antes de establecer el experimento, se tomaron muestras de suelo para determinar la textura del mismo, siendo un suelo Franco-arcilloso (26_68% de arena, 23.52% de arcilla y 49.8% de limo). A continuación en el Cuadro 2 se muestran algunas propiedades que fueron analizadas en las muestras de suelo.

Cuadro 2. Materia orgánica, pH y conductividad eléctrica durante las etapas de descomposición

DDM	M.O. (%)	pH	C.E. (Ms/cm)
0	1.83	7.8	1.14
7	3.22	7.3	3.53
16	3.42	7.1	4.56
25	3.33	6.9	6.85
39	3.55	6.1	8.57
46	3.3	6.6	7.34
56	3.19	6.4	7.08

La materia orgánica, pH y conductividad eléctrica del suelo se vieron afectados por los cadáveres de puerco durante el proceso de descomposición. El contenido de materia orgánica al inicio del estudio representaba un 1.83%, incrementándose a partir de 7DDM para fluctuar su valor durante todo el proceso de descomposición desde 3.22% a 3.55% y mantenerse en 3.19%, durante la etapa de restos secos. El pH del suelo al inicio del experimento presentó una lectura ligeramente alcalino con un valor 7.8, pero este valor disminuyó hasta los 39 DDM, fluctuando entre los valores de 6.6 y 6.7, quedando en la última etapa de descomposición, como suelo ligeramente ácido. La conductividad eléctrica al inicio del estudio presentó un valor de 1.14 Ms/cm. Esta propiedad se incrementó a partir 7 DDM y hasta los 39 DDM para posteriormente (durante la etapa de restos secos), empezar a disminuir.

Es importante resaltar que durante el inicio de la etapa de la etapa de restos secos (39 DDM) se presenta el valor más alto de % de materia orgánica (3.55%), el más bajo de pH (6.1) y el más alto de conductividad eléctrica (8.57 Ms/cm)

4.4 Muestras de suelo

Se procesaron 18 muestras de suelo provenientes del grupo 2 (Peso 1 y Peso 2) representativas de las cinco etapas de descomposición. Los especímenes fueron contabilizados y fijados en laminillas para su identificación a nivel familia. Las familias recuperadas se muestran en el Cuadro 3 siendo: Laelapidae, Dermanyssidae, Galumnidae y Macronyssidae.

Cuadro 3. Familias de ácaros recuperadas de muestras de suelo procesadas en Embudo de Berlese (Peso 1 y Peso 2)

Familias	Promedio de especímenes
Laelapidae	1,279
Dermanyssidae	144
Galumnidae	179
Macronyssidae	68

La familia Laelapidae resultó ser la más abundante, presentando una abundancia relativa en porcentaje del 80% durante la etapa de descomposición avanzada y un 20% en la etapa de restos secos (Cuadro 4). Dermanyssidae siendo la segunda en abundancia presentó una abundancia similar con 85% durante la etapa de descomposición avanzada y un 15% durante la etapa de restos secos. Las familias Galumnidae y Macronyssidae, que resultaron las menos abundantes, estuvieron presentes durante las etapas de descomposición activa (9.2% y 3.3% respectivamente), descomposición avanzada (40.6% y 65.8% respectivamente) y restos secos (50% y 30.5% respectivamente).

Cuadro 4. Abundancia Relativa en % de familias de ácaros por etapa de descomposición

Familia	Fuente	Etapas de Descomposición		
		D. Activo (%)	D. Avanzado (%)	D. Restos (%)
Laelapidae	Peso 1	0	78%	22%
	Peso 2	0.2%	82%	17.8%
Dermanyssidae	Peso 1	0	73%	27%
	Peso 2	0	97%	2.6%
Galumnidae	Peso 1	6.7%	34.3%	59%
	Peso 2	11.7%	47.0%	41%
Macronyssidae	Peso 1	6.6%	46.7%	46%
	Peso 2	0	85.0%	15.0%

4.5 Trampas de caída

De las muestras obtenidas de las trampas de caída de los tratamientos M-1, M-2, **M-3** y M-4 se recuperaron especímenes sólo de las familias Macronyssidae y Dermanyssidae (Cuadro 5) Estos especímenes sólo fueron recuperados en la etapa de descomposición avanzada.

Cuadro 5. Familias de ácaros recuperadas de las trampas de caída

Familia	Fuente	No. Especímen	Etapas de Descomposición
Macronyssidae	M-1	640	D. Avanzada
	M-2	639	D. Avanzada
	M-3	7	D. Avanzada
	M-4	47	D. Avanzada
Dermanyssidae	M-1	0	D. Avanzada
	M-2	74	D. Avanzada
	M-3	395	D. Avanzada
	M-4	2	D. Avanzada

4.6 Familias de ácaros identificados en el experimento

Antes de colocarse el experimento se extrajeron muestras de suelo para saber como se encontraba la fauna edáfica, los ácaros que se muestran en las siguientes fotografías fueron encontradas en las muestras previas.

En la Figura: 2 (a,b,c y d), se muestran los ácaros colectados en las muestras de suelo. Las familias Laelapidae (Figura 2a), Dermanyssidae, (Figura 2b) y Macronyssidae (Figura 2c) pertenecen al Orden Parasitiforme, Suborden Mesostigmata y a la Superfamilia Dermanyssoidea. Son ácaros esclerotizados, de vida libre en el suelo, pero en menor densidad. Tienen hábitos polífagos, pues se alimentan de sangre o secreciones del tejido de mamíferos, aves y reptiles, además son parásitos de vertebrados e invertebrados. Son depredadores de otros microartrópodos y son de movimientos rápidos, además tienen hábitos foréticos para su dispersión. Su abundancia estuvo presente en las etapas tardías de descomposición avanzada y restos secos. La familia Galumnidae (Figura 2d), pertenece al Orden Acariforme y Suborden Oribatida, también fue encontrado en las muestras de suelo previas al experimento. Estos ácaros son fuertemente esclerotizados, también son llamados ácaros del escarabajo, de vida libre, presentan hábitos alimenticios muy diferentes debido a que consumen residuos de animales, plantas, hongos y bacterias que se encuentran en el suelo, no son depredadores, pero suelen ser atacados por otros ácaros depredadores. Habitan en el suelo, también se pueden encontrar en musgos, líquenes, madera y hojarasca. Son de movimientos lentos para trasladarse de un lugar a otros. Esta familia fue más abundante en los estados de descomposición avanzada y restos secos.

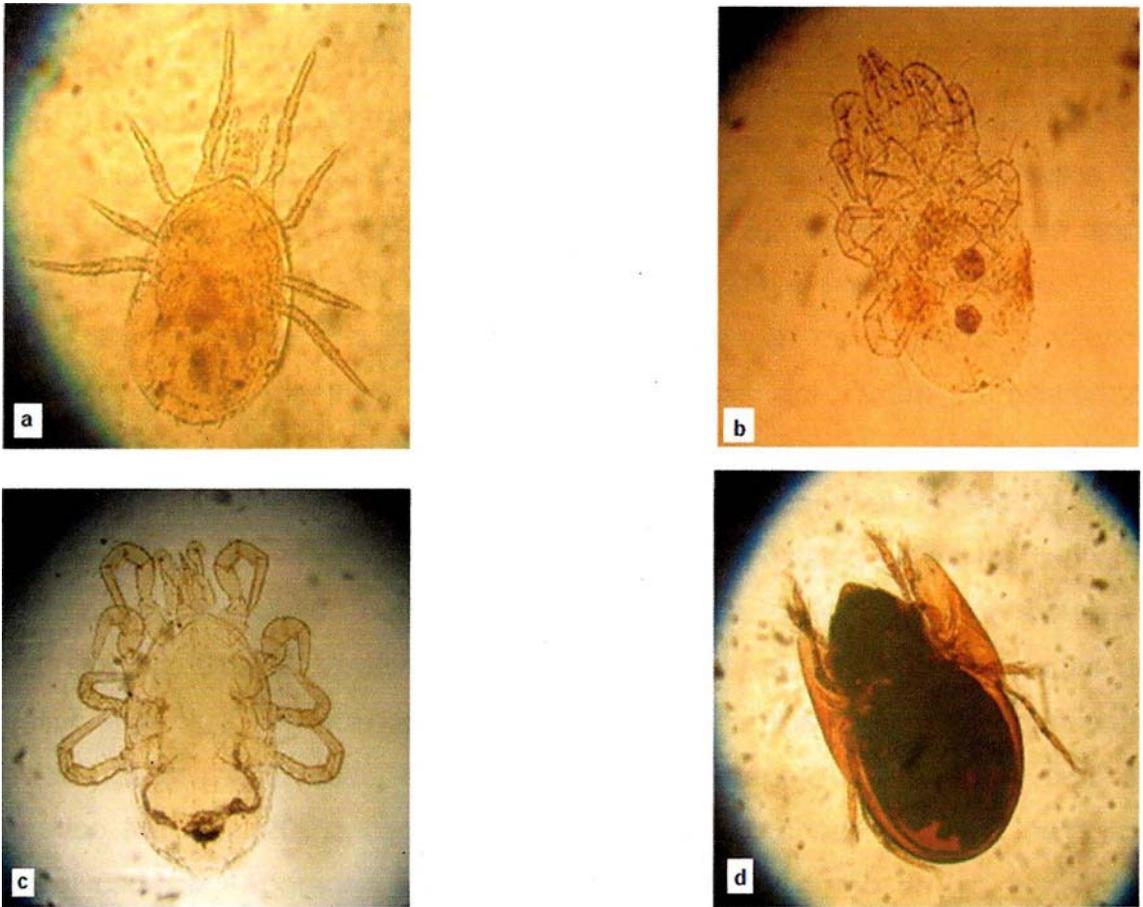


Figura 2. Ácaros de las familias (a) Laelapidae, (b) Dermanyssidae, (c) Macronyssidae y (d) Galumnidae identificadas en el estudio.

5. DISCUSIÓN

Castillo-Miralbes (2002), en sus trabajos realizados con puercos describe solo cuatro etapas de descomposición, mientras tanto en los estudios de Yusseff (2006) y Anderson y Van Laerhoven (1996), hacen mención de cinco etapas de descomposición, siendo las mismas que en el presente trabajo.

Con respecto a la fauna edáfica colectada en este estudio, podemos señalar que se identificaron familias de ácaros del Orden Parasitiforme, Suborden Mesostigmata como: Laelapidae, Dermanyssidae y Micronyssidae y de la familia Galumnidae del Orden Acariforme, Suborden Oribatida. Estas fueron menos abundantes en la etapa de descomposición activa, pero en las dos etapas finales de descomposición avanzada y restos secos fueron más abundantes. Castillo-Miralbes (2002), colectó ácaros en todas las etapas de descomposición, clasificándolos hasta el nivel de familia o género, identificando a los géneros *Arcteseius*, *Haemogamasus* y al género *Uroseius* el cual es forético. Magaña (2001), comenta que en la etapa de desaparición de los restos en el cadáver aparecen ácaros que pertenecen al grupo de los tiroglífidos (*Tyroglyphus siro*). Mientras que Battán *et al.* (2005), encontraron que los ácaros son componentes importantes de la comunidad sarcosaprófaga desde el punto de vista de depredadores y descomponedores de materia orgánica, presentándose en mayor abundancia en las dos últimas etapas de descomposición.

Con respecto a la pérdida de biomasa, a diferencia de lo mencionado por Anderson y Van Laerhoven (1996), el peso de los cadáveres durante el presente estudio sufrió cambios significativos durante los primeros siete días después de la muerte. Estos cambios estuvieron influenciados por la temperatura ambiental y la baja humedad relativa del área semidesértica del estudio. En British Columbia, no se consignaron cambios en el peso de los cadáveres de puerco durante los primeros 5 días. La mayor pérdida de peso se observó durante el período que comprendió las tres primeras etapas de descomposición: fresco, abotagado, descomposición activa y principios de la

cuarta etapa descomposición avanzada (50% del peso original). Esto se relaciona con la abundante e intensa actividad de larvas de diptera sobre el cuerpo durante este período. La mayor parte del tejido blando de los cadáveres fue removido por la actividad larval entre los 7 y 30 **DDM**. Al presentarse la etapa inicial de restos secos la pérdida de biomasa disminuyó gradualmente.

6. CONCLUSIONES

Se determinaron 5 Etapas en el proceso de descomposición: muerto fresco (0 -1 DDM), abotagado (2 DDM - 4 DDM), descomposición activa (5 DDM - 13 DDM), descomposición avanzada (14 DDM - 29 DDM) y restos secos (30 DDM - 70DDM).

Con respecto a las propiedades fisico-químicas del suelo, la materia orgánica, pH y conductividad eléctrica del mismo se vieron afectados por el proceso de descomposición de los cadáveres de puerco. Todas las propiedades alcanzaron los valores máximos al inicio de la etapa de descomposición de restos secos (39 DDM).

Se identificaron cuatro familias de ácaros: Laelapidae, Dermanyssidae, Galumnidae, Macronyssidae. Las familias de ácaros más abundantes fueron: Laelapidae y Dermanyssidae. Los ácaros identificados fueron más abundantes durante las etapas tardías de descomposición avanzada y restos secos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almaguel, R. L. 2002. Morfología, Taxonomía y Diagnóstico Fitosanitario de ácaros de importancia Agrícola. Curso Introductorio a la Acarología Aplicada, Honduras. 10 pp.
2. Arnaldos, M. I., F. Sánchez, P. Álvarez, M.D. García. 2004. A Forensic entomology case from the Southeastern Iberian Peninsula. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1): 22-25.
3. Battán, M. H., M. I. Arnaldos, B. Rosso & M. D. García. 2005. Estudio preliminar de la comunidad sarcosaprófaga en Córdoba (Argentina): Aplicación a la entomología forense. *Anales de Biología* 27: 191-201.
4. Camacho C., G. 2005. Sucesion de la entomofauna cadavérica y ciclo vital de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora, utilizando cerdo blanco (*Sus scrofa*) en Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología*: 1 p.
5. Carvalho L, M. L., P.J. Thyssen, M. L. Goff and A. X. Linhares. 2004. Observations on the Succession Patterns of Necrophagous Insects on a Pig Carcass in an Urban Area of Southeastern Brazil. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1): 33-39.
6. Castillo-Miralbes, M. 2002. Estudio de la, entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). *Monografías S.E.A.* 6: 10-15.
7. Deep, A. A. 2005. Estimating the Post-mortem Interval whit the help of Entomological evidence. Govt. Medical College. Patiala, India, Baba Farid University of Health Sciences Faridkot: 37-39
8. Erzindioólu, Z. 2002. Cases of identity. Maggots, murder, and men. *Memories and Reflections of a Forensic Entomologist.* T. D. Books. Cambridge, New York: pp. 162-172.
9. Gill, G. J. 2005. Decomposition and Arthropod succession on aboye ground pig carrion in rural Manitoba. Manitoba, Canada, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba: pp 12-13.

10. Goff, M. L. 2004. El Testimonio de las moscas. Cómo los insectos ayudan a resolver crímenes. El cuento de los cerditos. Alba. Barcelona, España: 65 pp.
11. Guarín-Vargas, 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, Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico: 136 pp
12. Iannacone, J. 2003. Artrópofauna de Importancia Forense en un cadáver de cerdo en el Callao, Perú. Revista Brasileira de Zoología 20(1): 85-90.
13. Iraola, V. 2001. Introducción a los ácaros (II): Hábitats e importancia para el hombre. Bol. S_E_A_ 28: 141-146.
14. Leccese, A. 2004. Insects as forensic indicators: methodological aspect. Aggrawars Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology 5(1): 26-32.
15. Liria-Salazar, J. 2006. Insectos de importancia forense en cadáveres de ratas, Carabobo - Venezuela. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud publica 23(1): 1-6.
16. Lord, D. W. (2005). Case Histories of the Use of Insects in Investigations. Entomology & Death- a Procedural guide_ E_ P. C_ a. N_ H. Haskell. Washinton, New York, United States of America: 30 pp.
17. Magaña, C. 2001. La Entomología Forense y su aplicación a la medicina legal. Data de la muerte. Bol. S.E.A. 28: 49-57.
18. Martínez, M. D., Mi_ Arnaldos, E_ Romera & M. D. García 2002. Los Formicidae (Hymenoptera) de una comunidad sarcosaprófaga en un ecosistema mediterráneo. Anales de Biología 24: 33-44.
19. Mavárez-Cardoso, M. G., Al. Espina de Fereira, FA. Barrios-Ferrer y JL. Fereira-Paz. 2007. La Entomología Forense y el Neotrópico. Scielo Brasil: 9 pp.
20. Mineiro, L. C. J. y. G. J. Moraes. 2001. "Systematics, Morphology and Physiology Gamasida (Arachnida: Acari) Edáficos de Piracicaba, Estado de São Paulo." Neotropical Entomology 30(3): 379-385.

21. Muzón, J. 2005. Insecta. The searching for the perfect classification. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 64(3): 1-12.
22. Oliva, A. y J. A. Ravioli. 2004. "Conscript Carrasco: A Peacetime Casualty." *Aggrawars Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1): 45-49.
23. Pérez, A.B. 1998. Sensibilización por exposición a ácaros (I): ácaros en el ambiente. [en línea]. [http:// www.mtas.es/insht/ntp/ntp_625.hym](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_625.hym) [Fecha de consulta 22 de Octubre del 2007].
24. Romera, E., M.I. Arnaldos, M.G.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.
25. Sánchez-López, J. 2002. Control de ácaros contaminantes del jamón Ibérico. Departamento de Medicina y Sanidad Animal. Cáceres, España, Universidad de Extremadura Facultad de Veterinaria: 324 pp.
26. Torrez, J., S. Zimma, C. Rinaldi y R_ Cohen. 2006. Entomología Forense_ *Revista del Hospital J.M. Ramos Mejía* XI (1): 22.
27. Turchetto, M., S. Vanin. 2004. Forensic evaluations on a crime case with monospecific necrophagous fly population infected by two parasitoid species. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1): 12-18.
28. Wolff, M., A. Bulles, G. Zapata, G. Morales and M. Benecke 2004. Detection of Parathion (0, 0-diethyl 0-(4-nitrophenyl) phosphorothioate) by HPLC in insects of forensic importance in Medellin, Colombia. *Aggrawars Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1): 6-11
29. Yusseff-Vanegas, S. Z. 2006. Entomología Forense: Los insectos en la escena del crimen. *Revista Luna Azul* (23): 42-49.