

**PATRÓN SUCESIONAL DE INSECTOS ASOCIADOS A CADÁVERES DE  
CERDOS BLANCOS (*Sus scrofa*) EXPUESTOS EN BOSQUE SECO  
PREMONTANO (bs-PM)**

**ADRIANA MARIA VARGAS JEREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2005**

**PATRÓN SUCESIONAL DE INSECTOS ASOCIADOS A CADÁVERES DE  
CERDOS BLANCOS (*Sus scrofa*) EXPUESTOS EN BOSQUE SECO  
PREMONTANO (bs-PM)**

**ADRIANA MARIA VARGAS JEREZ**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de  
Biólogo**

**Directora**

**MARTA WOLFF ECHEVERRI**

**Dr. Sc. en Ciencias biológicas**

**Profesor Asociado**

**Instituto de Biología**

**Universidad de Antioquia**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**BUCARAMANGA**

**2005**

***“El uso que hagan de sus conocimientos, determinará el valor de su educación. Dedicar mucho tiempo al estudio, sin hacer esfuerzo alguno por comunicar a otros lo que se aprende, es a menudo un impedimento más bien que una ayuda para el verdadero desarrollo”***

***Con el más sincero y profundo amor  
A mi Madre y Hermanos Mao, Beto Y Caya  
Por todas sus preocupaciones y sus consejos  
muchas veces ignorados.***

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sincera gratitud a las personas que durante este tiempo me han regalado un poco de su conocimiento, de su paciencia y de su amistad, Mis más sinceros agradecimientos a:

**Marta Wolff**, Dr. Sc. en Ciencias biológicas y Directora del proyecto, por sus valiosas enseñanzas y orientaciones.

**Patricia Duque y Efraín Martínez**, por su invaluable ayuda en la fase de campo.

A las compañeras del Laboratorio de Colecciones entomológicas de la Universidad de Antioquia: Sandra, Maria Carolina, Juliana, Diana, Laura, Carolina y Eliana por su colaboración y su amistad.

A la **UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA** por brindarme un espacio en el desarrollo de la fase de laboratorio y financiación del proyecto.

A **COLCIENCIAS** por la financiación del Proyecto.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	17
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1 ANTECEDENTES	23
4.2 ENTOMOLOGÍA FORENSE	26
4.2.1 Estado Fresco	26
4.2.2 Estado Hinchado	27
4.2.3 Descomposición Activa	27
4.2.4 Descomposición Avanzada	27
4.2.5 Restos	28

	<b>pág.</b>
4.3 CATEGORÍAS ECOLÓGICAS	29
4.3.1 Especies Necrófagas	29
4.3.2 Especies Predadoras y Parásitas de Necrófagos	29
4.3.3 Especies Omnívoras	29
4.3.4 Especies Incidentales	30
4.4 FENÓMENOS CADAVERÍCOS	30
4.4.1 Enfriamiento Cadavérico	30
4.4.2 Deshidratación Cadavérica	30
4.4.3 Livideces Cadavéricas	31
4.4.4 Rigidez Cadavérica	31
4.4.5 Espasmo Cadavérico	32
4.5 SUCESIONES ECOLÓGICAS INCLUYEN SUCESIONES ENTOMOLÓGICAS	32

	<b>pág.</b>
4.6 INTERACCIÓN INSECTO-CARROÑA	33
5. METODOLOGÍA	35
5.1 AREA DE ESTUDIO	35
5.2 METODOLOGÍA DE CAMPO	37
5.2.1 Tiempo de Muestreo	37
5.2.2 Colecta de Individuos	37
5.2.3 Determinación Taxonómica de las especies	39
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39
6. RESULTADOS	40
6.1 ESTADOS DE DESCOMPOSICIÓN	40
6.1.1 Estado Fresco	40
6.1.2 Estado Hinchado	44
6.1.3 Descomposición Activa	48

	<b>pág.</b>
6.1.4 Descomposición Avanzada	49
6.1.5 Restos	52
7. DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS	63
ANEXOS	74

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Localización geográfica de La vereda El Bambú, Municipio de Rionegro, Santander	36
<b>Figura 2.</b> Localización de áreas muestreo en bs-PM (municipio de Rionegro, Santander, Colombia)	38
<b>Figura 3.</b> Ubicación de los cerdos en jaulas	38
<b>Figura 4.</b> Estado Fresco del cerdo ( <i>Sus scrofa</i> ) en la hora cero del primer día	43
<b>Figura 5.</b> Registro de <i>Chrysomya albiceps</i> para el estado Fresco	44
<b>Figura 6.</b> Estado Hinchado, al día siguiente de la muerte	45
<b>Figura 7.</b> Variaciones de la temperatura diaria de los cerdos	46

	<b>pág.</b>
<b>Figura 8.</b> Tasa de biomasa removida indicada como porcentaje en peso	47
<b>Figura 9.</b> Registro de las especies de Diptera para el estado Hinchado	48
<b>Figura 10.</b> Estado de Descomposición Activa, al final de día 3	50
<b>Figura 11.</b> Registro de las especies de Diptera para el estado Activo	50
<b>Figura 12.</b> Estado de Descomposición Avanzada del cerdo, al final del día 5	51
<b>Figura 13.</b> Registro de las especies de Diptera para el estado Avanzado	51
<b>Figura 14.</b> Estado de restos, a los siete días de muertos los cerdos en bs-PM	53
<b>Figura 15.</b> Registro de las especies de Diptera para el estado de restos	53

	<b>pág.</b>
<b>Figura 16.</b> Porcentajes de Ordenes colectados en los cerdos durante el proceso de descomposición	54
<b>Figura 17a.</b> Dendrograma de similaridad en los estados de descomposición de cerdo <i>Sus scrofa</i> en Rionegro, Santander	56
<b>Figura 17b.</b> Dendrograma de similaridad entre las replicas de los cerdos <i>Sus scrofa</i> en Rionegro, Santander	57

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Sucesión entomológica en los diferentes estados de descomposición de los cerdos	41
<b>Tabla 2.</b> Riqueza, abundancia e índices de diversidad para los estados de descomposición en cerdo <i>Sus scrofa</i> en Rionegro, Santander	56

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>ANEXO A.</b> Matriz de sucesión correspondiente al cerdo 1	75
<b>ANEXO B.</b> Matriz De sucesión correspondiente al cerdo 2	76
<b>ANEXO C.</b> Matriz De sucesión correspondiente al cerdo 3	77

## RESUMEN

**TÍTULO:** PATRÓN SUCESIONAL DE INSECTOS ASOCIADOS A CADÁVERES DE CERDOS BLANCOS (*Sus scrofa*) EXPUESTOS EN BOSQUE SECO PREMONTANO (bs-PM) \*

**AUTOR:** VARGAS JEREZ, Adriana María \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Entomología forense, sucesión de insectos, carroña, Rionegro, Santander

### DESCRIPCIÓN:

La entomología forense, se fundamenta principalmente en el análisis de la sucesión, biología y distribución de las diferentes especies de artrópodos que llegan a un cadáver en el proceso de la descomposición, convirtiéndola en una de las principales herramientas en primera instancia para la determinación del intervalo post-mortem.

En este trabajo se estudió el patrón sucesional, la diversidad de especies y el potencial de los insectos como indicadores en el campo forense en una zona catalogada como bosque seco premontano (bs-PM) en el municipio de Rionegro, Santander en el oriente colombiano. Se evaluó la descomposición de cuerpos expuestos para lo cual se sacrificaron tres cerdos.

El estudio tuvo una duración de 22 días, colectando en total 15612 ejemplares (larvas y adultos), distribuidos en 10 órdenes, 39 familias y 38 géneros. Se determinaron cinco estados de descomposición: fresco, hinchado, descomposición activa, descomposición avanzada y restos. El 88.5% de los individuos colectados pertenecieron al orden Diptera cuya actividad fue de gran importancia durante el proceso de descomposición representado en un 87.2% por la Familia Calliphoridae, con las especies *Chrysomya albiceps*, *Cochliomyia macellaria*, *Phaenicia sericata*, *Hemilucilia semidiaphana*, seguida de las familias Muscidae (*Fannia scalaris* y *Ophyra sp.*) y las familias Sarcophagidae y Piophilidae. El segundo orden en importancia fue Hymenoptera (6%) seguido del orden Coleoptera (1.44%) el cual tuvo una amplia riqueza en el estado de restos. Se presentan tres matrices de ocurrencia correspondientes a cada uno de los cerdos muestreados.

---

\* Tesis.

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Marta Wolff.

## ABSTRACT

**TITLE: SUCCESSIONAL PATTERN OF ASSOCCOATED INSECTS IN EXPOSED CARCASS OF WHITE PIG (*Sus scrofa*) IN PRE-MOUNTAIN DRY FOREST (bs-PM)\***

**AUTHOR: VARGAS JEREZ, Adriana María \*\***

**KEYWORDS:** Forensic entomology, insect succession, carrion, Rionegro, Santander

### **DESCRIPTION:**

Forensic entomology is mainly founded on the analyses of the succession, biology and distribution of the different arthropod species which arrive onto a dead corp in its decomposition process, becoming to be on of the main tools, in first instant, for the determination of post-mortem interval.

In this work, the successional pattern, the species diversity and the potential of insects as indicators in the field forensic, were studied in a zone catalogued as pre-mountain dry forest, in the municipality of Rionegro, Santander, east of Colombia.

Three white pigs of about 10 kg live weight were sacrificed and placed in an area with direct sun exposure. The field study lasted 22 days, during which 15.612 larvae and adults belonging to 10 orders, 39 families and 38 genus, were collected. Five decomposition phases were determined: fresh, swollen, active decomposition, advanced decompositions and remains. Of specimens collected, 88.5% belonged to the Diptera order, followed by Hymenoptera with 6% and Coleoptera with 1.44%. Diptera was the order that exhibited more activity during the decomposition processes. In this taxon, the most abundant family, Family was Calliphoridae represented by *Chrysomya albiceps*, *Cochliomyia macellaria*, *P. sericata*, *Hemilucilia semidiaphana*, together with *Fannia scalaris* and *Ophyra sp.* (Muscidae).

---

\* Thesis.

\*\* Faculty of Sciences. School of Biology. Marta Wolff.

## INTRODUCCIÓN

La Entomología Forense es la disciplina científica encargada de interpretar la información que suministran los insectos como testigos mudos de un deceso, en aquellos casos en los que los métodos de la patología clásica no se pueden utilizar (Vargas, J. F. y Méndez, M.; 1999).

Los insectos son el grupo de organismos dominantes sobre la tierra, en términos de diversidad taxonómica (más del 50% de todas las especies descritas) y función ecológica (Wilson, 1992). Ellos representan la inmensa mayoría de especies en los ecosistemas terrestres y de agua dulce además son componentes importantes de la orilla en los ecosistemas marinos, representan importantes funciones ecológicas al utilizar las fuentes de alimentos que le brindan muchos organismos incluyendo el hombre, con capacidad de alterar sus tasas y dirección del flujo de materia y energía de maneras que potencialmente afectan los procesos globales (Schowalter, 2000).

Las moscas de la familia Calliphoridae (Díptera) son insectos encontrados en todos lugares, afectan al hombre y a los animales en muchas áreas. Muchas especies son pestes molestas que transmiten enfermedades tanto a humanos como a animales (Nuorteva, 1959) causando grandes pérdidas económicas en áreas de rebaños debido a la miasis (Wall *et al.*, 1992) que también afecta a los humanos bajo condiciones apropiadas (Greenberg and Szyska, 1984) y tal vez debido a su atracción por la carroña, basuras y heces, junto con la aparición de estados inmaduros son frecuentemente catalogados como insectos indeseables (Anderson, 2000).

Sin embargo; son considerados insectos benéficos en muchos aspectos, sus estados inmaduros, aunque tal vez poco atractivos, son vitales descomponedores en la sucesión degradativa de carroña animal consumiéndolo rápidamente, de ese modo remueven la posible fuente de enfermedades y reciclan nutrientes (Anderson, 2000). Dicho fenómeno provee un microhábitat temporario y un recurso alimentario, a una gran variedad de organismos, desde bacterias y hongos hasta vertebrados, siendo los artrópodos los principales involucrados y dentro de estos, los insectos los más numerosos (Goff, 1993).

Sus ciclos de desarrollo son muy útiles en investigaciones criminales, para determinar el tiempo de muerte en casos de homicidio, (Catts & Goff, 1992; Anderson, 1995; Lord, 1992; Greenberg, 1991; Goff and Odom, 1987; Lord *et al.* 1986; Nuorteva, 1977), traslado de cuerpos (Vargas, J.F. y Méndez, M., 1999; Shean *et al.* 1993; Catts and Goff 1992). También en casos que involucran posibles muertes repentinas, accidentes de tránsito sin causas obvias y el abuso criminal por uso de drogas y envenenamiento. Las larvas que están consumiendo un cuerpo incorporan a sus tejidos restos de compuestos químicos (metabolitos) presentes en el individuo, como acelerantes, barbitúricos, cocaína, anfetaminas e incluso venenos (Goff *et al.* 1997; Wolff *et al.* 2004). Estos tejidos pueden ser analizados para detectar esas sustancias; lo anterior toma importancia en aquellos casos en que el cuerpo se encuentra en avanzado estado de descomposición o cuando carece de sangre y no es posible realizar el análisis toxicológico de rutina (Leclercq, 1969; Anderson and VanLaerhoven, 1996; Vargas, J. F. y Méndez, M., 1999) y en salud en terapia larval para el desbridamiento de úlceras (Sherman, 2000). En algunos casos han sido usadas como polinizadoras de cultivos agrícolas en áreas controladas (Urueta, 1991).

El uso de los insectos para la investigación de casos de homicidios se ha incrementado dramáticamente en recientes años (Catts and Goff, 1992). Cerca de 400 especies de insectos han sido encontradas en algunas investigaciones que incluyen desde estudios con perros (Jirón and Cardín, 1981), gatos domésticos (Early and Goff, 1986), osos (Anderson, 1999), ratas (Utsumi, 1958) y otros pequeños mamíferos (Jhonson, 1975) en donde se ha observado el patrón sucesional de los insectos, al igual que en cadáver de cerdo (Carvalho and Lindares, 2001; Wolff *et al.* 2001; Grisales *et al.* 2004; Pérez *et al.* 2005), hasta humanos, Wolff (2001) reportó diez casos diferentes en cuerpos humanos en diferentes municipios del departamento de Antioquia, Colombia, en donde los huevos y larvas de Dípteros y adultos de Coleópteros fueron de gran importancia para la determinación del intervalo postmortem (IPM), mostrando así que la carroña es un hábitat temporario que ofrece un recurso alimenticio y cambiante de manera progresiva para la extensa variedad de organismos que comprenden desde bacterias y hongos, hasta vertebrados carroñeros (Goff, 1993), en donde los artrópodos constituyen el mayor elemento de fauna asociada con restos animales mostrando en diversos estudios que varias especies llegan a los restos en patrones de sucesión definidos (Payne, 1965). Dentro de los cientos de artrópodos atraídos por cuerpos están, en primer lugar las moscas (Díptera), escarabajos (Coleóptera) y sus larvas; al igual que ácaros, isópodos, opiliones y nemátodos; estos artrópodos, comen, viven y reproducen en y sobre los cuerpos dependiendo de sus preferencias biológicas y el estado de descomposición (Méglin, 1894).

Cuando la secuencia de insectos colonizadores de carroña es conocida, un análisis de la fauna de artrópodos sobre un cadáver se usa para determinar el intervalo postmortem (IPM) (Catts and Haskell, 1990; Smith, 1986).

Por lo anterior con este estudio se propone obtener una matriz de ocurrencia de estadios inmaduros de las principales familias de Diptera: Calliphoridae, Muscidae y Fannidae a partir de la base de datos obtenida de la sucesión de insectos en la descomposición de cerdos (*Sus scrofa*), expuestos en un área rural del municipio de Rionegro, Santander, Colombia.

Esta investigación en (bs-PM), hace parte de un megaproyecto que se realizó en distintas zonas de vida en Colombia - **Entomología Forense: Sucesión de insectos carroñeros para la Estimación del Intervalo Postmortem (IPM) en cinco zonas de vida**, el cual busca nuevas alternativas, que complementen las técnicas existentes para una estimación mas precisa del intervalo de tiempo postmortem (PMI), a través del análisis conjunto de la matriz de datos elaborada con modelos animales, definición de especies marcadoras para cada estado de descomposición y las condiciones bioclimáticas que permitirán comparar con los taxa colectados en restos humanos en zonas similares.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la sucesión de insectos de importancia legal como herramienta en la determinación del intervalo postmortem en la zona bioclimática: bosque seco premontano (bs-PM)) en la Vereda El Bambú, Municipio de Rionegro Santander, utilizando como modelo animal cerdo blanco (*Sus scrofa*).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.2.1 Determinar las fases de descomposición cadavérica y la duración de cada una de estas, utilizando cerdo blanco como modelo, en la zona bioclimática: Bosque seco premontano (bs-PM).

2.2.2 Determinar taxonómicamente los insectos colectados tanto inmaduros como adultos que se presenten durante todas las fases de descomposición.

2.2.3 Crear una matriz de ocurrencia por horas y días, de las especies de Díptera en estadio inmaduro, halladas en la sucesión.

2.2.4 Contribuir y fortalecer la colección entomológica del Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia y de la escuela de Biología de la Universidad Industrial de Santander, mediante el incremento de ejemplares.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación hace parte de un gran proyecto en Colombia, “Entomología Forense: Sucesión de insectos carroñeros para la Estimación del Intervalo Postmortem (IPM) en cinco zonas de vida”, dirigido por la profesora Marta Wolff de la Universidad de Antioquia y financiado por COLCIENCIAS proyecto 1115-05-11503, que busca obtener datos precisos que complementen los ya existentes mediante el uso de modelos animales que amplíen la matriz de datos que permitan obtener un intervalo postmortem (IPM) más exacto.

Colombia es un país acogido por la violencia desde hace muchos años. Para los cuerpos de investigación en homicidios y casos por muertes en circunstancias extrañas la entomología forense se presenta como una herramienta que puede aportar al esclarecimiento de casos no resueltos o de difícil solución.

Por ello es de nuestro interés llevar a cabo estudios que aporten al conocimiento de las fases de descomposición de los cuerpos, tiempos requeridos en diferentes climas y situaciones, especies presentes; como un aporte al desarrollo Entomología Forense y al sistema judicial.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ANTECEDENTES

El primer documento escrito de un caso resuelto por la entomología forense se remonta al siglo XIII en el Manual de Medicina Chino referente a un caso de homicidio de un labrador el cual fue degollado con una hoz (Tzu, 1924). Leclercq y Lambert (1976), observaron la preferencia de ciertas moscas por la sangre, encontrando a *Calliphora vomitoria* sobre un cuerpo seis horas después de la muerte, ovipositando sobre la sangre (pero no sobre las heridas) del difunto. En adición los expertos médicos y legales, escultores pintores y poetas han observado cerradamente la descomposición de cuerpos humanos, notando, en particular, los efectos de la alimentación de las larvas. Ilustraciones de la edad Media muestran larvas sobre cuerpos, también se incluyen grabados en madera como el titulado “Danza de la Muerte” del siglo XV y una escultura en marfil “Esqueleto en la Tumba” siglo XVI (Benecke and Leclercq, 1998).

Tales trabajos representan el patrón de reducción de masa del cuerpo mediada por insectos, particularmente la temprana esqueletización del cráneo y la reducción de órganos internos, con grandes partes de piel todavía intactas. El poema “Une Charogne” por el poeta Francés Charles Baudelaire (1821-1867), podría ser mencionado en este contexto también, ya que contiene claras observaciones sobre restos de cuerpos humanos, incluyendo una exacta referencia del sonido de las masas de gusanos sobre el cuerpo; Semejante al correr del agua y el viento, o granos que se agitan en un movimiento rítmico (Baudelaire, 1955). Dos siglos antes, en 1767, El biólogo Carl von Linné hizo la

afirmación que tres moscas podrían destruir un caballo más rápido de lo que un león lo haría (en su tiempo se producían grandes masas de gusanos) (Muller and Linné, 1774), pero no fue hasta 1855 cuando Bergeret realizó el primer reporte de un caso, incluyendo la estimación del intervalo postmortem y en 1894, Mégnin publicó su mas importante libro "La fauna de los cadáveres", como producto de observaciones realizadas durante 15 años (Benecke, 2001).

Como se observa en estudios referenciados por Smith (1986), Mégnin (1984), indican 8 periodos de actividad de la fauna cadavérica, también llamadas oleadas de insectos realizadas así: Stefani en 1921 6 oleadas; Fuller en 1934 3 oleadas; Howeden en 1950 2 oleadas; Jirón and Cardín en 1981 en su estudio con perros reportan 4 oleadas; Jhonson en 1975 4 oleadas en pequeños mamíferos; Rodríguez & Bass en 1983 observó 4 oleadas; Utsumi en 1958 trabajando con perros y ratas describe 2 oleadas; Payne en 1965 habla de 6; Lord & Burger 1984 5 oleadas y Bornemissza en 1957 5. En estudios más recientes Ferllini (1994), Anderson and VanLaerhoven (1996) y Moura *et al.* (1997) establecen 5 fases de descomposición cadavérica, asociadas directamente a la actividad de los insectos. Algunos de estos trabajos y sus resultados se comentan a continuación además de los realizados en años mas recientes.

Estados Unidos, Payne (1965), se contrastan las diferencias en el proceso de descomposición entre los cadáveres de lechones expuestos a la acción de artrópodos y otros protegidos e inaccesibles. Identificó un total de 522 especies, representadas en tres Phyla, 9 clases, 31 órdenes, 151 familias y 359 géneros.

Shean *et al.* (1993) estudiaron las diferencias de descomposición entre cadáveres de cerdos expuestos al sol y a la sombra; identificaron 49 especies de artrópodos, sin incluir los accidentales, 11 fueron capturados solamente en la zona de sombra y 16 en la zona de exposición al sol. En Curitiba (Brasil), Moura *et al.* (1997), utilizando cadáveres de ratas de laboratorio como cebos, identificaron en total 32 especies diferentes. Carvalho *et al.* (2000) determinaron los insectos del área de Campinas; Estado de Sao Paulo (Brasil), de importancia en la estimación del IPM. Colectaron muestras de cerdos expuestos en un bosque natural urbano y de cuerpos humanos del Instituto de Medicina Legal del área de estudio. Cuatro de 36 familias de insectos colectadas, Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae (Diptera) y Dermestidae (Coleoptera), fueron consideradas de importancia forense. En Medellín (Colombia), utilizando como modelo animal cerdo blanco (*Sus scrofa*), (Wolff *et al.* 2001 y Pérez *et al.* 2005), se observó una clara sucesión de insectos tanto de carácter netamente carroñero, como incidentales, la cual se vio marcada por dos grupos principales: los dípteros y los coleópteros con un total de 11937 individuos distribuidos en 12 órdenes, 29 familias y 42 géneros (Pérez *et al.* 2005).

La investigación de la entomología forense en Colombia se está desarrollando principalmente en las ciudades de Medellín (Wolf *et al.* 2001, Wolff *et al.* 2004, Perez *et al.* 2005) y Cali. Así mismo se han realizado varios trabajos de pregrado en Bogotá, Cali, Medellín, Tunja y Caquetá donde uno de los principales propósitos es el estudio de sucesiones de la entomofauna cadavérica y curvas de crecimiento y desarrollo en diferentes localidades.

## 4.2 ENTOMOLOGÍA FORENSE

La Entomología Forense es la disciplina científica encargada de interpretar la información que suministran los insectos como testigos mudos de un deceso, en aquellos casos en los que los métodos de la patología clásica no se pueden utilizar (Vargas, J.F. y Méndez, M., 1999).

Para calcular y determinar el IPM, usando los insectos como evidencia; se pueden aplicar dos métodos; el primero utiliza la edad de las larvas y la tasa de desarrollo y el segundo utiliza la sucesión de insectos carroñeros presentes en las diferentes etapas de descomposición del cuerpo (Wells and LaMotte, 2001). Ambos métodos se pueden utilizar por separado o conjuntamente, siempre dependiendo del tipo de restos que se estén estudiando. En la aplicación de la entomología forense, los grupos más importantes incluyen solamente especies de los órdenes Diptera (moscas) y Coleoptera (escarabajos). Esta sucesión sobre el cuerpo puede ser dividida dentro de diferentes oleadas sobre los varios estados de descomposición; según Payne (1965) en la descomposición de un cuerpo expuesto se pueden reconocer cinco estados o fases, las cuales se diferencian por los cambios físicos que se presentan durante cada una de estas:

**4.2.1 Fresco.** Este estado comienza en el momento de la muerte y se continúa hasta observar el cuerpo hinchado (Anderson and VanLaerhoven, 1996; Tullis and Goff, 1987). La autólisis y el rompimiento del complejo proteico y de las moléculas de carbohidratos en componentes más simples ocurre en esta etapa, los cambios morfológicos son pocos (Early & Goff, 1986), no hay olor asociado con los restos y

la temperatura interna del cuerpo se ha reducido (Anderson and VanLaerhoven, 1996).

**4.2.2 Hinchado.** La putrefacción es el principal componente del proceso de descomposición, que inicia en este estado, los gases han empezado a acumularse dentro del cuerpo dándole la apariencia de globo. Gases de la actividad de las bacterias anaerobias dan como resultado una ligera inflamación del abdomen, seguida de una hinchazón gradual del resto del cuerpo, acompañado de un evidente olor a putrefacción (Anderson and VanLaerhoven, 1996; Early & Goff, 1986). La actividad de los artrópodos combinada con el proceso de putrefacción causa una elevación de la temperatura interna de la carroña en esta fase (Tullis and Goff, 1987).

**4.2.3 Descomposición activa.** Está marcada por el completo desinflamamiento del cadáver, debido a las larvas de Dípteros que rompen la piel y por la presión de los gases, el cadáver está muy húmedo, debido a la descomposición y un fuerte hedor está asociado con la carroña, la temperatura interna alcanza su punto máximo en este estado (Anderson and VanLaerhoven, 1996).

**4.2.4 Descomposición avanzada.** En este estado mucho del tejido blando ha sido removido, las larvas abandonan los restos como insectos en prepupa y otras se ubican sobre el material viscoso que constituye el BOD, la temperatura interna del cadáver baja rápidamente, el olor está menos asociado con los restos y su peso continua disminuyendo gradualmente (Tullis and Goff, 1987; Anderson and VanLaerhoven, 1996).

**4.2.5 Restos.** En este estado muy poco de los restos permanecen excepto huesos, cartílago y algunos remanentes de piel y el BOD seco que se confundiría con el suelo, puede existir o no un leve olor asociado con los restos (Tullis and Goff, 1987; Anderson and VanLaerhoven, 1996).

Por lo general, en las primeras fases de descomposición las estimaciones se basan en el estudio del crecimiento de una o dos especies de insectos, particularmente dípteros. Las variables utilizadas para estos métodos están influenciadas por la temperatura y humedad relativa del ambiente; principales factores que controlan la oviposición y las tasas de desarrollo de los insectos necrófagos (Smith, 1986), siendo esta más influenciada por la temperatura que por cualquier factor ambiental, haciéndose más lenta en días fríos y nublados (Payne, 1965). La más importante implicación para la estimación del IPM es que las diferentes especies de insectos difieren en términos de sus tasas de crecimiento, tiempo de llegada y posición dentro de la sucesión (Wells and Lamotte, 2001).

La temperatura ha tenido un efecto profundo en su tasa de desarrollo y metabolismo (Andrewartha & Birch, 1958; Chapman, 1982), generalmente dentro de un cierto rango de temperaturas, el desarrollo es acelerado si la temperatura se incrementa, pero si éstas son extremas puede ser letal para el insecto. Ambos, la temperatura del aire y la exposición a la luz del sol pueden afectar la temperatura del cuerpo (Byrd and Castner, 2001).

### 4.3 CATEGORÍAS ECOLÓGICAS

No todos los invertebrados que se encuentran en un cadáver se están alimentando de él, se pueden encontrar especies que buscan humedad o simplemente de paso; por lo que se pueden reconocer cuatro categorías ecológicas en la comunidad de carroña (Smith, 1986):

**4.3.1 Especies Necrófagas.** Colonizan los cadáveres, alimentándose de tejidos muertos, también ponen sus huevos en los cadáveres ya que al emerger las larvas, estas se alimentan y completan su ciclo vital. Estas constituyen la categoría más importante en el establecimiento del tiempo de muerte (IPM). Se incluyen: Diptera: Calliphoridae y Sarcophagidae; Coleoptera: Silphidae y Dermestidae.

**4.3.2 Predadores y parásitos de necrófagos.** Segunda categoría más importante; las especies de este grupo se alimentan de otros artrópodos que acuden a los cadáveres para alimentarse, especialmente de sus larvas. Incluye coleópteros como Silphidae, Staphylinidae e Histeridae; Diptera: algunas larvas que se alimentan de carroña se convierten más adelante en predadoras de otras larvas *Chrysomya albiceps* (Calliphoridae), *Ophyra* e *Hydrotaea* (Muscidae).

**4.3.3 Especies omnívoras.** Son aquellas que se alimentan tanto del cuerpo como de los artrópodos asociados como: avispas, hormigas y algunos coleópteros.

**4.3.4 Especies incidentales.** Usan el cuerpo como extensión de su hábitat, como por ejemplo Collembola, Hemiptera y algunas arañas, (pueden ser predadores incidentales). Algunas familias de ácaros pueden alimentarse de hongos y moho que crece en el cuerpo.

#### **4.4 FENÓMENOS CADAVERÍCOS**

Gisbert en 1991, hace una descripción detallada de los cambios postmortem. Estos cambios, sucedidos en un cuerpo sin vida y a partir del momento en que se extinguen los procesos químicos vitales, va a sufrir pasivamente las influencias ambientales, ellos reciben el nombre de Fenómenos cadavéricos o Fenómenos abióticos. Estos son: Enfriamiento, deshidratación, livideces e hipóstasis, la rigidez y el espasmo cadavérico.

**4.4.1 Enfriamiento Cadavérico.** El hombre es un animal homeotermo cuya temperatura corporal se mantiene constante gracias a un conjunto de procesos exotérmicos. El cese de estos fenómenos dará lugar al enfriamiento progresivo del cadáver (*algor mortis*), este ocurre de forma gradual y progresiva hasta igualarse a la del medio ambiente, aunque esto no es totalmente exacto, al menos en los primeros momentos del proceso; el calor suele conservarse durante un cierto tiempo y aumentar en ciertas circunstancias.

**4.4.2 Deshidratación Cadavérica.** Condiciones ambientales externas caracterizadas por elevadas temperaturas y fuerte ventilación, dan lugar a la evaporación de los líquidos cadavéricos; condiciones menos extremas producirán

también un cierto grado de deshidratación cadavérica; este proceso puede traducirse en: Fenómenos generales (pérdida de peso) y en Fenómenos locales (apergamamiento cutáneo, desecación de mucosas y fenómenos oculares). La pérdida de peso es un fenómeno constante, aunque muy variable en su intensidad, según las influencias exteriores. Como la pérdida de peso que sufre el cadáver es relativamente escasa, solo resulta apreciable en el recién nacido y en el niño de corta edad. En los adultos, la disminución de peso es intrascendente. Sólo en casos extremos, persistiendo en el proceso algún tiempo hasta llegar a la momificación del cadáver, se llegan a producir descensos ponderales de consideración.

**4.4.3 Livideces Cadavéricas.** Con el cese de la actividad cardíaca se inicia mediante una contracción vascular que progresa desde el ventrículo izquierdo hacia la periferia, un amplio desplazamiento de la masa sanguínea que vacía las arterias y es origen de una hiperrepleción de las venas. A partir de este momento, la sangre queda sometida de modo exclusivo a la influencia de la gravedad, por lo que tiende a ir ocupando las partes declives del organismo cuyos capilares distiende, produciendo en la superficie cutánea manchas de color rojo violado que aumentan paulatinamente de color y extensión pudiendo variar entre límites muy amplios, conocidas con el nombre de livideces cadavéricas (*livor mortis*).

**4.4.4 Rigidez Cadavérica.** Inmediatamente después de la muerte, se produce en circunstancias ordinarias un estado de relajación y flaccidez de todos los músculos del cuerpo. Pero al cabo de un cierto tiempo, variable aunque en general breve, se inicia un proceso de contractura muscular, que ha sido denominado rigidez cadavérica (*rigor mortis*). Sus características han quedado magistralmente reflejados en la definición de *LaCassagne*: “Estado de dureza, de retracción y de

tiesura, que sobreviene en los músculos después de la muerte.” Dicho estado aparece constantemente en los cadáveres, variando solamente el momento de instaurarse, que excepcionalmente puede ser o muy precoz o muy tardío. Se produce en toda la serie animal, incluso en los de sangre fría. Afecta tanto la musculatura estriada del aparato locomotor como el miocardio, diafragma y músculos de fibra lisa.

**4.4.5 Espasmo Cadavérico.** Constituye un tipo especial de rigidez cadavérica que se manifiesta de forma instantánea, es decir sin que tenga lugar la fase de relajación muscular previa que sigue a la muerte, y precede a la instauración de la rigidez ordinaria. Este carácter es lo que diferencia los espasmos cadavéricos de los casos de rigidez precoz, en los cuales, por muy prematuramente que se establezca, siempre hay un periodo de flaccidez muscular. Contrariamente, el espasmo sigue a la última contracción vital, fijando la actitud o postura que tenía el cuerpo en el momento de la muerte.

#### **4.5 SUCESIONES ECOLÓGICAS INCLUYEN SUCESIONES ENTOMOLÓGICAS**

Las sucesiones ecológicas se entienden como un proceso ordenado de desarrollo de la comunidad, que comprende cambios en la estructura de las especies y en los procesos de aquella con el tiempo; es razonablemente orientado y por consiguiente predecible, resulta de la modificación del medio físico por la comunidad, es decir, está controlada por la comunidad, pese a que el medio físico condicione el tipo y la velocidad del cambio y ponga a menudo límites a la posibilidad del desarrollo. Culmina en un ecosistema estabilizado en el que se

mantienen por unidad de corriente de energía disponible, un grado máximo de biomasa y de función simbiótica entre organismos (Schowalter, 2000). Así, las comunidades relativamente transitorias como en este caso, se designan diversamente como *etapas serales*, *etapas de desarrollo* o *etapas de exploración* (Odum, 1972), es entonces, cuando la sucesión es ejemplificada por la colonización secuencial y reemplazamiento de especies (Schowalter, 2000) exigiendo que las condiciones, los recursos y/o la influencia de los enemigos varíen también con el tiempo. Una clase de sustituciones en serie recibe el nombre de sucesión degradativa y se produce en una escala de tiempo relativamente breve, de meses o años, cualquier porción de materia orgánica muerta, ya sea del cuerpo de un animal o de una planta es explotado por animales detritívoros. Habitualmente, diferentes especies aparecen y desaparecen una tras otra, a medida que la degradación de la materia orgánica agota ciertos recursos y convierte otros en disponibles; en tanto que los cambios que ocurren en las condiciones físicas del detritus favorecen primero a una especie y luego a otra; ya que en esta secuencia intervienen organismos heterótrofos reciben el nombre de sucesiones heterótrofas, estas sucesiones llegan a su fin porque el recurso ha quedado completamente metabolizado y mineralizado (Begon et al., 2000).

#### **4.6 INTERACCIONES INSECTO-CARROÑA**

En aquellos lugares donde las hormigas son un componente importante de la fauna, los cuerpos de invertebrados son descubiertos y removidos rápidamente por ellas, las cuales los devoran eficientemente. Es así como la materia orgánica muerta (carroña) soporta una extensa diversidad de organismos, muchos de los cuales son insectos, formando una sucesión no estacional, direccional y un patrón secuencial continuo de poblaciones de especies colonizadoras que eliminan la

carroña de manera progresiva. La naturaleza y momento de la sucesión depende sobre todo del tamaño del cuerpo y las condiciones climáticas y ambientales, y el ambiente no biológico (edáfico) tales como el tipo de suelo; estos organismos involucrados en la sucesión varían de acuerdo a su ubicación sobre o dentro de la carroña, en el substrato inmediatamente inferior, en el suelo y a una distancia intermedia o lejos del cuerpo. Además, cada sucesión es única, incluyendo especies diferentes en diferentes áreas geográficas, cada una en lugares con climas similares, ya que pocas especies son extensas en distribución, y cada área biogeográfica tendría su propia fauna especialista en carroña haciendo que las categorías taxonómicas de fauna de importancia forense sean similares en el mundo (Gullan and Cranston, 2000).

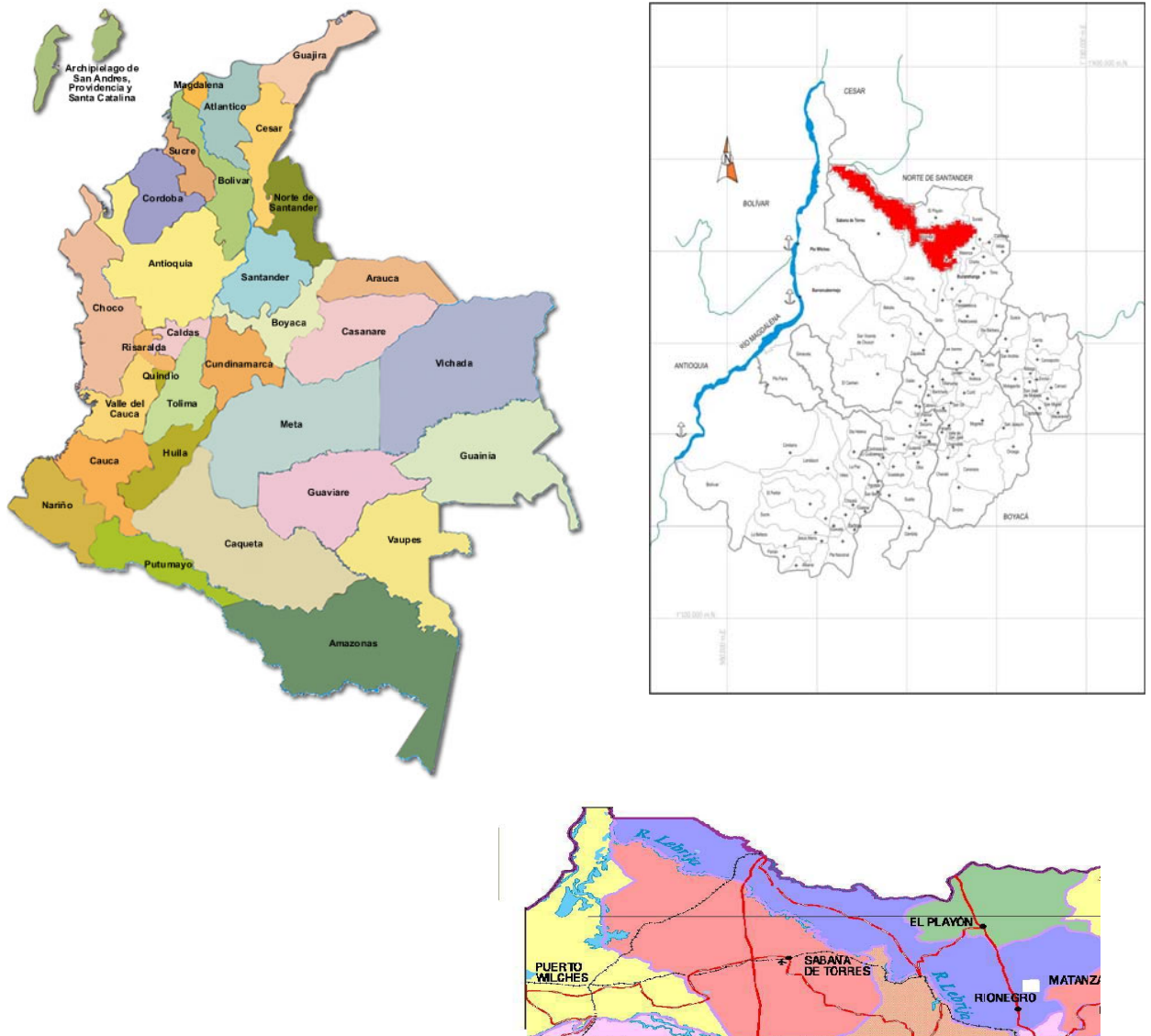
## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Vereda El Bambú, municipio de Rionegro, departamento de Santander, ubicada a 700 msnm sobre la Cordillera Oriental Colombiana, con las siguientes características bioclimáticas: temperatura media de 25° C; la estación seca y de lluvias presentan carácter bimodal con aumento de la precipitación entre los meses de octubre a enero, según Hernández et al (1992) pertenece a la provincia biogeográfica norandina y para Holdridge (1978), la zona corresponde a un bosque seco premontano (bs-PM) (Figura1).

Al nivel de los grandes grupos de plantas, esta región se caracteriza por hierbas, arbustos, árboles o bejucos frecuentemente aromáticos; que crecen en el interior de bosques secundarios o en regeneración, bordes de caminos o áreas abiertas; en el paisaje predominan las Magnoliophyta o Angiospermas resaltando las familias Rubiaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Sapotaceae, Melastomataceae y ocupando un segundo lugar se encuentran los Pteridophytos (Galván y Castellanos, 2002)

**Figura 1. Localización geográfica de la Vereda El Bambú, Municipio de Rionegro**



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

## 5.2 METODOLOGÍA DE CAMPO

Como modelo de estudio se trabajó con 3 cerdos blancos (*Sus scrofa*) de aproximadamente 10 Kg. de peso, (Ferlini, 1994) los cuales fueron sacrificados por punción cardiaca el 21 de Julio del 2003 en el sitio de estudio, e inmediatamente después de la muerte, se colocaron en jaulas metálicas de 60 x 40 x 40 cm., lo cual permitió el acceso de los insectos al cadáver y a la vez evitó que fueran tomados por vertebrados carnívoros (Wolff *et al.* 2001); estas jaulas se ubicaron al aire libre a una distancia de 20 metros (Fig. 2-3).

**5.2.1 Tiempo de muestreo.** El muestreo se realizó durante 22 días, los insectos tanto adultos como inmaduros (huevos, larvas, pupas) se colectaron tres veces al día (9 a.m. – 1 p.m. – 5:30 p.m.) durante los 8 primeros días y una vez al día hasta el día 22 con la aparición de restos hasta llegar a restos secos. Durante cada recolección de la muestra de insectos, se tomaron las temperaturas corporal rectal, y ambiental.

**5.2.2 Colecta de individuos.** A partir de las 8:00 a.m. cada 6 horas se colectaron con ayuda de una red entomológica (Jama) los insectos adultos que se encontraban volando cerca del cadáver o se posaron sobre él; luego se sacrificaron en frascos de vidrio con acetato de etilo y se montaron en alfileres entomológicos. La recolección de estados inmaduros, como huevos y larvas se hizo directamente del cuerpo con ayuda de pinzas entomológicas, se sacrificaron y fijaron en viales con alcohol 80%, para la posterior determinación taxonómica.

**Figura 2.** Localización de áreas de muestreo en bs-PM (Municipio de Rionegro, Santander, Colombia)



**Figura 3.** Ubicación de los cerdos en las jaulas



**5.2.3 Determinación Taxonómica de las especies.** Para la identificación de las especies colonizadoras, se colectaron huevos de las primeras posturas en cada uno de los cerdos, los cuales se colocaron en recipientes plásticos (tres para cada uno de los cerdos) que contenían aproximadamente 150 gramos de hígado crudo de cerdo. Los recipientes se taparon inmediatamente con muselina y se depositaron en contenedores de polipropileno donde se hizo seguimiento del desarrollo a los huevos colectados, hasta que llegaron al estadio adulto (Byrd, 2001) en (Byrd and Castner, 2001).

La determinación taxonómica del material, tanto adultos como larvas, fue realizada con las claves de Borrór *et al.* (1989), Carvalho (2000), Dear (1985), White (1983), Greenberg and Szyska (1984), Liu and Greenberg (1989), Mc Alpine *et al.* (1981, 1987), Queiroz and Carvalho (1987), Smith (1986, 1989), Stehr (1991) y Wells *et al.* (1999). Cuando se hizo necesario, las larvas, fueron aclararlas en hidróxido de potasio (KOH), realizándose el montaje permanente en bálsamo de Canadá. Cada uno de los ejemplares fue depositado en el Laboratorio de Colecciones Entomológicas del Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia.

### **5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para la interpretación de los datos obtenidos se empleó el análisis de similitud de Jaccard entre los cerdos, para definir el número de matrices de ocurrencia elaboradas en el estudio. Para evaluar la diversidad ecológica a nivel de especie en las comunidades fueron utilizados por estados de descomposición los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y dominancia Simpson ( $S$ ) (Tabla 2).

Se empleó el análisis de similitud de Bray-Curtis entre las fases de descomposición para observar si las especies se agrupan por estos estados.

## 6. RESULTADOS

El muestreo inició el 21 de julio, y culminó el 10 de agosto de 2003 con una duración total de 22 días, obteniendo cinco estados de descomposición basados las características físicas y en la temperatura rectal (Catts and Haskell, 1990; Smith, 1986), que se ven reflejados en el aspecto del cuerpo; de acuerdo a las características cualitativas presentes en ellos y otros factores como la temperatura interna del mismo y las características del grupo de artrópodos presentes (Early and Goff 1986; Tullis and Goff, 1987), que determinarán el inicio y la culminación de cada estado de descomposición.

### 6.1 ESTADOS DE DESCOMPOSICIÓN

Los cambios físicos, la temperatura corporal interna y la reducción en la biomasa ayudaron a definir los estados de descomposición en 5 etapas: fresco, hinchado, activo, avanzado y restos, lo cual coincidió con los estudios realizados por Wolff et al (2001), Early & Goff (1986) y Goff (1992).

La sucesión de artrópodos en los diferentes estados de descomposición de los cerdos blancos (*Sus scrofa*) se presentan en la Tabla 1.

**6.1.1 Estado Fresco.** Inició al momento de la muerte (Figura 4) y terminó al inicio de la hinchazón coincidiendo con lo reportado por Arnaldos & Luna (2001), esta fase de estudio tuvo una duración de 21 horas 40 minutos (1300 minutos). La temperatura del cuerpo presentó un descenso de 8.23 grados durante esta fase al igual que su peso corporal en 0.34 kg, tomando como peso inicial 7.60 Kg.

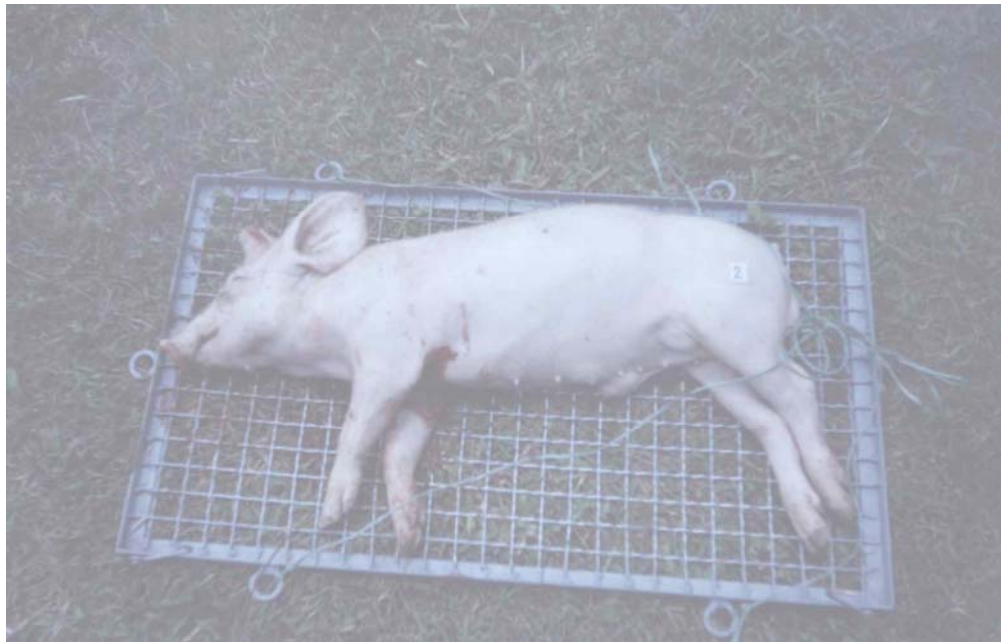
**Tabla 1. Sucesión entomológica en los diferentes estados de descomposición de los cerdos blancos (*Sus scrofa*) en bs-PM, municipio de Rionegro, Santander, Colombia. A(adulto), I (inmaduro), H (huevo)**

Orden	Familia	Genero	Especie	Estados de Descomposición											
				Fresco		Hinchado		Activo		Avanzado		Restos			
				A	H	I	A	H	I	A	I	A	I	A	I
Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya</i>	<i>albiceps</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X
			<i>megacephala</i>				X								
		<i>Cochliomyia</i>	<i>macellaria</i>				X	X	X	X		X	X	X	X
		<i>Hemilucilia</i>	<i>semidiaphana</i>				X		X		X		X	X	
		<i>Phaenicia</i>	<i>sericata</i>	X			X		X	X	X	X	X		X
		<i>Sarconesia</i>	<i>chlorogaster</i>				X		X	X					
		<i>Sarconesiopsis</i>	<i>sp.</i>				X								X
	Cecydomidae	No identificada		X			X							X	
	Ceratopogonidae	No identificada										X			
	Chloropidae	<i>Chlorops</i>	<i>sp.</i>	X			X			X	X			X	
	Drosophilidae	No identificada										X			
	Ephydriidae	No identificada												X	
	Fanniidae	<i>Fannia</i>	<i>scalaris</i>			X				X	X	X	X	X	X
			No identificada									X		X	X
	Milichiidae	No identificada					X			X	X			X	
	Muscidae	<i>Musca</i>	<i>domestica</i>			X	X				X	X			X
			<i>Muscina</i>	<i>sp.</i>								X			
			<i>Neomuscina</i>	<i>sp.</i>						X	X				
			No identificada		X		X		X	X				X	X
			<i>Ophyra</i>	<i>sp.</i>			X	X		X	X	X	X	X	X
	Otitidae	<i>Euxesta</i>	<i>sp.</i>			X			X	X				X	
			No identificada			X			X	X				X	
	Phoridae	No identificada		X		X			X	X				X	
	Piophilidae	<i>Piophila</i>	<i>sp.</i>						X					X	
			No identificada									X		X	
	Sarcophagidae	<i>Helicobia</i>	<i>sp.</i>	X		X						X			
			No identificada			X		X	X		X				
			<i>sp.</i>	X		X	X		X	X	X			X	
			<i>Oxysardodexia</i>	<i>sp.</i>			X								
			<i>Peckia</i>	<i>sp.</i>			X								
			<i>Sarcodexia</i>	<i>sp.</i>			X								
			<i>Sarcophaga</i>	<i>ravinia</i>			X								
Sciadoceridae	No identificada					X				X			X		
Sciaridae	No identificada				X										
Sepsidae	No identificada				X			X	X				X		
Sphaeroceridae	No identificada							X	X				X		
Syrphidae	No identificada							X							
Coleoptera	Cleridae	<i>Necrobia</i>	<i>rufipes</i>									X		X	
	Dermestidae	<i>Dermestes</i>	<i>sp.</i>											X	
	Histeridae	Hister	<i>sp.</i>											X	

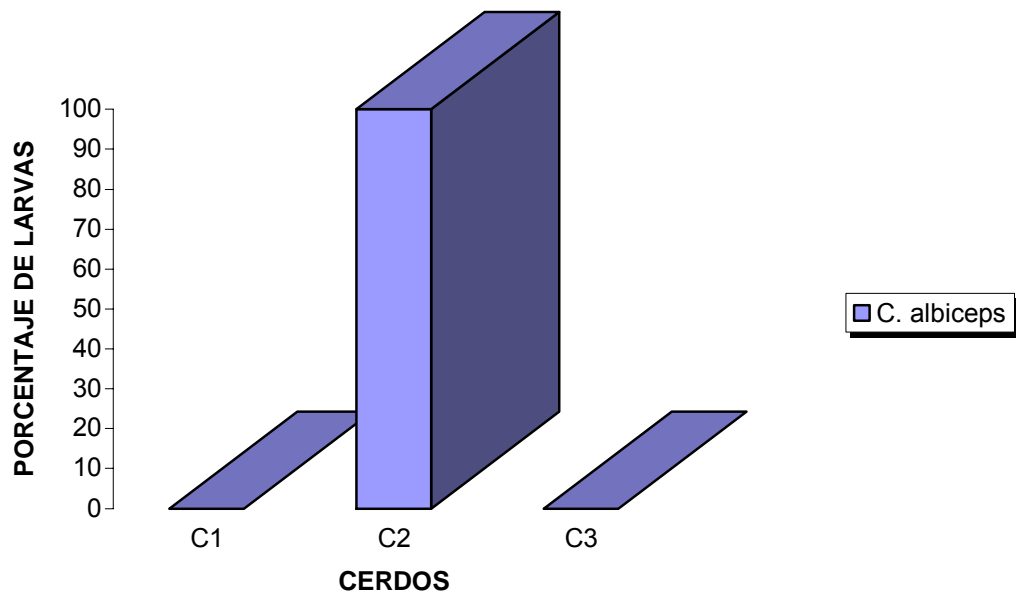
	Melolontidae	No identificada	M17					X			
	Nitidulidae	No identificada			X			X			X
	No identificada	No identificada									X
	Scarabaeidae	<i>Canthon</i>	<i>lituratus</i>								X
		<i>Coprofaneus</i>	<i>telamon</i>		x						
	Staphylinidae	No identificada	M18								X
		No identificada	M24								X
		No identificada	M4					X	X		
		No identificada	M4								X
		No identificada	M5		X		X				
		No identificada	M6						X		
		No identificada	sp.		X		X	X	X		X X
		<i>Oxytelus</i>	sp.					X	X		X
		<i>Sepedophilus</i>	M2		X						
		No identificada	M7					X			
		No identificada	sp.		X X				X	X	X X
Hemiptera		No identificada			X			X	X	X	X
Homoptera		No identificada				X			X		X
Hymenoptera	Andrenidae	No identificada				X					
	Apidae	No identificada			X	X		X	X		X
		<i>Portamona</i>	sp.			X			X		X
		No identificada	M13			X					
	Cynipidae	No identificada									X
	Formicidae	<i>Crematogaster</i>	sp.		X	X X		X	X		X
		<i>Dolichoderus</i>	sp.						X		
		<i>Dorymyrmex</i>	sp.		X			X	X		X
		<i>Ectatomma</i>	sp.		X	X		X	X		X
		<i>Megalomyrmex</i>	sp.								X
		No identificada									X
		<i>Paratrechina</i>	sp.		X	X		X			X
		<i>Paratrechina</i>	sp.1						X		X
		<i>Paratrechina</i>	sp.2					X	X		
		<i>Pheidole</i>	sp.		X	X		X	X		X
		<i>Pseudomyrmex</i>	sp.		X	X					X
		<i>Solenopsis</i>	sp.		X	X		X	X		X
	Halictidae	No identificada							X		
	Vespidae	No identificada				X					
		No identificada				X		X	X		X
		No identificada							X		X
Miriapoda	Diplopoda	No identificada									
		No identificada						X			
Orthoptera	Acrididae	No identificada									X
	Gryllidae	No identificada						X			
		No identificada						X			X
Acari	No identificada	No identificada						X	X		
Arachnida	Aranea	No identificada			X				X	X	X

*Chrysomya albiceps* fue la primera en llegar al cadáver a ovipositar en la Figura 5. se muestra el porcentaje de larvas para cada modelo experimental. La actividad de las hormigas de los géneros *Solenopsis sp.*, *Pseudomyrmex sp.*, *Ectatomma sp.*, *Pheidole sp.*, *Paratrechina sp.*, *Crematogaster sp.* y *Dorymyrmex sp.* se manifestó invadiendo el cuerpo perforando la piel y robando huevos durante todos los estados de descomposición.

**Figura 4.** Estado Fresco del cerdo (*Sus scrofa*) en la hora cero del primer día



**Figura 5.** Registro de *Chrysomya albiceps* en el estado Fresco



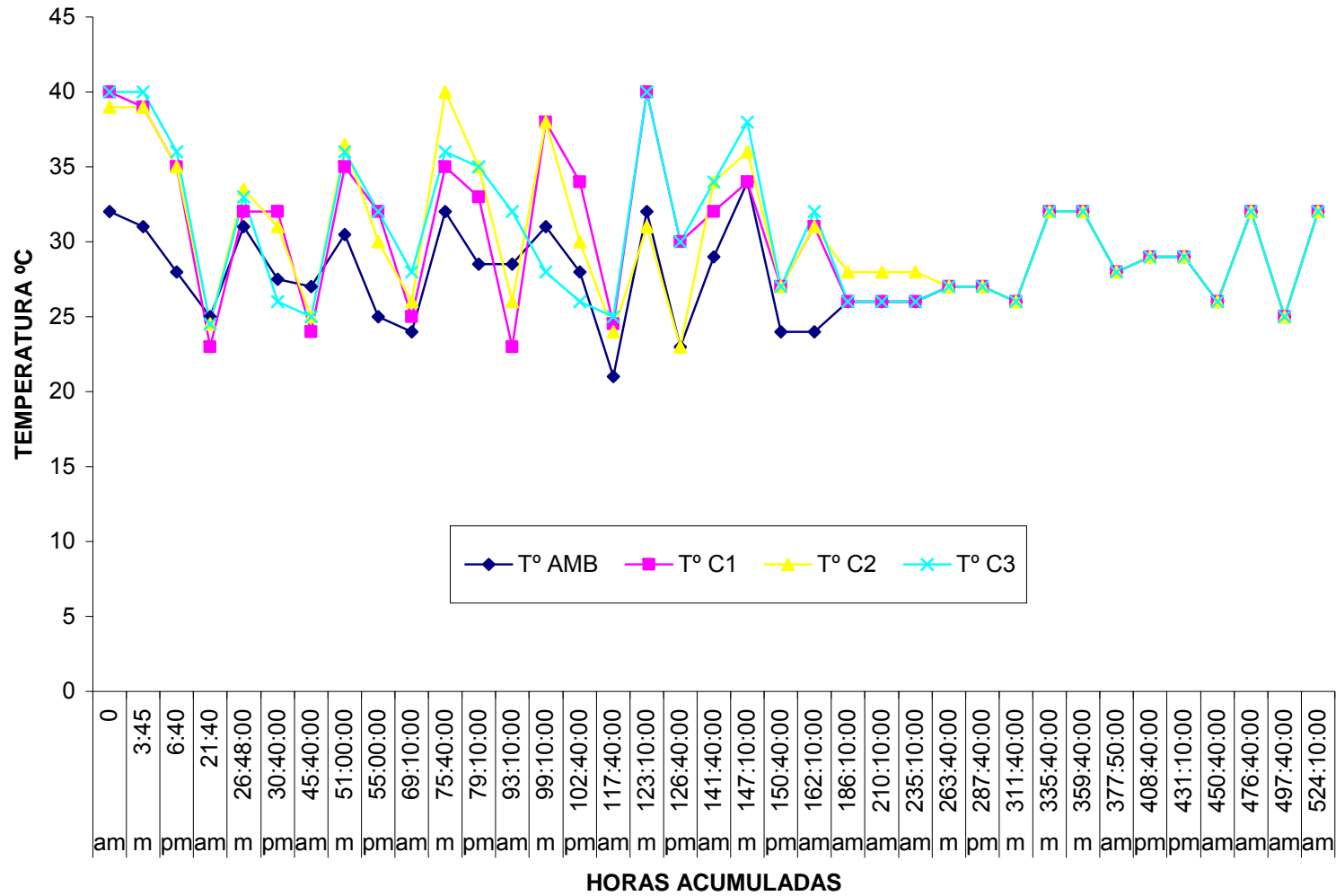
**6.1.2 Estado Hinchado.** Se observó a partir de las 8:25 a.m. del día 2; hasta las 17:50 horas del día 3 con un tiempo acumulado para esta fase de 33 horas 25 minutos, después de la muerte. Se caracterizó por la apariencia globosa (Figura 6), el aumento de la temperatura corporal fue calculada en 2.17 grados, como también un incremento en el peso de 2.38 Kg. (Figuras 7- 8) debido a los gases producidos por efectos de la descomposición y putrefacción, aumento de las livideces que se tornaron de color verde, brote de los ojos, un olor muy fuerte y desagradable. Durante esta fase se observaron larvas de los instars 1° y 2° de *C. macellaria*, *P. sericata*, *C. albiceps* (Figura 9) y especímenes no identificados de la familia *Sarcophagidae* también aparecieron adultos de *C. albiceps* sobrevolando el cuerpo. Las larvas de *C. macellaria* se observaron del día 2 hasta el 6; al igual que *P. sericata* que apareció del día 2 al 7. La actividad de las hormigas fue muy

evidente en esta etapa pero no se observaron los géneros *Pseudomyrmex* sp. y *Paratrechina* sp. Como una característica muy particular, iniciaron su actividad los primeros adultos del orden Coleoptera familias Staphylinidae (no identificados) y *Coprofaneus telamon* (Scarabaeidae).

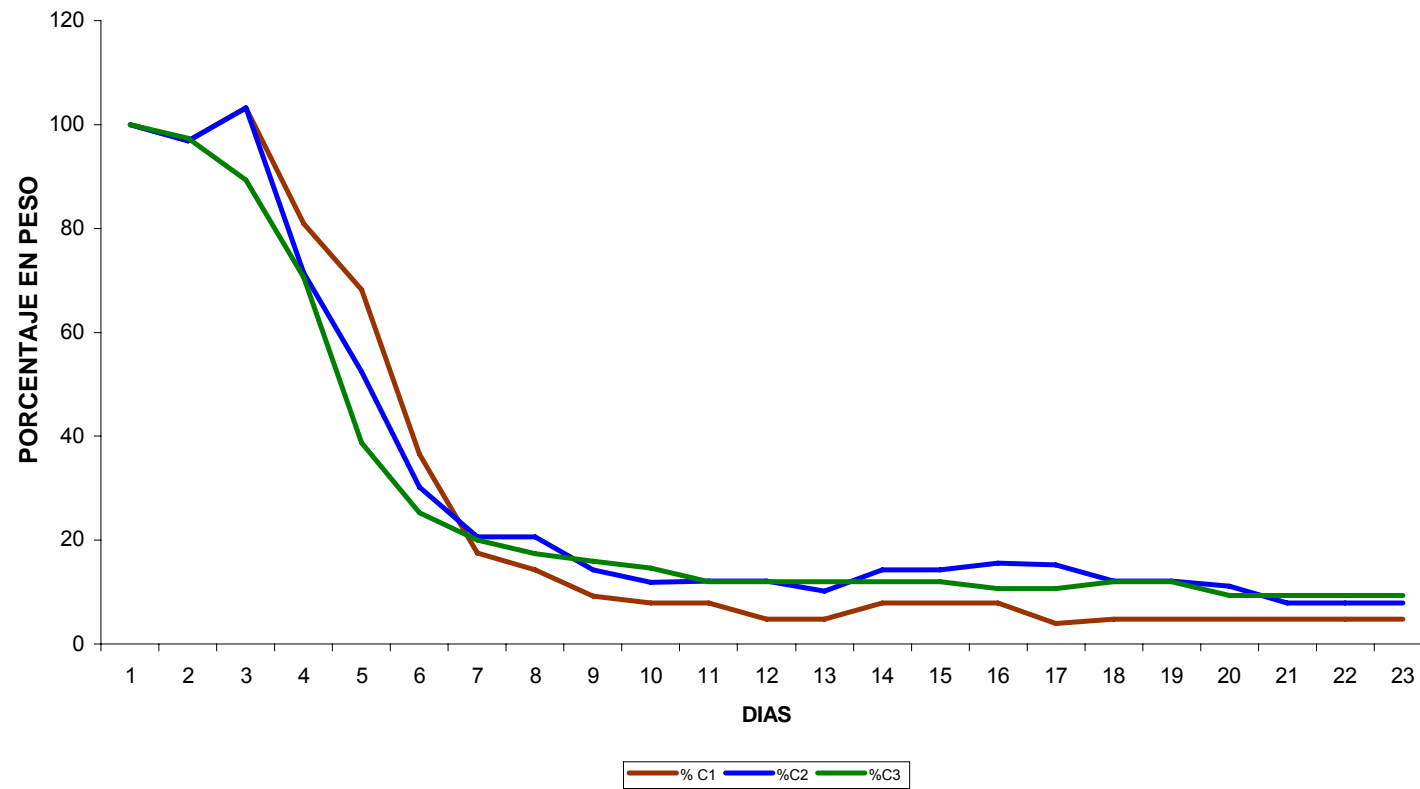
**Figura 6.** Estado Hinchado, al día siguiente de la muerte



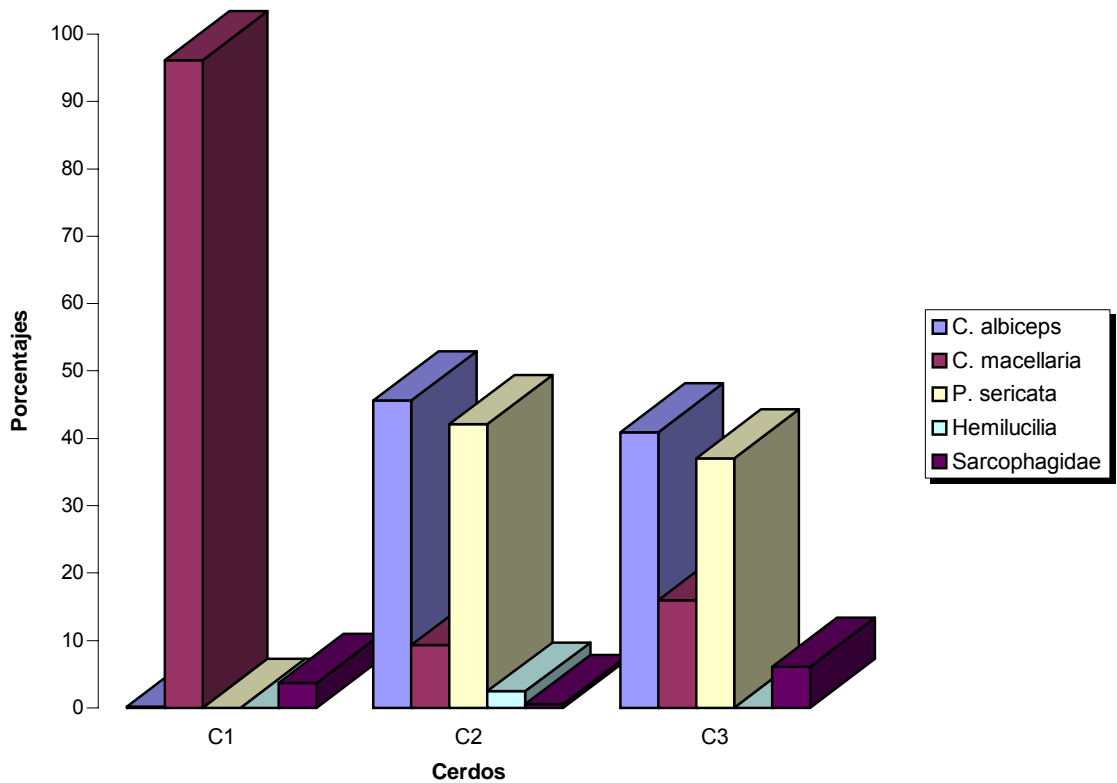
**Figura 7.** Variaciones de la temperatura diaria de los cerdos en bs-PM, relacionada con las horas acumuladas



**Figura 8.** Tasa de biomasa removida indicada como porcentaje en peso de los tres cerdos.



**Figura 9.** Registro de las especies de Diptera para el estado Hinchado.



**6.1.3 Descomposición Activa.** El cuerpo perdió 2.46 kg. más que la fase anterior (Figura 8) debido a fueron expulsados los gases y el cuerpo perdió mucho tejido debido a la actividad alimentaria de las larvas (Figura 10), la temperatura disminuyó (Figura 7) con respecto a la fase anterior en 0.53 grados, pero es varios grados más alta que la del ambiente. Esta etapa inició al finalizar el día 3 (tiempo acumulado 55 horas) y terminó el día 5 al iniciar la tarde (tiempo acumulado 75 h. 40 min.).

Para esta fase se colectaron las larvas de los instars 1°, 2° y 3° de *C. macellaria*; larvas 2° y 3° instar de *P. sericata* y *C. albiceps*; larvas de 3° instar de *Sarconesia sp.*, *Hemilucilia semidiaphana* y *Musca sp.*, también larvas de 1° instar de *Ophyra sp.* Para el día 6 se observó una notable disminución de larvas de *C. macellaria* y *P. sericata* (Figura 11). En esta fase solo se observaba la actividad de los Staphylinidos, y de las hormigas de los géneros *Crematogaster sp.*, *Solenopsis sp.*, *Ectatomma sp.*, *Pheidole sp.* y *Paratrechina sp.*, hasta el final de la descomposición (Tabla 1).

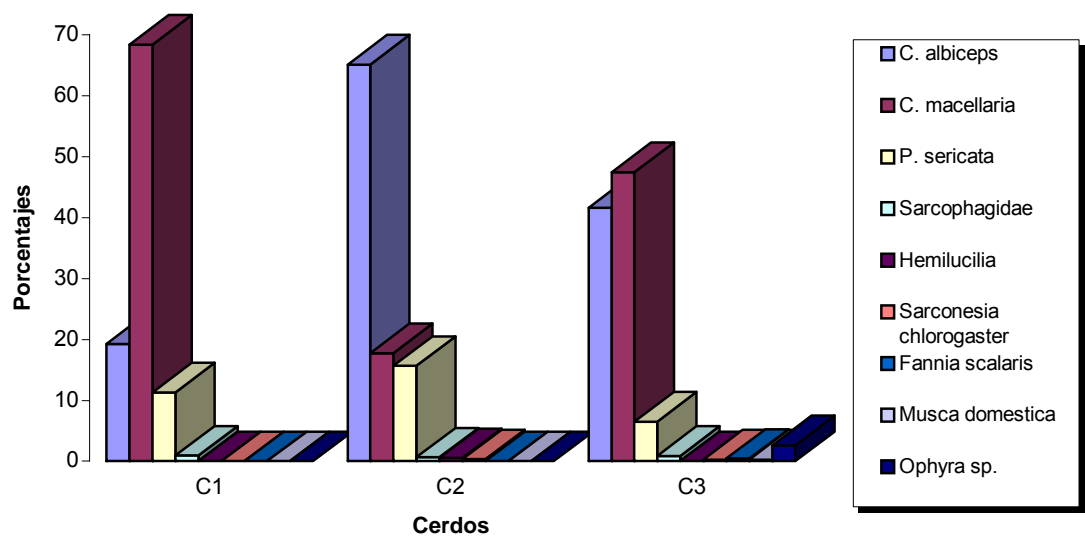
**6.1.4 Descomposición Avanzada.** La temperatura del cerdo disminuyó 3.52° C y cada vez se acercó más a la temperatura ambiental (Figura 7), el peso siguió disminuyendo y en esta fase de descomposición fue 3.01 kg. Inferior a la etapa anterior (Figura 8). El inicio de esta fase se dió a las 14 h del día 5 (tiempo acumulado 99 h. 10 min.) y culminó en la mañana del día 7 al observar la aparición de restos (Figura 12). Se observaron larvas en 3° instar y las primeras pupas de *C. albiceps*, y *P. sericata*; larvas de 3° instar de *Ophyra capensis*, *H. semidiaphana* y *P. sericata*, y también larvas en 1° instar de *Fannia scalaris* (Tabla 1, Figura 13).

*Necrobia rufipes* que inició su actividad en esta fase, se halló dentro de piel y huesos, alimentándose de restos de tejido ya casi seco pero húmedo por la lluvia, también se encontraron algunos coleópteros de la familia Staphylinidae.

**Figura 10.** Estado de descomposición activa, finalizando el día 3



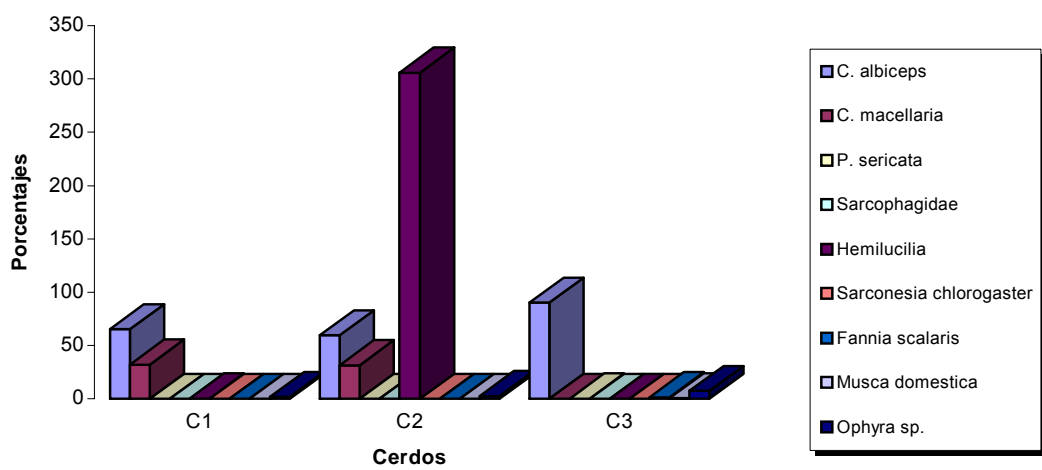
**Figura 11.** Registro de las especies de Diptera para el estado Activo.



**Figura 12.** Estado de descomposición avanzada del cerdo, al atardecer del día 5 en bs-PM.



**Figura 13.** Registro de las especies de Diptera para el estado Avanzado.



**6.1.5 Restos.** El peso final de los restos fue de 1.01 kg. y la temperatura igual a la del ambiente (27.5° C). Esta fase se inició desde las horas de la mañana del día 7 (tiempo acumulado 141 h. 40 min.) y termina cuando no se observan más cambios en la fauna (agosto 10 de 2003). Solo quedaron algunos remanentes de piel en las extremidades, exposición total de huesos vertebrales, craneales y extremidades (Figura 14), el peso se tornó constante al igual que la temperatura que igualó a la del ambiente (Figuras 7-8). En este periodo se observaron muy pocas larvas de *Ophyra sp.*, algunas larvas de primer instar de *Piophilina sp.* en el BOD colectadas el último día de muestreo y pupas de *C. albiceps* (Figura 15).

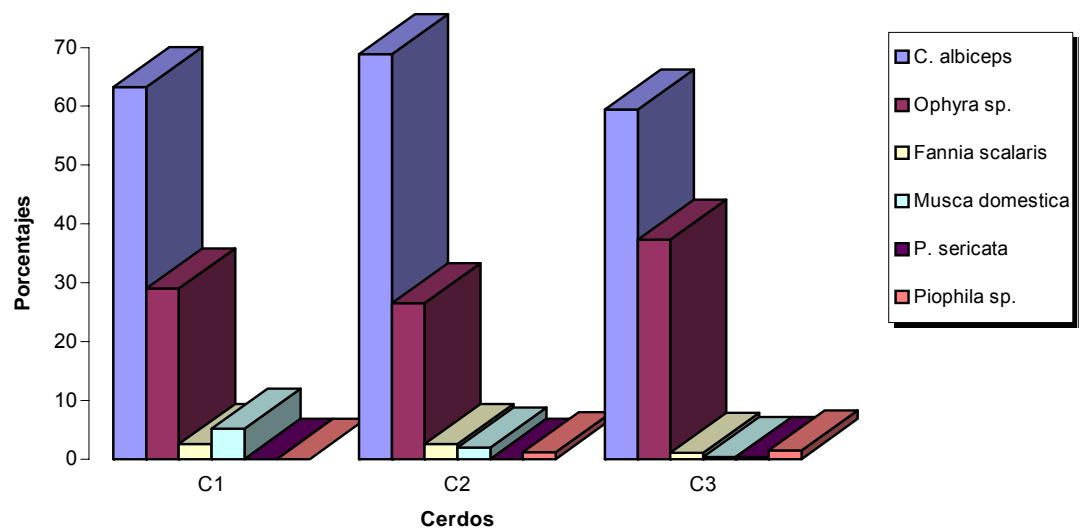
En este estado se encontraron todavía coleopteros de la familia Staphylinidae, *Necrobia rufipes* de la familia Cleridae que se observaron en estados anteriores y aparecieron adultos de *Hister sp.* (Histeridae) y especímenes de *Dermestes sp.* (Dermestidae) y *Cantón lituratus* (Scarabaeidae).

El día primero del mes de agosto de 2003 se observó el nacimiento de los primeros adultos de *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae).

**Figura 14.** Estado de restos, a los siete días de muerte de los cerdos en bs-PM.

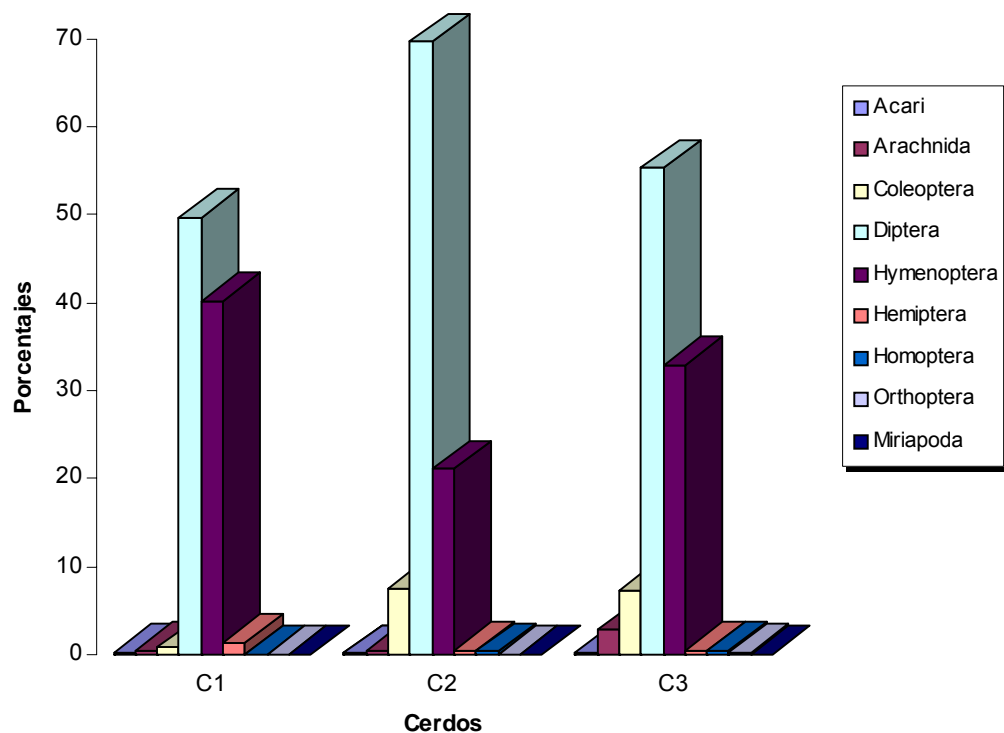


**Figura 15.** Registro de las especies de Diptera para el estado de Restos.



En total se colectaron y determinaron 15612 individuos, distribuidos en 10 órdenes, 39 familias y 38 géneros (Tabla 1). El orden Díptera fue el más abundante con 13820 individuos (88.5%), representado principalmente por la familia Calliphoridae con 12057 individuos (87.2%), Muscidae 984 (7.1%), Piophilidae 184 (1.33%) y Sarcophagidae 203 (1.46%). Los individuos de Coleoptera presentaron porcentajes mas bajos (1.44%, n= 200) (Figura 16).

**Figura 16.** Porcentajes de Ordenes colectados en los cerdos durante el proceso de descomposición.



Los resultados del cluster de similitud para los estados inmaduros de los 3 cerdos observados se muestran en las Figuras 17a. y 17b. La matriz reveló un mayor parecido con relación a las especies encontradas entre los cerdos 2 y 3 (Figura 17b), en comparación al cerdo 1 que da como consecuencia la agrupación de los resultados en dos matrices, un análisis de los datos en cuanto a la abundancia de especies en cada cerdo concluyó la elaboración de tres matrices de ocurrencia; una para cada cerdo muestreado.

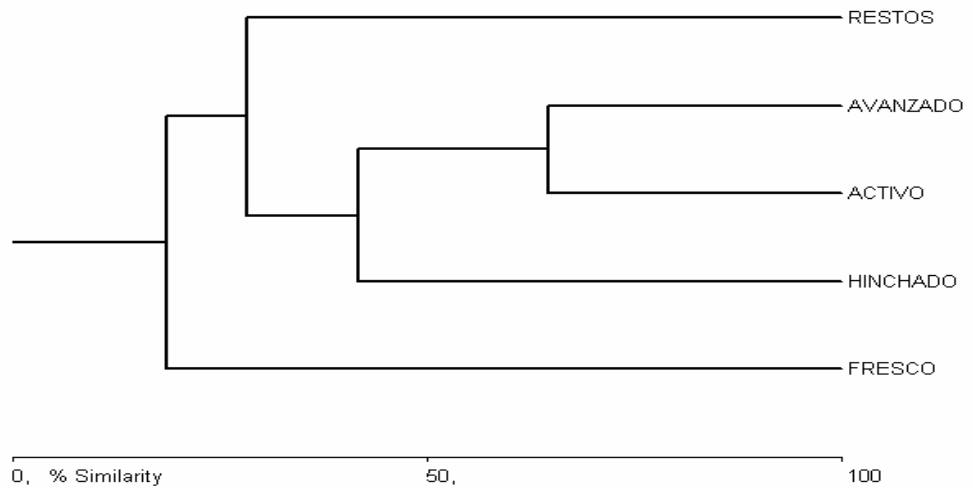
En las matrices de ocurrencia (Anexos A, B y C) se puede observar que la especie colonizadora para los tres cerdos fue *C. albiceps* comprobada con los ciclos de vida realizados para esta especie con las primeras posturas halladas en los cerdos. El análisis de similitud de Bray-Curtis indica que las especies se agrupan por sus estados de descomposición (Figura 17a ).

La Tabla 2 indica las variaciones de la riqueza con una SD  $8.264 \pm 3.696$  y una abundancia de  $2311,579 \pm 1033,77$ . La riqueza más alta se observó en el estado de restos. El índice de diversidad de Shannon Wiener ( $H'$ ) indicó el estado de restos mostró gran diversidad de especies (1.138) y el de Simpson (S) 0.441 para el estado de descomposición avanzada, indicando dominancia de algunas especies del orden Diptera (Tabla 2).

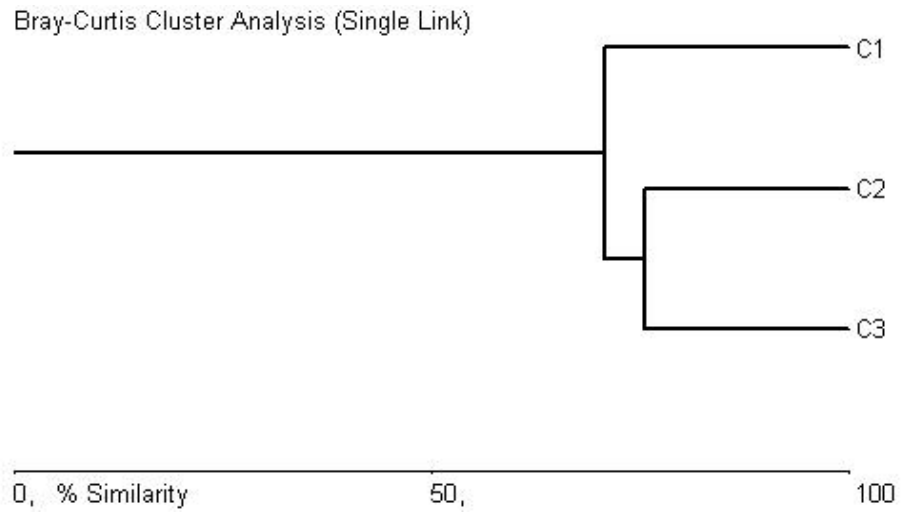
**Tabla 2.** Riqueza, abundancia e índices de diversidad para los estados de descomposición en cerdo *Sus scrofa* en Rionegro, Santander.

	FRESCO	HINCHADO	ACTIVO	AVANZADO	RESTOS
Riqueza	18	30	23	27	40
Abundancia	181	1876	4922	5598	1643
Diversidad Simpson (S)	0,162	0,29800001	0,336	0,44100001	0,122
Shannon H' Log Base 10,	0,92900002	0,704	0,60900003	0,56199998	1,13800001

**Figura. 17a.** Dendrograma de similaridad en los estados de descomposición de cerdo *Sus scrofa* en bs-PM en Rionegro, Santander



**Figura 17b.** Dendrograma de similaridad entre las replicas de los cerdos *Sus scrofa* en bs-PM en Rionegro, Santander



## 7. DISCUSIÓN

La matriz de ocurrencia fue desarrollada por días y para las especies en estado inmaduro de los Dípteros *C. albiceps*, *P. sericata*, *C. macellaria*, *Hemilucilia semidiaphana*, *Sarconesia chlorogaster*, *O. capensis*, *Piophilina sp.* y *Fannia scalaris*, quienes dependieron del cadáver para el desarrollo de su ciclo vital. Estas especies colonizadoras difieren de las observadas en otros estudios con el mismo modelo animal quienes observaron otras especies. En el Callao, Perú Iannacone (2003) observó a *C. macellaria*; Anderson and VanLaerhoven (1996) en el suroeste de Brasil a *Lucillia illustris*; y Tullis and Goff (1987), en las islas O'ahu en Hawaii identificaron a *C. megacephala* y *C. rufifacies*. La oviposición de los adultos tuvo lugar al igual que en otros estudios en los orificios naturales (ojos, nariz, boca, ano y orejas) y en lugares húmedos y oscuros del cuerpo (Tullis and Goff 1987; Wolff *et al.* 2001 y Pérez *et al.* 2005). La oviposición se observó después de 4 horas y se extendió hasta el día 3, siendo los dípteros los más abundantes y su actividad se observó durante todos los estados de descomposición.

*Chrysomya albiceps* fue el taxa dominante y la primera colonizadora del cuerpo en este estudio, estos resultados difieren de los encontrados en Sucre (Colombia) donde la primera colonizadora fue *C. macellaria* (Grisales *et al.*, 2004) y en Medellín *P. sericata* (Perez *et al.*, 2005). Las larvas de *C. albiceps* estuvieron presentes durante todas las fases de descomposición, su actividad post-alimentaria y dispersión coincidió con la transición del estado avanzado a restos (Tullis and Goff, 1987) aunque algunas prefirieron permanecer sobre los restos, también fue observada predando larvas de *C. macellaria*. Esta especie fue introducida a Sur América y ha disminuido las poblaciones debido a su alta competitividad (Wells & Greenberg, 1992). *Cochliomyia macellaria* se observó

durante las fases de hinchado, activo y avanzado, encontrándose en zonas localizadas del cuerpo debido probablemente a la competencia interespecífica que se presentó con *C. albiceps*, comportamiento que coincide con los trabajos de Grisales (2004) y Pérez *et al.* (2005) *P. sericata* apareció en el estado hinchado y disminuyó gran parte su actividad en la fase de activo. *Ophyra sp.* inició su actividad en el estado activo, hallándose en muy bajas cantidades, siendo reportada también por Grisales (2004) para Sucre, Colombia y en Medellín Pérez *et al.* (2005) la observó en estado avanzado; *F. scalaris* apareció en el estado avanzado, lo cual difiere de lo encontrado por Grisales (2004) donde *M. doméstica* fue la especie marcadora de esta fase. En el estado de restos las larvas de 1° instar de *Piophilila sp.* se encontraron alimentándose del BOD, resultados que concuerdan con lo reportado por Grisales (2004) y difiere de lo encontrado en Medellín por Pérez *et al.* (2005) donde fue marcadora en la transición entre el estado activo y avanzado, solo unas pocas larvas de *C. albiceps*, *C. macellaria* y *F. scalaris* permanecieron sobre los restos.

Larvas de *F. scalaris* se colectaron a partir del día cuatro al marcarse la fase de descomposición activa cuando el material mucilaginoso (BOD) ofreció las condiciones adecuadas para su desarrollo, esto difiere de lo observado por Arnaldos & Luna (2004) quienes la reportaron en las cuatro primeras fases de descomposición. Los adultos de *Coprophaneus telamon* (Scarabaeidae) y adultos de la familia Staphylinidae se hicieron presentes sobre el cuerpo. Las larvas de *Ophyra sp.* (Diptera:Muscidae) y adultos de *Piophilila sp.* (Diptera:Piophilidae) fueron colectadas en la fase de avanzado coincidiendo con lo reportado para el área urbana de Medellín (Pérez *et al.* 2005) y en Québec (Johnston and Villeneuve, 1897) y en Francia (Leclercq, 1969) estas especies son reportadas con un intervalo de 3-6 meses después de la muerte. En Illinois fueron atraídas por cuerpos en la fase de hinchado, siendo más abundantes en la fase de activo; en Hawaii son reportadas entre 33-36 días después de la muerte (Johnson, 1975) y

en British Columbia fueron colectadas en restos humanos después de 26 días (Anderson and VanLaerhoven, 1996).

En la última fase de descomposición, los coleópteros *Dermestes sp.* (Dermestidae) y *Hister sp.* (Histeridae) se alimentaron de tejido seco similar a lo reportado por Smith (1986) y Early and Goff (1986) siendo especies características de estados avanzados de la sucesión.

Los coleópteros *Dermestes sp.*, *Necrobia rufipes*, *Hister sp.*, *Canthon lituratus* y *Coprophaneus telamon*, fueron colectados sólo en estado adulto, no se obtuvieron larvas en la sucesión, debido tal vez a la rapidez de la descomposición y pérdida de humedad del tejido por las altas temperaturas y su escasez ocasionada por la intervención antrópica de la zona de estudio. Las hormigas aunque jugaron un papel importante en la remoción de huevos y larvas del cadáver no tuvieron un impacto en la tasa de descomposición, coincidiendo estos resultados con lo observado por Grisales (2004) y Pérez *et al.* (2005).

En el presente trabajo de investigaciones obtuvieron 15612 individuos distribuidos en 10 órdenes 39 familias y 38 géneros (Tabla 1), y los patrones generales de sucesión coinciden con los trabajos de Wolff *et al.* (2001) y Pérez *et al.* (2005), hechos en Medellín, pero difieren notoriamente en el número y abundancia de las especies, en su trabajo Wolff *et al.* (2001) colectó 2317 individuos repartidos en 7 órdenes y 31 géneros y Pérez *et al.* (2005) colectó 11937 individuos distribuidos en 9 órdenes y 41 géneros. La duración de cada fase de descomposición también presentó diferencias; viendo reflejado así la importancia en la determinación e interpretación de los patrones de sucesión de las especies de importancia forense como indicadoras en cada zona bioclimática.

## CONCLUSIONES

La descomposición de los cerdos en bs-PM en el municipio de Rionegro, Santander se llevó a cabo en 22 días, lo cual es un periodo corto comparado con otros estudios realizados en otros pisos bioclimáticos para Colombia y el resto del mundo, debido a las condiciones propias de temperatura de la región, que aceleran la descomposición, debido a su influencia, tanto en el desarrollo de los insectos presentes en la sucesión como en la deshidratación generada por las altas temperaturas del cadáver.

El proceso de descomposición cadavérica mostró cinco estados de descomposición: Fresco, Hinchado, Activo, Avanzado y Restos.

En la sucesión la especie marcadora para el estado fresco fue *C. albiceps* que fue la primera en llegar a los cuerpos a ovipositar, y dejó abundantes masas de huevos sobre él. Las especies *P. sericata* y *C. macellaria* fueron las especies marcadoras de la fase de Hinchado.

El estado de descomposición activa se caracterizó por la aparición de larvas de primer instar de *Ophyra sp.*, especie marcadora de este estado, para el estado de descomposición avanzada el clerido *Necrobia rufipes* fue marcador. En la fase de restos aparecieron los adultos de *Hister sp.* (Histeridae) y *Dermestes sp.* (Dermestidae) y larvas de *Piophilila sp.* (Diptera:Piophilidae), especie marcadora para esta fase.

El tiempo de descomposición entre los cerdos no mostró diferencias significativas, pero la abundancia de especies en ellos mostró que el estado avanzado presentó más abundancia de especies, siendo el menos rico debido a la dominancia de

varias especies del orden Diptera y en el estado de restos se observa la mayor diversidad del proceso de descomposición.

Las matrices de sucesión creadas para esta región muestran las especies de importancia forense relacionadas con la descomposición de los cuerpos, su orden de llegada y permanencia sobre él.

## REFERENCIAS

**Anderson G. S.** 2000. Minimum and maximum development rates of some forensically important Calliphoridae (Diptera). *Journal of Forensic Science* 45 (4):824-832.

**Anderson G. S.** 1999. Wildlife forensic entomology: determining time of death in two illegally killed black bear cubs. *Journal of Forensic Science* 44 (4):856-859.

**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 Forensic Sci J.* 28:227-92.

**Anderson, G. and VanLaerhoven, S.** 1996. Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Science* 41(4):617-625.

**Andrewartha, H. G. and Birch, L. C.** 1958. The distribution and abundance of animals. Univ. of Chicago, Chicago, Illinois.

**Arnaldos, I., Luna A.** 2001. An Initial Study on the Succession of Sarcosaprophagous Diptera (Insecta) on Carrion in the Southeastern Iberian Peninsula. *Int J Legal Med* 114: 156-162.

**Baudelaire, C.** 1955. In: M. Mathews, J. Mathews (Eds.). The flowers of Evil. New Directions Publishing, New York, (In English and French).

**Benecke, M.** 2001. A brief history of Forensic Entomology. Forensic Science International 120:2-14.

**Benecke, M. and Leclerck, M.** 1998. Ursprunge der modern angewandten rechtsmedizinisch-kriminalistischen Gliedertierkunde bis zur wende zum 20. Jahrhundert (Foundations of moder Forensic Entomology until the turn of the last century), Rechtsmedizin 9:41-45 (in german)

**Begon, M., J.L. Townsend.** 2000. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. 3 Ed. Cap. 17: 727-760

**Borror, D., Triplehorn, C., Johnson, N.** 1989. An Introduction to the Study of Insects. 6<sup>a</sup> edition. Sauders College Publishing. United States of America. 875 p.

**Carvalho, C. J. B. And Ribeiro, P. J.** 2000. Chave de identificação das esoécies de Calliphoridae (Diptera) do soul do Brasil. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 9,2:169-173.

**Carvalho, L. M. L., Thyssen, P. J., Linhares, F. A. B.** 2000. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in southeastern Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 95 (1):135-138.

**Carvalho, L. M. L., Linhares, F. A. B.** 2001. Seasonality of Insect Succession and Pig Carcass Decomposition in a Natural Forest Area in Southeastern Brazil. *J Forensic Sci* 2001; 46(3): 604-608.

**Catts, E. P. and Goff, M.L.** 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Ann. Rev. Entomol.* 37:253-272

**Catts, E. P. and Haskell, N. H.** 1990. Entomology and death: a procedural guide. Joyce's Print Shop. Clemson USA.

**Chapman, R. F.** 1982. The insects: structure and function. London: Hodder and Stoughton.

**Dear, J.** 1985. A revision of the new world Chrysomyini (Diptera: Calliphoridae). *Revta bras. Zool.* 3(3): 109-169.

**Early, M. and Goff, M.** 1986. Arthropod Succession Patterns in Exposed Carrion on The Island of O`ahu, Hawaiian Islands, USA. *J. Med. Entomol.* Vol. 23 5:520 – 531.

**Giraldo, C. A.** 1991. Primeros Estudios en Entomología Forense en Medellín: Presentación de algunos casos. Casos Forenses. Instituto de Medicina legal y Ciencias Forenses. Señal Editora. 25-34 p.

**Gisbert, J.A.** 1991. Fenómenos Cadavéricos. Medicina Legal y Toxicología. 4 Ed. Barcelona, España. Cap. 18.

**Grisales, D.** 2004. Estudio de la sucesión de insectos carroñeros en bosque seco tropical, Reserva Natural Sanguaré, Sucre-Colombia. Tesis de Grado

**Ferllini, R.** 1994. Determinación del tiempo de muerte en cadáveres putrefactos, momificados y saponificados. *Medicina Legal de Costa Rica* 10(2): 17-20

**Galván, S. y Castellanos C.** 2002. Caracterización Florística (Rionegro - Santander). Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. Subdirección de Recursos Naturales Coordinación de Ecosistemas y Biodiversidad.

**Goff, M. L.** 1993. Festín de pruebas insectos al servicio forense. Publicado en las Memorias del Taller de la Academia Americana de Ciencias Forenses, Reunión Anual de la AAFS 16 de Febrero 1993; Boston Massachussets.

**Goff, M. L., Miller M. L., Paulson J. D. , Lord W. D., Richards A.I. Omori,**1997. Effects of 3, 4-metilylenedioxymethamphetamine in decomposing tissues on the development of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and detection of the drug in postmortem blood. Liver tissue, larvae and puparia. J. Forensic Sci. Int. 42:276280.

**Goff, M. L., Odom C.B.** 1987. Forensic entomology in the Hawaiian Islands: Three case reports. Am. J Forensic Med. Pathol 8:45-50.

**Greenberg, B. and Szyska, M.** 1984. Immature Stages and Biology of Fifteen Species of Peruvian Calliphoridae (Diptera). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 488-517

**Greenberg, B.** 1991. Flies as forensic indicators. *Journal Med. Entomol.* 28: 565-577.

**Gullan and Cranston,** 2000. The insects. An Outline of Entomology. Published by Blackwell Science Ltd. Second Edition. p. 202-203.

**Hernández C., Hurtado R., Quijano O., Walschburger T.H.** 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. Halffter, G (eds), La diversidad biológica de Iberoamérica I. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Pp 55- 151.

**Holdridge L. R.,** 1978. Ecología basada en zonas de vida. . Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José de Costa Rica. 216p.

**Iannacone, J.** 2003. Artropofauna de importancia forense en un cadáver de cerdo en el Callao, Perú. *Rev. Brasileira de Zoología* 20(1):85-90

**Jhonson, M. D.,** 1975. Seasonal and microseral variations in the insect populations on carrion. *Am. Midl. Nat.* 93:224-232.

**Johnston, W. and Villeneuve G.** 1897. On the medico-legal application of entomology. *Montreal Med J* 1897; 26:81-90.

**Jirón L. F., Cardín V. M.** 1981. Insect successions in the decomposition of a mammal in Costa Rica. *J N Y Entomolol Soc.* 89: 158-65.

**Leclercq, M.** 1969. *Entomological Parasitology: Entomology and legal medicine.* Oxford: Pergamon Press.

**Liu, D. and Greenberg, B.** 1989. Immature Stages of Some Flies of Forensic Importance. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 82(1): 80-93.

**Mégnin, J. P.** 1894. La faune des cadavers: application de l'entomologie á la médecine légale. *Encyclopédie scientifique des aide-mémoires*, Masson et Gauthier-Villars, Paris.

**Lord, W. D., Adkins, T. R. and Catts, E. P.** 1992. The use of *Synthesiomyia nudesita* (Van Der Wulp) (Diptera: Muscidae) and *Calliphora vicina* (Robineau – Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae) to estimate the time of death of a buried under a house. J: Agric. Entomol 9:227-235.

**Lord, W. D., Jhonson, R. W. and Johnson, F.**1986. The blue bottle fly *Calliphora vicina* (=erythrocephala) as a indicator of human post-mortem interval : a case of homicide from suburban Washington D.C. Bull Soc. Vector Ecol. 11:276-280.

**Mc Alpine, J. Peterson, B. Shewell, G. Teskey, H. Vockeroth, J. and Wood, D.** 1981. Manual of Nearctic Diptera. Volume 1. Minister of Supply and Services Quebec, Canada. pp.1-674.

**Mc Alpine, J. Peterson, B. Shewell, G. Teskey, H. Vockeroth, J. and Wood, D.** 1987. Manual of Nearctic Diptera. Volume 2. Minister of Supply and Services Quebec, Canada. Pp.1-674.

**Moura, M., Carvalho, C. and E. Monteiro-Filho.,** 1997. A preliminar analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, state of Parana. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 92(2):169-274.

**Muller, P. L. S., Des Ritters Carl von Linné.** 1774. vollstandiges Natursystem nach der zwolften lateinischen Ausgabe (...). 5. Theil, I. Band, Von den Insecten, Raspe, Nurnberg (in German).

**Nuorteva P.** 1977. Sacrophagous insects as forensic indicators. In: Tedeschi CG et al. Forensic Medicine, Vol. II, ch. 47, pp. 1072-95; Saunders, Philadelphia

**Nuorteva P.** 1959. Studies on the significance of flies in the transmission of poliomyelitis III. The composition of the blow fly fauna and the activity of the flies in relation to the weather during the epidemic season de poliomyelitis in south Finland. Ann. Entomol. Fenn. 25:137:162.

**Oum, E. P.** 1972. Ecología. Nueva editorial Interamericana. Mexico, D. F. 3 Edición. 639 p.

**Payne, J. A.,** 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* (Linnaeus) Ecology, 46:592-602.

**Perez, S. P., Duque, P. and Wolff, M.** 2005. Successional behaviour and occurrence matrix of carrion-associated arthropods in the urban area of Medellín, Colombia. J. Forensic Sci. 50 (2): 1-7.

**Queiroz, S. and Carvalho, C.** 1987. Chave Pictórica e Descrições de Larvas de 3º Instar de Diptera (Calliphoridae, Muscidae e Fanniidae) em Vazadouros de Resíduos Sólidos Domésticos em Curitiba, Paraná. An. Soc. Entomol. 16(2): 265-288.

**Shean, B. S., Messinger, L. and Papworth, M.,** 1993. Observations of differential decomposition on sun exposed v. Shaded pig carrion in coastal Washington State. *Journal of Forensic Science* 38(4): 938-949.

**Sherman, R. A.** 2000. Wound myiasis in urban and suburban United States. *Arch. Inter. Med.* 160:2004-2014.

**Schowalter, T.** 2000. *Insect Ecology. An ecosystem approach.* Academic Press. United States of America. 483 p.

**Stehr, F.** 1991. *Immature Insects. Volume 2.* Kendall/Hunt Publishing Company. United States of America, 974 p.

**Smith, K. G. V.,** 1986. *A manual of forensic entomology.* The Trustees of the British Museum (natural History). London.

**Tullis, K. and Goff, M. L.** 1987. Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on O'ahu Island, Hawaii. *Journal of Medical Entomology.* 24: 332-339.

**Tzú, S.** 1924. *The His Yüan Lu or instructions to coroners (version from 1843, compiled by Tung Lien).* *Proc. R. Soc. Med.* 17:59-107.

**Urueta, Eduardo.** 1991. Manual de Entomología y control de plagas. Fundación Universitaria Católica del Oriente. Rionegro, Antioquia

**Utsumi, K.** 1958. Studies on arthropods congregate to animal carcasses, with regard to the estimation of postmortem interval. J: Ochanomizu Me. J. 7:202-203 (In Japanese with English summary)

**Vargas, J. F. and Mendez, M.** 1999. Distribución y Morfología de los adultos e inmaduros de moscas califóridas (Diptera: Calliphoridae) de importancia forense en Costa Rica: Tesis sin publicar. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Básicas, Escuela de Biología.

**Wall, R., French, N., Morgan, K. L.** 1992. Effects of temperature on the development and abundance of the sheep blowfly *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). Bull. Entomol. Res. 82:125-131.

**Wells J. D. and LaMotte, L. R.** 2001. Estimating the postmortem interval in: Byrd, J.H. and J.L. Castner Editor, 2000. Forensic Entomology: The utility of Arthropods in legal investigations. CRC Press. Boca Ratón, Florida. 263-286.

**Wells J. D. And Greenberg, B.** 1992. Interaction between *Chrysomya rufifacies* and *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae): the possible consequences of an invasion. Bulletin of Entomological Research. 82:133-137.

**Wells, J., Byrd, J. and Tantawi, T.** 1999. Key to Third-Instar Chrysomyinae (Diptera: Calliphoridae) from Carrion in the Continental United States. *J Med. Entomol.* 36(5): 638-641.

**White, R.** 1983. A field guide to the beetles of North America. Peterson field Guides series. New York. 368 p.

**Wilson, E. O.** 1992. The diversity of life. Harvard Univ. Press, Cambridge, M. A. In: Schowalter 2000. Insect Ecology : An ecosystem approach. Academic Press. United States of America. 483 p.

**Wolff, M., Builes, A., Zapata, G., Morales, G. and Benecke, M.** 2004. Detection of parathion (O, O-diethyl O-(4-nitrophenyl) phosphorothioate) by HPLC in insects of forensic importance in Medellín, Colombia. *Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1):6-11.

**Wolff, M., Uribe, A., Ortiz, A. and Duque, P.** 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International* 120:53-59

# ANEXOS

**ANEXO A.** Matriz de ocurrencia de estados inmaduros del orden Diptera pertenecientes al Cerdo 1. L1=larvas de díptera de 1<sup>er</sup> instar; 1 = presencia; 0 = ausencia

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17	18	20	21	22	
Genero	Especie	E L1 L2	L1 L2 L3	L1 L2 L3	L1 L2 L3	L1 L2 L3 L3	L2 L3 Pp	L3 P	L2 L3	L3 P	L3 P	L2 L3 P	L2 L3 P	L1 L2 P	L1 L3	L3 P	P			
<i>Chrysomya</i>	<i>albiceps</i>	1 1 1	1 0 0	0 1 0	0 1 1	0 1 1	1 0 1 0	1 1	0 1	1 1	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 1	0 0	0 0	0			
<i>Cochliomyia</i>	<i>macellaria</i>	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	0 0 1	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<i>Hemilucilia</i>	<i>sp.</i>	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 1	1 0 0	1 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<i>Phaenicia</i>	<i>sericata</i>	0 0 0	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<i>Fannia</i>	<i>scalaris</i>	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<i>Ophyra</i>	<i>sp.</i>	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 1 0 1	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	0 0 0	0 1 0	0 0 0	0 1	1 0	0		

**ANEXO B.** Matriz de ocurrencia de estados inmaduros del orden Diptera pertenecientes al Cerdo 2. L1=larvas de díptera de 1<sup>er</sup> instar; 1 = presencia; 0 = ausencia

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	20
<b>Grupo</b>	<b>Especie</b>	EL1	EL1 L2 L3	L1 L2 L3	L1 L2 L3 P	L2 L3 P	L2 L3 P	L1 L2 L3	L2 L3	L2 L3 P	L3 P	L2 L3 P L3	L3	L3	L3	L2 P L3	L3	L2 L3 P	
<i>Chrysomya</i>	<i>albipes</i>	1 1	0 0 1 0	1 0 0 0	0 1 1 0	1 1 0	1 1 0	0 0 1	0 1	0 1 1	0 1	1 0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
<i>Cattomyia</i>	<i>nasuta</i>	0 0	0 0 0 0	1 1 0	1 1 0 0	1 1 0	1 1 1	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
<i>Fania</i>	<i>sabalis</i>	0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
<i>Heilodina</i>	<i>serripalpa</i>	0 0	0 0 0 1	0 0 0	0 0 0 1	0 0 0	0 1 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
<i>Mixa</i>	<i>obscura</i>	0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 1 0	1 1 1	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
<i>Qhya</i>	<i>sp</i>	0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0 0	1 1 0	0 1 1	1 1	1 1 0	1 0	1 1 0	1 1	1 1	1 1	1 0	1 1	0 1 0	
<i>Præcia</i>	<i>sicula</i>	0 0	0 0 0 1	0 1 1	0 1 1 0	0 0 1	0 1 1	0 0 1	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
<i>Sarcocera</i>	<i>thomasi</i>	0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 1 0	0 1 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
<i>Rorilia</i>	<i>sp</i>	0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 1 0	

**ANEXO C.** Matriz de ocurrencia de estados inmaduros del orden Diptera pertenecientes al Cerdo 3. L1=larvas de díptera de 1<sup>er</sup> instar; 1 = presencia; 0 = ausencia

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Genero	Especie	E L1 L2	L1 L2 L3	L2 L3	L1 L2 L3	L2 L3	L1 L2 L3 P Pp	L2 L3 P	L1 L2 L3 P Pp	L3 P Pp	L3 Pp	L3 P	L3	L3 P	L2 L3 P	L2 L3 P	L2 L3	L2 L3 P	L2 L3 P	L2 L3 P
<i>Chrysomya</i>	<i>albiceps</i>	0 0 0	1 0 0	1 1	0 1 1	1 1	1 0 3 1 0	0 1 0	0 0 1 0 1	1 1 1	0 1	0 1	0	0 1	0 0 1	0 0 1	0 0	0 0 1	0 0 1	0 0 1
<i>Cochliomyia</i>	<i>macellaria</i>	0 0 1	1 1 1	1 1	0 1 1	0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	1 0	0 0	0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
<i>Fannia</i>	<i>scalaris</i>	0 0 0	0 0 0	0 0	1 0 0	0 1	1 0 0 0 0	0 1 0	1 0 0 0 0	0 0 0	0 0	0 0	0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0 1	0 0 1
<i>Musca</i>	<i>domestica</i>	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 1	0 0 0 1 0	0 0 0	0 0 0 1 0	0 0 0	0 0	0 0	0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
<i>Ophyra</i>	<i>sp.</i>	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	1 1	0 1 1 0 0	1 1 0	0 1 1 0 1	1 0 0	1 0	1 0	1	1 0	0 1 0	0 1 0	0 1	0 0 0	0 1 0	0 1 0
<i>Phaenicia</i>	<i>sericata</i>	0 0 0	0 1 1	0 1	0 0 0	0 1	0 0 1 1 1	0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 1	0 0	0 0	0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
<i>Sarconesia</i>	<i>chlorogaster</i>	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 1	0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0	0 0	0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
<i>Piophil</i>	<i>sp.</i>	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0	0	0	0 0	1 0 0	1 1 0	1 1	1 1 0	1 1 0	1 1 0