



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

---

**Estudio de las comunidades sucesionales de necrófagos y  
fauna asociada en cuerpos en descomposición en el sur de  
Quintana Roo.**

---

**T E S I S**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE**  
**LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS**  
**NATURALES**

**PRESENTA**

**Yarandy Georgina Padilla Manrique.**

**DIRECTOR**

**M.C.A. Alberto Pereira Corona**

**ASESORES**

**M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza**

**Dra. Patricia Frago Servón**

**Dr. Carlos Alberto Niño Torres**

**M.C. Benito Prezas Hernández**



UNIVERSIDAD DE  
QUINTANA ROO  
**SERVICIOS ESCOLARES**  
**TITULACIONES**



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, ABRIL DE 2016



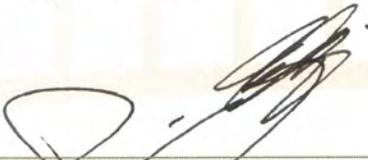
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TRABAJO DE TESIS BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL  
PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

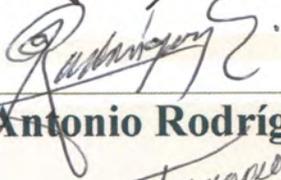
LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS

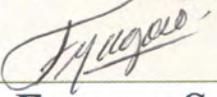
DIRECTOR:

  
M.C.A. Alberto Pereira Corona

ASESOR:

  
M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza

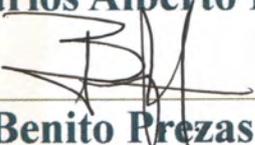
ASESOR:

  
Dra. Patricia Frago Servón

ASESOR:

  
Dr. Carlos Alberto Niño Torres

ASESOR:

  
M.C. Benito Prezas Hernández

 UNIVERSIDAD DE  
QUINTANA ROO  
SERVICIOS ESCOLARES  
TITULACIONES

CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, ABRIL DE 2016.



## **AGRADECIMIENTOS**

Una vez concluida esta experiencia en mi formación profesional solo me queda agradecer con mucho cariño a aquellos que estuvieron durante este proceso para hacer esta experiencia una de las mejores en mi breve vida.

Muchas veces como hijos subestimamos las acciones que nuestros padres realizan por nosotros creyendo que es su obligación y responsabilidad hacer las cosas, pero el motivo de hacerlo es amor, no obligación. Esa dedicación a los hijos debería ser reconocida. Gracias mamá por estar en las diferentes etapas de mi vida, por tu entrega, dedicación y tiempo conmigo, por compartir mis sueños y frustraciones, mis altibajos, por enseñarme que cualquier sacrificio tiene su recompensa, gracias papá por apoyarme, por estar pendiente y por cuidarme toda la vida, por enseñarme que siempre debemos recordar de dónde venimos. Gracias a ambos por su esfuerzo, por su amor, por su educación. Los amo.

Hay personas que intervienen en tu ser tan profundamente que aunque estén ausentes su presencia y amor son constantes, y cada logro es compartido con el mismo cariño. Agradezco a mis abuelos, Efrain, Wilma, Silvia, Jesús, mis tíos, primos, doña Reina por el apoyo.

La vida escolar no es nada sin amigos, les agradezco que esta aventura haya sido tan divertida, Gabi, Franceli, Monse, Cristhyan, Nina, Héctor, Osbet, así como diversos compañeros y amigos dentro y fuera de la universidad que han hecho todo más ameno.

Una parte importante de esta experiencia siempre serán las enseñanzas mis maestros, no necesariamente dentro del aula, que se convirtieron en mis amigos y que agradezco su confianza en mí, Dr. Carlos Niño, M.C. Benito Prezas, M.C. Alberto Pereira, M.C. Juan Antonio Rodriguez, Dr. Patricia Fragoso, Dr. Inocente Bojorquez, así como a los demás profesores de esta carrera y dentro de la división que me han tendido la mano.

La vida no es nada sin un amor, uno que te acompañe en tus aventuras, felicidades, tristezas, que te apoye, entienda, y tenga la paciencia suficiente aun con la diferencia de gustos, gracias Alberto Zavala.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	8
5. OBJETIVOS.....	9
6. HIPÓTESIS.....	9
7. METODOLOGÍA.....	10
7.1 Área de estudio .....	10
7.2 Ubicación .....	10
7.3 Material y métodos.....	11
7.3.1 Campo .....	12
7.3.2 Laboratorio .....	15
7.3.3 Análisis de comunidades .....	16
8. RESULTADOS .....	17
8.1 Prueba uno .....	18
8.2. Prueba dos.....	27
8.3 Análisis de suelo .....	36
8.4 Análisis de la comunidad .....	36
9. DISCUSIÓN.....	42
10. CONCLUSIONES.....	49
11. REFLEXIONES FINALES.....	49
12. BIBLIOGRAFÍA.....	50

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Inmediaciones del sitio, casa deshabitada e individuos vegetales .....	11
Fotografía 2. Cerdo prueba inicial, disposición en el terreno. ....	12
Fotografía 3. Cerdo segunda prueba, disposición en el terreno.....	12
Fotografía 4. Montaje del dispositivo .....	12
Fotografía 5. Distancia entre el cadáver y el dispositivo .....	12
Fotografía 6. Disposición de las cámaras trampa. ....	13
Fotografía 7. Cría de larvas de dípteros en cautiverio.....	14
Fotografía 8. Perfil de la calicata debajo de la deposición del cadáver. ....	15
Fotografía 9. Método Walkey y Black para el análisis de materia orgánica. ...	16
Fotografía 10. Inicio de la primera prueba, se aprecia el cadáver en posición decúbito lateral izquierdo. ....	18
Fotografía 11. a) Una hora después de la exposición. b) Oviposición en las patas posteriores.....	19
Fotografía 12. a) Aumento de dípteros y huevos en las patas posteriores. b) Huevos en los pliegues del hocico. ....	19
Fotografía 13. Tres horas posteriores a la deposición del cadáver. ....	20
Fotografía 14. Inicio de la actividad larval en la cavidad bucal sobre la lengua. ....	21
Fotografía 15. Segundo muestreo, actividad larval en la cavidad bucal y extremidades anteriores.....	21
Fotografía 16. 24 horas posteriores al inicio de la prueba, con presencia de daño en diferentes tejidos .....	22
Fotografía 17. Tercer muestreo, a) daños en el hocico, b) daños en la región ventral inferior.....	23
Fotografía 18. Cuarto muestreo, degradación superior del cadáver y exposición de huesos posteriores .....	24
Fotografía 19. 48 horas posteriores, exposición de huesos en diferentes regiones.....	25

Fotografía 20. Larvas del género Lucilia (Izquierda) y Chrysomya (Derecha). .....	25
Fotografía 21. Quinto muestreo, osamenta completamente expuesta, abandono de los restos. ....	26
Fotografía 22. Final de la primera prueba, osamenta expuesta. ....	27
Fotografía 23. Primer muestreo, posicionamiento del individuo sobre el suelo. .....	27
Fotografía 24. Segundo muestreo, sin cambios ni daños en el cadáver. ....	28
Fotografía 25. Tercer muestreo, oviposición en el cadáver y expulsión de fluidos corporales. ....	28
Fotografía 26. Cuarto muestreo, aumentó en la oviposición. ....	29
Fotografía 27. Quinto muestreo 5.....	29
Fotografía 28. Sexto muestreo, inicio de la actividad larval en la región ventral superior y cavidad bucal.....	30
Fotografía 29. Séptimo muestreo, larvas presentes en la cavidad bucal y cuencas oculares .....	30
Fotografía 30. Octavo muestreo, cambio de coloración en el cadáver.....	31
Fotografía 31. Noveno muestreo, daño en la región ventral del cadáver. ....	32
Fotografía 32. Décimo muestreo, epitelio expuesto. ....	32
Fotografía 33. Décimo primer muestreo, región ventral dañada, músculos de extremidades posteriores expuestos. ....	33
Fotografía 34. Décimo segundo muestreo, exposición de huesos en la región superior. ....	34
Fotografía 35. Décimo tercer muestreo, exposición de huesos y halo de humedad del cadáver. ....	34
Fotografía 36. Décimo cuarto muestreo, exposición de los huesos en su mayoría. ....	35
Fotografía 37. Décimo quinto muestreo, huesos evidentemente expuestos debido a la disminución de abundancia larval. ....	35
Fotografía 38. Décimo sexto muestreo, huesos desplazados del lugar por la actividad larval.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Abundancia de especies (adultos) por muestreo .....	37
Figura 2. Abundancia de individuos (adultos) por muestreo.....	38
Figura 3. Abundancia de individuos (adultos) por especies en muestreos.....	39
Figura. 4. Análisis de sucesión.....	40
Figura 5. Análisis de Olmstead-Tukey.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronología del desarrollo de las ciencias forenses .....	7
Tabla 2 Individuos adultos por muestreo segunda prueba.....	37
Tabla 3.Estados de descomposición de las dos pruebas realizadas de acuerdo al criterio de Flores Pérez (2009). .....	40
Tabla 4. Resultados de acuerdo a los criterios Olmstead-Tukey en donde se muestra que tanto <i>Lucilia spp1</i> como <i>Chrysomya spp1</i> son abundantes, existen siete especies que se pueden encontrar raras.....	41
Tabla 5. Comparación de los tiempos de descomposición en diferentes ambientes y condiciones, información de diversos autores. ....	42
Tabla 6. Tabla de comparación de la etapa de descomposición fresco. ....	43
Tabla 7. Tabla de comparación de la etapa de descomposición Hinchado.....	44
Tabla 8. Tabla de comparación de la etapa de descomposición activa. ....	44
Tabla 9. Tabla de comparación de la etapa de descomposición avanzada. ....	45
Tabla 10. Tabla de comparación de la etapa de descomposición restos secos. ....	46
Tabla 11. Comparación del tiempo en las diferentes etapas de descomposición según los resultados de diversos autores. ....	46

## 1. INTRODUCCIÓN

Una comunidad es el ensamblaje de especies que comparten el mismo tiempo y espacio, que desarrollan relaciones directas o indirectas, positivas o negativas procesos entre ellas. Las poblaciones que componen la comunidad tienen un papel específico dentro del sistema lo que provee un control natural (González, 2006).

Las interacciones de las comunidades se consideran atributos denominados propiedades emergentes que describen la estructura funcional de las mismas. Las propiedades emergentes incluyen tramas tróficas, estabilidad o sucesión temporal de especies entre otras. Las interacciones establecidas dentro de las comunidades se desarrollan bajo condiciones ambientales específicas, lo cual moldea la estructura comunitaria (González, 2006; Jaksic, 2007).

En la dinámica de las comunidades, la sucesión ecológica se define como los cambios que ocurren naturalmente en ella a lo largo del tiempo, es un cambio en la composición o estructura de una comunidad en el tiempo, esto sucede como consecuencia de los cambios en las condiciones ambientales o en las poblaciones que lo integran, idealmente esto genera un ecosistema con una mayor organización y complejidad (Valdés and Cano-Santana, 2005; Walker, 2005).

Dependiendo del momento y espacio donde comiencen la sucesión se divide en dos, sucesión primaria la cual se desarrolla en áreas donde no hay una colonización previa y los organismos colonizadores modifican su medio, estos pioneros suelen llegar de sistemas próximos, este es un proceso de largo plazo, y la sucesión secundaria, la cual se desarrolla posterior a una perturbación del ambiente, en donde los organismos que se incorporen o bien estén restantes en el medio ya tienen proporcionados ciertos elementos para desarrollarse (Consuelo et al., 2013).

Estas dinámicas aparecen en diferentes escenarios, uno de ellos es el de descomposición de materia orgánica, para ello intervienen un gran número de organismos cuya importancia en la degradación está dada por las propiedades

del sustrato. El elenco para este proceso depende de las condiciones que se desarrolle, el suelo mismo contiene una amplia variedad de especies, como virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nematodos, hormigas, raíces de plantas (Julca-Otiniano et al., 2006), sin embargo, también existen presencia de diferentes artrópodos especialistas, como dípteros, coleópteros e himenópteros entre otros órdenes (Flores Pérez, 2009).

Existen diferentes estados de descomposición por los que atraviesa la materia de los diferentes organismos, ya sean vegetales o animales, en el caso de un cadáver, estos estados se asocian a la actividad de artrópodos que se desarrollan en el mismo, es por ello que se presenta un proceso de sucesión ecológica, en donde los artrópodos se presentan en una secuencia determinada, ya sea adicionándose a la comunidad presente o sustituyendo a otras especies. El conocimiento de esta sucesión en los diferentes estados de descomposición, y los datos meteorológicos ayudan a la determinación del Intervalo Post Mortem (IPM). (Salazar-Ortega, 2008)

En un inicio la entomología solo se usaba para catalogar el intervalo post mortem de un cadáver, sin embargo el estudio de estos artrópodos puede proporcionar información relevante para la investigación criminal, como el traslado de un cadáver, diferentes situaciones de deceso o cambio de ambientes. (Lord and Burger, 1983)

“La Entomología Forense, también llamada Entomología Médico-legal, es el campo del saber donde la ciencia de los artrópodos es empleada como herramienta en las investigaciones de la escena del crimen y otros casos forenses” (Mavárez-Cardozo *et al.*, 2005) y es igualmente un caso especial del estudio de las sucesiones ecológicas de las comunidades.

El uso de los artrópodos como método para pruebas de investigación criminal comenzó en el siglo XII en China y poco a poco se ha ido desarrollando, existen países que han avanzado considerablemente en esta ciencia y han logrado aplicarla a su sistema jurídico de una manera eficaz debido a los diferentes estudios realizados sobre distintas variables del proceso (Mavárez-Cardozo *et al.*, 2005).

En México hay pocos estudios realizados de fauna cadavérica y hasta el 2006 se comienza a usar esta ciencia en el sistema de justicia. La investigación entomológica se ha realizado paso a paso, hay áreas dentro de la misma las cuales se han desarrollado a mayor velocidad que otras, esto se debe a la interacción de este recurso con la vida humana. (Barrera, 1955; Flores Pérez, 2009)

## 2. ANTECEDENTES

Las comunidades son un conjunto de poblaciones que interactúan en todos los niveles tróficos en un mismo tiempo y espacio, estas interacción incluyen organismos de los diferentes reinos (Jaksic, 2007).

El estudio de las comunidades es realizado por la Ecología de Comunidades la cual es una rama de la Ecología dedicada al estudio a nivel de organización comunitario (Jaksic, 2007). Dentro de los objetivos de la ecología de comunidades se encuentra el establecer la relación entre el aspecto biótico de las comunidades y el ambiente abiótico en el que habitan (Valdés y Cano-Santana, 2005).

Las comunidades se han clasificado en relación al aspecto biótico donde se encuentran, existen diferentes esquemas de clasificación. Por ejemplo, se usa la clasificación con base a las comunidades vegetales por su carácter relativamente permanente. En el caso de organismos acuáticos se clasifica en función del tipo de hábitat que ocupan (Valdés and Cano-Santana, 2005).

El concepto de bioma surge a partir de la clasificación de las comunidades ecológicas de acuerdo con el ambiente en el cual se desarrollan. Los biomas son los tipos generales de comunidades característicos en cada región climática. Es por ello que los biomas se caracterizan por presentar ciertas especies de animales y plantas específicas de un tipo de clima (Valdés and Cano-Santana, 2005).

Las comunidades se van formando a través de un proceso denominado sucesión ecológica, Margalef, (1978) se refiere a ello como “El proceso de sucesión es equivalente a un proceso de acumulación de información”, pero la sucesión ecológica se define como la evolución de los ecosistemas con el tiempo hacia formaciones más estables y maduras, donde esta estabilidad es natural y existe un remplazo de organismos (Clements, 1916; Murillo y Quílez, 2009).

La sucesión se divide en dos dependiendo de su naturaleza. Se clasifica primaria cuando existe un disturbio el cual deja expuesta zonas en las cuales no se ha habido previamente el desarrollo de la vida de los organismos, la sucesión secundaria sucede cuando los disturbios no son severos y previamente hubo

formas de vida en el área o inclusive prevalecen esos organismos (Valdés and Cano-Santana, 2005).

Los procesos de sucesión ecológica tanto primaria como secundaria tienen ciertas características: 1) ocurre un disturbio que deja espacios libres para ser colonizados por nuevos organismos, 2) inicia la colonización de estos espacios libres por otros organismos los cuales se denominan especies pioneras, cuyos ciclos de vida son cortos 3) Prosigue el proceso sucesional cuando colonizan y empiezan a dominar otros organismos 4) Se alcanza una etapa de “madurez” que se caracteriza por la dominancia de otros organismos, conocidos como especies primarias o tardías que tienen un ciclo más largo (Valdés y Cano-Santana, 2005).

El desarrollo de la entomología como herramienta para la investigación criminal no es reciente puesto que el primer trabajo documentado del uso de insectos para resolver un homicidio fue siglo XIII en China con el criminalista Sung Tz’u (Castner, 2001; Ponce *et al.*, 2014; Song and McKnight, 1981).

La sucesión de la antropología forense ha ido evolucionando desde diferentes puntos del planeta y bajo distintas condiciones, diversos autores han trabajado con las comunidades de organismos descomponedores, con el objetivo de puntualizar con mayor precisión situaciones como los homicidios dolosos.

Año	Autor	Aportación
1668	Francesco L. Redi	Demostró que las larvas no aparecen en un cadáver por “Generación Espontánea”, sino como parte de un proceso ecológico(Magaña, 2001; Mavárez-Cardozo <i>et al.</i> , 2005).
1855	Dr. Bergeret	Comienza a hacer uso de la entomofauna para la identificación del Intervalo Postmortem (IPM) como parte de la investigación criminal (Byrd y Castner, 2002)
1887 y 1894	J.P. Mégnin	Aplica la entomología a la medicina legal para la investigación. Define hordas sucesionales de artrópodos denominadas “escuadrillas de la muerte” (Magaña, 2001; Mavárez-Cardozo <i>et al.</i> , 2005; Mégnin, 1894; Ponce <i>et al.</i> , 2014).
1957	Bornemisza	Realizó un estudio con cobayos colocados en diferentes condiciones y estudió la sucesión entomológica. Concluyó que el ritmo de descomposición está relacionado con el tamaño del cadáver (Oliva, 2007).

Año	Autor	Aportación
(1965)	Payne	Realizó un video denominado donde se observa la sucesión de artrópodos que participan en la descomposición de animales. Utilizó por primera vez un cerdo como modelo
(1970)	Easton and Smith	Hicieron la comparación de las diferentes sucesiones que se desarrollan en distintos ambientes, concluyendo que la abundancia de especies tiene relación con el ambiente y con el estado de descomposición del cadáver
(1973)	Greenberg	realiza un estudio de la ecología y comportamiento de los dípteros de importancia forense (Greenberg, 1991; Greenberg and others, 1973, 1971).
(1977)	Nuorteva	Escribió sobre los insectos sarcosaprófagos como indicadores forenses así como sobre la presencia de dípteros en cadáveres (Magaña, 2001).
(1977)	Putman	Describe la dinámica de <i>Calliphora erythrocephala</i> , los estados inmaduros y el papel que desarrolla en la degradación de la materia
(1978)	Leclercq	clasificación entomológica basada en la función ecológica de cada especie, dividida en necrófagos, necrófilos, omnívoros y oportunistas (Magaña, 2001).
(1983)	Lord & Burger	Protocolo estandarizado para la recogida y conservación de la fauna cadavérica
(1986)	Kenneth G. V. Smith	Manual de Entomología Forense, en el cual aborda condiciones que intervienen en el desarrollo de la entomofauna, métodos y técnicas de colecta así como claves de identificación de diferentes órdenes de artrópodos asociados con los cadáveres. (Magaña, 2001; Oliva, 2007; Smith and others, 1986)
(2001)	Byrd & Castner	Recopilación de la ecología de insectos de importancia forense. (Byrd and Castner, 2002)
(2002)	Mark Benecke	Señala la importancia de la entomología con respecto al IPM y como diversas situaciones intervienen en el ciclo entomológico (Benecke, 2005)
(2002)	Greenberg y kunich	Estudiaron la importancia de los dípteros en el aspecto forense, mediante la intervención de los ciclos de estos organismos.
(2005)	Mavárez - Cardozo	comparación del elenco de entomofauna forense en la región Neotropical con los elencos presentes en otras regiones biogeográficas
(2008, 2009)	Amat	Desarrollaron claves de identificación dípteros en el Neotrópico de la familia Calliphoridae y Sarcophagidae, y de las subfamilias Chrysomyinae y Toxotarsinae

Año	Autor	Aportación
(2014)	Campo Rivera	Realiza un análisis de la situación de entomología forense en México y su desarrollo ligado a diferentes instituciones

*Tabla 1. Cronología del desarrollo de las ciencias forenses*

En México han surgido pocos trabajos que abordan el tema del reciclamiento de materia orgánica a través del estudio de las sucesiones de comunidades de organismos descomponedores, entre los trabajos resaltan Flores Pérez, (2009) realizado en el Edo. de México y Martínez, (2009) en Aguascalientes, ambos registraron el proceso de sucesión de estas comunidades, estos estudios se realizaron con el objetivo de identificar los elencos presentes a la temporalidad, y determinar la manera en la cual la temporalidad afecta este suceso.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El conocimiento del elenco sucesional de Entomofauna cadavérica tiene un papel importante en las ciencias forenses. La entomología forense proporciona información relevante del intervalo postmortem (IPM) a través del desarrollo de las comunidades.

La composición y dinámica de las diferentes comunidades sucesionales entomológicas que se desarrollan sobre los cadáveres en las condiciones ecológicas del sur de Quintana Roo aún se desconoce.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

En las zonas tropicales los ciclos biogeoquímicos son acelerados, la reconversión de la materia orgánica y mineralización al ambiente es reciclada rápidamente, para entender el funcionamiento del reciclaje hay que estudiar la sucesión de comunidades que intervienen en ello.

En climas como el de nuestro estado, no hay referencias de cómo el proceso de reciclaje y sucesiones se llevan a cabo, es relevante conocer estos procesos dentro de nuestro estado y la manera en la cual se desarrollan en diferentes condiciones e identificar los agentes participantes, para poder hablar de un manejo.

El conocimiento de los procesos de reciclaje de materia orgánica en conjunto con procesos sucesionales de comunidades entomológicas, aportan información relevante cuando esa materia orgánica se deriva de los restos de un cadáver humano, con el conocimiento de estos procesos se conoce cómo y cuándo sucedió la defunción, para esto la función de ciertas comunidades de organismos necrófagos aportan información.

La violencia va en aumento a nivel mundial, los homicidios dolosos en el país aumentaron en el último año un 8% y en Quintana Roo un 24%. La sociedad exige respuestas sobre desapariciones y cuando se encuentran los cuerpos, se hace importante determinar el Intervalo Postmortem, para eso, tener información de las sucesiones de comunidades necrófagas proporciona las herramientas necesarias para determinar el cómo y cuándo de estos sucesos.

Con este trabajo se abordan dos ejes de la carrera, ambiental y social. El trabajo desde el eje ambiental se desarrolla con la información del reciclaje en los procesos biogeoquímicos y sucesionales que intervienen, y como factores como la temperatura tienen influencia en la aceleración de los mismos. El eje social se desarrolla con la aplicación de la información derivada de esos ciclos biogeoquímicos y ese proceso de reincorporación de la materia orgánica para establecer algunos procesos que permitan definir condiciones y temporalidad de decesos no naturales.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Conocer el proceso de sucesión entomológica con sus principales características así como los elencos presentes en las diferentes etapas de descomposición.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- Identificar y caracterizar los cambios sucesionales en la comunidad que se desarrolle.
- Describir la dinámica de cambio de las comunidades sucesionales, su dirección y velocidad hasta la degradación completa del cadáver.
- Elaboración de una guía de cambios en la degradación del cadáver y entomofauna asociada.

## **6. HIPÓTESIS**

Las sucesiones ecológicas de las comunidades de organismos descomponedores de materia orgánica de origen animal, se apegan a las sucesiones ya estudiadas en otras zonas y climas, pero modifican algunos de sus parámetros en función de la fauna típica de la región y las condiciones climáticas.

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1 Área de estudio**

La vegetación de Quintana Roo es principalmente selva tropical, con dominancia de especies arbóreas con temperaturas calidas y una alta humedad. Esta selva se clasifica en Selva mediana Subperennifolia, Selva baja Subcaducifolia, también hay presencia de Dunas costeras, Manglar, Marismas, Petenes, Tulares (Pozo *et al.*, 2011). El clima distribuido por Quintana Roo es cálido subhúmedo con variaciones del mismo (García Amaro and García, 2004). El estado tiene una temperatura casi homogénea, y tres épocas marcadas, comprendiendo la época de lluvias del mes de mayo a octubre, época de nortes de noviembre a febrero y época de secas de abril a mayo (INEGI, 2002)

### **7.2 Ubicación**

El estudio se realizó en un predio de la comunidad de Calderitas Quintana Roo (18°33'25.9"N 88°15'26.7"W) que se encuentra en una selva mediana subperennifolia (INEGI, 2011), Aw(i') el clima es cálido subhúmedo con clima con poca oscilación térmica (García Amaro and García, 2004) con una temperatura media anual de 26.7°C con temperaturas máximas de 31.1°C y mínimas de 22.2°C (CONAGUA and SMN, 2010).

El trabajo se realizó, detrás de una construcción sin habitar, en la inmediación del lugar hay presencias de especies vegetales como limón (*Citrus limon*), aguacate (*Persea americana*), plátano (*Musa paradisiaca*), choch (*Pouteria hypoglauca*). El clima para el sitio está clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano



*Fotografía 1. Inmediaciones del sitio, casa deshabitada e individuos vegetales*

### **7.3 Material y métodos**

El presente estudio se realizó en tres fases, campo, laboratorio y análisis de la comunidad, los muestreos se realizaron durante la cuarta y quinta semana de diciembre de 2015 y la cuarta semana de enero de 2016.

Se realizaron dos pruebas utilizando cerdos domésticos (*Sus scrofa*) recién nacidos que murieron de causas naturales. La talla de los cerdos fue de 40 cm el primero (Figura 1) y de 30 cm el segundo (Figura 2). Se usaron cerdos como biomodelo ya que la fisiología y el proceso de descomposición por el que atraviesa comparte semejanzas con el proceso correspondiente en humano. (Flores Pérez, 2009; Groenen et al., 2012)



*Fotografía 2. Cerdo prueba inicial, disposición en el terreno.*



*Fotografía 3. Cerdo segunda prueba, disposición en el terreno.*

### 7.3.1 Campo

El seguimiento visual de la sucesión de entomofauna se realizó con dos diferentes métodos.

El primero realizado con un dispositivo celular mediante una aplicación de toma de fotos continuas de manera automática, la cual fue programada para capturar imágenes en intervalos de 5 minutos durante 12 horas. El celular se montó a un metro de distancia del cadáver.



*Fotografía 4. Montaje del dispositivo*



*Fotografía 5. Distancia entre el cadáver y el dispositivo*

El segundo se realizó utilizando ocho cámaras trampa, las cuales se programaron con la función lapso, en intervalo de 5 minutos continuos cuya permanencia total fue de 7 días a la intemperie, se ubicaron en forma circular sobre estacas de madera separadas entre sí cada 45 grados, cada estaca tenía un ángulo de inclinación de 80 grados dirigido al centro.



Fotografía 6. Disposición de las cámaras trampa.

Los dos cadáveres se posicionaron en el mismo terreno, con una distancia física de 4 metros y temporal de 21 días. Los cadáveres fueron depositados en sus respectivos sitios sobre el suelo y a la intemperie, sin alterar las características del mismo, se permitió la deposición de materia vegetal sobre ellos debido a que es parte del proceso del sitio. Se posicionaron con una postura decúbito lateral izquierdo en ambos casos.

La colecta de material vario en intervalos con ambos casos, en el primer caso se realizaron cada 12 horas ( 7am y 7 pm) e inicio 8 horas después de la deposición del cadáver, en el segundo caso se iniciaron los muestreos 5 horas después de la deposición, y se mantuvieron en intervalos de 6 horas.

Para la recogida y conservación de los ejemplares se utilizó una metodología mixta elaborada con base a los trabajos de Amendt *et al.*, (2007) y Arnaldos *et al.*, (2001). Para esto se utilizó la siguiente lista de materiales:

Se utilizó pinzas de punta fina para la colecta de coleópteros y formícidos. Los dípteros fueron atrapados en red entomológica y posteriormente se ubicaron en frascos letales hasta su deceso. Para el caso de las larvas se recogieron con una cuchara y se depositaron en frascos con agua a punto de ebullición por 30 segundos para matarlas. Posterior a la colecta de entomofauna se depositaron en frascos de vidrio con etanol de 70° que fueron etiquetados con la fecha y hora de la toma de muestras.

Para favorecer el crecimiento controlado de las larvas, una vez que el cadáver había llegado a los restos óseos y solo existían presencias de larvas en el área circundante se colectaron larvas vivas y ubicaron en tubos de ensayo con sustrato alimenticio y de cobijo, se les suministró agua una vez que el suelo perdía humedad esto para mantener un ambiente apropiado, en la abertura se puso un pedazo de tela de malla abierta que permitiera la entrada continua de aire pero evitando la salida de larvas o en el caso de eclosión de organismos adultos (figura 7).



*Fotografía 7. Cría de larvas de dípteros en cautiverio.*

Se tomaron muestras de suelo realizando una calicata de 30 cm de profundidad, justo debajo de donde se había situado el cadáver, se tomaron muestras del suelo y se depositaron en un frasco de medio kilo, también se observó la presencia o ausencia de hongos en el suelo favorecidos por lixiviados.



*Fotografía 8. Perfil de la calicata debajo de la deposición del cadáver.*

Posterior a esto se trasladaron las muestras de suelo e insectos al laboratorio para su identificación.

Para complementar el muestreo se tomaron fotos con una cámara para tener evidencia de la distribución de la fauna cadavérica en cada muestreo. También se hicieron mediciones de temperatura con termómetro/higrómetro digital con cable para uso de interior y exterior en cada toma de muestras y se tomaron apuntes de las principales características de la descomposición del cadáver, así como del desarrollo de la entomofauna cadavérica, se describió en su caso, el patrón de preferencia de los insectos para la depredación del cadáver.

### **7.3.2 Laboratorio**

Consistió en el análisis de las muestras obtenidas, para las muestras entomológicas, se utilizaron claves taxonómicas de (Amat, 2009, 2009; Buenaventura et al., 2009; Nihei and Domínguez, 2008; Patitucci, 2010) y el auxilio de un microscopio estereoscópico para la visualización de las características específicas de los ejemplares.

Las muestras de suelo obtenidas se analizaron para conocer la variación en la cantidad de materia orgánica en la composición del suelo a causa de la presencia de la descomposición del organismo, para esto se utilizó el método Walkey y Black para determinar la materia orgánica (Franco-López et al., 1985).



*Fotografía 9. Método Walkey y Black para el análisis de materia orgánica.*

### **7.3.3 Análisis de comunidades**

El análisis de la composición de las comunidades presentes se realizó mediante tres propiedades emergentes, riqueza, diversidad y abundancia complementando la caracterización con el análisis de especies de Olmstead-Tukey.

## 8. RESULTADOS

Con base a las pruebas ya señaladas se elaboraron dos pruebas, la primera de manera exploratoria y comprobando que la metodología sea la adecuada, así como los intervalos sean los necesarios para recabar la información necesaria. Posterior a la primera prueba se corrigió el tiempo de muestreo realizándose el primero cada 12 horas a 6 horas, la reducción y ajuste del intervalo de tiempo fue determinado por la degradación de la primera prueba debido a la rápida actividad de artrópodos en el cadáver y la evolución de la comunidad en diferentes momentos del día. De igual manera el método de recolecta y fijación se afinó para capturar el mayor número de ejemplares representantes de todos los órdenes presentes para el traslado al laboratorio.

La primera prueba comenzó el 26 de diciembre siendo a las 11 am y terminó el 29 de diciembre del 2015, la temperatura media por encima de los 25°C. La segunda prueba inició el 18 de enero a las 7 pm y finalizó el 22 del mismo mes del 2016, la temperatura media se ubicó por debajo de los 25°C.

Para la primera prueba se realizaron un total de 6 muestreos cubriendo dos días y medio en los que se colectaron 16 individuos de 5 especies, 4 géneros, 4 familias y 3 órdenes.

En la segunda se realizaron 16 muestreos en los que se capturaron 113 individuos, distribuidos en 11 especies, 11 géneros, 5 familias y 3 órdenes.

En ambas pruebas el proceso de descomposición inició con la expulsión de fluidos corporales del cadáver por diferentes cavidades. La colonización de artrópodos en ambos muestreos tiene un desfase debido a que los colonizadores del primer muestreo se presentaron 18 minutos posteriores a la deposición del cadáver, en el segundo los colonizadores aparecieron a las 4 horas posteriores a la deposición. Sin embargo las condiciones de la ubicación del cadáver difieren por 8 horas, siendo la primera exposición diurna y la segunda nocturna.

En cuanto al desarrollo de la comunidad de artrópodos, los primero en llegar y permanecer constantemente en ambos casos fue el orden *Hymenoptera* (*Formicidae*), posteriormente *Coleoptera* (*Staphylinidae*), además de *Diptera*

(*Calliphoridae*), sin embargo, en la primera prueba la presencia de *Coleoptera* (*Dermestidae*) fue al final del proceso de descomposición.

### 8.1 Prueba uno

Comenzó a las 11 am del 26 de diciembre del 2015, realizando un total de 5 muestreos cada 12 horas, los cuales iniciaron a las 7pm del 26 de diciembre, se realizó un diario de anotaciones para los cambios del cadáver durante cada hora en el periodo de luz, el cadáver estuvo expuesto a 3 horas directas de luz solar.

26/12/15

0 hr: Se ubicó el cadáver sobre el suelo expuesto a las condiciones, la temperatura inicial fue de 28.4°C y un 75% de humedad, a los 18 minutos posteriores de la colocación se presentó el primer organismo, al momento de la llegada de los dípteros no se notó una preferencia de estos por alguna parte específica del cadáver.



Fotografía 10. Inicio de la primera prueba, se aprecia el cadáver en posición decúbito lateral izquierdo.

1hr: La presencia de dípteros aumentó, existe una dominancia de la especie *Lucilia* spp1 cuya presencia ha aumentado a partir de los 30 minutos posteriores de iniciada la prueba, también del género *Chrysomya* y la familia *Sarcophagidae* (no se colectó ningún organismo de esta familia). Los dípteros mostraron preferencia por las extremidades y cavidad bucal donde iniciaron la oviposición después de una hora y 48 minutos.



Fotografía 11. a) Una hora después de la exposición. b) Oviposición en las patas posteriores.

2hrs: Existe la presencia de tres especies de dípteros diferentes, dos del género *Chrysomya* y uno del género *Lucilia* el cual tuvo mayor abundancia, la deposición de huevos se agrupó en los pliegues del cadáver como en la parte ventral, orejas y cavidades como la bucal, anal y en las extremidades siendo esta última la que albergó la mayor abundancia.



Fotografía 12. a) Aumento de dípteros y huevos en las patas posteriores. b) Huevos en los pliegues del hocico.

3hrs: la dominancia de *Lucilia spp1* persistió, la abundancia del género *Chrysomya* aumentó. Se expandió el área de oviposición en las áreas en los pliegues del cadáver, cavidades y extremidades, se agregó el área dorsal.



Fotografía 13. Tres horas posteriores a la deposición del cadáver.

4hrs: las especies de *Lucilia* y *Chrysomya* aumentaron su abundancia así como la de los huevos, los cambios en la constitución del cadáver no avanzaron, salvo la coloración de la lengua tomó una coloración oscura.

5hrs: la presencia de *Lucilia spp1* continuó siendo la única presente, comenzó la presencia de *Pheidole spp1*. La abundancia huevos continuó incrementándose.

6hrs: el cadáver comenzó la expulsión de líquidos corporales por la nariz, el tejido de la lengua presentó inflamación, la oviposición se extendió el hocico por la parte superior y las extremidades anteriores.

7hrs: disminuyó la presencia de dípteros e incrementaron los formícidos en las zonas de oviposición, donde retiran los huevos del cadáver. Continúa la expulsión de líquidos por los orificios respiratorios.

8hrs: se realizó el primer muestreo, donde se colectó organismos del género *Lucilia* y *Pheidole*. La actividad de dípteros fue casi nula, la abundancia de *Pheidole* continuó incrementándose la actividad larval comenzó en la cavidad bucal, la mayoría de los huevos no había eclosionado. .



Fotografía 14. Inicio de la actividad larval en la cavidad bucal sobre la lengua.

20hrs: segundo muestreo (27/12/16) la temperatura fue 26.7°C con una humedad de 78%. La mayoría de los corión (cascarón) estaban vacíos, la actividad larval aumentó y se focalizó en la cavidad bucal y anal, canal auditivo, la región dorsal y abdominal, pliegues y extremidades, sin embargo, el área ocupada por las larvas fue menor a la ocupada por los huevos. El género *Pheidole* continuó en el sitio y su actividad se enfocó en retirar los huevos vacíos, comenzó la actividad de dípteros. Los cambios en el cadáver fue el retiro de pelo en el área de actividad larval y daño en el tejido epitelial de la cavidad bucal.



Fotografía 15. Segundo muestreo, actividad larval en la cavidad bucal y extremidades anteriores.

21hrs: La actividad larval aumentó, se presentó preferentemente en los tejidos blandos, la abundancia mayor de las larvas estuvo en la cavidad bucal, y en la región abdominal. La abundancia de dípteros en el sitio aumentó, los dos géneros presentes fueron *Lucilia* y *Chrysomya*.

22hrs: La actividad larval en el dorso se redujo, la mayoría de huevos eclosionó. Se encontraron dos especies de dípteros del género *Chrysomya* y una de *Lucilia* y una de la familia *Sarcophagidae*, la presencia de formícidos del género *Pheidole* continuó, cerca del sitio hubo araneidos y miriápodos.

23hrs: Aumentó la abundancia larval y el área, se desplazaron a los orificios nasales. La abundancia de *Chrysomya* aumento siendo la especie dominante y la presencia de *Lucilia* disminuyo. El género *Pheidole* permaneció en el sitio.

24hrs: Los tejidos de la lengua fueron degradados por la actividad larval, de igual forma hubo daño en el tejido epitelial de la cavidad bucal y los pliegues del hocico. El género *Chrysomya* continuó siendo dominante y hubo presencia de un individuo de la familia *Sarcophagidae*, la presencia de formícidos fue constante.



Fotografía 16. 24 horas posteriores al inicio de la prueba, con presencia de daño en diferentes tejidos

25hrs: presencia de *Lucilia* y *Chrysomya* aumentó su abundancia, los formícidos se mantuvo. Los cambios en el cadáver se centraron en el desgaste de la primera capa epitelial donde se encuentra la actividad larval (cavidad bucal, anal, región ventral, extremidades anteriores).

26hrs: Hubo presencia de un individuo de la familia *Sarcophagidae*, el resto del elenco de artrópodos se mantuvo (*Lucilia*, *Chrysomya*, *Pheidole*), la abundancia de *Chrysomya* aumentó. La actividad larval comenzó a desarrollarse en el canal auditivo.

27hrs: El daño de los tejidos se convirtió en severo. La luz del sol fue directa al cadáver, las larvas situadas en la cavidad anal se desplazaron a la parte inferior del mismo, en su lugar quedaron dípteros adultos que aprovechan los fluidos de

la zona. La preferencia de los dípteros sobre el cadáver fue en los sitios en los cuales había actividad larval.

28hrs: La actividad de los dípteros tuvo una preferencia en la región abdominal. El elenco se mantuvo (*Chrysomya*, *Lucilia*, *Pheidole*). La actividad larval en la región abdominal desgastó las primeras capas de la dermis. La coloración de las larvas varió, en la cavidad bucal fue de color marrón oscuro, mientras que en la cavidad ventral un color café claro.

29hrs: La actividad larval en la cavidad anal se detuvo, las larvas se desplazaron a la parte inferior del cadáver. Los daños en el hocico aumentaron y se presentó un desgaste notorio en los pliegues del mismo. La población de *Pheidole* ha aumentó notablemente, puntualizando su actividad a la zona cerca de la cavidad anal donde se desplazaron las larvas.

30hrs: La actividad de dípteros se redujo, la abundancia de los formícidos continuó aumentando en la parte inferior de la región posterior. El hocico se redujo en su mayoría por la actividad larval. La dermis en la región ventral fue consumida casi en su totalidad.

31hrs: segundo muestro, temperatura 28.8°C, humedad 69%. La actividad larval de la región ventral llegó al peritoneo. Hubo presencia del género *Chrysomya* reduciendo su abundancia, y *Pheidole* continuó en el sitio.



Fotografía 17. Tercer muestreo, a) daños en el hocico, b) daños en la región ventral inferior

44hrs: cuarto muestreo (28/12/15). La degradación del cadáver aumento durante la noche, la exposición de huesos fue evidente, en varias zonas, la mitad superior del organismo ya fue consumida, las larvas aumentaron de tamaño. La actividad de dípteros fue de *Chrysomya*, en este punto se registró la mayor abundancia de dípteros en el cadáver, el olor era notorio a una distancia de 10 metros y alrededor del cadáver hubo un halo de 3 cm de humedad derivado de la actividad larval.



Fotografía 18. Cuarto muestreo, degradación superior del cadáver y exposición de huesos posteriores

45hrs: La actividad y abundancia de dípteros sigue aumentó, la actividad larval expuso la cavidad torácica superior.

46hrs: La cavidad torácica fue expuesta hasta la mitad, al igual que el cráneo, algunos huesos fueron desplazados de su lugar por el movimiento de las larvas. El elenco estuvo conformado por *Chrysomya*, *Musca* e *Hydrotaea* y *Pheidole*.

47hrs: El olor aumentó su radio, el tejido epitelial se fue reduciendo y el área de daño aumentó, solo permaneció de manera superior una franja de epidermis de las extremidades posteriores hasta la parte dorsal del cadáver. La abundancia de dípteros aumentó.

48hrs: El cráneo y las vértebras fueron expuestas en su totalidad, el único rasgo identificable que queda en el cadáver son las patas posteriores. En la capa epitelial que fue deshidratada comenzó la presencia de los primeros individuos de la familia *Dermestidae*.



Fotografía 19. 48 horas posteriores, exposición de huesos en diferentes regiones.

49hrs: La mayoría ya eran expuestos y por su peso y acción larval algunos se desplazaron de su lugar. Las extremidades posteriores fueron degradadas solo quedando la parte no continua al cadáver.

50hrs: La actividad de dípteros se redujo. El cadáver tenía aproximadamente entre 3% y 5% de tejido blando restante. Se identificaron dos tipos de larvas, del género *Lucilia* y *Chrysomya*.



Fotografía 20. Larvas del género *Lucilia* (Izquierda) y *Chrysomya* (Derecha).

51hrs: La actividad larval comenzó a disminuir, las larvas de *Lucilia* se retiraron del cadáver y desplazaron al suelo cercano para enterrarse. Las larvas de *Chrysomya* continuaron en los restos. La mayor abundancia de larvas estaba alrededor y no sobre los restos.

52hrs: La actividad de dípteros se redujo considerablemente, solo quedaron en el lugar algunos individuos adultos de *Chrysomya*, y los individuos juveniles de

este mismo género. Los restos restantes solo eran carroña sin tejido en descomposición.

53hrs: Las larvas del género *Lucilia* que quedaban en los restos son depredadas por las del género *Chrysomya*, a pesar de que ya no había más tejido por degradar tenían una mayor actividad estas larvas y un comportamiento agresivo.

54hrs: La abundancia de dípteros continúa disminuyendo. En los restos solo quedaban larvas de *Chrysomya*, la mayoría de las larvas de *Lucilia* se había enterrado.

55hrs: quinto muestreo Los dípteros restantes en el sitio eran del género *Chrysomya*. Los restos del cadáver solo eran huesos, y tejido epitelial seco (carroña) de la parte inferior y las extremidades posteriores que fueron reducidas dejando la carcasa. La mayoría de los huesos fueron desplazados de su lugar.



Fotografía 21. Quinto muestreo, osamenta completamente expuesta, abandono de los restos.

68hrs: No hubo actividad de dípteros adultos, las larvas del género *Lucilia* se enterraron y las únicas residentes en los restos son las del género *Chrysomya*, los artrópodos en los restos son del *Pheidole* los cuales se llevaban a las larvas del cadáver.



Fotografía 22. Final de la primera prueba, osamenta expuesta.

El objetivo de la primera prueba fue afinar la metodología y reducir los errores de recolecta y preservación para tener una metodología meticulosa en la segunda prueba asegurando el material colectado. Se afino en la colecta de los organismos y la toma de la temperatura en el área, así como la toma fotográfica de los momentos representativos de la degradación.

## 8.2. Prueba dos

1. muestreo: 00hrs 19/01/16 (5hrs)

El cadáver todavía presenta blandes muscular, la zona intermedia del cadáver presentó una coloración grisácea, el lateral izquierdo adaptó su forma a la superficie inferior. Se capturó un organismo del género *Pheidole*.



Fotografía 23. Primer muestreo, posicionamiento del individuo sobre el suelo.

2. muestreo: 06hrs 19/01/16 17°C (11hrs)

Los tejidos en general del cadáver permanecían intactos, presentó un halo de humedad alrededor del cadáver. La presencia de *Pheidole* prevalecía con 4 organismos recolectados.



Fotografía 24. Segundo muestreo, sin cambios ni daños en el cadáver.

3. muestreo: 12hrs 19/01/16 23.9°C (17 hrs)

Había expulsión de fluidos por la nariz, comenzó la presencia de dípteros, sin embargo, no se notó la presencia de formícidos en el lugar. Hubo oviposición en la parte frontal, así como pliegues de la epidermis y extremidades. Se colectó un total de 7 organismos del género *Lucilia* y uno del género *Pheidole*. Con esto la diversidad fue de 0.47.



Fotografía 25. Tercer muestreo, oviposición en el cadáver y expulsión de fluidos corporales.

4. muestreo: 18hrs 19/01/16 22.4°C (23 hrs)

Alrededor de las 12:35pm hubo precipitación durante 10 minutos. La presencia de los dípteros sobre el cadáver disminuyó, la abundancia de huevos aumento, aun siendo los lugares de deposición centrados en los pliegues corporales, extremidades, hocico y ano. Se colectó un total de 7 organismos, donde la

riqueza específica fue de 3 y el elenco se compone de *Lucilia spp1* con 1 organismo, *Pheidole spp1* con 5 organismos y *Staphylinidae spp1* con 1 organismo. La diversidad para este muestreo fue de 0.47 según el índice de Simpson



Fotografía 26. Cuarto muestreo, aumentó en la oviposición.

5. muestreo 00hrs 20/01/16 21.4°C (29hrs)

Los diferentes tejidos aún estaban completos, había expulsión de fluidos corporales, aún se conservaba la posición de las articulaciones. Los huevos presentes aún no habían eclosionado. Se colectó un *Staphylinidae spp1*.



Fotografía 27. Quinto muestreo 5

6. muestreo 06hrs 20/01/16 19.8°C (35hrs)

Solo era evidente la actividad larval en el cadáver, esta actividad comenzó por el lateral izquierdo del cadáver y en la cavidad bucal, así como en algunas zonas

en la parte ventral, la actividad se desarrolló en las zonas donde aparentemente aún había presencia de humedad. Se colectó un total de 247 larvas.



Fotografía 28. Sexto muestreo, inicio de la actividad larval en la región ventral superior y cavidad bucal.

#### 7. muestreo 12hrs 20/01/16 (41hrs)

El daño en los tejidos era evidente causado por la actividad larval, las zonas con daño fueron la cavidad bucal, anal, orbital y la zona ventral. El pelo de algunas regiones se había caído. La mayoría de los huevos ya había eclosionado. Se colectó un total de 16 organismos pertenecientes a 7 especies diferentes y 154 larvas. El elenco presente está dado por los adultos de *Chrysomya spp1* con un organismo, *Chrysomya spp2* con un organismo, *Chrysomya spp3* con un organismo, *Lucilia spp1* con cuatro organismos, *Lucilia spp2* con un organismo, *Musca spp1* con cuatro organismos, *Pheidole* con cuatro organismos. La diversidad obtenida para este punto es de 0.15.



Fotografía 29. Séptimo muestreo, larvas presentes en la cavidad bucal y cuencas oculares

8. muestreo 18hrs 20/01/16 25.1°C (47hrs)

El daño en los tejidos siguió avanzando en las zonas descritas anteriormente, así como la actividad larval, el daño en el tejido epitelial abarcó diferentes zonas en las cuales presentaron una coloración rojiza, la parte abdominal del cadáver presentó una coloración grisácea notoria. El olor de putrefacción comenzó a presentarse, el cadáver aún mantenía su coloración rosada, sin embargo, en la parte ventral se apreció tonalidades moradas. Se colectó un total de 16 individuos de cuatro especies diferentes y un total de 122 larvas. El elenco presente está dado por *Chrysomya spp1* con 12 organismos, *Chrysomya spp2* con un organismo, *Chrysomya spp3* con un organismo y *Chrysomya spp4* con cuatro organismos y *Pheidole* con dos organismos. La diversidad obtenida en este punto es de .4094



Fotografía 30. Octavo muestreo, cambio de coloración en el cadáver.

9. muestreo 00hrs 21/01/16 23.3°C (53hrs)

El daño del tejido sigue evolucionando en las zonas descritas, la parte ventral presenta una mayor área cubierta por la actividad larval, el daño en esta región llega al peritoneo, el daño en las extremidades se ha reducido pero ha evolucionado en el canal auditivo. Se colectaron 5 individuos del género *Pheidole* y un total de 112 larvas.



Fotografía 31. Noveno muestreo, daño en la región ventral del cadáver.

10. muestreo 06hrs 21/01/16 23.5°C (59hrs)

El daño de los tejidos era severo, en la parte ventral la actividad larval dejó expuesto el peritoneo, conglomerando la actividad de manera intermedia en el segundo par de patas. En la cavidad bucal la lengua fue reducida. Se colectó un total de dos organismos del género *Pheidole* (1) y *Staphylinidae* (1) y 241 larvas.



Fotografía 32. Décimo muestreo, epitelio expuesto.

11. muestreo 12hrs 21/01/16 24.3°C (65hrs)

El daño se focalizó en diferentes cavidades, en las cuales las larvas habían realizado puntos de ingreso al interior del cadáver. La piel del animal era retirada dejando en exposición tejido muscular, el ingreso al aparato digestivo desde la cavidad anal fue evidente. Se colectó un total de 16 organismos de 7 especies

diferentes y 129 larvas. El elenco está formado por los géneros *Chrysomya spp1* (5 individuos), *Chrysomya spp2* (1 individuo), *Chrysomya spp3* (1 individuo), *Lucilia spp1* (2 individuos), *Lucilia spp2* (1 individuo), *Musca spp1* (3 individuos), *Pheidole* (3 individuos). La diversidad es de 0.1417.



Fotografía 33. Décimo primer muestreo, región ventral dañada, músculos de extremidades posteriores expuestos.

#### 12. muestreo 18hrs 21/01/16 24.7°C (71hrs)

El daño llegó a la exposición ósea en la mandíbula, patas anteriores de manera continua al cadáver. Fue el punto de mayor presencia de dípteros presentes, puntualizados en los tejidos donde la actividad larval está presente, en esos mismos puntos se observó expulsión de líquidos. Se colectaron 22 individuos de 7 especies diferentes, 166 larvas. El elenco está conformando por *Chrysomya spp1* (8 individuos), *Chrysomya spp2* (1 individuo), *Chrysomya spp4* (4 individuos), *Hydrotaea* (2 individuos), *Musca spp1* (1 individuo), *Pheidole* (4 individuos), *Staphylinidae* (1 individuo), teniendo una diversidad de 0.1818.



Fotografía 34. Décimo segundo muestreo, exposición de huesos en la región superior.

13. muestreo 00hrs 22/01/16 25°C (77hrs)

La degradación de los tejidos de la mitad superior del cadáver fue degradada, había exposición de los huesos como la caja torácica, extremidades, y parte del cráneo inferior, la escapula se desplazó por el movimiento de las larvas. El tejido del lateral derecho se había consumido en su totalidad, quedando tejido epidérmico únicamente en las extremidades en la parte más retirada de la parte ventral y sobre el hueso pélvico. La actividad larval generó expulsión de líquidos, por lo que el área circundante prevalece húmeda. Se colectaron 5 organismos de 3 especies distintas, el elenco se compone de *Pheidole* (3 individuos), *Staphylinidae* (1 individuo), *Tetramereia* (1 individuo). La diversidad es de 0.3.



Fotografía 35. Décimo tercer muestreo, exposición de huesos y halo de humedad del cadáver.

14. muestreo 06hrs 22/01/16 23.6°C (83hrs)

La mayoría de los huesos estaban expuestos, únicamente prevalecía pelo sobre el cráneo, la actividad de artrópodos era reducida y la actividad de larvas aún generaba líquidos humedeciendo el entorno. Se colectaron 4 organismos de dos

especies diferentes y 83 larvas. El elenco presente fue *Staphylinidae* (2 organismos) y *Tetramereia* (2 individuos). La diversidad es de 0.33



*Fotografía 36. Décimo cuarto muestreo, exposición de los huesos en su mayoría.*

15. muestro 12hrs 22/01/16 26.6°C (89hr)

Los huesos estaban completamente expuestos, aun presentaba un color claro de ser recientemente expuestos, los dípteros disminuyeron la abundancia y presencia en el cadáver, la presencia de las larvas estaba de forma homogénea por todo el cadáver, sin embargo, se redujo la abundancia de las mismas, debido a que buscan zonas cercanas para completar su ciclo, se colectaron 52 larvas.



*Fotografía 37. Décimo quinto muestreo, huesos evidentemente expuestos debido a la disminución de abundancia larval.*

16. muestreo 18hrs 22/01/16 26.3°C (95hrs)

Los huesos presentan un color oscuro debido a la exposición de la intemperie, las larvas se retiran del cadáver y se entierran en el suelo en el área circundante, la presencia de dípteros se ha reducido. Se colectó 3 individuos de 3 especies

diferentes y 79 larvas. El elenco está conformado por *Pheidole* (1 individuo), *Staphylinidae* (1 individuo), *Tetramereia* (1 individuo).



Fotografía 38. Décimo sexto muestreo, huesos desplazados del lugar por la actividad larval.

### 8.3 Análisis de suelo

El análisis de materia orgánica presente en el sitio anterior y posterior a la degradación del cadáver determinó que anterior al proceso, el suelo tenía un 8.53 % y posteriormente obtuvo un 8.94% de contenido de materia orgánica en ambos casos según la tabla de interpretación del método de Walkey y Black el suelo es considerado con un contenido de materia orgánica muy elevado en ambos casos.

Este suelo analizando es un Rendzic Leptosol el cual se caracteriza por su escasa profundidad (menor a 25cm), que se desarrollan sobre rocas calizas y son muy ricos en materia orgánica, como se comprobó en el análisis. Sin embargo, los suelos en general en la península son suelos que fácilmente son lixiviados, dadas las condiciones climáticas del estado este incremento de .4% se debe a la adición inmediata de esa materia orgánica pero no se prevé que la permanencia sea prolongada por las características de este tipo de suelo y el clima del lugar.

### 8.4 Análisis de la comunidad

El desarrollo de la actividad de artrópodos no fue la misma durante los diferentes periodos en los cuales se muestreó, varió la abundancia y riqueza específica de

cada muestreo (Tabla 1). En la primera prueba la evolución de la actividad de artrópodos fue acelerada terminando el proceso de degradación en 60 horas mientras que la segunda prueba fue por un lapso de 96 horas lo cual favoreció la llegada de una mayor abundancia y riqueza específica al sitio.

Género/Muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
<i>Chrysomya spp1</i>	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	5	8	0	0	0	0	26
<i>Chrysomya spp2</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	5
<i>Chrysomya spp3</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
<i>Chrysomya spp4</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	7
<i>Hydrotaea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Lucilia spp1</i>	0	0	7	1	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	14
<i>Lucilia spp2</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Musca spp1</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	3	1	0	0	0	0	8
<i>Pheidole</i>	1	4	1	5	0	0	4	2	5	1	3	4	3	0	0	1	34
<i>Staphylinidae</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	1	8
<i>Tetramereia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	4
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>113</b>

Tabla 2. Individuos adultos por muestreo segunda prueba.

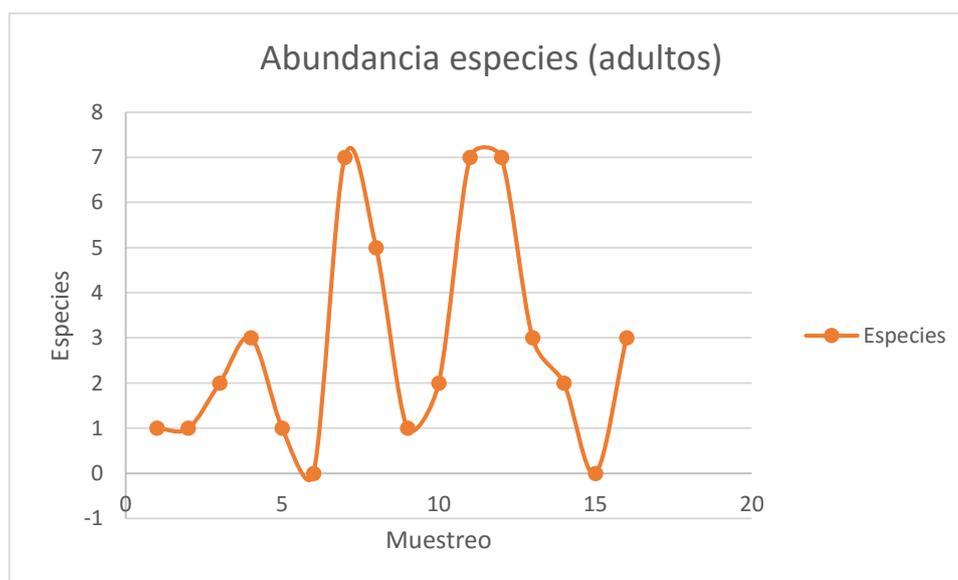


Figura 1. Abundancia de especies (adultos) por muestreo

Los picos de mayor presencia de especies por muestreo están presentes en los muestreos diurnos, inclinándose en cuanto a frecuencia por los muestreos realizados alrededor de las 6 de la tarde, sin embargo, el punto 7 y 11 con 7 especies en ambos casos corresponden a muestreos realizados al medio día y representan los muestreos con mayor riqueza específica, mientras que el punto 4, 12 y 16 fueron muestreos durante las 6 pm.



Figura 2. Abundancia de individuos (adultos) por muestreo

Los picos de las curvas máximas de individuos por muestreos tienen una tendencia en los muestreos de las 6pm, albergando los puntos 8 y 12 con 19 y 22 organismos respectivamente, si bien en estos puntos son se señalan la mayor cantidad de especies la abundancia si aumenta. De acuerdo con el proceso de descomposición en el punto de las 8 el olor de putrefacción ya era presente, en el punto de las 12 la degradación de varios tejidos ya era evidente y la actividad de las larvas producía líquidos.

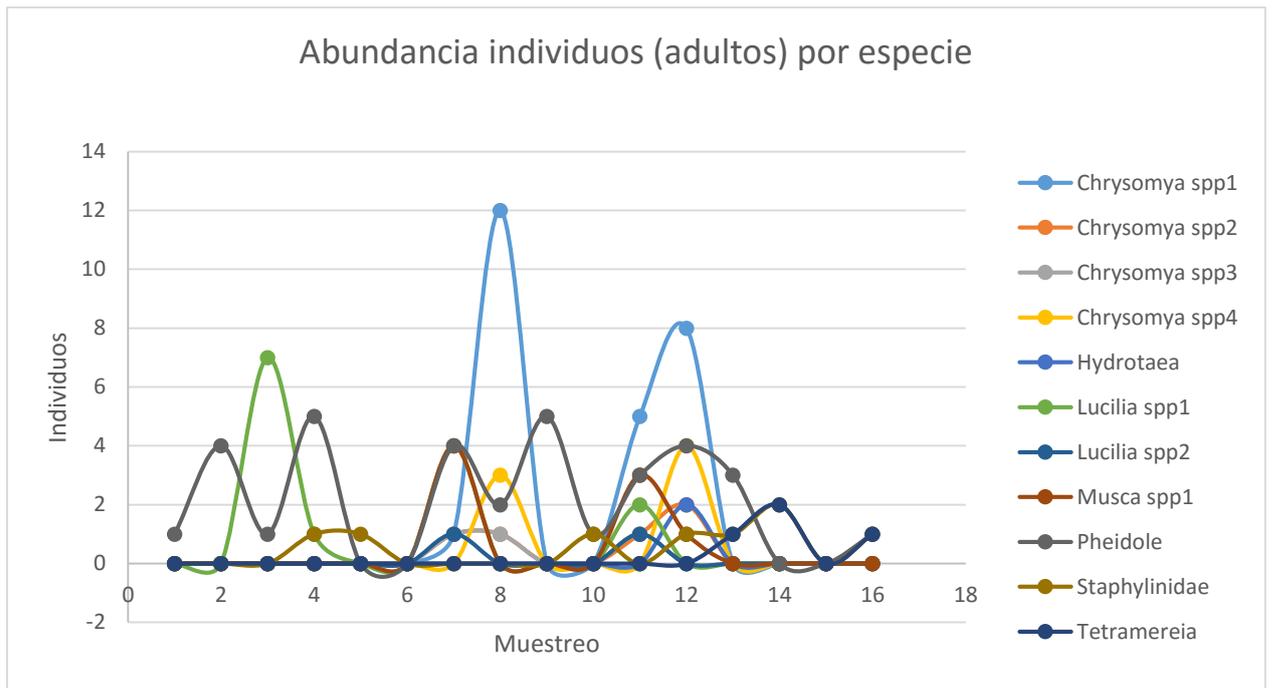


Figura 3. Abundancia de individuos (adultos) por especies en muestreos

Los picos de mayor abundancia de diferentes especies son logrados en el muestreo con el punto 8 y punto 12 como se mencionó brevemente fue en el horario de las 6pm. Sin embargo existen picos donde desciende la abundancia de especies en estos puntos como el género *Pheidole* en el punto número 8. Se observa que diferentes especies alcanzan sus máximas abundancias durante los puntos registrados al medio día como el género *Lucilia* en sus dos especies presentes, *Musca* y *Chrysomya spp3*. Las únicas especies que alcanzas sus mayor abundancia en horario de las 6 am son pertenecientes al género *Staphylinidae* y *Tetramereia*.

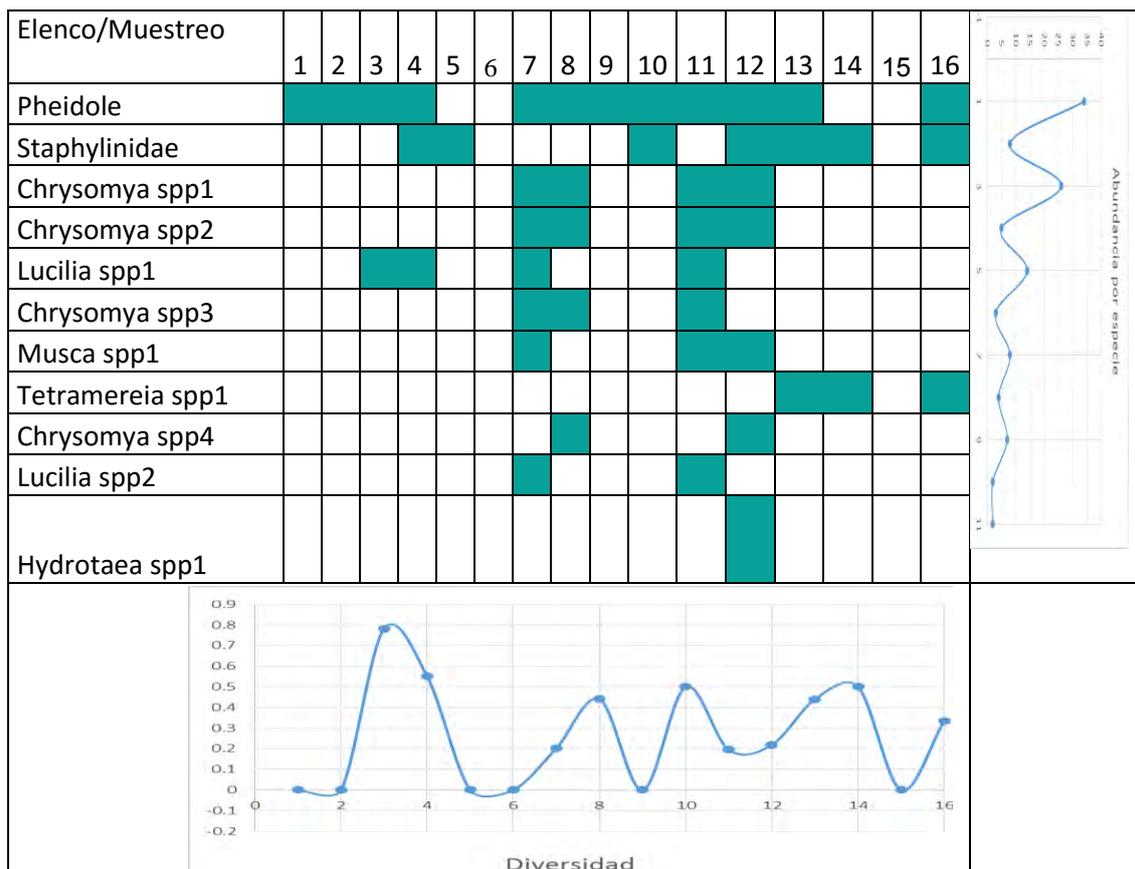


Figura. 4. Análisis de sucesión

Las curvas de máximos en la diversidad van en función de la desigualdad de abundancia de las especies del muestreo. Los picos de máximas no necesariamente reflejan los resultados de los muestreos con mayor riqueza específica o mayor abundancia, sino son reflejo de la mayor heterogeneidad en ese punto de muestreo. Las especies como se analizan en la tabla de distribución por muestreo corresponden a las sucesiones de necrófagos y fauna asociada a la descomposición de un cadáver. En la tabla posterior se señala los periodos de los estados de descomposición determinados en el modelo así como el tiempo en el cual aproximadamente entran a estos estados.

Prueba	Prueba 1		Prueba 2	
	Muestreo	Tiempo	Muestreo	Tiempo
Estado de descomposición				
Fresco		0-6hrs	1,2	0-17hrs
Hinchado	1,2	6-31hrs	3,4,5,6,7,8,9,10	17-65hrs
Descomposición activa	3	31-44hrs	11	65-71hrs
Descomposición avanzada	4	44-55hrs	12,13,14,15	71-95hrs
Restos secos	5	>55hrs	16	>95hrs

Tabla 3. Estados de descomposición de las dos pruebas realizadas de acuerdo al criterio de Flores Pérez (2009).

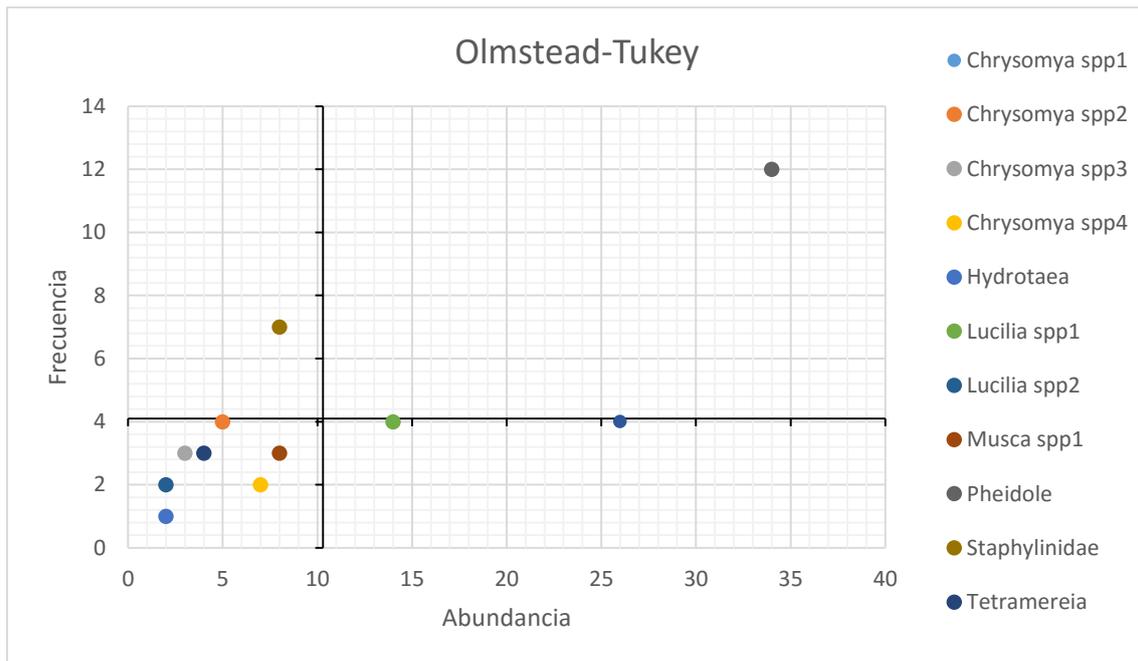


Figura 5. Análisis de Olmstead-Tukey

Especies	Frecuencia	Individuos	Olmstead-Tukey
<i>Chrysomya spp1</i>	4	26	Abundantes
<i>Chrysomya spp2</i>	4	5	Raras
<i>Chrysomya spp3</i>	3	3	Raras
<i>Chrysomya spp4</i>	2	7	Raras
<i>Hydrotaea sp.</i>	1	2	Raras
<i>Lucilia spp1</i>	4	14	Abundantes
<i>Lucilia spp2</i>	2	2	Raras
<i>Musca spp1</i>	3	8	Raras
<i>Pheidole sp.</i>	12	34	Común
<i>Staphylinidae sp.</i>	7	8	Frecuente
<i>Tetramereia sp.</i>	3	4	Raras

Tabla 4. Resultados de acuerdo a los criterios Olmstead-Tukey en donde se muestra que tanto *Lucilia spp1* como *Chrysomya spp1* son abundantes, existen siete especies que se pueden encontrar raras.

De la comunidad de artrópodos presente el 9% de las especies es común debido a que tiene una presencia y una abundancia alta a lo largo del muestreo, 9% es frecuente ya que incide en varios muestreos sin embargo no tiene una abundancia elevada, 18% es abundante debido a que su frecuencia es baja pero los individuos por frecuencia son abundantes y el 64% se considera rara puesto que su frecuencia y su abundancia son bajas.

## 9. DISCUSIÓN

El tiempo de descomposición de los dos cadáveres expuestos difieren entre ellos, ya que el primero se demoró 54 horas y el segundo 91 horas, Smith (1986) señala que los factores que controlan la oviposición y las tasas de desarrollo son la temperatura y humedad. Las condiciones de temperatura del primer cadáver, fueron mayores a los 25°C mientras que en el segundo cadáver fueron menores de 25°C, de acuerdo con, el descenso de temperaturas hace más lento el proceso de descomposición De Carvalho *et al.*, (2001), ya que, disminuye el la velocidad de desarrollo larval, mientras que un aumento de temperaturas acelera el proceso (Flores Pérez, 2009).

Los lapsos por los cuales los cadáveres atraviesan por las diferentes etapas de descomposición es menor comparado con estudios realizados en el país, misma región biogeográfica o en otros países.

Lugar	Tiempo de descomposición	Condiciones	Autor
Brasil	45 días	Cerdo 10kg Invierno	De Carvalho <i>et al.</i> , (2001)
Venezuela	10 días	Gatos domésticos Temperatura media entre 29°C y 32°C	Mavárez-Cardozo <i>et al.</i> , (2005)
Venezuela	8 días	Vísceras de res Abril Temperatura media 32°C	Rodríguez y Liria Salazar, (2014)
Perú	84 días	Cerdos recién nacidos 3.648kg Julio a Octubre	Iannacone, (2003),
Colombia	17 días	Cerdos de 22kg Julio a Septiembre	(Salazar-Ortega, 2008)
Aguascalientes	11 días	Cerdos de 15 a 20 kg 25°C	Martínez <i>et al.</i> , (2009)
Edo. de México	63 días 1° 232 días 2°	Cerdos 12 kg agosto-octubre 1° enero-octubre 2°	Flores Pérez, (2009)

Tabla 5. Comparación de los tiempos de descomposición en diferentes ambientes y condiciones, información de diversos autores.

**Fresco:** La primera etapa de descomposición del cadáver vario entre las diferentes pruebas realizadas en Calderitas y con los datos comparados la diferencia es evidente en los tiempos en los que permanecen los cadáveres en esta etapa. Si bien las especies que ovipositan inicialmente es la misma en las tres pruebas, Flores Pérez señala en su segunda prueba que hay una diferencia de especies como consecuencia de la temporalidad. El tiempo en el cual inició

la oviposición en la primera prueba concuerda con los datos de Flores Pérez en su primera prueba, ya que en el transcurso de la primera hora cavidades, pliegues y superficies corporales ya habían sido cubiertos de huevos por *Lucilia*. En cuanto a los formícidos, en ambas pruebas realizadas en este trabajo el género *Pheidole* comenzó a aparecer desde esta etapa y se mantuvo constante a lo largo del proceso, en el caso en Flores Pérez, (2009), no hubo reporte de formícidos en esta etapa, en Salazar-Ortega, (2008) la presencia de formícidos estuvo dada por una colonia continua al cadáver.

Aspecto /Autor	Padilla	Flores Pérez, (2009)	Salazar-Ortega,(2008)
Duración	1° 6 hrs 2° 17 hrs	1° 72hrs 2° 264hrs	° 12hrs
Género colonizador	1° <i>Lucilia</i> 2° <i>Pheidole</i>	1° <i>Lucilia</i> 2° <i>Chrysomya</i>	<i>Lucilia</i>
Oviposición	Inicia en cavidad bucal y se continua desarrollando en otras cavidades y pliegues	Inicia en la cavidad bucal y se continua desarrollando en otras cavidades y pliegues	Inicia en la cavidad bucal y se continua desarrollando en otras cavidades y pliegues
Género ovipositor inicial	1° <i>Lucilia</i> 2° <i>Lucilia</i>	1° <i>Lucilia</i> 2° <i>Chrysomya</i>	<i>Lucilia</i>
Formícidos	<i>Pheidole</i>	No hay presencia	<i>Labidus</i>

Tabla 6. Tabla de comparación de la etapa de descomposición fresco.

**Hinchado:** las características principales fue un cambio de coloración en su cavidad abdominal tornándose de un color verdoso, expulsión de líquidos corporales por el hocico e inicio de la actividad larval en la cavidad bucal y en los pliegues. El desarrollo larval se inició en la cavidad bucal y fueron agregándose los pliegues y otras cavidades, en cuanto a la distribución de dípteros el género *Lucilia* fue la dominante durante las primeras horas mientras la abundancia de *Chrysomya* empezaba a aumentar pasando a ser la dominante. El aumento de los formícidos en el cadáver se deriva al desarrollo larval en el cadáver, debido que la actividad de estos es la depredación de las larvas de *Calliphoridae*. Estas características de la etapa concuerdan con lo obtenido con Flores Pérez, (2009), en su trabajo se reporta el arribo de formícidos del género *Labidus* como en el caso de Salazar-Ortega, (2008). El arribo de formícidos al cadáver en los tres trabajos es resultando de su depredación por las larvas que se desarrollan en esta etapa.

Aspecto/Autor	Padilla	Flores Pérez (2009)	Salazar-Ortega (2008)
Duración	1° 1día 1hr	1° 6 días	4 días 12 hrs

	2° 2 días	2° 10 días	
Familias presentes	<i>Calliphoridae</i> <i>Sarcophagidae</i> <i>Staphylinidae (Padilla 2°)</i> <i>Muscidae</i>		
Géneros diferentes	<i>Pheidole</i> <i>(Formicidae)</i> <i>Paederus</i> <i>(Staphylinidae)</i>	<i>Labidus (Formicidae)</i> <i>Creophilus (2°),</i> <i>Philonthus</i> <i>(Staphylinidae)</i>	<i>Labidus, Solenopsis</i> <i>(Formicidae)</i>

Tabla 7. Tabla de comparación de la etapa de descomposición Hinchado.

**Descomposición activa:** larvas del género *Lucilia* realizaron degradación del tejido de la dermis dejando expuesto parcialmente algunos huesos, durante este proceso la población de *Lucilia* disminuye y la de *Chrysomya* aumenta y el género *Pheidole* se mantuvo en toda el estado, el género *Musca* tuvo presencia en la segunda prueba. De acuerdo con el trabajo de Flores Pérez, la mayor presencia de larvas es del género *Lucilia* en casi un 80% de ocupación y estas tienen mayor actividad en alimentación y degradación. Difiriendo con este mismo trabajo, las larvas comenzaron a llegar a su último instar de larvas, e inclusive algunas comenzaron a enterrarse para terminar su ciclo, esto corresponde con el lapso prolongado en el cual el cadáver ya había sido expuesto, en el caso contrario de este trabajo las larvas aún continuaban en el cadáver sin señal de abandono del sitio. Comparado con el trabajo de Salazar-Ortega, en esta etapa las larvas se encontraban en el exterior e interior del cadáver y el daño en los tejidos fue severo.

Aspecto/Autor	Padilla	Flores Pérez (2009)	Salazar-Ortega (2008)
Duración	1° 13hrs 2° 5hrs	1° 4 días 2° 20 días	8 días
Familias presentes	<i>Calliphoridae</i> <i>Muscidae</i> <i>Formicidae</i> <i>Sarcophagidae</i>		
Géneros diferentes	<i>Pheidole</i> <i>(Formicidae)</i>	<i>Labidus (1°)</i> <i>(Formicidae)</i> <i>Creophilus (1°),</i> <i>Philonthus,</i> <i>Aleochoa</i> <i>(Staphylinidae)</i>	<i>Labidus,</i> <i>Solenopsis</i> <i>(Formicidae)</i>

Tabla 8. Tabla de comparación de la etapa de descomposición activa.

**Descomposición avanzada:** en la primera prueba los derméstidos se presentan en el lugar, la actividad de dípteros disminuyó y se encuentran dos tipos de larvas pertenecientes al género *Lucilia* y *Chrysomya*. En el segundo cadáver solo se observan larvas del género *Lucilia*, los cambios en el cadáver incluyen la exposición de diversos huesos del cadáver iniciando por la parte anterior del cadáver en ambos casos. En el trabajo de Flores Pérez, (2009) en esta etapa la presencia de artrópodos en la primera prueba es predominantemente de adultos, sin presencia de larvas desde la mitad del estado, se redujo la abundancia de dípteros en los géneros *Lucilia*, *Chrysomya*, sin embargo, hay presencia de *Hydrotaea* y *Musca* que concuerda con los datos obtenidos en este trabajo, aumentó la presencia de formícidos y estafilínidos. En el trabajo de Salazar-Ortega, (2008) se comienzan a presentar los derméstidos en esta etapa lo que concuerda con los datos obtenidos en la primera prueba, los formícidos y estafilínidos mantienen su presencia en el cadáver y la abundancia de dípteros disminuye, similar al comportamiento registrado en este trabajo, a diferencia de ambos trabajos comparados con este se registra la presencia de *Tetramereia* de la familia *Scarabaeidae*.

Aspecto/Autor	Padilla	Flores Pérez (2009)	Salazar-Ortega (2008)
Duración	1° 11hrs 2° 24hrs	1° 10 días 2° 41 días	3 días
Familias presentes	<i>Calliphoridae</i> <i>Muscidae</i> <i>Formicidae</i> <i>Sarcophagidae</i> <i>Staphylinidae</i> (Padilla 2°)		
Géneros diferentes	<i>Pheidole</i> (Formicidae) <i>Hydrotaea</i> (Muscidae) <i>Paederus</i> (Staphylinidae) <i>Tetramereia</i> (Scarabaeidae)	<i>Labidus</i> (1°) (Formicidae) <i>Creophilus</i> (1°), <i>Philonthus</i> , <i>Aleochoa</i> (Staphylinidae)	<i>Labidus</i> , <i>Solenopsis</i> (Formicidae)

Tabla 9. Tabla de comparación de la etapa de descomposición avanzada.

**Restos secos:** La característica de esta etapa es la exposición completa de los huesos, así como la deshidratación de los cartílagos y tejido de la dermis sobrante. En cuanto a la actividad de dípteros es casi nula, la actividad de formícidos se mantiene junto con la de los coleópteros. Comparando con Flores Pérez, (2009) la presencia de formícidos aumentó levemente y se registró desarrollo larval por parte de otros dípteros, no hubo presencia de *Staphylinidae*. De acuerdo Salazar-Ortega, (2008) los dípteros disminuyeron y la actividad de coleópteros aumentó, mientras que la actividad de formícidos se mantuvo.

Aspecto/Autor	Padilla	Flores Pérez (2009)	Salazar-Ortega (2008)
Inicio	1° 2días 7hrs 2° 4días	1° 25 días 2° 89 días	17 días
Familias presentes	<i>Calliphoridae</i> <i>Muscidae</i> <i>Formicidae</i>		
Géneros diferentes	<i>Pheidole</i> ( <i>Formicidae</i> ) <i>Paederus</i> ( <i>Staphylinidae</i> )	<i>Labidus</i> (1°) ( <i>Formicidae</i> ) <i>Philonthus</i> , <i>Aleochoa</i> ( <i>Staphylinidae</i> )	<i>Labidus</i> , <i>Solenopsis</i> ( <i>Formicidae</i> )

Tabla 10. Tabla de comparación de la etapa de descomposición restos secos.

En comparación los ciclos de reciclaje de la materia en el sur Quintana Roo son cortos con los elaborados previamente en nuestro país o en la misma zona biogeográfica, estos tiempos varían por factores como la estacionalidad y el elenco sucesional de comunidades de organismos descomponedores presentes.

Trabajo/Tiempo por etapa	Fresco	Hinchado	Descomposición activa	Descomposición avanzada	Restos secos
Padilla 1°	6hrs	25hrs	13hrs	11hrs	>55hrs
Padilla 2°	17hrs	48hrs	5hrs	24hrs	>96hrs
Flores 1°	72hrs	144hrs	96hrs	240hrs	>600hrs
Flores 2°	264hrs	240hrs	480hrs	984hrs	>2,136hrs
Salazar-Ortega	12hrs	108hrs	192hrs	72hrs	>408hrs

Tabla 11. Comparación del tiempo en las diferentes etapas de descomposición según los resultados de diversos autores.

La sucesión de dípteros y el intercambio de dominancia entre especies, es descrito para *Lucilia* por Fisher *et al.*, (1998), el comportamiento para este género

es como un colonizador pionero en los cadáveres, este patrón se observó en ambas pruebas en donde *Lucilia* fue la primera en arribar a los restos y ovipositar, esto es un mecanismo para escapar de la competencia que pueda ocurrir entre las larvas de dípteros, es por ello que la primera prueba donde se encontraron larvas tanto de *Lucilia* como de *Chrysomya*, las primeras abandonaron el cadáver antes que las segundas, donde éstas depredaban las larvas de *Lucilia* como lo señala Fisher *et al.*, (1998).

El incremento de abundancia de dípteros durante el día y su ausencia de noche es debido a que las moscas detectan el sustrato por medio del olfato y tienen un rango de vista reducido (Santodomingo-M *et al.*, 2014), al incrementarse la temperatura y la evaporación durante el día, se hace más probable la detección de las sustancias derivadas de la descomposición por parte de esta especie, esto se complementa con que estos organismos utilizan la luz polarizada para guiarse, (Cuervo and Maritza, 2014), esto se corrobora con los picos de abundancia obtenidos en las gráficas anteriores, en los cuales las curvas resaltan en los muestreos diurnos abarcando la mayor abundancia de dípteros presentes, estos picos se relacionan igualmente con la mayor degradación del cadáver, pues uno de los medios que usan para la identificación de materia en descomposición es el olor, el cual se acentúa durante el día.

La mayor abundancia de larvas del género *Lucilia* en una distribución de 4:1 con género *Chrysomya*, se describe en el trabajo realizado para el Estado de México, esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que estas larvas mostraron una mayor actividad de alimentación y degradación durante los estados iniciales (Flores Pérez, 2009).

La familia *Staphylinidae* es depredadora de larvas *Calliphoridae*, su comportamiento durante los diferentes estados fue de un aumento durante las primeras horas del estado hinchado, reduciéndose cuando la actividad larval aumentó, esto es debido a que las masas larvales de *Calliphoridae* producen altas cantidades de amonio, el cual puede ser tóxico y repelente para los organismos del orden *Coleoptera* (Crowson, 1981).

Los géneros recolectados de dípteros se encuentran registrados para México, o dentro de la región Neotropical. (Alves *et al.*, 2014). El género *Pheidole* esta

descrito por sus actividades asociadas a la descomposición. (Aballay *et al.*, 2008), el comportamiento observado dentro de las pruebas, se relaciona con la depredación de los huevos ocupados en las etapa inicial o desocupados y con las larvas en las etapas posteriores.

En comparación con otros estudios de fauna cosmopolita de artrópodos cadavéricos que intervienen en este proceso no se encuentran reportes que reiteren la presencia de *Tetramereia* en este proceso ecológico, por otra parte la presencia de *Pheidole* ha sido descrita en otras zonas dentro de la región Neotropical sin embargo, no existen reportes de la presencia de ella ligada al proceso de ecología forense en el país. A pesar de que la literatura señala la presencia de *Sarcophagidae* en este proceso, en las dos pruebas realizadas la presencia de este género fue reducida a un individuo máximo dos individuos al mismo tiempo sobre el cadáver.

## **10. CONCLUSIONES**

1. La descomposición en el sur de Quintana Roo sigue el patrón ya señalado por la bibliografía, sin embargo las condiciones climáticas juegan un papel importante para la duración del proceso completo y la velocidad de sucesión de las especies involucradas.
2. Las comunidades de artrópodos se ven afectadas por las condiciones climáticas, la sucesión de artrópodos en las pruebas fue definida por el proceso de descomposición, al tener un mayor tiempo de descomposición el elenco de artrópodos aumenta.
3. A pesar de que son ciclos cortos de descomposición los que se registran en el Sur de Quintana Roo la actividad entomológica se desarrolló con base a la información general ya documentada, por lo tanto los géneros están ligados a las diferentes etapas de descomposición (tabla 10).

## **11. REFLEXIONES FINALES**

Aún queda mucho por estudiar de las sucesiones de comunidades de organismos necrófagos en nuestro estado, haciendo hincapié en las diferentes épocas del año (nortes, lluvias, secas) y las diferentes condiciones en las que pudiera estar un cadáver (expuesto a luz solar, sombra, inundado, etc.), así como distinto tamaño y peso que pudiera tener.

El trabajo se pudo llevar a cabo de la mejor manera, tomando como base trabajos de México y de la misma zona biogeográfica, si bien hubo claves para la identificación de organismos que en su mayoría fue género (claves de Colombia), hubiera sido útil claves de identificación de diferentes familias hasta géneros o especies para México.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Aballay, F.H., Murúa, A.F., Acosta, J.C., Centeno, N., 2008. Primer registro de artropodofauna cadavérica en sustratos humanos y animales en San Juan, Argentina. *Rev. Soc. Entomológica Argent.* 67, 157–163.
- Alves, A.C.F., dos Santos, W.E., Creão-Duarte, A.J., 2014. Díptera (Insecta) de importância forense da região Neotropical. *Entomotropica* 29, 77–94.
- Amat, E., 2009. Contribución al conocimiento de las Chrysomyinae y Toxotarsinae (Diptera: Calliphoridae) de Colombia [WWW Document]. *Rev. Mex. Biodivers.* URL <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42515996012> (accessed 1.27.16).
- Amat, E., Vélez, M.C., Wolff, M., others, 2008. Clave ilustrada para la identificación de los géneros y las especies de califóridos (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Caldasia* 30, 231–244.
- Amendt, J., Campobasso, C.P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H.N., Hall, M.J., 2007. Best practice in forensic entomology—standards and guidelines. *Int. J. Legal Med.* 121, 90–104.
- Arnaldos, M.I., Romera, E., Garcia, M.D., Luna, A., 2001. Protocolo para la recogida, conservación y remisión de muestras entomológicas en casos forenses. *Cuad. Med. Forense* 25, 65–73.
- Barrera, A., 1955. Ensayo sobre el desarrollo histórico de la Entomología en México.
- Benecke, M., 2005. Arthropods and corpses, in: *Forensic Pathology Reviews*. Springer, pp. 207–240.
- Buenaventura, E., Camacho, G., García, A., Wolff, M., 2009. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en Colombia: claves taxonómicas, notas sobre su biología y distribución. *Rev. Colomb. Entomol.* 35, 189–196.
- Byrd, J.H., Castner, J.L., 2002. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. CRC Press.
- Castner, J.L., 2001. General entomology and arthropod biology. *Forensic Entomol. Util. Arthropods Leg. Investig.* 17–41.

- Clements, F.E., 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Institution of Washington.
- CONAGUA, SMN, 2010. Normales climatológicas.
- Consuelo, E.L., Pilar, C.M.M. del, M<sup>a</sup>, C.V.R., Teresa, C.V., 2013. ECOLOGÍA II: COMUNIDADES Y ECOSISTEMAS. Editorial UNED.
- Crowson, R.A., 1981. The biology of the Coleoptera. Academic Press.
- Cuervo, G., Maritza, A., 2014. Visión en *Lucilia sericata* (meigen, 1826) (diptera: calliphoridae) : experimentos comportamentales y electrofisiológicos.
- De Carvalho, L.L., Linhares, A.X., others, 2001. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. *J. Forensic Sci.* 46, 604–608.
- del Campo Rivera, B.M., 2014. El Desarrollo de la Entomología Forense en México. *Skopein Justicia En Manos Cienc.* 38–42.
- Easton, A.M., Smith, K.G.V., 1970. The Entomology of the Cadaver. *Med. Sci. Law* 10, 208–215. doi:10.1177/002580247001000403
- Fisher, P., Wall, R., Ashworth, J. r., 1998. Attraction of the sheep blowfly, *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) to carrion bait in the field. *Bull. Entomol. Res.* 88, 611–616. doi:10.1017/S0007485300054274
- Flores Pérez, L.R., 2009. SUCESIÓN DE ENTOMOFAUNA CADAVERICA UTILIZANDO COMO BIOMODELO CERDO BLANCO, *Sus scrofa* L. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Franco-López, J., De La Cruz, G., Cruz, A., Rocha, A., Navarrete, N., Flores, G., Kato, E., Sánchez, S., Abarca, L.G., Bedia, C.M., others, 1985. Manual de ecología. Trillas México.
- García Amaro, E., García, E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.
- González, A.R., 2006. Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Pontificia Universidad Javeriana.
- Greenberg, B., 1991. Flies as forensic indicators. *J. Med. Entomol.* 28, 565–577.
- Greenberg, B., Kunich, J.C., 2002. Entomology and the law: flies as forensic indicators. Cambridge University Press.

- Greenberg, B., others, 1973. Flies and disease. Vol. II. II. Biology and disease transmission. Flies Dis. Vol II II Biol. Dis. Transm.
- Greenberg, B., others, 1971. Flies and disease. Vol. I. Ecology, classification and biotic associations. Flies Dis. Vol Ecol. Classif. Biot. Assoc.
- Groenen, M.A.M., Archibald, A.L., Uenishi, H., Tuggle, C.K., Takeuchi, Y., Rothschild, M.F., Rogel-Gaillard, C., Park, C., Milan, D., Megens, H.-J., Li, S., Larkin, D.M., Kim, H., Frantz, L.A.F., Caccamo, M., Ahn, H., Aken, B.L., Anselmo, A., Anthon, C., Auvil, L., Badaoui, B., Beattie, C.W., Bendixen, C., Berman, D., Blecha, F., Blomberg, J., Bolund, L., Bosse, M., Botti, S., Bujie, Z., Bystrom, M., Capitanu, B., Carvalho-Silva, D., Chardon, P., Chen, C., Cheng, R., Choi, S.-H., Chow, W., Clark, R.C., Clee, C., Crooijmans, R.P.M.A., Dawson, H.D., Dehais, P., De Sapio, F., Dibbits, B., Drou, N., Du, Z.-Q., Eversole, K., Fadista, J., Fairley, S., Faraut, T., Faulkner, G.J., Fowler, K.E., Fredholm, M., Fritz, E., Gilbert, J.G.R., Giuffra, E., Gorodkin, J., Griffin, D.K., Harrow, J.L., Hayward, A., Howe, K., Hu, Z.-L., Humphray, S.J., Hunt, T., Hornshøj, H., Jeon, J.-T., Jern, P., Jones, M., Jurka, J., Kanamori, H., Kapetanovic, R., Kim, J., Kim, J.-H., Kim, K.-W., Kim, T.-H., Larson, G., Lee, K., Lee, K.-T., Leggett, R., Lewin, H.A., Li, Y., Liu, W., Loveland, J.E., Lu, Y., Lunney, J.K., Ma, J., Madsen, O., Mann, K., Matthews, L., McLaren, S., Morozumi, T., Murtaugh, M.P., Narayan, J., Truong Nguyen, D., Ni, P., Oh, S.-J., Onteru, S., Panitz, F., Park, E.-W., Park, H.-S., Pascal, G., Paudel, Y., Perez-Enciso, M., Ramirez-Gonzalez, R., Reecy, J.M., Rodriguez-Zas, S., Rohrer, G.A., Rund, L., Sang, Y., Schachtschneider, K., Schraiber, J.G., Schwartz, J., Scobie, L., Scott, C., Searle, S., Servin, B., Southey, B.R., Sperber, G., Stadler, P., Sweedler, J.V., Tafer, H., Thomsen, B., Wali, R., Wang, J., Wang, J., White, S., Xu, X., Yerle, M., Zhang, G., Zhang, J., Zhang, J., Zhao, S., Rogers, J., Churcher, C., Schook, L.B., 2012. Analyses of pig genomes provide insight into porcine demography and evolution. *Nature* 491, 393–398.  
doi:10.1038/nature11622
- Iannacone, J., 2003. Artropofauna de importancia f auna de importancia f auna de importancia forense en un ense en un cadáver de cer er de cer er de

- cerdo en el Callao, do en el Callao, do en el Callao, Perú. Rev. Bras. Zool. 20, 85–90.
- INEGI, 2011. Mapa Digital de México en línea [WWW Document]. URL <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE4LjYxOTc5LGxvbjotODguMjQyMjEsejo4LGw6Y3VzdjU=> (accessed 2.28.16).
- INEGI, 2002. Estudio hidrológico del estado de Quintana Roo.
- Jaksic, F., 2007. Ecología de comunidades. Ediciones UC.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., Bello-Amez, S., 2006. LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. Idesia Arica 24, 49–61. doi:10.4067/S0718-34292006000100009
- Lord, W.D., Burger, J.F., 1983. Collection and preservation of forensically important entomological materials. J. Forensic Sci. 28, 936–944.
- Magaña, C., 2001. La entomología forense y su aplicación a la medicina legal: Data de la muerte. Bol. SEA 49–57.
- Margalef, R., 1978. Perspectivas de la teoría ecológica, in: Blume Ecología. Blume.
- Martínez, H., Jaramillo, F., Escoto, J., Rodríguez, M.L., Posadas, F.A., Medina, I.E., 2009. Estudio comparativo preliminar de la sucesión de insectos necrófagos en *Sus scrofa* intoxicado con paratión metílico, en tres periodos estacionales. Rev. Mex. Cienc. Farm. 40, 5–10.
- Mavárez-Cardozo, M.G., Espina de Ferreira, A.I., Barrios-Ferrer, F.A., Ferreira-Paz, J.L., 2005. La entomología forense y el neotrópico. Cuad. Med. Forense 23–33.
- Mégnin, J.-P. (1828-1905), 1894. La faune des cadavres : application de l'entomologie à la médecine légale / par P. Mégnin,...
- Murillo, J.I., Quílez, M.J.G., 2009. Uso del concepto de sucesión ecológica por alumnos de secundaria : la predicción de los cambios en los ecosistemas. Enseñ. Las Cienc. Rev. Investig. Exp. Didácticas 27, 19–32.
- Nihei, S., Domínguez, M.C., 2008. MUSCIDAE. [WWW Document]. URL <http://docplayer.es/3052753-Muscidae-resumen-abstract-silvio-shigueo-nihei-m-cecilia-dominguez-introduccion.html> (accessed 2.3.16).

- Nuorteva, P., 1977. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. *Forensic Med. Study Trauma Environ. Hazards* 2, 1072–1095.
- Oliva, A., 2007. Frecuencia y distribución temporal de moscas cadavéricas (Diptera) en la ciudad de Buenos Aires. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. Nueva Ser.* 9, 5–14.
- Patitucci, L.D., 2010. Muscidae (Insecta: Diptera) de la provincia de Buenos Aires. Composición específica y estacionalidad (Text). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Payne, J.A., 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology* 592–602.
- Ponce, A.C., Morell, A.A., Bozal, F.F., 2014. La entomología como ciencia forense: desde Sung Tz'u a las granjas de cuerpos. *Gac. Int. Cienc. Forenses* 13–28.
- Pozo, C.A.C., Calmé, N., others, 2011. Riqueza biológica de Quintana Roo: análisis para su conservación.
- Rodríguez, J.N., Liria Salazar, J., 2014. Sucesión de la entomofauna cadavérica a partir de un biomodelo con vísceras de res.
- Salazar-Ortega, J., 2008. Estudio de la entomofauna sucesional asociada a la descomposición de un cadáver de cerdo doméstico (*Sus scrofa*) en condiciones de campo. *Univ. Sci.* 13, 21–32.
- Santodomingo-M, M., Santodomingo-Santodomingo, A., Valverde-C, C., 2014. Califóridos Urbanos (Diptera: Calliphoridae) De Cuatro Ciudades De La Costa Caribe Colombiana. *INTROPICA* 9, 84–91.
- Smith, K.G., others, 1986. *A manual of forensic entomology*.
- Song, C., McKnight, B.E., 1981. The washing away of wrongs: forensic medicine in thirteenth-century China. Center for Chinese Studies, University of Michigan.
- Valdés, T.V., Cano-Santana, Z., 2005. *Ecología y medio ambiente*. Pearson Educación.
- Walker, L.R., 2005. Margalef y la sucesión ecológica. *Rev. Ecosistemas* 14.