

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Desarrollo y curvas de crecimiento de
Lucilia silvarum y *Cochliomyia macellaria***

POR:

CHRISTIAN DANIEL MORALES GÓMEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

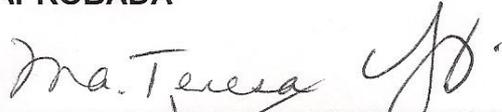
TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TÍTULO DE:

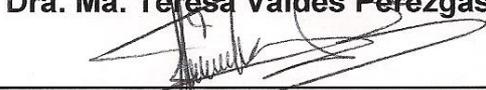
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA

PRESIDENTE:


Dra. Ma. Teresa Valdés Pérezgasga

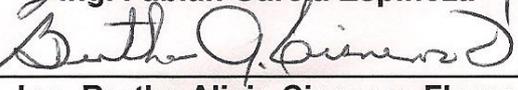
VOCAL:


Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos

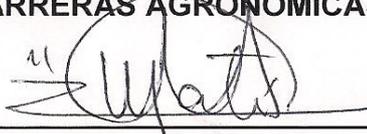
VOCAL:

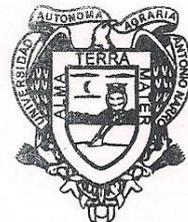

Ing. Fabián García Espinoza

VOCAL SUPLENTE:


Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS:


M. C. Víctor Martínez Cueto



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

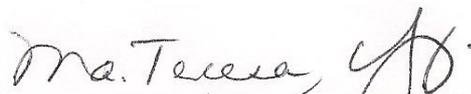
Desarrollo y curvas de crecimiento de
Lucilia silvarum y *Cochliomyia macellaria*

POR:

CHRISTIAN DANIEL MORALES GÓMEZ

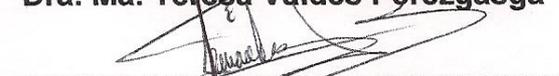
APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

ASESOR PRINCIPAL:



Dra. Ma. Teresa Valdés Perezgasga

ASESOR:



Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos

ASESOR:



Ing. Fabián García Espinoza

ASESOR:



Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores

ASESOR:



M. C. Javier López Hernández

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS:



M. C. Víctor Martínez Cueto



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2011

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por haberme dado la vida y ser la luz que guía mi camino y en todo momento siempre está conmigo para poder cumplir con el objetivo anhelado de terminar esta carrera y enfrentar una nueva.

A mi **Alma Mater**, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser parte fundamental de mi formación académica y las facilidades brindadas.

A la **Dra. Ma. Teresa Valdés Perezgasga**, por su gran calidad humana, profesional y permitirme formar parte de este proyecto de Entomología Forense, Gracias y Dios la bendiga.

A mis **maestros**, por los conocimientos que me brindaron, en especial al Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos, M.C. Javier López Hernández, Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores, M.C. Sergio Hernández, Ph.D. Vicente Hernández Hernández, Ph.D. Florencio Jiménez Díaz, Dr. Aldo Iván Ortega Morales, Ing. José Alonso Escobedo, M.C. Claudio Ibarra Rubio y a la Ing. Sonia López Galindo.

También quiero agradecer a la **Sra. Graciela Armijo Yerena** y la **Ing. Gabriela Muñoz Dávila**, por brindar su amistad, ser buenas personas y al mismo tiempo estar en todo momento requerido.

Al **Ing. Fabián García Espinoza**, por compartir su amistad, de igual forma, brindar su apoyo incondicional en la realización de este trabajo y transmitirme parte de sus conocimientos y por los momentos de alegría.

A mis **primos** y **primas**, MVZ. Herlendy, Ing. Adiel, Beyquer, Yuridia, Lizbeth por esos momentos de alegría y por ser buenas personas. Dios los bendiga siempre.

A mis **compañeros de clase** y **amigos**, Martín, Fidel, Adelfo, Félix, Darwin, por ser buenos amigos y a mis compañeros de generación 2006-2010 por estos cuatro años y medio de convivencia que siempre recordaré. Dios bendiga a todos y a cada uno de ustedes.

DEDICATORIAS

A mi **madre**:

Olga Gómez Vázquez, por ser la mejor madre que Dios me dio e instruirme para ser un hombre, hecho y derecho; por ser una persona trabajadora que siempre busca lo mejor para sus hijos y todo ese esfuerzo que ha realizado no ha sido en vano.

Mamá la quiero mucho y que Dios la siga bendiciendo como lo ha hecho hasta este momento.

A mi **hermana**:

A Yesenia, por el apoyo que me brindaste en el transcurso de esta carrera y por estar siempre conmigo; a Vivian, ponle muchas ganas y llegaras muy lejos. A ustedes las quiero mucho y que Dios las cuide como lo hace siempre.

A mis **abuelos**:

Humberto Gómez Solórzano por darme siempre todo el apoyo, enseñarme muchas cosas y por los sabios consejos que me has dado y Elvira Vázquez García por cuidar mí y de mi hermana desde pequeños y querernos tanto, por lo cual ustedes son unos padres para mí y que Dios los bendiga siempre.

Elpidio Morales Rodríguez, por los consejos que me has dado. Natalia Pérez Ramírez (†), a ti abuela que en el transcurso de esta carrera nos abandonaste y pasaste a mejor vida.

A mis **tíos (as)**:

Erayda, Sonia, Elvira, Boris, María Virginia, Aurelio, Orfina (†), por el apoyo incondicional que me brindaron, Dios los bendiga.

RESUMEN

Durante el 2010 se realizó un experimento en tres etapas, durante los meses de febrero, mayo y julio en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna para obtener curvas de crecimiento y calcular el ciclo vital de dos especies de Calliphoridae. La especie *Lucilia silvarum* (Meigen, 1826) sólo se presentó durante el mes de febrero, mientras que *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775), sí se presentó durante las tres etapas del experimento. Se colectaron ovipositoras de *Co. macellaria* bajo condiciones de laboratorio, midiendo longitud y diámetro de las larvas, registrando los estadios larvales, proyectando curvas de crecimiento y se calcularon las unidades calor necesarias para el desarrollo desde huevo hasta adulto de *Co. macellaria*, siendo de 195.05 para la primavera y de 195.4 a 215.0 durante el verano.

Palabras clave: Entomología forense, Calliphoridae, unidades calor, curvas de crecimiento, tiempo fisiológico.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Concepto y generalidades de la entomología forense.....	4
2.2. Función de los dípteros dentro de la entomología médico-legal.....	5
2.3. Los califóridos como herramienta clave para estimación del IPM.....	6
2.4. La importancia de la determinación del IPM.....	7
2.4.1. Desarrollo larval y el IPM.....	8
2.4.2. Desarrollo del insecto y la entomología forense.....	9
2.5. Biología de califóridos y desarrollo larval.....	10
2.6. Taxonomía de la familia Calliphoridae.....	13
2.7. Importancia médica de los Califóridos.....	14
2.8. Géneros de califóridos que causan miasis.....	15
2.9. Especies más importantes de califóridos en la Comarca Lagunera.....	16
2.10. Descripción de <i>Cochliomyia macellaria</i>	16
2.11. Descripción de <i>Lucilia silvarum</i>	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Estudio preliminar.....	20
3.2. Primera etapa (carcasas de pollo).....	21
3.3. Segunda etapa (cabezas de cerdo).....	21
3.4. Manejo y cuidado de adultos en laboratorio.....	23

3.5. Fijación y medición de larvas	23
3.6. Manejo de datos.....	25
4. RESULTADOS	26
4.1. Etapa preliminar	26
4.2. Primera etapa.....	26
4.2.1. Curvas de crecimiento a partir de cinco larvas de la masa 8.....	26
4.2.2. Curvas de crecimiento a partir de cinco larvas de la masa 10.....	28
4.2.3. Crecimiento promedio de masa 8 y 10	30
4.2.4. Crecimiento acumulado de masa 8 y 10.....	30
4.2.5. Desarrollo de acuerdo a Unidades Calor Acumuladas (UCA)	31
4.3. Segunda etapa.....	32
4.3.1. Curva de crecimiento a partir de cinco larvas tomadas de la masa 6.....	32
4.3.2. Curva de crecimiento a partir de cinco larvas de la masa 13.....	34
4.3.3. Crecimiento promedio de masa 6 y 13	36
4.3.4. Crecimiento acumulado de masas 6 y 13.....	37
4.3.5. Desarrollo de acuerdo a UCA de la masa 6.....	38
4.3.6. Desarrollo de acuerdo a UCA a la masa 13.....	39
4.4. Observaciones	40
5. DISCUSIÓN.....	41
6. CONCLUSIÓN.....	43
7. LITERATURA CITADA	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de coordenadas en el terreno del experimento	20
Figura 2. Carcasas de pollo en utilizadas como necrotrampas en mayo del 2010	21
Figura 3. Cabezas de puerco puestas en julio de 2010 para coleccionar califóridos, las necrotrampas se protegieron como se ve en la imagen	22
Figura 4. Captura de adultos durante la segunda etapa del experimento en julio de 2010	22
Figura 5. Los adultos traídos del campo se aletargaban con CO ₂ para su posterior separación por especies	23
Figura 6. Las mediciones de las larvas se hicieron con la ayuda de un vernier y microscopio estereoscópico	24
Figura 7. Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en mayo del 2010	27
Figura 8. Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en mayo del 2010	28
Figura 9. Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en mayo del 2010	29
Figura 10. Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en mayo del 2010	29
Figura 11. Curvas de crecimiento promedio de 10 larvas de <i>Co. macellaria</i> en mayo del 2010	30
Figura 12. Curvas de crecimiento acumulado de diez larvas de <i>Co. macellaria</i> en mayo del 2010	31
Figura 13. Unidades calor acumulada para el desarrollo <i>Co. macellaria</i> en mayo del 2010	32
Figura 14. Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en julio del 2010	33

Figura 15.	Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en julio del 2010	34
Figura 16.	Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en julio del 2010	35
Figura 17.	Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> de la masa 13, en julio del 2010	36
Figura 18.	Curvas de crecimiento promedio de diez larvas de <i>Co. macellaria</i> en julio del 2010	37
Figura 19.	Curvas de crecimiento acumulado de 10 larvas de las masa 6 y 13 de <i>Co. macellaria</i> en julio del 2010	38
Figura 20.	Unidades calor de la masa 6 de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en julio del 2010	39
Figura 21.	Unidades calor de la masa 13 de cinco larvas de <i>Co. macellaria</i> en julio del 2010	40

1. INTRODUCCIÓN

La entomología forense es el campo en donde interactúan la ciencia de los artrópodos y el sistema judicial (Hall y Huntington, 2010). La entomología forense es la disciplina que estudia a los insectos y otros artrópodos asociados con cadáveres con el propósito de proporcionar información útil en las investigaciones judiciales. Es una herramienta de la medicina legal para datar y estimar las causas y lugar de una muerte (Liria, 2006).

La entomología forense proporciona indicios aplicables a casos civiles y criminales sobre la biología de los insectos y ha sido usada y aceptada en foros legales en todo el mundo. La entomología forense o médico-legal se distingue de las otras ya que sus estándares de indicios son gobernados por el derecho penal, mientras que las otras dos son juzgadas bajo estándares de indicios menos estrictos del derecho civil (Williams y Villet, 2006).

Los insectos por lo general, son los primeros organismos en llegar a un cuerpo después de que ocurre la muerte y éstos lo colonizan en una secuencia predecible. El proceso de descomposición, atraviesa por cambios físicos, biológicos y químicos (Torrez *et al.*, 2006). Cada una de estas etapas de descomposición atrae a diferentes grupos de artrópodos sarcosaprófagos principalmente insectos. Algunos son atraídos directamente por el cadáver, ya que es usado como alimento o medio para la ovipostura, mientras que otras especies son atraídas por la gran agregación de otros insectos a los cuales usan como fuente de alimento (Anderson, 2001).

La entomología forense interpreta la información que suministran los insectos como testigos directos de un deceso, donde la patología clásica no provee todos los

datos necesarios para resolver un caso. Una de las aplicaciones más habituales de la entomología forense es la estimación del intervalo post-mortem (IPM), que se define como el tiempo transcurrido desde que ocurrió la muerte hasta que el cadáver es descubierto (Yusseff, 2009).

Existen dos métodos para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte usando la evidencia de los insectos. El primero utiliza la edad de las larvas y la tasa de desarrollo. El segundo método utiliza la sucesión de insectos en la descomposición del cuerpo. Por lo general, en las primeras fases de la descomposición las estimaciones se basan en el estudio del crecimiento de una o dos especies de insectos, particularmente dípteros, mientras que en las fases más avanzadas se utiliza la composición y grado de crecimiento de la comunidad de artrópodos encontrada en el cuerpo y se compara con patrones conocidos de sucesión de fauna para el hábitat y condiciones más próximas (Magaña, 2001).

Por lo tanto, para la entomología forense es de suma importancia el conocimiento del ciclo de vida y tasa de desarrollo de las principales especies de dípteros colonizadores de cadáveres para cada región geográfica. El propósito de esta investigación fue producir y proyectar curvas para *Cochliomyia macellaria* y *Lucilia silvarum* (Diptera: Calliphoridae), especies de importancia forense reportadas por Valdés (2009), así como determinar las Unidades Calor necesarias para concluir el ciclo vital.

Objetivos

Objetivo General

Contribuir al conocimiento sobre el desarrollo de dípteros de interés forense e incrementar la base de datos de fauna sarcosaprófaga en la Región Lagunera de Coahuila.

Objetivos específicos

Colectar adultos con una madurez sexual completa y/o hembras grávidas en campo y reproducirlos en el laboratorio.

Criar las especies de la familia Calliphoridae desde huevo hasta adulto y obtener datos sobre el crecimiento y desarrollo de éstas.

Producir curvas de crecimiento comparadas entre tiempo real y las unidades calor acumuladas necesarias para el desarrollo de las especies en distintas épocas del año.

Hipótesis

Ha: Las variaciones de temperatura no tienen efecto alguno sobre el desarrollo de *Co. macellaria* y *L. silvarum*.

Ho: El ciclo vital de *Co. macellaria* y *L. silvarum* es influenciado por las condiciones climáticas en especial por la temperatura y afectando su desarrollo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Concepto y generalidades de la entomología forense

La entomología forense es la disciplina que estudia a los insectos y otros artrópodos asociados con cadáveres, es una herramienta de la medicina legal para fechar y estimar las causas y lugar de una muerte (Liria, 2006).

Los principales objetivos de la entomología forense son; datar la muerte a través del estudio de la fauna cadavérica, determinación de la época del año en que ha ocurrido la muerte, verificar que un cadáver ha fallecido en el lugar donde ha sido hallado o ha sido trasladado hasta el mismo y dar fiabilidad y apoyo a otros medios de datación forense en un crimen (Magaña, 2001; Liria, 2006).

La entomología forense, es la ciencia de los artrópodos que es empleada como herramienta en las investigaciones de la escena del crimen y otros casos forenses, cuando el cadáver es hallado bajo condiciones extraordinarias, resultando insuficientes los métodos de la patología clásica. La entomología forense representa una ayuda invaluable en casos de cuerpos muy descompuestos, como ocurre en las muertes por homicidio, muerte repentina como la anafilaxis por picadura de abeja o accidentes de tránsito, donde los restos humanos son colonizados por insectos. En muchos países, los estudios sobre entomología forense son amplios y utilizan esta ciencia como herramienta legal (Cardozo, 2005; Yusseff, 2009).

La entomología forense es una disciplina incluida en las ciencias forenses que utiliza los datos que los artrópodos pueden aportar en la investigación médico legal de la muerte, especialmente en aquellos casos de muerte violenta, proporcionando

una fuerte evidencia científica que puede ser defendida con éxito (García-Rojo *et al.*, 2009).

El primer documento sobre un caso antiguo resuelto por la entomología forense se remonta al siglo XIII y se encuentra en un manual chino de medicina legal, el cual refiere a un homicidio en el que apareció un labrador degollado por una hoz. Se describe que el día después de la muerte, el investigador pidió a todos los labradores que pusieran su herramienta de trabajo (hoz) en el piso. Trazas invisibles de sangre atrajeron moscas a una única hoz. Confrontado con la evidencia el dueño de la hoz confesó su crimen (Yusseff, 2009).

2.2. Función de los dípteros dentro de la entomología médico-legal

Los dípteros forman uno de los órdenes más grandes de insectos. Muchos de éstos, están asociados a materia orgánica (animal o vegetal) en descomposición. Otros son depredadores o parásitos de insectos. Los dípteros de las familias Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae son los más comunes en la descomposición de un cadáver, tanto en etapa larval como en etapa adulta, siendo así las familias más útiles en la evidencia forense. Hay muchas otras familias asociadas a la descomposición o a remanentes de ésta, y la importancia que tienen para determinar el intervalo post-mortem varía de un caso a otro (Guarín, 2005).

Las moscas son los primeros animales que encuentran un cadáver. Su desarrollo nos permite determinar el IPM al considera el tiempo que tardan las larvas en pasar de un estado a otro. La metamorfosis completa de la mosca consta de cuatro estados bien definidos. El huevo es seguido por un periodo larval de intensa actividad alimenticia, luego del cual viene el período de inmovilidad llamado pupa.

Durante esta etapa se desarrollan las características del adulto, el cual surge luego de una o dos semanas (Yusseff, 2009).

Los huevos incuban típicamente de uno a tres días, dependiendo de la especie y las condiciones ambientales. Las larvas de moscas crecen rápidamente, pasando por tres estadios larvales antes de alcanzar su crecimiento total. El desarrollo de las larvas tarda varios días o semanas dependiendo de la especie, las condiciones ambientales y el número de larvas presentes. A mayor temperatura y humedad relativa el insecto se desarrollará más rápido y viceversa (Yusseff, 2009).

Byrd y Butler (1996) consignan que el ciclo total de *Co. macellaria* se lleva a cabo en un rango de 170 y 240 horas a una temperatura promedio de 32 y 25 °C, respectivamente;

2.3. Los califóridos como herramienta clave para estimación del IPM

El intervalo *post-mortem* (IPM) consiste en la estimación de los tiempos máximo y mínimo probables que tienen lugar entre el deceso de un cuerpo y el hallazgo de su respectivo cadáver. El inicio del IPM puede considerarse al momento en que la primera mosca deja sus huevos sobre el cadáver, así como la determinación de la especie que la coloniza puede contribuir para determinar el final del IPM (Gennard, 2007; Catts, 1992).

Las moscas de la familia Calliphoridae (Diptera) conforman uno de los grupos principales de insectos necrófagos. La familia Calliphoridae usualmente oviposita a partir de las pocas horas de la muerte del cadáver (Iannacone, 2003).

Los califóridos perciben químicamente las sustancias que despiden los cadáveres una vez iniciado el proceso de descomposición, o incluso si éste aún no

ha comenzado. Las moscas son atraídas y comienzan a depositar sus huevos sobre aberturas naturales como la boca, nariz, ano o los genitales (Torrez, *et al.*, 2006).

Los califóridos han sido utilizados en el área forense debido a que forman parte de las comunidades de artrópodos colonizadores de cadáveres y son el principal grupo de insectos que acuden a la escena del crimen (Ortega y Rueda, 2008).

Un trabajo realizado en región de Chiang Mai, al Norte de Tailandia durante 2000-2001 sobre morfología de larvas y tasa de desarrollo indican que el tiempo de desarrollo de larvas de *Chrysomya megacephala* y *Chrysomya rufifacies*, es más rápido durante el verano, lo cual nos proporciona información útil para la estimación del IPM (Sukontason *et al.*, 2008).

2.4. La importancia de la determinación del IPM

Son varias las disciplinas forenses utilizadas para determinar la data de la muerte, pero éstas tienen una validez muy limitada cuando el cuerpo se encuentra en un estado de putrefacción muy avanzado (García-Rojo, 2004).

Es así que la entomología forense representa una ayuda invaluable en casos de cuerpos muy descompuestos. El entomólogo forense participa en la identificación de los artrópodos y en el análisis de la data entomológica, en la interpretación de ésta y así, contribuye con la determinación del tiempo o IPM, y lugar de la muerte (Cardozo, 2005).

2.4.1. Desarrollo larval y el IPM

En casi todos los casos, una muestra de los insectos colectados son muertos y preservados para ser usados en la estimación del IPM basado en datos entomológicos, mientras que otra parte de la muestra tomada puede ser criada hasta el estado adulto para identificación. El momento de preservación es el punto en el tiempo desde el cual uno puede calcular hacia atrás el tiempo de la muerte, y es muy importante documentar este tiempo como registro de la evidencia (Wells y Lamotte, 2010).

Si el modelo de referencia para el desarrollo de las especies es una curva de crecimiento, entonces el mejor estimado para la edad de una larva es el valor correspondiente a su tamaño en la curva. Esto es, una línea horizontal del valor de la longitud o peso de la larva que cruzara la curva de crecimiento directamente sobre su edad. Este cálculo es probablemente el más preciso si la intersección ocurre donde la curva de crecimiento es más inclinada, debido a que un pequeño cambio en el tamaño resulta en solo un pequeño cambio en la estimación de la edad. Las curvas de crecimiento larval, particularmente esas que muestran el peso como una función de la edad, pueden formar una curva en forma de ese, con un crecimiento lento durante los dos primeros estadios larvales y una lenta disminución en tamaño entre cuando dejan de alimentarse en el tercer estadio y la pupación. En estas regiones planas de la curva otra información puede ser tan útil como el tamaño para la estimación de la edad de la larva (Wells y Lamotte, 2010).

2.4.2. Desarrollo del insecto y la entomología forense

La observación clave respecto al desarrollo de los insectos es que el tiempo de desarrollo de los insectos depende de la temperatura. Por su puesto el crecimiento y desarrollo de todos los organismos es dependiente de la temperatura, pero para los organismos con temperatura corporal constante, podemos hablar de desarrollo en términos de tiempo sin considerar explícitamente de la temperatura (Higley y Haskell, 2010).

Todo el crecimiento depende de la temperatura debido a que las reacciones bioquímicas que son las que determinan las bases del desarrollo, dependen en sí de las temperaturas mismas. Desafortunadamente, la idea de que el desarrollo es únicamente una función de enzimas limitantes de la tasa de crecimiento ignora la importancia potencial de otros factores, tales como la permeabilidad de la membrana, y evidencia experimental no apoya muchas afirmaciones que siguen desde este modelo (Higley y Haskell, 2010).

Al hablar en términos gruesos, hay tres maneras de medir el desarrollo de los insectos: fisiológica, curvilínea y lineal. Sin embargo, el método fisiológico (basado en el modelo de Sharp y DeMichele) parece tener solo validez teórica comparado con el método curvilínea, así que puede ser más exacto hablar únicamente de dos métodos: curvilínea y lineal. La manera lineal se aproxima más de la curva de crecimiento como una línea, con cortes en temperaturas altas y bajas. Tanto el método curvilínea y lineal son métodos de regresión (Higley y Haskell, 2010).

Los modelos lineales de desarrollo asumen un constante incremento en la tasa de desarrollo con temperaturas que aumentan. Mas allá asume que el desarrollo no ocurre debajo del umbral mínimo de temperatura, y una tasa de desarrollo

constante ocurre por arriba del umbral máximo. Los modelos lineales son más comúnmente llamados modelos de grados día debido a que el desarrollo es respecto a la temperatura en cima del umbral mínimo de desarrollo multiplicado por el tiempo (Higley y Haskell, 2010).

Una vez que el mínimo de desarrollo y la acumulación de grados días para los eventos de ciclo de vida son determinados, todo lo que resta es calcular grados día con datos de temperaturas reales (Higley y Haskell, 2010).

Este proceso de grados días (grados hora) incluye estimar el área de bajo de una curva de temperatura diaria que esta por en cima del umbral mínimo de desarrollo. En continuo, o incluso cada hora, los registros de temperatura podrían proveer una determinación de grados días más exacta (Higley y Haskell, 2010).

El desarrollo termal del insecto es una herramienta poderosa de la entomología forense, e investigaciones adicionales mejoraran su utilidad. Dada la complejidad del desarrollo del insecto y los muchos factores que influyen el desarrollo, la determinación del desarrollo del insecto es necesariamente un proceso de estimación. Con más investigaciones esperamos que la variación en nuestros estimados disminuya (Higley y Haskell, 2010).

2.5. Biología de califóridos y desarrollo larval

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

La biología de los califóridos es muy variada, generalmente son considerados necrófagos, también los hay depredadores y parasitoides de caracoles y lombrices de tierra, algunos son hospedantes en termiteros y otros son de importancia médica y veterinaria, como las especies que producen miasis en aves y mamíferos (Pape *et al.*, 2004).

La mayoría de los califóridos son moscas robustas de tamaño mediano a grandes, parcial o totalmente azul o verde metálico, en ocasiones negro pálido (brillante) ó latón (opaco) pardo, ocasionalmente pequeñas, delgadas y sin brillo metálico. Macho en ocasiones holóptico; facetas superiores del ojo no muy agrandadas, aunque con frons siempre más delgado que en la hembra, y sin setas orbitales y verticales externas. Sexos en ocasiones con diferente quetotaxia de patas, ocasionalmente con marcada diferencia en color del cuerpo, de una longitud que va de 4.0-16.0 mm (Shewell, 1987).

Adulto. Más ancho que alto, en perfil cerca de la mitad hasta casi tres cuartos tan largos como altos. Frons más o menos con pendiente, raramente prominente; eje antenal igual o menos que el eje vibrissal; lúnula expuesta, desnuda, brillante; setas frontales alcanzando el pedicelo; placa fronto-orbital y margen de vitta frontal usualmente con pelos largos, finos y casi siempre numerosos (Shewell, 1987).

La mayoría de las hembras de Calliphoridae son ovíparas, incluyendo todas las conocidas por los humanos. Las especies comunes llamadas moscas azul botellas o verde botella (Calliphorini, Luciliini) ovipositan en el interior de carnes frescas o cocinadas, pescado o productos lácteos y al aire libre en carcasas de todo tipo. Algunas de las mismas especies son atraídas también a excremento y por lo tanto pueden ser transmisoras de patógenos intestinales. Probablemente el daño

económico más visible es causado por las larvas del llamado gusano barrenador del ganado (Chrysoiini, Phormiini, Luciliini) (Shewell, 1987).

Huevo. Longitud de 0.9-1.5 mm, ancho de 0.3-0.4 mm, de color blanco brillante, oscureciendo con la edad a grisáceo, forma ovoide alargada, ligeramente arqueado, en vista lateral plana o ligeramente cóncava y convexa dorso-ventralmente, corion con reticulado leve (Shewell, 1987).

Larva. De color amarillo pálido a blanco, anteriormente cilíndricas, o cónicas, por lo general cinco veces más largas que anchas. Segmentos con bandas excepto la primera, más o menos completa de pequeñas espinas reclinadas hacia delante; últimos cinco segmentos o mas segmentos, con bandas de espinas proclinadas posteroventralmente; rara vez cutícula con prominentes espinas reclinadas uniforme, esqueleto cefalofaríngeo bien desarrollado, mandíbulas con pares de ganchos fuertes (Shewell, 1987).

Las larvas de primer estadio miden al rededor 2 mm de largo, generalmente con la punta roma, labrum rudimentario y con ganchos en la mandíbula, a veces con fuertes mandíbulas y conectando con el borde vestigial o ausente. Mandíbulas vestigiales raramente con bordes grandes enganchados. Espiráculo anterior ausente o en parte con flecos de pelos finos (Shewell, 1987).

Las larvas de segundo instar son de 2-9 mm largo, similar al tercer instar, pero con esqueleto cefalofaríngeo relativamente débil y espiráculo posterior con sólo dos aberturas (Shewell, 1987).

Las larvas de tercer instar miden de 9-22 mm de longitud. Mandíbulas largas, fuertemente conectadas, a veces con accesorios orales entre sus puntas; cornu dorsal de esclerito tentorofaríngeo sin abertura (Shewell, 1987).

La mayoría de estas moscas están distribuidas por todo el mundo desde el norte de Nueva Zelanda hasta las islas subantárticas. Más de 1000 especies en cerca de 150 géneros son reconocidos, más de cuatro quintas partes de las especies y tres quintas partes de los géneros están restringidas al Viejo Mundo. La pobreza de la fauna del Nuevo Mundo es remarcable, especialmente en la región Neotropical, para la cual James (1970) enlista menos de 100 especies válidas. En la última década varias especies de *Chrysomya* del Viejo Mundo tropical y subtropical se han introducido y establecido en el sur y centro de América, extendiéndose hasta el suroeste de Estados Unidos (Shewell, 1987).

2.6. Taxonomía de la familia Calliphoridae

Según Whitworth (2006), Triplehorn y Johnson (2005) y Visciarelli *et al.* (2007).

Los califóridos se clasifican de la siguiente manera:

Dominio: Eukarya
 Reino: Animalia
 Phylum: Arthropoda
 Subphylum: Mandibulata
 Clase: Insecta
 Subclase: Pterigota
 Orden: Diptera
 Suborden: Brachycera
 Familia: Calliphoridae
 Subfamilias:
 - Chrysominae
 - Lucilinae
 - Calliphorinae
 - Melanomyinae

Cochliomyia macellaria se encuentra dentro de la subfamilia Chrysominae, mientras que *L. silvarum* se halla en la subfamilia Lucilinae (Whitworth, 2006)

2.7. Importancia médica de los Califóridos

La utilización de organismos vivos para tratar enfermedades es una práctica cada vez más utilizada en el ámbito médico. La aplicación de larvas de moscas en forma estéril y con el debido conocimiento científico del tema se conoce como terapia larval (Figueroa *et al.*, 2006).

La terapia larval es una técnica antigua, empleada y reconocida en la década de los treinta, siendo popular su uso en muchos países de Europa y de Norte América. Actualmente, el uso de la terapia larval se ha venido incrementado en muchos países del mundo al establecerse como una técnica sencilla, rápida y efectiva en el tratamiento de lesiones cutáneas. Los efectos benéficos de las larvas sobre las heridas se producen debido a la acción de varias sustancias que ellas secretan y excretan, participando en tres mecanismos fisiológicos diferentes: debridamiento, actividad antimicrobiana y estimulación del tejido de granulación (Rey, 2008).

Esta técnica ha sido ampliamente utilizada para el tratamiento de lesiones ulcerativas de la piel. Existen registros de enfermedades, como podopatía diabética, osteomielitis y úlceras varicosas, en las cuales el uso de la terapia con larvas ha promovido la cicatrización de la lesión en presencia de patógenos bacterianos resistentes a los antibióticos convencionales (Arrivillaga *et al.*, 2008).

Las moscas más comúnmente usadas en la terapia de larvas son las pertenecientes a la familia Calliphoridae, que comparten varias propiedades biológicas ventajosas. De este grupo, la especie con la que se trabaja es *Lucilia sericata* mosca de hábitos de alimentación necrófagos y una de las especies predominantes en la fauna cadavérica (Figueroa *et al.*, 2007).

2.8. Géneros de califóridos que causan miasis

La palabra miasis se deriva del vocablo griego *Myia* = mosca y *Sis* = formar, generar (Cepeda, 2006). La miasis constituye un evento parasítico producido por larvas de dípteros que, de forma obligada o accidental, necesitan alimentarse para crecer y mudar de tejidos vivos o muertos (Soler, 2000). La miasis se encuentra ampliamente distribuida en el mundo y se puede desarrollar en cualquier tejido que haya perdido sus barreras naturales, haciéndose susceptible de ser invadido (González *et al.*, 2008).

Las especies capaces de producir miasis pueden reagruparse a su vez en tres grandes grupos (Torruella, 1997).

Dípteros productores de miasis accidentales o facultativas.

Dípteros productores de miasis semiobligadas o semiespecíficas.

Dípteros productores de miasis obligadas.

El primer grupo, por su carácter accidental, carece de interés desde el punto de vista epidemiológico, cosa que no sucede con los restantes (Torruella, 1997).

Las diferentes especies causantes de miasis pueden ser clasificadas como saprófagas (especies que viven libres), facultativas o parásitos obligados y se caracterizan por la habilidad de sus larvas para desarrollarse en tejidos animales (De Pancorbo *et al.*, 2006).

Dentro del grupo de agentes semiobligados productores de miasis se encuentran algunas especies de los géneros *Chrysomyia*, *Callitroga*, *Calliphora*, *Lucilia*, *Musca*, *Phormia*, *Sarcophaga* y *Wohlfahrtia*. Las larvas de estos géneros pueden desarrollarse sobre tejidos vivos, especialmente en heridas, úlceras y áreas de supuración. Las moscas depositan sus huevos en estos lugares, los cuales al

eclosionar, se alimentarán de los residuos orgánicos y tejido necrótico que allí se genera. Al terminar su fase larvaria, que puede oscilar entre 15-35 días devendrán pupas o crisálidas, desprendiéndose, y finalizarán su metamorfosis en el suelo. Diez días después aparecerán los imagos o insectos adultos. Estas especies pueden desarrollar su vida en excrementos, cadáveres y organismos vivos, siendo en estos últimos donde adquieren interés patológico (Torruella, 1997).

Dentro del tercer grupo (especies causantes de miasis obligadas), se encuentran los géneros *Hypoderma*, *Gasterophilus*, *Oestrus*, *Dermatobia* y *Cordylobia*. La mayoría de estas moscas viven en climas tropicales, sin embargo, algunos ejemplares pueden localizarse en países cálidos como España o bien tener una distribución mundial como en el caso de *Hypoderma* sp. ó *Gastrophilus* sp. (Torruella, 1997).

2.9. Especies más importantes de califóridos en la Comarca Lagunera.

Valdés (2009), menciona que las especies dominantes de la familia Calliphoridae durante invierno-primavera en Coahuila resultaron ser *Lucilia sericata* (Meigen) y *Chrysomya rufifacies* (Macquart), aunque se colectaron y criaron hasta el estado adulto larvas *L. silvarum*, *L. cuprina* y un espécimen de *C. megacephala*. Para el período verano-invierno, la especie dominante fue *Chrysomya rufifacies*, aunque se colectaron individuos de las especies *Cochliomyia macellaria*, *Lucilia eximia* y *Chrysomya megacephala*.

2.10. Descripción de *Cochliomyia macellaria*

Esta especie se conoce como mosca del gusano barrenador secundario del ganado, por lo que no debe confundirse con *Co. hominivorax*, llamado el gusano

barrenador primario. Tal confusión suele ocurrir porque el *Co. macellaria* es una mosca cuyas larvas son necróticas, es decir, se alimentan de la carroña, pero ocasionalmente pueden invadir los tejidos necrosados de heridas preexistentes (Forero *et al.*, 2008).

Esta especie es muy abundante en todo el mundo. Se puede encontrar desde los trópicos de América hasta la frontera canadiense. Los adultos son de color azul-verdoso metálico, con tres rayas longitudinales de color verde oscuro sobre la superficie dorsal del tórax. Al observar de cerca, aparece la cabeza de color naranja y las patas pueden variar de un color marrón rojizo a marrón oscuro. Las larvas tienen traqueas respiratorias fácilmente visibles en su extremo posterior. Las traqueas aparecen como líneas en forma de remolino negro fácilmente visibles sobre el cuerpo de la larva. Estos caracteres permiten identificarla fácilmente en el campo (Byrd y Castner, 2001).

La cabeza con dilatación genal con sétulas enteramente amarillas; quinto terguito de azul a verde, concordando con el color de los terguitos que preceden; dorso del tórax con colores predominantemente azul o verde metálicos; sétulas postgenales amarillas (Whitworth, 2006).

Parte inferior (1/2-1/3) de la placa fronto orbital con sétulas pálidas fuera de la hilera de setas frontales; quinto terguito usualmente con áreas laterales pronunciadas de microtomentum plateado; setas postgenales usualmente amarillo pálido; hembra usualmente con basicosta amarillenta; usualmente con dos pares de setas orbitales proclinadas (en ocasiones uno o ambos lados presentan sólo uno). Amplia distribución en Norte América (Whitworth, 2006).

2.11. Descripción de *Lucilia silvarum*

Esta especie pertenece a la subfamilia Luciliinae, la cual incluye a los géneros *Lucilia*, *BufoLucilia* y *Francilia*. Esta puede reconocerse por su tórax y abdomen verde, azul o bronce brillante, borde supraesquamal con un conjunto de setas y calípter inferior desnudo. El género incluye 11 especies en Norteamérica. *L. silvarum* es una especie común, ampliamente diseminada. Esta mosca tienen tres setas postacrosticales y palpos negros, el frons del macho es más ancho que en la especie similar *L. elongata* (Whitworth, 2006).

Esclerito subcostal sobre el vientre del ala solo con pubescencia; basicosta naranja o negra; palpo naranja o negro; triángulo ocelar de la hembra pequeño, sin alcanzar la mitad de la distancia a la lúnula (Whitworth, 2006).

Palpos negros o cafés; longitud de la cabeza, al nivel de la lúnula de más de la mitad de la altura de la cabeza; tercer terguito abdominal con uno o dos pares de setas medias marginales largas y erectas; basicosta de café oscura a negra (Whitworth, 2006).

Dos setas postsuturales intra-alares; setas presuturales intra-alares presentes; arista normal, con setas más largas que el ancho del primer flagelómero; primer flagelómero corto, menor que la mitad de la longitud del ojo de perfil; cerco del macho en forma de Y cuando es visto desde atrás, punta de surestilos con doblez afilado hacia atrás (Whitworth, 2006).

Tres setas acrosticales postsuturales; frons del macho en la parte más estrecha, 0.76/6 (0.07-0.09) del ancho de la cabeza; surestilo delgado en vista lateral; cercos como una V invertida más larga en vista posterior. Quinto esternito del

macho más corto que el quinto terguito; frons de la hembra, en parte más estrecha, 0.32/5 (0.32-0.34) del ancho de la cabeza (Whitworth, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro–Unidad Laguna, ubicada en el Ejido San Antonio de los Bravos, municipio de Torreón, Coahuila. La Comarca Lagunera se sitúa en un área biogeográfica denominada como Desierto de Chihuahua. El clima predominante en la Región Lagunera es semidesértico con lluvias muy escasas durante el verano; con una elevación de 1120 msnm, registrándose precipitaciones anuales de 250 mm.

3.1. Estudio preliminar

El estudio preliminar fue establecido el día 1 de febrero, a las 9:30 hrs., en el campo experimental de la UAAAN – UL con coordenadas 25°33'23" N y 103°21'59" W (Figura 1). Esta etapa se realizó para determinar el cebo ideal que sería usado como necrotrampa en las etapas subsecuentes del experimento. Se colocaron 3 cebos diferentes (Carcasa de pollo, cabeza de cerdo e hígado de res). Se protegieron los cebos con jaulas de armazón de varilla de 3/8" de 0.75 m x 0.6 m x 0.5 m recubierta con malla pajarera, éstas se anclaron con una varilla de 1/4" de 0.60 m de longitud, lo anterior para evitar daños por mamíferos y aves carroñeras.



Figura 1. Ubicación de coordenadas en el terreno del experimento.

3.2. Primera etapa (carcasas de pollo)

Durante la primavera del 2010 se colocaron en el mismo sitio que el estudio preliminar 4 carcasas de pollo que fueron utilizadas como necrotrampas donde se colectaron adultos y/o hembras grávidas de Calliphoridae que se llevaron al laboratorio para colectar huevecillos (Figura 2).



Figura 2. Carcasas de pollo en utilizadas como necrotrampas en mayo del 2010.

3.3. Segunda etapa (cabezas de cerdo)

En esta etapa, durante el verano del 2010, fueron colocadas cuatro cabezas de cerdo como necrotrampas en los jardines del Departamento de Parasitología (25°33'18" N, 103°22'26" W) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna ubicada en el ejido San Antonio de los Bravos, Municipio de Torreón, Coahuila (Figura 3).



Figura 3. Cabezas de puerco puestas en julio de 2010 para coleccionar califóridos, las necrotrampas se protegieron como se ve en la imagen.

En las necrotrampas de la 1ª y 2ª etapa se realizó la colecta de adultos en campo, las colectas se realizaron a partir del tercer día después de haber colocados los cebos (Figura 4). Para poder atrapar a los adultos de una manera más fácil se usó una especie de jaula hecha con armazón de madera y cubierta con tela de tul. Después de ser colectados los adultos fueron llevados al laboratorio.



Figura 4. Captura de adultos durante la segunda etapa del experimento en julio de 2010.

3.4. Manejo y cuidado de adultos en laboratorio

Los adultos atrapados en campo, fueron llevados al laboratorio de Parasitología de la UAAAN–UL, para poder separarlos por especie. Se aletargaron con CO₂ en una cámara de gases, exponiendo los especímenes de 7-10 minutos al CO₂ (Figura 5). Después de separar a los adultos por especie en el laboratorio, fueron llevados al cuarto de cría. Cada especie fue colocada en una jaula diferente para facilitar su manejo, se les proporcionaba como alimento una solución de miel y agua (a razón de 2:10). Como sustrato para que las moscas ovipositaran se les colocó alrededor de 200 g de carne de res cubierto con papel aluminio formando una especie de abertura para simular las cavidades oscuras donde ellas prefieren ovipositar de manera natural (Yusseff, 2007).



Figura 5. Los adultos traídos del campo se aletargaban con CO₂ para su posterior separación por especies.

3.5. Fijación y medición de larvas

De las masas de huevecillos obtenidas se obtuvieron larvas, y estas se siguieron manteniendo y alimentando según la metodología mencionada. De estas poblaciones larvales se extraían muestras de 5 individuos cada 4 horas las cuales

eran fijadas en agua caliente (hirviendo) y posteriormente se colocaron en tubos de ensayo con alcohol al 70%. Poco después se midieron las larvas que estaban conservadas en alcohol, se obtuvieron medidas de largo y ancho de los especímenes. Las mediciones se llevaron a cabo con ayuda de un vernier mecánico, colocando las larvas en cajas Petri y siendo observadas mediante el microscopio estereoscópico; además se observó el cambio de estadio larval (Figura 6). Estas observaciones y/o mediciones se realizaron hasta que se observaba que las larvas se encontraban en estado de prepupa. Cabe mencionar que se llevó un registro de las temperaturas (máximas y mínimas) en el cuarto de cría.



Figura 6. Las mediciones de las larvas se hicieron con la ayuda de un vernier y microscopio estereoscópico.

3.6. Manejo de datos

De los datos obtenidos a partir de las mediciones de las larvas durante su desarrollo, se procedió a proyectar las curvas de crecimiento por especie, así como también se calcularon las Unidades Calor acumuladas respecto a las temperaturas registradas en el cuarto de cría. Para esto se utilizó el programa DDU desarrollado por la Universidad de California.

4. RESULTADOS

4.1. Etapa preliminar

Al terminar con las colectas realizadas durante el estudio preliminar se analizaron tanto la abundancia como la diversidad de los especímenes encontrados. De acuerdo a la abundancia se determinó que en las dos etapas siguientes del estudio se utilizaría carcasas de pollo y cabezas de puerco; descartándose de esta manera como cebo útil el hígado de res, debido a que las moscas no acudieron y tampoco se colectaron huevecillos ni larvas.

4.2. Primera etapa

Durante el establecimiento de esta etapa del estudio se colocaron cuatro carcasas de pollo a partir de las cuales se colectaron hembras grávidas que fueron llevadas al laboratorio para ovipositar. Se obtuvieron ocho masas de huevecillos sobre carne de res (sustrato alimenticio) los días 7 al 8 mayo del 2010. Los resultados de las masas de huevecillos foliados con los números 8 y 10 (Figura 1).

Se realizaron mediciones de cinco larvas cada cuatro horas, de las cuales se presentan los promedios tanto en longitud como en diámetro.

4.2.1. Curvas de crecimiento a partir de cinco larvas de la masa 8

En la Figura 7 se puede observar el crecimiento promedio de cinco larvas de *Co. macellaria*. Pueden notarse tres puntos, se observa una leve caída en cuanto a las dimensiones registradas tanto en longitud como en diámetro. La primera disminución nos indica el cambio de primer a segundo estadio, mientras que la

segunda y tercera expresan el cambio de segundo a tercer estadio y el momento en que la larva pasa a su fase migrante (prepupa), respectivamente.

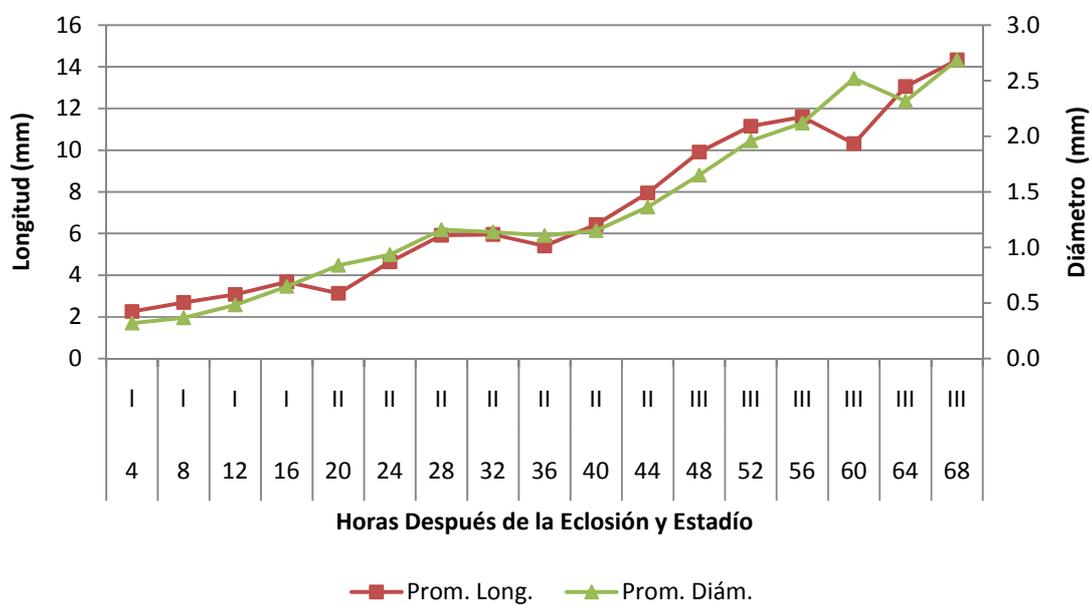


Figura 7. Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de *Co. macellaria* en mayo del 2010.

La Figura 8 nos muestra dos curvas de crecimiento acumulado, tanto en longitud como en diámetro, la cual nos indica que si bien hay disminuciones en longitud y diámetro, el crecimiento es constante.

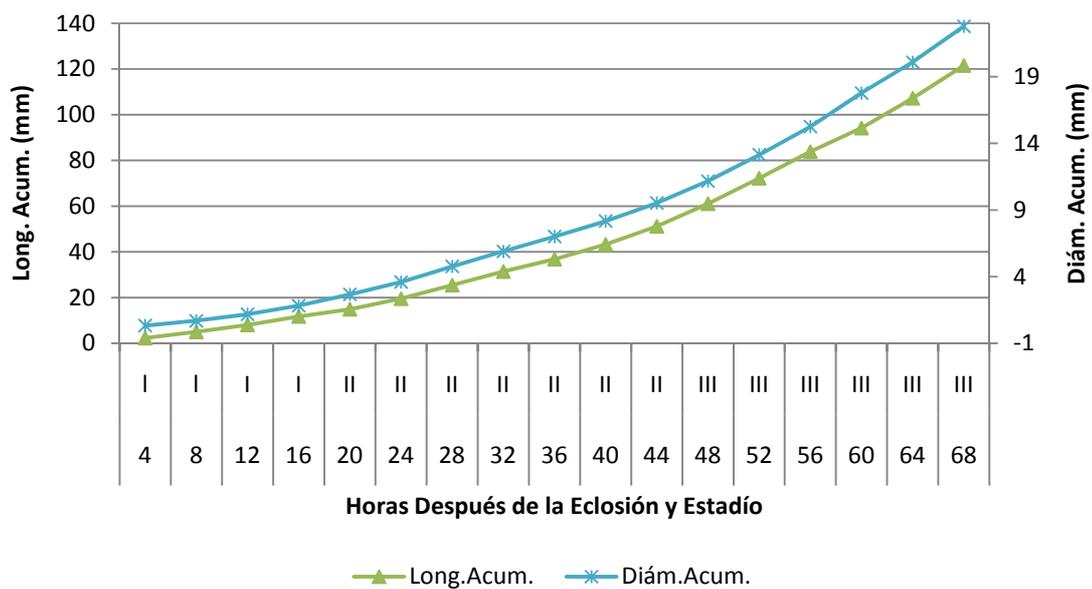


Figura 8. Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de *Co. macellaria* en mayo del 2010.

4.2.2. Curvas de crecimiento a partir de cinco larvas de la masa 10

En la Figura 9 nos muestra curvas de crecimiento similares a las observadas en la Figura 7. También se pueden notar disminuciones en cuanto longitud y diámetro; estas caídas indican cambios de estadío en el desarrollo larval.

La similitud en el desarrollo de las masas de huevecillos 8 y 10, se debe a que se colectaron a la misma hora y el mismo día; lo anterior facilitó promediar los datos de ambas masas.

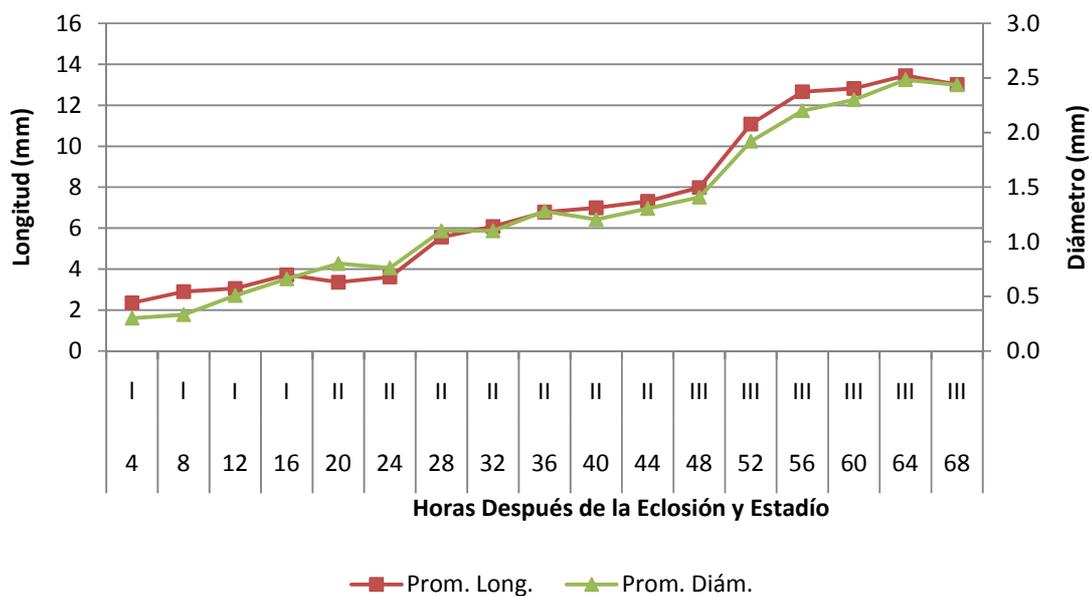


Figura 9. Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de *Co. macellaria* en mayo del 2010.

En la Figura 10 se observa dos curvas de crecimiento acumulado para las larvas de la masa número 10, tanto en longitud como en diámetro.

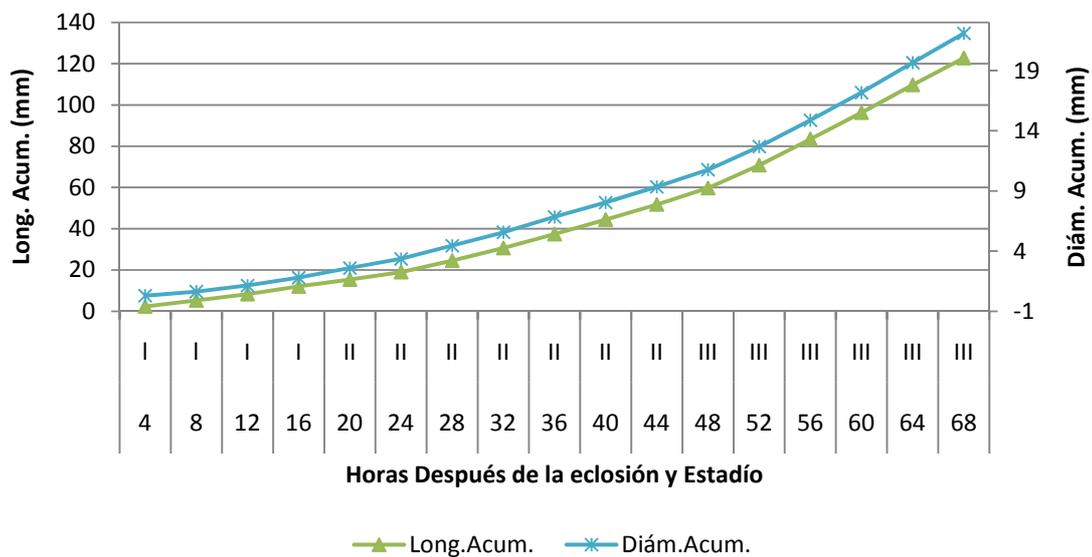


Figura 10. Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de *Co. macellaria* en mayo del 2010.

4.2.3. Crecimiento promedio de masa 8 y 10

En las Figuras 11 y 12 se observan el crecimiento promedio de 10 larvas tomadas de las masas 8 y 10. En la Figura 11, producida a partir de promediar las masas 8 y 10, las caídas son menos pronunciadas que en las Figuras 7 y 9. Para efectos de comparación del desarrollo larval se pueden ver los estadios y horas después de la eclosión.

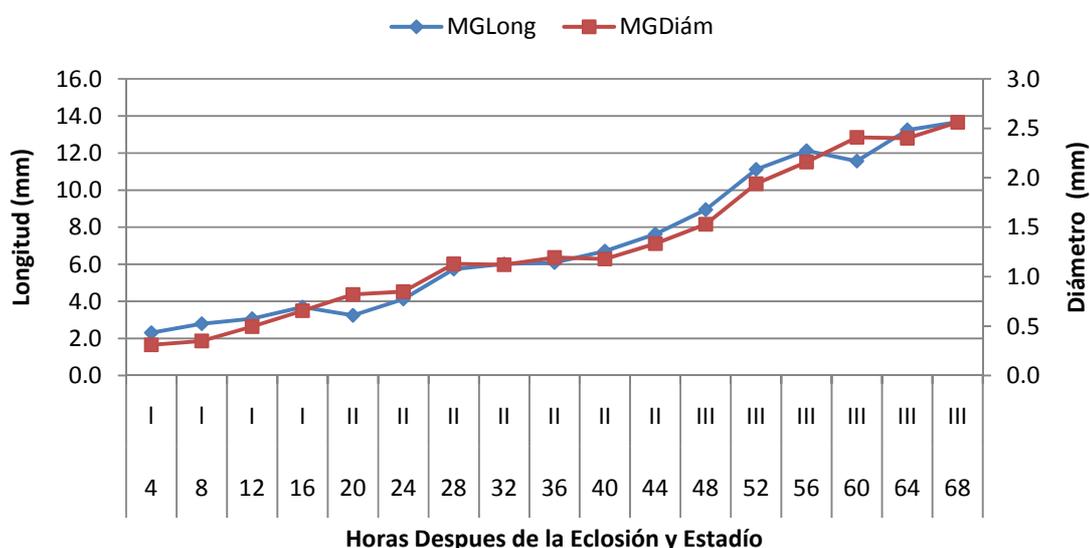


Figura 11. Curvas de crecimiento promedio de 10 larvas de *Co. macellaria* en mayo del 2010.

4.2.4. Crecimiento acumulado de masa 8 y 10

En la Figura 12 se observa el crecimiento acumulado promedio de 10 larvas de *Co. macellaria*. Puede notarse también el cambio de los diferentes estadios conforme avanza el tiempo. Durante el mes de mayo se registró una temperatura promedio mensual dentro del cuarto de cría de 28.92 °C.

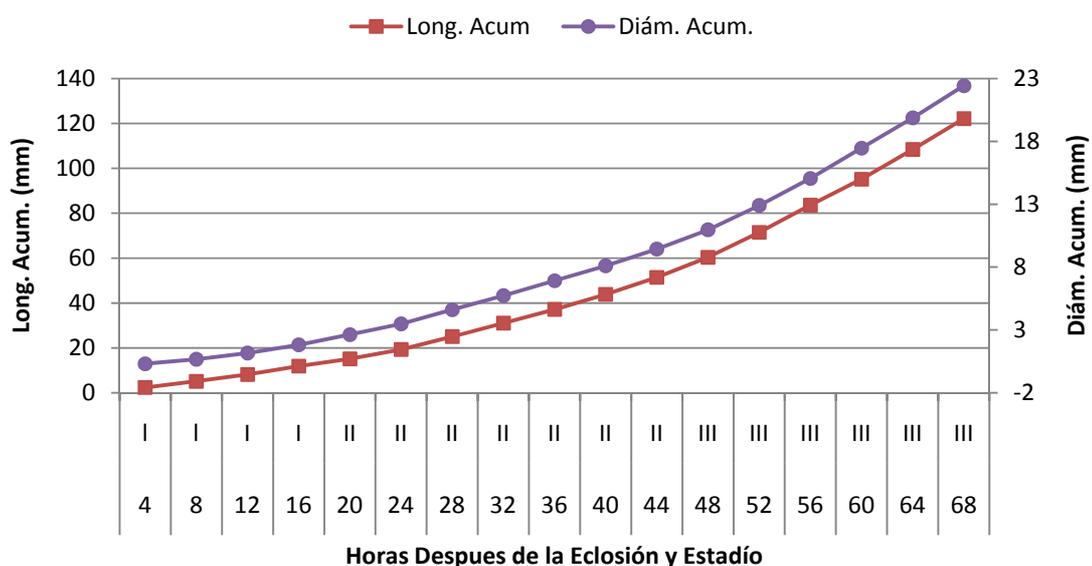


Figura 12. Curvas de crecimiento acumulado de diez larvas de *Co. macellaria* en mayo del 2010.

4.2.5. Desarrollo de acuerdo a Unidades Calor Acumuladas (UCA)

En la Figura 13, indica las unidades calor (grados día) necesarias para completar el ciclo vital de *Co. macellaria*, así como las unidades calor que se requieren para pasar de un estadío a otro; las unidades calor fueron calculadas mediante el método de seno simple con el programa DDU 2.0 (Degree-Day Utility), tomando en cuenta una temperatura umbral mínima de 7 °C y una temperatura umbral máxima de 50 °C con corte horizontal. Las masas 8 y 10 se desarrollaron en el periodo de tiempo que abarcó del 8 al 17 de mayo del 2010, durante el cual se registró una temperatura promedio de 28.7 °C.

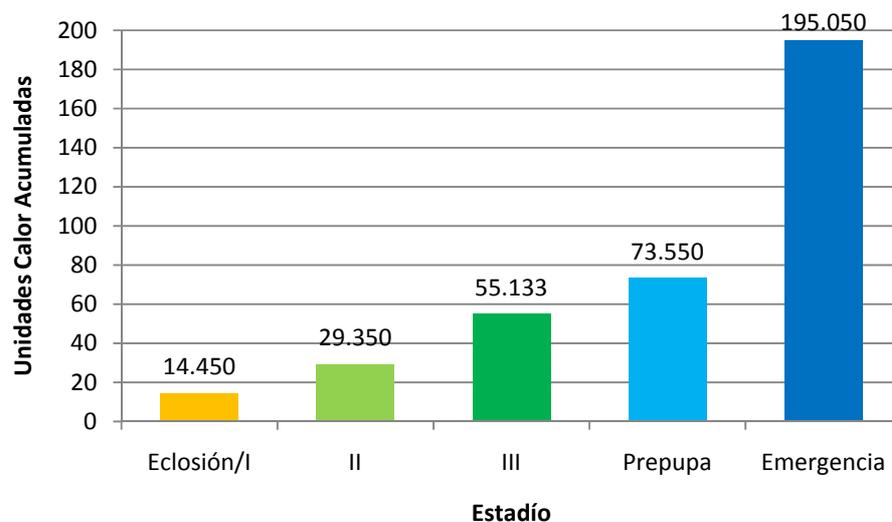


Figura 13. Unidades calor acumulada para el desarrollo *Co. macellaria* en mayo del 2010.

4.3. Segunda etapa

Durante el establecimiento de esta etapa del estudio se colocaron cuatro cabezas de puerco a partir de las cuales se colectaron hembras grávidas que fueron llevadas al laboratorio para ovipositar. De estas se registraron tres masas de huevecillos sobre carne de res (sustrato alimenticio) del 10 al 12 julio del 2010. Los datos que a continuación se presentan fueron tomados de las masas de huevecillos foliados con los números 6 y 13.

4.3.1. Curva de crecimiento a partir de cinco larvas tomadas de la masa 6

En la Figura 14 se puede observar el crecimiento promedio de cinco larvas de *Co. macellaria*, colectadas a partir de masas depositadas por las hembras en el laboratorio.

Para el caso de esta masa de huevecillos, la caída más pronunciada puede observarse cuando la larva pasa a la fase migrante. Fueron necesarios alrededor de cuatro días (92 horas), para pasar de huevo a pupa.

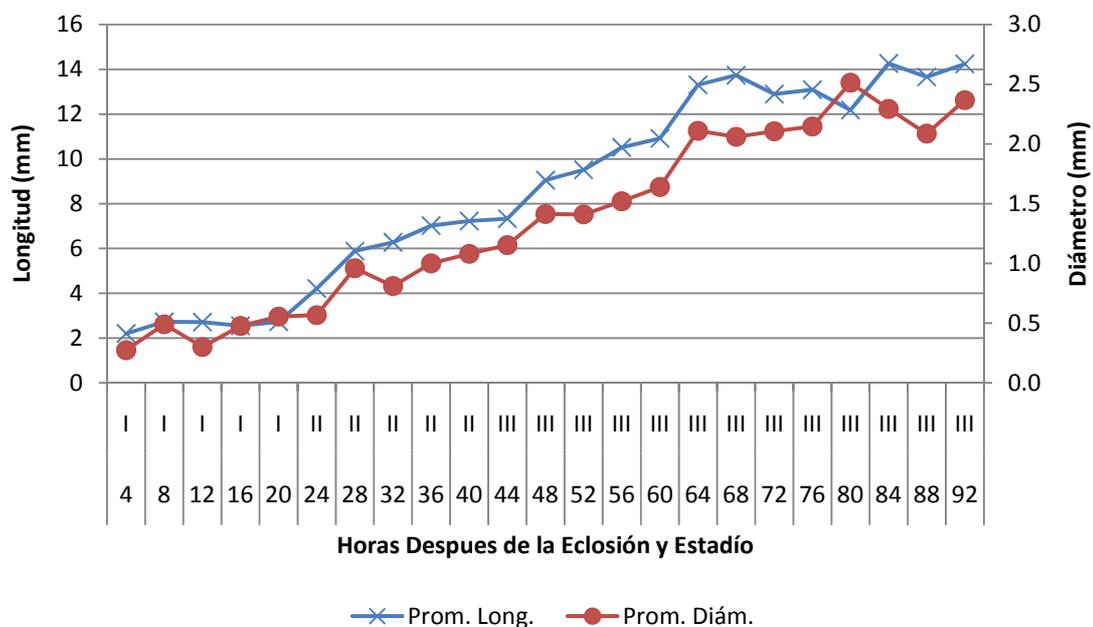


Figura 14. Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de *Co. macellaria* en julio del 2010.

En la Figura 15 se observan dos curvas de crecimiento acumulado, tanto en longitud como en diámetro, para las larvas de la masa numero 6, las cuales se desarrollaron durante el mes de julio del 2010 (igual que la masa 13), en el que se registró una temperatura promedio de 28.32 °C

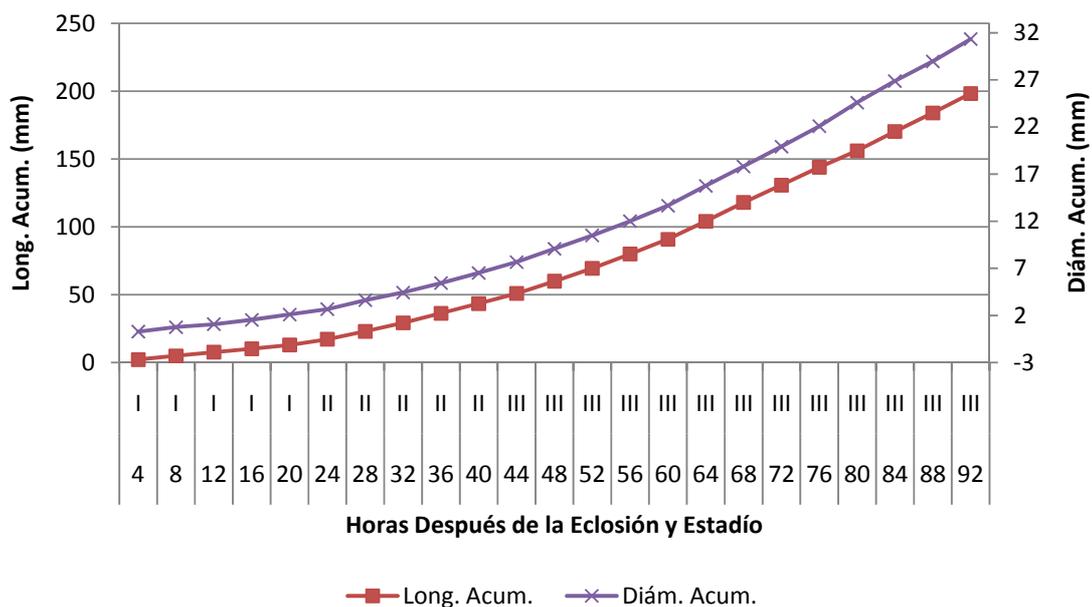


Figura 15. Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de *Co. macellaria* en julio del 2010.

4.3.2. Curva de crecimiento a partir de cinco larvas de la masa 13

El promedio de mediciones de cinco larvas (longitud y diámetro) de *Co. macellaria* (masa número 13) se observan en la Figura 16. La cual muestra una caída brusca a las 56 horas después de la eclosión, esto se debió probablemente a la falta de alimento durante ese periodo de tiempo, la disminución se notó tanto en longitud como en diámetro de las larvas; al proporcionarles una nueva ración alimenticia el grupo de larvas retomó su ritmo de crecimiento normal.

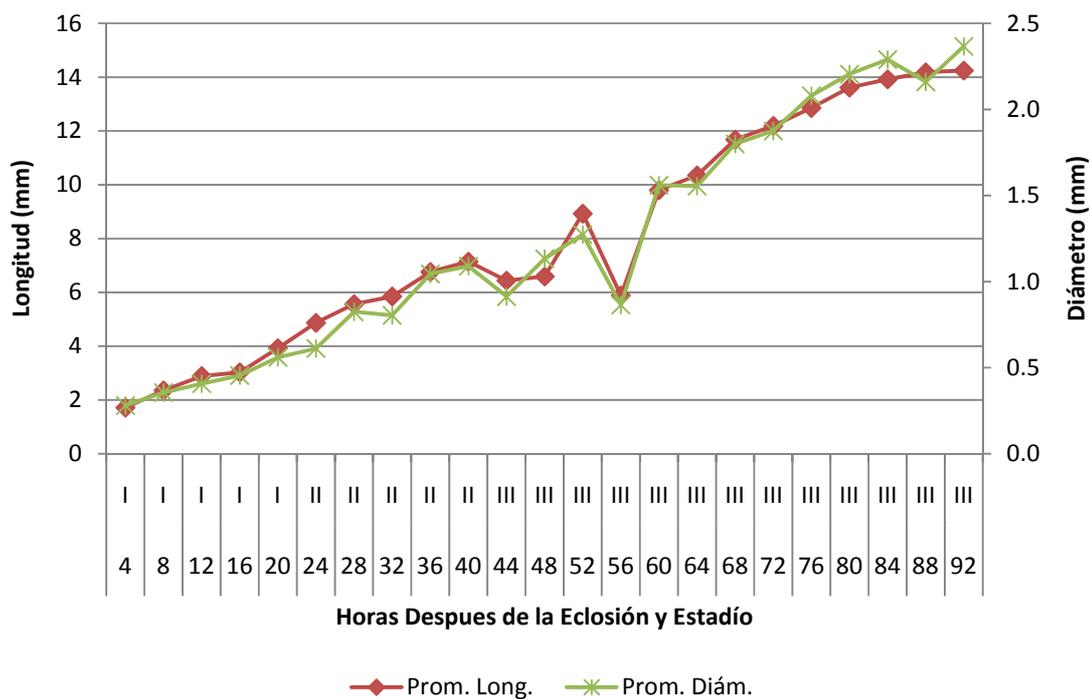


Figura 16. Curvas de crecimiento promedio de cinco larvas de *Co. macellaria* en julio del 2010.

En la Figura 17 se observan dos curvas para el crecimiento acumulado tanto en longitud como en diámetro, en la cual no se puede observar la caída que se muestra en la Figura 16, debido a que en este caso el crecimiento se va acumulando hasta proyectar una curva sigmoideal.

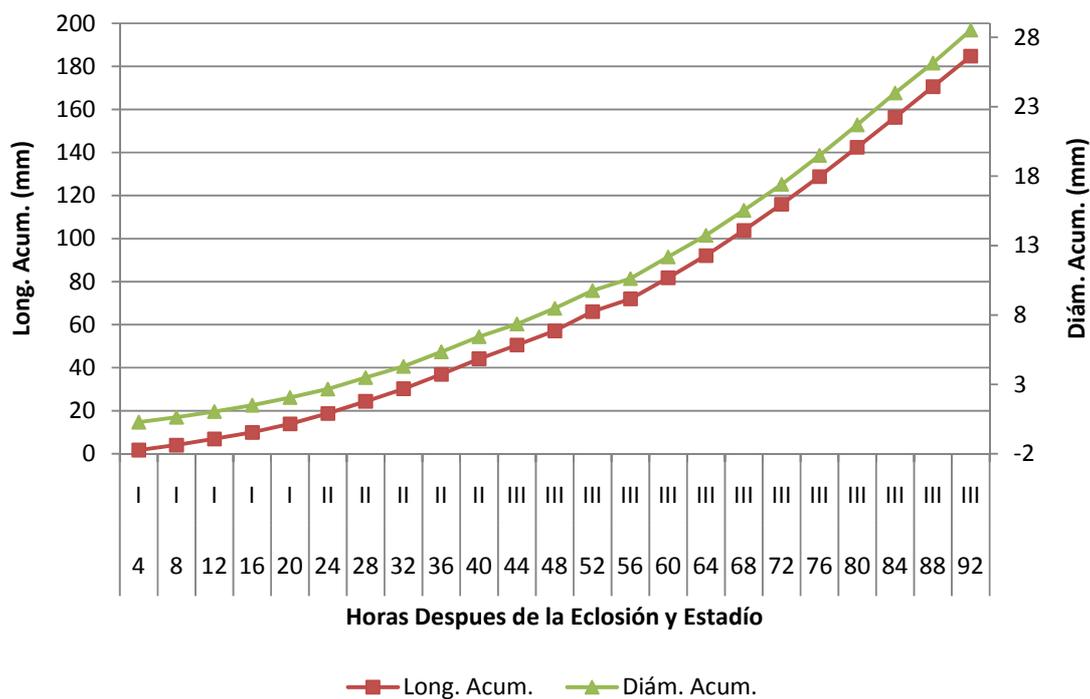


Figura 17. Curvas de crecimiento acumulado de cinco larvas de *Co. macellaria* de la masa 13, en julio del 2010.

4.3.3. Crecimiento promedio de masa 6 y 13

En la Figura 18 se observan curvas de crecimiento similares a las observadas en la Figura 14 y 16. Mientras que la Figura 18 se observa el crecimiento promedio de diez larvas tomadas de las masas 6 y 13, por lo que las caídas son menos pronunciadas.

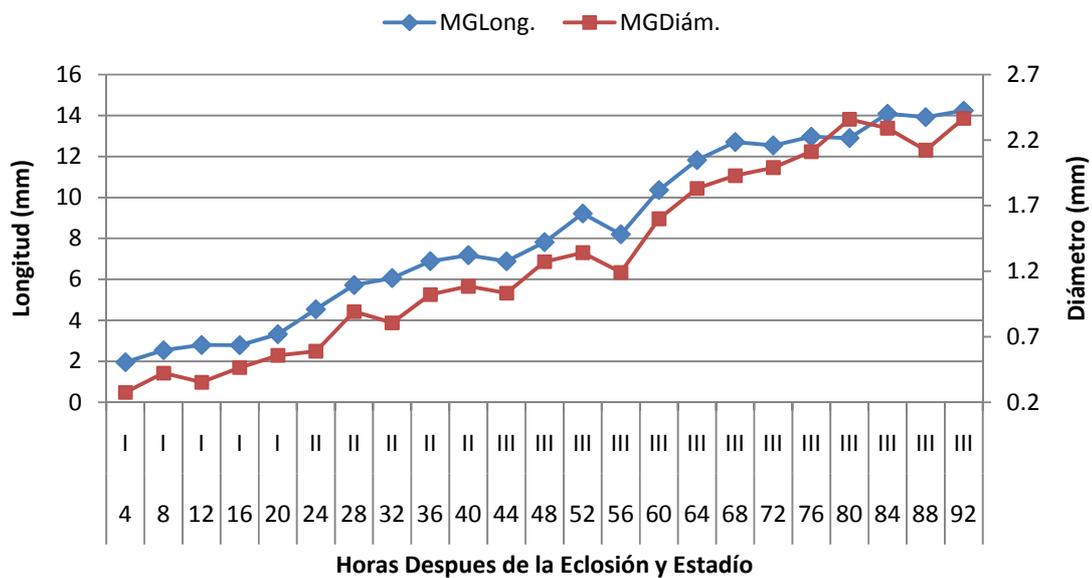


Figura 18. Curvas de crecimiento promedio de diez larvas de *Co. macellaria* en julio del 2010.

4.3.4. Crecimiento acumulado de masas 6 y 13

En la Figura 19 se observa el crecimiento acumulado promedio de 10 larvas de *Co. macellaria*, en el transcurso de las 92 horas se observaron los cambios de estadio y se completo el desarrollo larval.

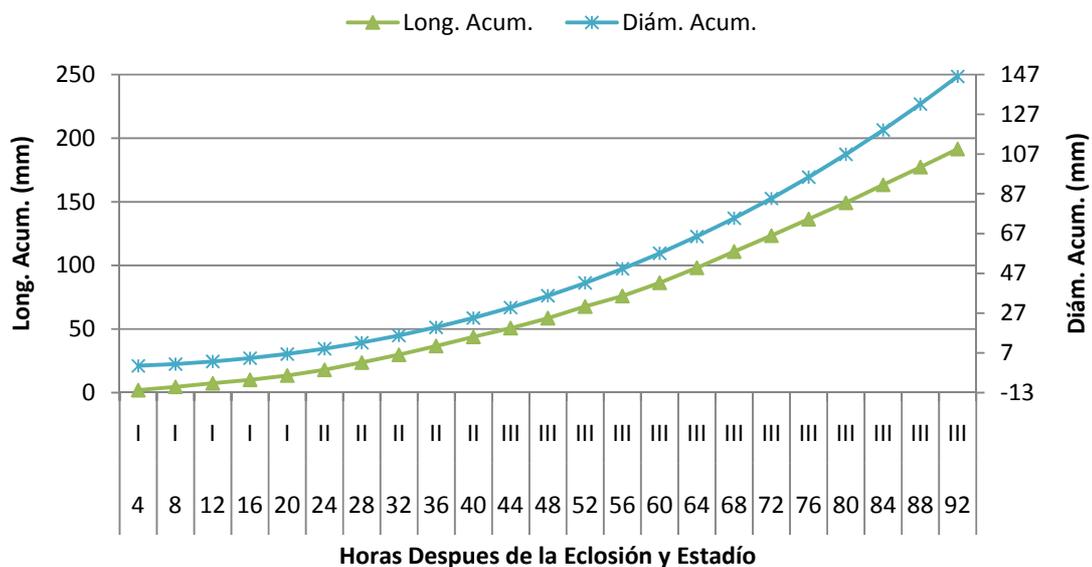


Figura 19. Curvas de crecimiento acumulado de 10 larvas de las masa 6 y 13 de *Co. macellaria* en julio del 2010.

4.3.5. Desarrollo de acuerdo a UCA de la masa 6

La Figura 20 indica las unidades calor (grados día) necesarias para completar el ciclo vital de *Co. macellaria*, el cual abarcó un total de 11 días durante los cuales se acumularon un total de 215 unidades calor. Durante el periodo de desarrollo (del 10 al 20 de julio del 2010) de esta masa de huevecillo hasta el estado adulto se calculó una temperatura promedio de 28.09 °C.

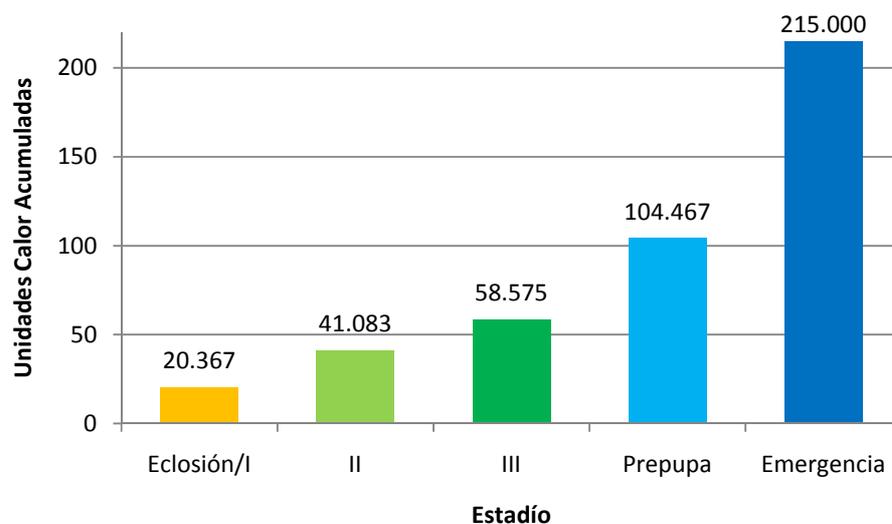


Figura 20. Unidades calor de la masa 6 de cinco larvas de *Co. macellaria* en julio del 2010.

4.3.6. Desarrollo de acuerdo a UCA a la masa 13

La Figura 21 también indica las unidades calor (grados día) necesarias para el ciclo vida completo de *Co. macellaria*, este abarcó 10 días, durante este periodo de tiempo se acumularon alrededor de 195 unidades calor. Durante el periodo de desarrollo (del 12 al 21 de julio del 2010) de esta masa de huevecillo hasta el estado adulto se calculó una temperatura promedio de 28.29 °C.

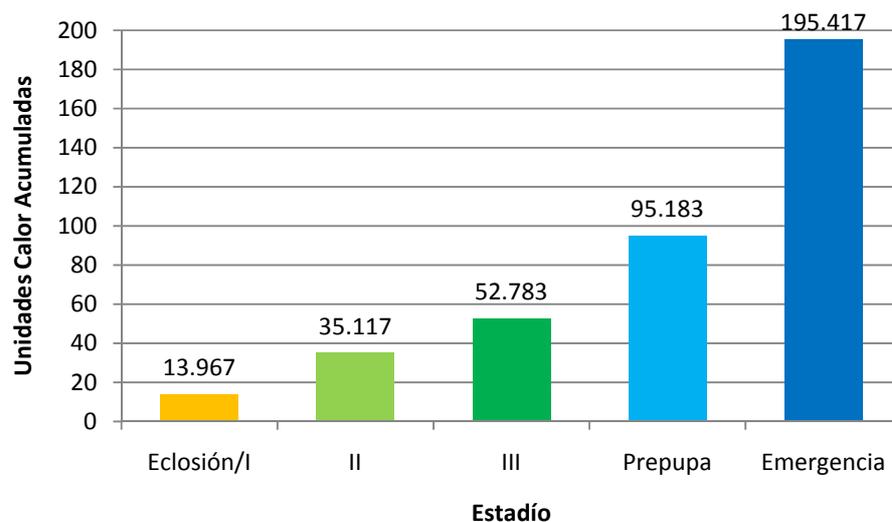


Figura 21. Unidades calor de la masa 13 de cinco larvas de *Co. macellaria* en julio del 2010.

4.4. Observaciones

Durante el establecimiento del de la etapa preliminar (febrero del 2010) se lograron coleccionar especímenes pertenecientes al género *Lucilia* (*L. eximia*, *L. sericata*, *L. silvarum*), en plena época invernal, en la que es típico encontrar a este género en la Región Lagunera.

Se observó casi nula presencia de lucilinos durante la primavera a excepción de muy pocos especímenes de *L. eximia* y *L. sericata*; mientras que en el verano no se colectó ninguna mosca del género *Lucilia*.

Dado lo anterior no se obtuvieron datos sobre *L. silvarum* y tampoco se presentan curvas de crecimiento sobre esta especie.

5. DISCUSIÓN

En un estudio realizado en el 2007 por Valdés (2009), se reporta a *Co. macellaria* dentro de los califóridos de importancia forense, entre otros que destacan más como *Ch. rufifacies* y *L. sericata*. Con fundamento en el trabajo de Valdés (2009) se encontró que, al igual que en los dos periodos de estudio (invierno-primavera y verano-invierno), en el presente experimento se obtuvo que *Co. macellaria* además de ser una de las especies de importancia forense también está presente durante las cuatro épocas del año, siendo su mayor abundancia durante la primavera.

Dado que las moscas podrían ser consideradas como relojes biológicos bastante precisos y además de que son las primeras en llegar a un cadáver (Yusseff, 2009), su ciclo de vida permite determinar el IPM, si se considera el tiempo que tardan en pasar de un estado a otro. En un primer intento por establecer curvas de crecimiento de califóridos de importancia forense en la Región Lagunera, Saldívar (2010), reporta datos de desarrollo larval de *Ch. rufifacies*, *Ch. megacephala*, *L. silvarum*, *L. eximia* y *Co. macellaria*, presentando curvas de crecimiento únicamente para *Ch. rufifacies*. En contraste al estudio de Saldívar, en el presente trabajo se obtuvieron curvas de crecimiento de *Co. macellaria*, con datos de longitud y diámetro tomadas cada 4 horas, a diferencia de Saldívar (2010), que midió sus especímenes cada 24 horas.

Los datos obtenidos en este trabajo presentan similitud con los resultados de Yusseff (2007), en donde, *Co. macellaria* además de ser considerada la principal especie, también se proyectan curvas de crecimiento con mediciones cada 6 y 4 horas bajo distintos regímenes de temperatura. En las graficas de curvas de

crecimiento presentas por Yusseff se pueden notar algunas disminuciones en cuanto al tamaño de las larvas de *Co. macellaria*, pudiendo asegurar que estas disminuciones se relacionan al cambio de un estadio a otro, lo que no puede ser visible en los datos presentados por Saldívar (2010).

Para las masas de huvecillos de *Co. macellaria* colectados para primavera del 2010, se obtuvo que para su desarrollo completo desde huevo hasta adulto se necesitó un rango de 10 días (240 horas) en las que se acumularon un total de 195.05 unidades calor, mientras que para las masas colectadas durante el verano el ciclo completo de *Co. macellaria* duró entre 240 y 264 horas (10 y 11 días), se acumularon entre 195.4 y 215 unidades calor para llegar al estado adulto. Sin embargo Byrd y Butler (1996) consignan que el ciclo total de *Co. macellaria* se lleva a cabo en un rango de 170 y 240 horas a una temperatura promedio de 32 y 25 °C, respectivamente; Greenberg (1991) reporta que a temperatura promedio de 29 °C *Co. macellaria* necesita de 234 horas para completar su ciclo vital.

6. CONCLUSIÓN

Con los resultados que se obtuvieron en el presente estudio se reafirma la importancia de *Co. macellaria* como herramienta biológica potencial para determinar el IPM debido a que está presente durante todo el año en la Región Lagunera a diferencia de *L. silvarum* que sólo se presenta durante los meses más frescos del año.

Se acepta la hipótesis alterna que dice que las variaciones de temperatura en el ambiente se relacionan directamente con la duración del ciclo vital de *Co. macellaria*.

Se obtuvieron datos necesarios para proyectar curvas de crecimiento en cuanto a la longitud y diámetro larval de *Co. macellaria*, pudiendo estos datos usarse en un futuro como herramienta para la estimación del IPM.

Se calcularon las unidades calor acumuladas para la especie antes mencionada de acuerdo a las temperaturas registradas en el cuarto de cría.

De los adultos colectados en campo se obtuvieron oviposturas en laboratorio y de las larvas eclosionadas de estas masas de huevecillos se obtuvieron adultos fértiles que produjeron una segunda generación en el laboratorio.

No se colectaron adultos ni masas de huevecillos de *L. silvarum* en ninguna etapa del experimento, dado que *L. silvarum* ocurre durante los meses más frescos.

7. LITERATURA CITADA

- Anderson, G. S. 2001. Forensic entomology in British Columbia: A brief history. *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia* 98:127-135.
- Arrivillaga, J., J. Rodríguez y M. Oviedo. 2008. Evaluación preliminar en un modelo animal de la terapia con larvas de *Lucilia sericata* para el tratamiento de la leishmaniasis cutánea. *Biomédica* 28:305-310.
- Byrd, J. H. and J. F. Butler. 1996. Effects of temperature on *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae) development. *Journal of Medical Entomology*. 33(6): 901-905.
- Byrd, H. J., and J. L. Castner. 2001. Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. CRC, Boca Raton, FL, USA. 418 pp.
- Cepeda, L., L. D. 2006. Miasis. *Dermatología Rev. Mex.* 50(3):94-104.
- De Pancorbo, M. M., R. Ramos, M. Saloña y P. Sánchez. 2006. Entomología molecular forense. *Ciencia Forense* 8:107-130.
- Figueroa, L., F. Uherek, P. Yusef, L. López, y J. Flores. 2006. Experiencia de terapia larval en pacientes con úlceras crónicas. *Parasitol. Latinoam.* 61:160-164.
- Figueroa, L., J. Flores, y S. Rodríguez. 2007. Método de cultivo de larvas de moscas *Lucilia sericata* para terapia larval. *Parasitol. Latinoam.* 62:79-82.
- Forero, B. E., V. J. Cortés, y L. J. Villamil. 2008. Problemática del gusano barrenador del ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) en Colombia. [en línea] *Revista MVZ Córdoba* Vol. 13. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=69311191016>. ISSN 0122-0268. [Fecha de consulta: 5 de diciembre del 2010].

- García-Rojo, A. M. 2004. Estudio de la sucesión de insectos en cadáveres en Alcalá de Henares (Comunidad Autónoma de Madrid) utilizando cerdos domésticos como modelos animales. Bol. S.E.A. 34:263-269.
- García-Rojo, A. M., L. Honorato., M., González, y A. Téllez. 2009. Determinación del intervalo postmortem mediante el estudio de la sucesión de insectos en dos cadáveres hallados en el interior de una finca rústica en Madrid. Cuad Med Forense 2009 15(56):137-145.
- Gennard, D. E. 2007. Forensic Entomology. An introduction. Chippenham, Wiltshire, UK, Wiley. 224 pp.
- González A. C., J. C. S. G., V. Olano M. y C. E. Pérez. 2008. Miasis cavitaria. Reporte de un caso. Rev. Fac. Med. 16(1):95-98.
- Greenberg, B. 1991. Flies as forensic indicators. Journal of Medical Entomology 28(5): 565–577.
- Guarín V., E. G. 2005. Insectos de importancia forense asociados a la descomposición cadavérica del cerdo *Sus domesticus*, expuesto a sol, sombra total y sombra parcial, en Mayagüez, Puerto Rico. Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. 136 pp.
- Hall, R. D. y T. E. Huntington. 2010. Byrd y Castner (Eds.). In: Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Second edition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 681 pp.
- Higley, L. G. y N. H. Haskell. 2010. Byrd y Castner (Eds.). In: Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Second edition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 681 pp.

- Liria S., J. 2006. Insectos de importancia Forense en cadáveres de Ratas, Carabobo-Venezuela. Rev. Peru. Med. Exp. en Salud Pública 23(1):33-38.
- Magaña, C. 2001. La Entomología forense y su aplicación a la Medicina Legal. Data de la muerte. Bol. S.E.A. (28):49-57.
- Pape, T., M. Wolff, y E. C. Amat. 2004. Los califóridos, oéstridos, rinofóridos y sarcófágidos (Diptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) en Colombia. Biota Colombiana 5(2):201-208.
- Rey, M., A. Castañeda, J. González, V. Acero, A. Segura, C. Zapata, M. A. Gaona, D. Ríos, y F. J. Bello. 2008. Evaluación de la terapia larval en el proceso de curación de heridas infectadas con *Pseudomonas aeruginosa* en conejos. Rev. Cienc. Salud. Bogotá 6(2):9-24.
- Saldívar, C. A. 2010. Requerimientos de temperatura para el desarrollo de moscas de la Familia Calliphoridae en una zona urbana semidesértica de Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN – UL. Torreón, Coahuila. 34 pp.
- Shewell, G. E. 1987. Calliphoridae. J. F. McAlpine (Ed.). In: Manual of Nearctic Diptera. Ottawa, CA, Biosystematics Research Center, Research Branch Agriculture Canada. 2:1133-1145.
- Soler C., M. D. 2000. El estudio de las miasis en España durante los últimos cien años. Ars. Pharmaceutica 41(1):19-26.
- Sukontason, K. Piangjai, S. Siritattananarungsee, and S. L. K. Sukontason. 2008. Morphology and developmental rate of blowflies *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya rufifacies* in Thailand: application in forensic entomology. Parasitol. Res. 102: 207–1216.

- Torrez, J., S. Zimman, C. Rinaldi y R. Cohen. 2006. Entomología forense. Revista del Hospital J. M. Ramos Mejía. XI:20 pp.
- Torruella F., J. J. 1997. Miasis cutánea por larvas de *Lucilia sericata* (Meigen) en el hombre; reporte de un caso clínico en Barcelona. Ses. Entom. ICHN-SCL. IX:151-160.
- Triplehorn, C. A., and N. F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's introduction to the study of insects. Belmont, C.A. USA, Peter Marshall. 864 pp.
- Valdés P., M. T. 2009. Estudio inicial de insectos sobre carroña de cerdo en una área semidesértica de Coahuila. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna. 218 pp.
- Vargas, J. 1999. Entomología forense: análisis de los primeros casos realizados en Costa Rica. [En línea]. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-II_143.pdf. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2010].
- Visciarelli, E., S. Costamagna, L. Lucchi, y N. Basabe. 2007. Miasis Humana en Bahía Blanca, Argentina. Período 2000/2005. Neotropical Entomology 36(4):605-611.
- Wells, J. D. y L. R. Lamotte. 2010. Byrd y Castner (Eds.). In: Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Second edition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 681 pp.
- Whitworth, T. 2006. Keys to the genera and species of blow flies (Diptera: Calliphoridae) of America North of Mexico. Proc. Entomol. Soc. Wash 108(3):689-725.
- Yusseff V., S. Z. 2007. Efectos de la temperatura sobre el desarrollo de *Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae), dos especies

importantes para la entomología forense en Puerto Rico. Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. 85 pp.

Yusseff V., S. Z. 2009. Entomología forense: los insectos en la escena del crimen. Cuadernos de Criminología. Revista de Criminología y Ciencias Forenses 5:5-11.