

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
LICENCIATURA EN INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y FORENSE

"APORTE DE LA ENTOMOLOGÍA FORENSE EN LA DETERMINACIÓN DE MUERTE POR
INTOXICACIÓN DE SALICILATOS, ORGANOFOSFORADOS Y ALCOHOLES MEDIANTE EL
ESTUDIO DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS DE DíPTEROS DE LA SUBFAMILIA
SARCOPHAGIDAE"
TESIS DE GRADO

DINA ALEJANDRA FIGUEROA HERNÁNDEZ
CARNET 16198-12

QUETZALTENANGO, DICIEMBRE DE 2017
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
LICENCIATURA EN INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y FORENSE

"APORTE DE LA ENTOMOLOGÍA FORENSE EN LA DETERMINACIÓN DE MUERTE POR
INTOXICACIÓN DE SALICILATOS, ORGANOFOSFORADOS Y ALCOHOLES MEDIANTE EL
ESTUDIO DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS DE DíPTEROS DE LA SUBFAMILIA
SARCOPHAGIDAE"
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES

POR
DINA ALEJANDRA FIGUEROA HERNÁNDEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO Y GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA EN INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y FORENSE

QUETZALTENANGO, DICIEMBRE DE 2017
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES

DECANO: DR. ROLANDO ESCOBAR MENALDO

VICEDECANA: MGTR. HELENA CAROLINA MACHADO CARBALLO

SECRETARIO: LIC. CHRISTIAN ROBERTO VILLATORO MARTÍNEZ

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. ANA ELIZABETH HERRERA LÓPEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
ING. OTONIEL GARCÍA CIFUENTES

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS:	P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
SUBDIRECTORA ACADÉMICA:	MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO:	MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL:	MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

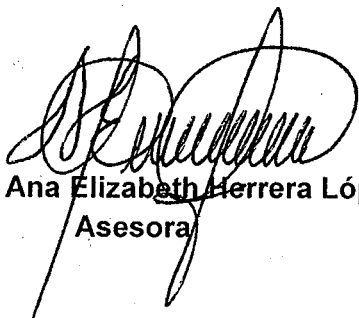
Quetzaltenango, 23 de mayo de 2017

Licenciada Nelly Betsabé De León Reyes
Coordinadora Académica Facultativa de Ciencias Jurídicas y Sociales
Universidad Rafael Landívar
Campus Quetzaltenango

Respetable Licenciada:

De manera atenta me dirijo a usted, con el objeto de rendir **DICTAMEN FAVORABLE**, en el trabajo de tesis desarrollado por la estudiante: **DINA ALEJANDRA FIGUEROA HERNÁNDEZ**, quien se identifica con carné número: **1619812**. En cumplimiento a la resolución emitida por coordinación, mediante la cual se me nombra como asesora de la tesis titulada: **“APORTE DE LA ENTOMOLOGÍA FORENSE EN LA DETERMINACIÓN DE MUERTE POR INTOXICACIÓN DE SALICILATOS, ORGANOFOSFORADOS Y ALCOHOLES MEDIANTE EL ESTUDIO DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS DE DÍPTEROS DE LA SUBFAMILIA SARCOPHAGIDAE”**, trabajo con modalidad de grado, que reúne las cualidades necesarias para este tipo de investigación. En el mismo, se evidencian los cambios que los especímenes de dípteros *Sarcophagidae* sp. tuvieron en su morfología al ingerir tejidos adulterados con las sustancias en mención, aporte significativo de la ciencia entomotoxicología forense a la criminalística. Habiéndose realizado esta tesis, con la metodología que solicita Universidad Rafael Landívar, por lo que se solicita que se continúe con los trámites respectivos de la revisión.

Sin otro particular, me suscribo de Usted.


Inga. Agr. Ana Elizabeth Herrera López
Asesora



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante DINA ALEJANDRA FIGUEROA HERNÁNDEZ, Carnet 16198-12 en la carrera LICENCIATURA EN INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y FORENSE, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 07563-2017 de fecha 8 de septiembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

"APORTE DE LA ENTOMOLOGÍA FORENSE EN LA DETERMINACIÓN DE MUERTE POR INTOXICACIÓN DE SALICILATOS, ORGANOFOSFORADOS Y ALCOHOLES MEDIANTE EL ESTUDIO DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS DE DíPTEROS DE LA SUBFAMILIA SARCOPHAGIDAE"

Previo a conferírsele el título y grado académico de LICENCIADA EN INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y FORENSE.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de diciembre del año 2017.



**MGTR. HELENA CAROLINA MACHADO CARBALLO, VICEDECANA
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
Universidad Rafael Landívar**

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Infinitas gracias por la sabiduría brindada a lo largo de mi vida, en especial en esta etapa de preparación universitaria. A Él sea la honra, la gloria y el poder.

A MIS PADRES

Manuel y Mirna Figueroa, por el infinito amor, dedicación y apoyo que he recibido durante toda mi vida. Gracias por ser el ejemplo a seguir en todas las áreas de mi vida, a pesar de no verlos muy seguido los llevo en mi corazón siempre.

A MI FAMILIA

A mi hermano Josué, por ser la alegría en mis días de desánimo.

A mis tíos Zonia, Laura y Pablo, por el cariño y preocupación demostrados hacia mi vida.

A mi abuelo Samuel, por las oraciones elevadas a Dios por mi vida.

A mis abuelos Estefana Martínez QEPD, Manuel Figueroa QEPD y Berta Santiago QEPD, porque a pesar de no estar presentes, sé que desde el cielo están muy orgullosos de mí.

A MIS LÍDERES ESPIRITUALES

German y Virginia Aguilar, por ser mi guía y apoyo en el área más importante de mi vida. Por el año en que abrieron las puertas de su hogar para brindarme todo lo necesario. Que Dios les bendiga.

A MI ALMA MATER

Universidad Rafael Landívar, por ser el centro de estudios superiores donde he podido formarme

profesionalmente. Por darme la maravillosa oportunidad de ser parte del equipo de trabajo administrativo, para seguir creciendo como persona y como profesional.

A MIS COMPAÑEROS

Por los momentos vividos durante estos 5 años de preparación universitaria, aprecio mucho sus vidas.

A MI ASESORA

Inga. Ana Herrera, por la ayuda prestada en el asesoramiento de esta tesis de graduación, por los consejos de vida y los momentos compartidos durante la realización de la tesis.

A MI REVISOR

Ing. Agr. Otoniel García, por compartir conmigo sus conocimientos académicos y dejarme una enseñanza de vida.

**AL DEPARTAMENTO DE
LABORATORIOS DE
CIENCIAS, URL CAMPUS
QUETZALTENANGO**

Por darme la apertura en el uso de las instalaciones de los laboratorios, el préstamo de equipo y toda la asesoría brindada en la realización de la etapa experimental de mi proyecto de tesis.

A todas las personas que no mencioné y que me ayudaron a lo largo de este proceso,

Que Dios les bendiga.

DEDICATORIA

A DIOS

Por la gracia de Dios soy lo que soy, porque sé que este logro terrenal también servirá para mi buen fin espiritual.

A MIS PADRES

Manuel y Mirna Figueroa, porque ellos sentaron las bases de mi vida, los valores que ahora tengo son producto de lo que ellos sembraron en mí. Mi vida académica fue apoyada por ellos desde siempre, por tal razón, el logro es de ellos también.

A MI HERMANO

Josué, por ser el motor principal por el que debo salir adelante, para darle el buen ejemplo que se merece.

A MIS ABUELAS

Estefana Martínez QEPD y Berta Santiago QEPD, porque las dos fueron fundamentales para que continuara con mis estudios de licenciatura. Me apoyaron en todo momento, siendo claves para mi proceso de independencia. Sus enseñanzas de vida han quedado guardadas en mi corazón y su recuerdo siempre estará latente.

RESPONSABILIDAD: “La autora será la única responsable del contenido de las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de tesis”.

ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
a.C.	Antes de Cristo
etc.	Etcétera
ext.	Extensión
G	Gramos
Ibíd.	En el mismo lugar.
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
Lic.	Licenciado
mg/dl	Miligramos por decilitros
ml	Mililitros
mm	Milímetros
No.	Número
Pág.	Página
pH	Potencial de hidrógeno
Sp.	Especie

SIGLAS

AAS	Ácido acetil salicílico
ACh	Acetilcolina
ADAM	Dissección de animación de anatomía de medicina
ANOVA	Análisis de varianza
DE50	Dosis Efectiva 50
DL50	Dosis Letal 50
INACIF	Instituto Nacional de Ciencias Forenses
IPM	Intervalo Post Mortem
MP	Ministerio Público
S.A.	Sociedad Anónima
SAT	Sistemáticas Analíticas Toxicológicas
SNC	Sistema Nervioso Central
URE	Unidad de Recolección de Evidencias
URL	Universidad Rafael Landívar

RESUMEN

En el presente estudio se ha analizado el aporte que tiene la entomología forense en la determinación de muerte por intoxicación de salicilatos, organofosforados y alcoholes; a través del estudio de los cambios morfológicos de dípteros *Sarcophagidae sp.* Para lograr esto, el trabajo de investigación se desarrolló en cuatro capítulos. El primero contiene definiciones básicas sobre entomología, haciendo especial énfasis, en la morfología de los dípteros mencionados en cada etapa de su ciclo de vida. En el capítulo segundo, se hace una breve descripción de las dosis consideradas tóxicas y mortales, describiendo la farmacocinética de los tres tratamientos en mención, ácido acetil salicílico, insecticida organofosforado y etanol medicinal. Seguido de esto, se encuentra el capítulo tercero donde se desarrolla la integración de la entomología con la toxicología dando lugar a la ciencia entomotoxicología. En este capítulo se entrevé la inexistente aplicación de esta ciencia en Guatemala, además de la importancia que esta tendría si se utilizara como método de respaldo para la datación de muerte, identificación de tóxicos, correlación entre víctima-victimario, victimario-escena, entre otros. Por último, se presenta el capítulo cuarto, donde se da a conocer la metodología de investigación de campo, incluyendo una descripción generalizada de cada procedimiento, desde la colecta de los especímenes hasta la observación de los cambios morfológicos de tamaño, coloración y estructura. En el capítulo final se abordan los resultados obtenidos mediante la experimentación científica, dando respuesta a la pregunta de hipótesis y los objetivos, respectivamente.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Introducción.....	I
Capítulo I: Entomología Forense	
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Etimología de Entomología.....	2
1.3. Entomología Forense.....	2
1.3.1. Historia.....	3
1.4. Taxonomía.....	4
1.5. Definición de Insecto.....	6
1.6. Orden Díptera.....	6
1.6.1. Reproducción, Crecimiento y Metamorfosis.....	6
1.6.2. Morfología.....	8
1.6.3. Epidermis y Cutícula.....	14
1.6.4. Órganos Sensoriales.....	15
1.7. Especies Necrófagas: Familia Calliphoridae.....	16
1.7.1. Sub Familia Sarcophagidae.....	17
Capítulo II: Toxicología Forense	
2.1. Definición.....	22
2.2. Terminología.....	23
2.2.1. Tóxico.....	23
2.2.2. Veneno.....	23
2.2.3. Dosis.....	24
2.2.4. Semiología.....	25
2.2.5. Síntomas.....	25
2.2.6. Signos.....	26

2.3. Vías de Penetración de los Venenos.....	26
2.3.1. Vía Cutánea.....	26
2.3.2. Vía Digestiva.....	26
2.3.3. Vía Respiratoria.....	27
2.3.4. Vía Subcutánea.....	27
2.3.5. Vía Conjuntival.....	27
2.3.6. Vía Rino-faríngea.....	27
2.3.7. Vía Uro-genital.....	27
2.3.8. Vía Serosa.....	28
2.4. Mecanismo de Acción de los Venenos.....	28
2.4.1. Estimulantes del Sistema Nervioso Central.....	28
2.4.2. Depresores del Sistema Nervioso Central.....	29
2.5. Vías de Eliminación de los Venenos.....	30
2.5.1. Vía Renal.....	30
2.5.2. Vía Pulmonar.....	30
2.5.3. Vía Digestiva.....	30
2.5.4. Vía Cutánea.....	30
2.5.5. Vía Salival.....	30
2.5.6. Vía Mamaria.....	30
2.5.7. Las Faneras.....	30
2.6. Toxicología de las Sustancias.....	31
2.6.1. Salicilatos.....	32
2.6.2. Organofosforados.....	34
2.6.3. Alcoholes.....	35
2.7. Procedimientos de Laboratorio.....	37
2.7.1. Técnicas de Screening.....	38

Capítulo III: Aporte de la Entomología Forense en la Identificación de muerte por Intoxicaciones Específicas

3.1. Entomotoxicología, Concepto.....	39
3.2. Entomotoxicología de Campo.....	40
3.3. Entomotoxicología de Laboratorio.....	40
3.4. Entomotoxicología en Guatemala.....	41
3.4.1. Instituto Nacional de Ciencias Forenses.....	41
3.4.2. Ministerio Público.....	43

Capítulo IV: Presentación, Análisis y Discusión de Resultados

4.1. Planteamiento del problema.....	46
4.2. Hipótesis.....	47
4.3. Objetivos.....	47
4.3.1 General.....	47
4.3.2 Específicos.....	47
4.4. Metodología.....	48
4.4.1 Localización.....	48
4.4.2 Condiciones climatológicas.....	49
4.4.3 Material experimental.....	49
4.4.4 Factores a estudiar.....	50
4.4.5 Descripción de los tratamientos.....	50
4.4.6 Diseño experimental.....	55
4.4.7 Modelo estadístico.....	55
4.4.8 Unidad experimental.....	56
4.4.9 Croquis del experimento.....	56
4.4.10 Manejo del experimento.....	57

4.4.11 Variables de respuesta.....	85
4.4.12 Análisis de la información.....	85
4.4.13 Costos de Investigación.....	90
4.4.14 Resultados y discusión.....	91
4.4.15 Observaciones finales.....	96
Conclusiones.....	97
Recomendaciones.....	99
Referencias.....	101
Anexos.....	107
Glosario.....	113

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro No. 1 Tratamientos a evaluar.....	53
Cuadro No. 2 Croquis del experimento determinación de muerte por intoxicación de salicilatos, organofosforados y alcoholes a través de los cambios morfológicos de dípteros <i>Sarcophagidae sp</i>	56
Cuadro No. 3 Tiempo de llegada de dípteros <i>Sarcophagidae sp</i>	61
Cuadro No. 4 Condiciones climatológicas.....	64
Cuadro No. 5 Descripción del Testigo con respecto a las tres variables de estudio: color, tamaño y estructura.....	66
Cuadro No. 6 Cambios morfológicos en ácido acetilsalicílico: Aspirina.....	68
Cuadro No. 7 Cambios morfológicos en insecticida organofosforado.....	73
Cuadro No. 8 Cambios morfológicos en etanol medicinal al 50%.....	76
Cuadro No. 9 Diferencia entre larvas expuestas a diferentes sustancias tóxicas.....	82
Cuadro No. 10 Datos resultantes de la observación de cambios morfológicos en dípteros <i>Sarcophagidae sp</i>	86
Cuadro No. 11 Análisis de varianza.....	88
Cuadro No. 12 Resumen del modelo.....	89
Cuadro No. 13 Medias.....	89

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo No. 1 Porcentaje de alcohol en licores.....	108
Anexo No. 2 Efectos del alcohol en el organismo.....	108
Anexo No. 3 Estadísticas Instituto Nacional de Ciencias Forenses Unidad de Laboratorios.....	109
Anexo No. 4 Ficha técnica insecticida organofosforado.....	110
Anexo No. 5 Gráfica de variables: Color, tamaño y estructura.....	111
Anexo No. 6 Formato entrevista.....	112

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la toxicología forense es la determinación del origen de una intoxicación que, bajo ciertas condiciones, desencadenan la muerte de un individuo. Los cambios primarios producidos por una sustancia tóxica en los tejidos son bioquímicos y no anatómicos, es por ello, que los patólogos no siempre pueden identificar el agente causal. Para este trabajo es necesaria la ayuda de los toxicólogos forenses, puesto que ellos pueden analizar si algún agente químico exógeno está presente en las muestras provenientes de necropsias asociadas a una investigación médico legal.

Los métodos tradicionales de la toxicología forense, emplean muestras de sangre, orina, órganos internos, humor vítreo, contenido gástrico, entre otros; sin embargo, cuando el cadáver se encuentra en un avanzado estado de descomposición estos métodos se consideran inviables. De ahí que surge la alternativa de realizar estos análisis a insectos.

La ciencia que se encarga de realizar análisis toxicológicos a insectos que se alimentan de carroña humana, es llamada entomotoxicología forense. Esta ciencia identifica y cuantifica drogas y toxinas presentes en un cadáver a través de la observación de los efectos causados, por las sustancias, a los ciclos de vida de dichos especímenes.

El presente estudio aborda el tema de entomotoxicología forense en su área de campo, puesto que el objetivo es identificar cambios morfológicos en dípteros de la subfamilia *Sarcophagidae sp.*, comúnmente llamada mosca de la carne, al estar ingiriendo tejidos adulterados con salicilatos, organofosforados y alcoholes durante su ciclo de vida. Esto con el afán de aportar datos que ayuden en la construcción de líneas de investigación rápidas y certeras, durante el proceso de colecta y análisis in situ de la entomofauna cadavérica.

Para establecer los posibles cambios es necesario realizar una investigación bibliográfica sobre la morfología de dípteros *Sarcophagidae sp.*; e indagar sobre la farmacocinética de las sustancias mencionadas, con la finalidad de establecer un precedente para el posterior cotejo.

La investigación realizada es de carácter cualitativo experimental, el cual, exige realizar una experimentación controlada estableciendo una metodología y precisando procesos que den respuesta a la pregunta de hipótesis. La misma, para este estudio específico, versó en determinar si dípteros *Sarcophagidae sp.* presentaban anomalías morfológicas en cuanto a tamaño, coloración y estructura al suministrarles carne adulterada con las sustancias: ácido acetil salicílico, insecticida organofosforado y etanol medicinal al 50%; y que estos cambios fueran evidentes con al menos uno de los tratamientos.

Cuando se trabaja con organismos vivos, estos se encuentran en continuo cambio, ya sea por factores internos o por factores externos, esto constituye una limitante en la investigación. En el caso de las unidades de análisis dípteros *Sarcophagidae sp.*, un factor interno influyente es su oportunismo al reproducirse (las hembras en algunas ocasiones dan nacimiento a ninfas o larvas tan desarrolladas que inmediatamente después de salir del cuerpo de la madre se transforman en pupas y no precisamente en huevos como sucede con la oviposición) generando así, alteraciones en las etapas de su ciclo de vida. En cuanto a factores externos, el más influyente está relacionado con el clima. Como premisa general se dice que, a mayor temperatura, mayor desarrollo de las especies y a menor temperatura estas se inhiben y su crecimiento es mucho más lento. A esta condición se le debe agregar otros factores climáticos como la presencia de lluvia, viento, humedad, intensidad del sol, entre otros.

Para arrojar resultados concretos a la investigación, también es necesario incluir en el trabajo de campo, entrevistas a reconocidos profesionales del Ministerio Público, Instituto Nacional de Ciencias Forenses y catedráticos universitarios; ellos con su

experiencia, aportaran información, a fin de conocer el nivel de aplicación de la entomotoxicología forense en el país.

Se espera que este estudio con modalidad de grado sea de interés en la promoción de nuevos conocimientos para la academia, como también para los investigadores de la Dirección de Investigación Criminal y Unidad de Recolección de Evidencias del Ministerio Público; Dirección General de Investigación Criminal de la Policía Nacional Civil, para los profesionales de las ciencias en el Instituto Nacional de Ciencias Forenses y toda persona interesada en esta ciencia de apoyo a la criminalística.

Con los resultados de esta investigación científica se crea un precedente para futuras generaciones que deseen abordar este tema tan interesante, para que de ella surjan nuevos estudios académicos por ser un tema novedoso, poco estudiado y de poca aplicación en el país.

CAPÍTULO I

ENTOMOLOGÍA FORENSE

1.1 Antecedentes

Los insectos han sido estudiados desde el siglo IV a.C., específicamente por Aristóteles, quien brindó los fundamentos teóricos a las ideas antiguas provenientes de la India, Egipto y Babilonia. Estas teorías incluían la generación espontánea de la vida donde gusanos, moscas y escarabajos surgían del estiércol y la basura; piojos que provenían del sudor humano, además de ranas, cocodrilos, ratones y serpientes que brotaban del lodo de los ríos y lagos. Estas creencias difundidas por Aristóteles fueron adoptadas a lo largo de los años y no fue sino hasta mediados del siglo XVII cuando el médico italiano Francesco Redi refutó la teoría de la generación espontánea, explicando lo que denominó biogénesis basada en el método científico.

Redi narra en su obra “Experimentos acerca de la generación de los insectos”, que la idea de que las larvas surgían de moscas vino del poema épico la Ilíada (Antigua Grecia). Por tal razón, Redi pretendió desarticular esa teoría y probar su hipótesis a través de un experimento en el cual colocó trozos de carne animal en recipientes de boca ancha; unos los cubrió con gasa para permitir la entrada y salida de aire y gases, otros los dejó al descubierto y los últimos los cerró herméticamente. El resultado fue sorprendente para el científico, ya que después de unos días verificó que los recipientes que se encontraban descubiertos fueron poblados por larvas, producto de la oviposición de moscas que se hicieron presentes en el lugar. Por el contrario, los recipientes sellados herméticamente no contenían larva alguna. De esta manera, fue como Francesco Redi fue capaz de demostrar que, en cadáveres fácilmente visibles, la teoría de la generación espontánea no era aplicable; además que todo ser vivo proviene de otro ser vivo antecesor, confirmando irrefutablemente la teoría de la biogénesis.

1.2 Etimología de Entomología

Según lo expuesto por el botanista francés, Charles Bonnet (1720-1793), quien fue el primero en adherir este término, se describe como la rama de la zoología que estudia los insectos. El Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, la define como; del latín científico *entomología*, y éste del griego *éntomon* “insecto” y el latín *logia* “logía” es decir, estudio de los insectos. La palabra griega *éntomon*, también hace referencia a la frase: cortado en pedazos o internamente seccionado, por el prefijo griego *en=* en el interior. Todo esto da la idea a la forma en la que está segmentada la parte interna del cuerpo de los insectos.¹

La entomología como rama de la zoología, estudia todo lo referente a los insectos incluyendo ciclos vitales, morfología, desarrollo y clasificación, combinado con conceptos de fisiología general, embriología, filogenia y evolución. La entomología en su concepto más amplio, es una de las ramas de la zoología que se ocupa del estudio de los insectos. Esta comprende la mayor parte de los animales terrestres en todo el planeta, se estima que hay más de 1,000,000 de especies que constituyen el mayor filo del reino animal y están presentes en casi todos los hábitats. Conforme las investigaciones avanzan, aparecen más insectos y se aumenta más la clasificación.

1.3 Entomología Forense

La criminalística en su afán por resolver casos a través de las ciencias, se apoya en diversos quehaceres tanto empíricos como científicos. Así como se puede mencionar a la química o toxicología como ciencias auxiliares de la criminalística, también se pueden catalogar la plomería y la mecánica automotriz como profesiones que coadyuvan en la resolución de casos criminales; en cualquiera de los casos a estas ocupaciones se les apellida “forenses”. Por lo tanto, cuando la

¹ Yusseff Vanegas, Sohath Zamira. “Entomología Forense: los insectos en la escena del crimen”. *Revista Luna Azul*. Rev. 2007-01-10. Publicación No. 23. Colombia. Julio - diciembre 2006. Universidad de Caldas. Página 1.

entomología aporta datos de interés para la resolución de un hecho delictivo se denomina Entomología Forense.

La aplicación de la entomología forense consiste en el estudio de los insectos colectados en un escenario criminal, que, a través de su análisis en cuanto a crecimiento, reproducción, morfología y ciclo de vida pueden aportar datos de interés a una investigación de carácter forense. Esta aplicación variará desde la determinación del intervalo post mortem, lugar del deceso diferente al lugar de hallazgo del cadáver, época del año en que ocurrió la muerte, o incluso determinación de tóxicos presentes en el cadáver que por degradación del mismo sea imposible su identificación.

De igual manera, esta ciencia puede ser utilizada para vincular al sospechoso con la escena del crimen o a su presencia anterior en el lugar de los hechos, relacionando la actividad de llegada de los insectos con los grupos que se encuentran en un área determinada. La información provista por esta ciencia, sin duda, da certeza y apoyo a otros medios de datación forense.

1.3.1 Historia

La historia de la entomología forense se remonta al siglo XIII donde un caso de asesinato es resuelto. La documentación de este incidente se encuentra plasmada en un manual chino de medicina legal; el cual indica que se encontró a un labrador degollado por una hoz, para resolver el caso, el investigador a cargo pidió a todos los labradores de aquel lugar que se presentaran con sus herramientas de trabajo. Al llegar los sospechosos, el investigador les solicitó colocar sus herramientas a campo abierto, a manera que las mismas quedaran expuestas al sol y a los diferentes insectos del lugar. A pesar de no poseer la sangre visible, el arma homicida aun contaba con trazas de sangre, por lo que al exponerlas al medio ambiente las moscas no se hicieron esperar y prefirieron posarse sobre una única hoz; confrontando de esta manera la evidencia con el propietario de la misma.

La utilización de los insectos en el ámbito forense como una ciencia establecida, se inició a mediados del siglo XIX. Bergeret, un médico francés, fue quien realizó la primera determinación de IPM basándose en el desarrollo de las larvas y pupas que contenía el cadáver. Este fue uno de los primeros casos en los que un tribunal de justicia aceptó indicios entomológicos como elementos probatorios. Posteriormente, Jean Pierre Megnin, un veterinario y entomólogo del ejército francés, extendió estos conocimientos exponiendo un cuerpo al aire libre; evaluando así, los fenómenos cadavéricos y la sucesión regular de artrópodos que aparecen según el estado de descomposición del cadáver.

En el año 1978 Marcel Leclercq, médico y entomólogo belga, publicó "Entomología y Medicina Legal: Datación de la Muerte" y en 1986, Kenneth George Valentine Smith publicó "Manual de Entomología Forense". A partir de este momento la trayectoria de la entomología forense ha venido en ascenso. Muchos investigadores han dedicado tiempo y recursos al estudio de esta ciencia lo que ha ayudado a resolver numerosos casos en los que se ven implicados indicios entomológicos.

Hoy en día, uno de los trabajos más destacados es la obra de Jason Byrd y James Castner, titulada "Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations", publicado en el año 2001. Mark Benecke ha contribuido también con una gran cantidad de aportes a la entomología forense, entre los cuales se destaca el libro "Insects and Corpses", editado en el 2002. En ese mismo año Greenberg y Munich publican "Entomology and the Law: Flies as Forensic Indicators", donde se describen las moscas de importancia forense.

1.4 Taxonomía

Según el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, este término proviene del griego *táxis*=ordenación y *nomía*= ley; es la ley de la ordenación, la ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en

particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática de nombres, de todos los seres vivos.

La Taxonomía, entendida como la teoría y práctica de la clasificación de los seres vivos, da sustento y nutre muchas otras ramas de la Biología. La práctica de esta disciplina, se remonta a mediados del siglo XVIII cuando se incorporó el concepto de “Systema”, para referirse al ordenamiento de los seres vivos y la nomenclatura binominal de las especies dentro de un sistema jerárquico, llevada a cabo por el botánico sueco Carlos Linneo (1753-1758).²

A manera de ejemplificar, a continuación, se desarrolla la clasificación taxonómica de la comúnmente llamada mosca azul botella:

Nombre en latín: *Calliphora vomitoria*.

- Reino: Metazoo
- Subreino: Eumetazoo
- Rama: Bilateria
- Grado: Coelomata
- Serie: Protostomia
- Phylum: Arthropoda
- Subphylum: Mandibulata
- Clase: Insecta
- Subclase: Holometabola
- Orden: Díptera
- Suborden: Brachycera
- Infraorden: Muscomorpha
- Superfamilia: Oestroidea
- Familia: Calliphoridae
- Subfamilia: Calliphorinae
- Género: *Calliphora*

² Fernández, Marta Susana & otros. *Introducción a la taxonomía Manual de ejercitaciones*. Argentina. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). 2013. Página 5.

- Especie: *vomitória*

1.5 Definición de Insecto

Los insectos pertenecen al gran filum de los animales con patas articuladas llamados artrópodos. En su estado adulto, los insectos se caracterizan principalmente por tener el cuerpo dividido en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen.³

Estos poseen un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas; asimismo una cubierta esclerotizada (exoesqueleto) y son abundantes en toda la tierra. Pueden ser herbívoros, carnívoros, carroñeros y pueden desarrollar relaciones simbióticas de parasitismo y comensalismo. La gama es tan amplia que se dice que por cada ser humano en la tierra existen aproximadamente 200 millones de insectos. Hasta la fecha se desconoce el número de especies de insectos en su totalidad, pero hay estimaciones de que varían desde 890,000 hasta más de un millón de especies.

1.6 Orden Díptera

La orden díptera comprende aproximadamente unas 85,000 especies conocidas con diversos nombres comunes como: moscas, mosquitos, jejenes, rodadores, zancudos, tábanos, etc., siendo en general de tamaño medio.

1.6.1 Reproducción, Crecimiento y Metamorfosis

Durante el ciclo de vida los insectos sufren modificaciones en su forma, a este fenómeno se le denomina metamorfosis. Los dípteros presentan metamorfosis completa u holometábola, ya que en el transcurso de la vida pasan por cuatro etapas de crecimiento: huevo, larva, pupa y adulto.

El crecimiento de los insectos es el resultado de la multiplicación de las células y en esta multiplicación puede registrarse aumento en el tamaño de la célula o simple

³ H. Ross, Herbert. *Introducción a la Entomología general y aplicada*. Estados Unidos. Editorial John Wiley & Sons, Inc. 1956. Página 37.

aumento numérico. Al salir el insecto del huevo comienza el crecimiento, pero el aumento en tamaño es más aparente después de cada muda, es decir de cada cambio de piel. El número de mudas varía dependiendo de cada especie, en los dípteros por lo regular son tres, el nombre que reciben las mudas es exuvia.



Fotografía 1: Exuvia de *Sarcophagidae sp.* Segundo estadio larvario. Fotografía tomada de Estereoscopio Laboratorio de Biología. URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa

Al concluir con los tres estadios de larva, inicia un periodo transitorio de prepupa, este se caracteriza por el cese del movimiento y cambio de coloración. Las pupas también experimentan tres etapas antes de la adultez, estas caracterizadas por cambio de color (naranja, rojizo y café oscuro).

Cuando los insectos han llegado a su estado de imago o adulto y sus órganos sexuales han adquirido madurez, están aptos para reproducirse mediante el acoplamiento de la hembra y el macho; después de este acto la hembra deposita un número variable de huevos, generalmente en sitios donde los individuos recién nacidos encuentren el alimento adecuado para subsistir. Este es el tipo común de reproducción, aunque existen casos especiales como la partenogénesis o la larviposición.

Esta última se refiere al hecho de que las hembras en algunas ocasiones dan nacimiento a ninfas o larvas tan desarrolladas que inmediatamente después de salir del cuerpo de la madre se transforman en pupas y no precisamente en huevos como sucede con la oviposición.

Este caso de reproducción lo presenta la subfamilia *Sarcophagidae sp.*, denominada coloquialmente “mosca de la carne”, ya que es una especie oportunista que evalúa las posibilidades de vida al depositar sus huevos, por lo que en ocasiones oviposita y en otras larviposita.⁴

1.6.2 Morfología

Dentro de la orden díptera, serán estudiadas las llamadas, moscas. Estas, al igual que todos los insectos tienen su cuerpo segmentado en tres partes:

- Cabeza
- Tórax
- Abdomen

Poseen tres pares de patas y dos pares de alas, de estas últimas, un par se encuentra atrofiado y transformado en pequeños halterios o balancines. En las moscas, estos balancines son fundamentales para la estabilidad y equilibrio durante el vuelo, ya que les permite detenerse, volando en el mismo lugar.

A continuación, se describe la morfología de un díptero y se desarrollará cada etapa de la metamorfosis por separado.

a) Huevo

En la mayoría de las especies, las hembras son ovíparas, esto quiere decir, que se reproducen poniendo huevos. Estos presentan características comunes a su especie, puesto que varían mucho en tamaño, forma y coloración. En cuanto a la forma existen ovalados, esféricos, con pedicelo, aplanados, entre otros; la coloración también varía de especie a especie, aunque es predominante los colores claros (blancos, amarillentos); asimismo, el tamaño varía porque en unas especies, estos son casi imperceptibles mientras que en otras son bastante grandes.

La cantidad de huevos que pone la hembra es variable, en ciertas especies el número es reducido, pero en otras por ejemplo las termitas cuya orden es isóptera,

⁴ Coronado Padilla, Ricardo. Antonio Márquez Delgado. *Introducción a la Entomología, Morfología y Taxonomía de los Insectos*. México. Editorial Limusa. 1986. Décima reimpresión. Páginas 59,60.

la hembra puede poner uno cada segundo; o en el caso de las abejas reina, orden himenóptera, puede producir un millón durante toda su vida.

La estructura del huevo está constituida por una cubierta externa protectora, frecuentemente reticulada o esculpida, denominada corio o cascarón, desprendibles, total o parcialmente. El corio o cascarón de los huevos de *Drosophila melanogaster* contiene cuando menos 0.6% de glucosamina y el análisis espectrográfico acusa la presencia de 18 elementos, predominando el calcio, sodio, fósforo y hierro.⁵

Cuando se ha efectuado la fecundación del huevo, se inicia la incubación en un período de tiempo variable para cada especie (en promedio 1 día), pero influenciado también por los cambios climáticos determinantes, principalmente la temperatura y la humedad.

b) Ninfa

En los insectos de metamorfosis incompleta o hemimetábolos, se observa que los individuos jóvenes se van desarrollando gradualmente hasta transformarse en adultos. Los jóvenes son semejantes a los adultos en sus caracteres morfológicos externos, pero se diferencian de ellos por el poco desarrollo de las alas y la inmadurez de los órganos sexuales; a esta característica deben el nombre de ninfas, que en griego equivale a novia o doncella.

Esto quiere decir que al eclosionar el huevo nace el insecto como un adulto inmaduro y conforme avanza el tiempo este se va transformando hasta llegar a la adultez plena con todos los órganos internos y externos bien desarrollados.

⁵*Ibíd.*, Pág. 61-63

c) Larva

Este es el término para referirse al segundo estado biológico de los insectos de metamorfosis completa u holometábolos; la palabra es de origen latino y equivale a disfraz del estado adulto.

Las larvas son de cuerpo alargado y el extremo anterior terminado en punta en las de tipo muscoidea; en ellas hay un par de espiráculos anteriores situados en el primer segmento del tórax y un par de espiráculos caudales colocados en el último segmento abdominal.

Las larvas de díptero tienen forma alargada y cuerpo cilíndrico, pero carecen de patas, estas larvas corresponden al tipo vermiforme. Antes de convertirse en pupas, atraviesan una transformación interna delimitada en tres instares o tres etapas que se pueden diferenciar por el tamaño y coloración de las mismas.

d) Pupa

Este estado biológico en los insectos se considera como un período intermedio entre la larva y el adulto; en él no se observa vida activa aparente, pero sí suceden cambios muy interesantes desde el punto de vista morfológico. Este estado transitorio se caracteriza por una transformación radical de sus estados anteriores a la etapa de la adultez.

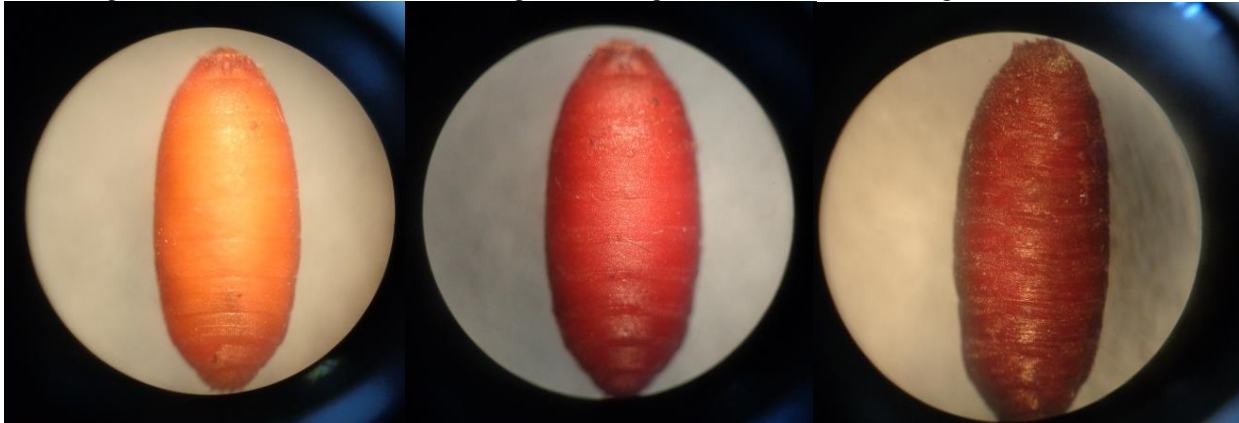
La palabra *pupa* fue empleada por primera vez por Linneo para designar a la crisálida de los lepidópteros (mariposas) y en latín equivale a niño generalizándose a la fecha ese nombre a todos los insectos de metamorfosis completa, por la analogía que existe entre el aspecto externo de las pupas y los atuendos empleados por los indígenas mexicanos para envolver a sus pequeños.

Las pupas también pasan por tres estadios, los cuales son evidentemente diferenciados por la coloración que adquieren conforme el proceso metamórfico va avanzando.

Fotografía 2: Primer instar

Fotografía 3: Segundo instar

Fotografía 4: Tercer instar



Observación de pupas de *Sarcophagidae sp.* Vistos en estereoscopio. Laboratorio de Biología URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

Las pupas se clasifican en: cubiertas y libres, esto dependiendo del grado de libertad que tengan para moverse dentro de esta. Las larvas de díptero empupan como pupas libres, ya que el exterior de la pupa está formado por la piel del último estado larvario, denominado pupa contraída y pupario. Cuando la larva no produce capullos para empupar, busca un lugar adecuado para protegerse, como objetos de madera, bajo la corteza de los árboles o fabrica celdas en el suelo.⁶

⁶ *Ibíd.*, Pág. 74,75



Fotografía 5



Fotografía 6

Imágenes de pupas vacías, quebradas por los imagos que de allí emergen al concluir la metamorfosis. Fotografías tomadas de estereoscopio. Laboratorio de Biología. URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa

e) Adulto

La cabeza presenta interesantes caracteres taxonómicos, como la sutura frontal que tiene forma de **U** invertida y un esclerito llamado lúnula frontal, situado entre la parte superior central de la sutura frontal y la base de las antenas; las cerdas que tiene la cabeza también son de gran utilidad como caracteres taxonómicos; el aparato bucal es de tipo chupador; pese a ello, presenta diversas modificaciones dando lugar a diversos subtipos; ojos compuestos de tamaño grande, separados o contiguos y ocelos generalmente presentes; las antenas varían de forma, aun dentro de una misma familia; en ocasiones es larga, filiforme o plumosa y multi segmentada, en numerosas especies es corta y sólo de 3 segmentos, con los dos basales chicos y el tercero grande, con arista o estilo presente o ausente.

El aparato bucal muchas veces está reducido a un par de ganchos mandibulares paralelos y en algunas especies acuáticas depredadoras existen mandíbulas, antenas y ojos. En adultos de *Sarcophagidae sp.*, la cabeza es de forma ovalada con predominantes ojos rojos y un aparato bucal lamedor-chupador.



Fotografía 7



Fotografía 8

Observación de cabeza de macho adulto de *Sarcophagidae sp.* Vistos en estereoscopio. Laboratorio de Biología URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

En el tórax las patas de coxa corta o larga y tarsos generalmente de 5 segmentos; para identificar familias ayuda mucho la presencia o falta de espolones en la tibia y la estructura del empodio, el cual es inexistente en muchos grupos y en otros se encuentra bien desarrollado como los pulvilios.⁷

Sólo existe un par de alas membranosas en el mesotórax; el segundo par está representado por dos órganos denominados halterios o balancines; la venación tiene especial importancia en la identificación de familias y las cerdas del tórax ayudan también en el estudio de los insectos del orden.



Fotografía 9

Observación de cabeza y tórax de macho *Sarcophagidae sp.* Vistos en estereoscopio. Laboratorio de Biología URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

⁷*Ibíd.*, Pág. 201.

El abdomen varía incluso entre las mismas familias pertenecientes a este orden. Cuenta con once segmentos de los cuales dos están unidos. Los segmentos finales (dos o tres) están adaptados para la supervivencia y reproducción, en las hembras estos se encuentran modificados para formar el ovipositor que en algunos casos es flexible y largo.

1.6.3 Epidermis y cutícula

La pared del cuerpo de los insectos reviste una gran importancia en relación con su defensa y protección, pues los protege contra la desecación y enfermedades; la presencia de pelos urticantes y glándulas que secretan sustancias venenosas o repelentes aleja a sus enemigos.

Dos capas principales forman la pared del cuerpo, la epidermis y la cutícula. La primera es una capa basal de células simples unidas por una membrana y con un núcleo de tamaño más o menos grande. Entre éstas hay células muy especializadas que producen sensorias superficiales de diferente forma, generalmente pelos o cerdas sensoriales que reciben los estímulos del medio exterior y los transmiten al sistema nervioso.

La capa externa es la cutícula, pero todavía ésta se subdivide en tres capas a saber: la endocutícula, la exocutícula y la epicutícula. En la endocutícula se reconocen su permeabilidad al agua y sustancias en solución, es flexible, blanda y el alto contenido de quitina es otra de sus características. La exocutícula es una capa más delgada que la anterior, contiene cuticulina y quitina en alto porcentaje en áreas blandas, pero en áreas esclerosadas el contenido de quitina es menor. La carótina y la melanina aparte de definir el color de la pared del cuerpo, dan dureza, así como impermeabilidad a esta capa. Finalmente, la epicutícula, es la capa más delgada y

superficial; está formada por dos lechos visibles en preparaciones histológicas, uno interno de cuticulina y el exterior más resistente a solventes. ⁸

En la cutícula tiene lugar uno de los fenómenos más notable en la vida de los insectos inmaduros, este es el cambio de piel o *ecdycis*, que permite el crecimiento del insecto. Principia cuando las células especializadas forman una nueva epicutícula y descargan enzimas arriba de ella para digerir la quitina y la proteína y disolver así la endocutícula sin afectar la cuticulina y otras sustancias presentes en la exocutícula y la epicutícula nuevas.

1.6.4 Órganos sensoriales

Las impresiones del medio externo son recibidas por el insecto a través de sensorias cuya forma y estructura varían con la función que desempeñan. Las del tacto están localizadas en los palpos, las antenas y el cerco y adoptan la forma de pelos o cerdas. El sentido del gusto cuenta con sensorias parecidas a conos o placas situados principalmente en los palpos maxilares y labiales, en la hipofaringe y epifaringe. En las antenas, los palpos maxilares y los cercos se localizan las sensorias del olfato, las cuales son parecidas a las del gusto. El uso de sonidos por los insectos implica que los produzcan, los reciban y reaccionen a ellos en forma apropiada. Las estructuras receptoras del sonido radican en las antenas, las patas y el abdomen. ⁹

Los estímulos químicos se reciben por conducto de células receptoras modificadas de origen epitelial cuyo axón central está formado por procesos que crecen hacia adentro desde estas células hasta el sistema nervioso central. Por medio de quimio recepción los insectos responden a los atrayentes, repelentes y algunos insecticidas. Como los insectos muestran gran sensibilidad a los cambios de

⁸ *Ibíd.*, Pág.110

⁹ *Ibíd.*, Pág.111

temperatura, viento, humedad y presión; y además, se ha encontrado sensorias de formas distintas a las señaladas, se cree que poseen otros sentidos.

1.7 Especies Necrófagas: Familia *Calliphoridae*

Dentro de la orden díptera se encuentra la familia *Calliphoridae*. En ésta, los miembros se alimentan mayoritariamente de tejidos en descomposición por lo que es frecuente verlos en cadáveres humanos y animales. Esta familia agrupa dentro de sí a otras especies categorizadas en subfamilias. La subfamilia *Sarcophagidae sp.* es la mejor representada en cuanto a entomofauna cadavérica se refiere.¹⁰

Esta subfamilia comprende aproximadamente 2,000 especies, sin embargo, las características generales se mantienen presentes: cabeza con predominantes ojos rojos, tórax con líneas blancas perpendiculares a la cabeza (por lo regular tres), abdomen con diseño parecido al de un tablero de ajedrez. Además, son de color grisáceo y miden aproximadamente entre 8 a 14 milímetros de longitud en su etapa adulta.

Como se ha mencionado con anterioridad, una característica especial de la subfamilia *sarcophagidae* es que no siempre ovipositan, puesto que en ocasiones las hembras retienen los huevos en el útero hasta que maduran y eclosionan dentro de ellas; por lo que cuando son depositados en el exterior estos corresponden a larvas del primer instar.

Se hace referencia también a que estos dípteros arriban al cadáver después de las otras especies que componen a la familia y que son hábiles para volar en condiciones ambientales adversas por lo que tienen cierta ventaja para encontrar comida en época lluviosa o fría, por ejemplo.

¹⁰ EcuRed. Gallardo Pérez, Yampiel. Calliphoridae. Cuba. 2013. <http://www.ecured.cu/Calliphoridae>. 05 de febrero de 2016.

1.7.1 Sub familia *Sarcophagidae* sp.

Los sarcófagos son una subfamilia de dípteros braquíceros conocidas vulgarmente como moscas o moscardas de la carne, debido a que sus larvas se desarrollan en la carroña, estiércol o en los tejidos vivos de animales.

Los insectos adultos son desde pequeños hasta grandes, de constitución robusta. De colores no metálicos, principalmente grises, con apariencia de mosaico y ojos de color rojo brillante. Antenas 2mm-6mm segmentadas; arista dorsal basalmente plumosas o no. El segundo segmento antenal claramente acanalado en la parte superior, sutura Ptilinal claramente definida, aparato bucal funcional; no penetrante y palpos maxilares segmentados. ¹¹

Tórax dividido en tres segmentos, cubierta esclerotizada, rayas color gris 4 o 5 distribuidas en forma paralela.



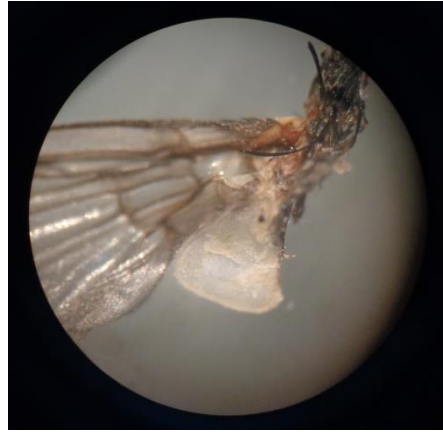
Fotografía 10: Observación de tórax y abdomen de *Sarcophagidae* sp. Vistos en estereoscopio. Laboratorio de Biología URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

Alas del tipo membranoso, poseen dos pares; sin embargo, un par se encuentra atrofiado en forma de halterios o balancines. Estos últimos son de color blanco, de menor tamaño y están colocados justo debajo del otro par de alas membranosas.

¹¹ Entomología Forense. Colegio de Postgraduados. Familias de dípteros de interés forense. México. Año desconocido. http://www.colpos.mx/entomologiaforense/familias_de_interes_forense.htm. 05 de febrero de 2016.



Fotografía 11



Fotografía 12

Observación de alas de *Sarcophagidae sp.* Vistos en estereoscopio. Laboratorio de Biología URL
Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

Patatas del tipo marchador están divididas en 7 segmentos, con cubierta esclerotizada y pelillos alrededor. En el extremo de cada pata poseen una uña y pulvilios, estos últimos encargados de producir una sustancia pegajosa compuesta por azúcares y aceites que le permiten adherencia a objetos y superficies sin dejarlos pegados completamente. Esto es de utilidad para caminar sobre el techo, por ejemplo.



Fotografía 13



Fotografía 14

Observación de patas de *Sarcophagidae sp.* Vistos en estereoscopio. Laboratorio de Biología URL
Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

El abdomen está dividido en cuatro segmentos, cubierta esclerotizada, pelos distribuidos, manchas grises simulando un tablero de ajedrez o bien, semejante a manchas de leopardo.



Fotografía 15



Fotografía 16

Observación de abdomen de *Sarcophagidae sp.* Vistos en estereoscopio.
Laboratorio de Biología URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

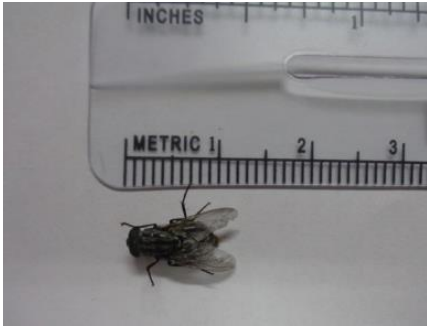
a) Diferencias entre macho y hembra

Hembra: tamaño aproximado entre 12mm-15mm de largo, abdomen ancho y ovalado al final, alas principales separadas.



Fotografía 17: Hembra de *Sarcophagidae sp.* Longitud 14mm

Macho: tamaño aproximado entre 10mm-14mm de largo, abdomen alargado y puntiagudo al final, alas principales juntas.



Fotografía 18: Macho de *Sarcophagidae sp.* Longitud 10mm

Genitales: en el macho el cerco se ve con mayor protuberancia, teniendo este una forma redondeada casi externa y visible de color rojo. Por el contrario, en la hembra los genitales se observan con segmentos, de forma más alargada y ligeramente escondida debajo del último segmento del abdomen; a pesar de ello aún es perceptible a simple vista con un predominante color rojo.



Fotografía 19: Observación de dípteros adultos de *Sarcophagidae sp.* Vistos en estereoscopio. Laboratorio de Biología URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

b) Pupas

Las pupas también pasan por tres estadios, los cuales son evidentemente diferenciados por la coloración que adquieren conforme el proceso metamórfico va avanzando. El primero es caracterizado por presentar un color anaranjado y medir un centímetro de largo aproximadamente, teniendo también una circunferencia bastante firme en su estructura. El segundo estadio mantiene la misma longitud, variando esta vez de color naranja a rojizo comenzando a oscurecerse en los extremos. Por último, el tercer estadio presenta una longitud de entre 11mm-13mm

y una coloración café oscura, la firmeza de la estructura en la circunferencia disminuye y la forma de la pupa es más alargada.



Fotografía 20: Observación de pupas de *Sarcophagidae sp.* Laboratorio de Biología URL Campus Quetzaltenango. Fuente: Alejandra Figueroa.

La descripción de la morfología de *Sarcophagidae sp.* Ayuda en la investigación para determinar los posibles cambios que se den cuando estos especímenes ingieran tejidos adulterados. Sin embargo, se hace la salvedad que, por la exposición de los especímenes desde temprana edad al alimento adulterado, puede ser probable que no se completen los ciclos vitales correspondientes.

CAPÍTULO II

TOXICOLOGÍA FORENSE

2.1 Definición

La toxicología se define como aquella ciencia que estudia la naturaleza, las propiedades y el modo de actuar de los tóxicos, así como la sintomatología, las intoxicaciones, su diagnóstico, tratamiento y prevención. Esta ciencia como tal, es importante para la medicina, ya que ayuda principalmente en la prevención de intoxicaciones y su tratamiento.¹²

Como se hizo referencia en el anterior capítulo, la criminalística se auxilia de ciencias que coadyuvan en la resolución de casos criminales. El aporte de la toxicología forense, entra en acción cuando se tengan sospechas de envenenamiento producido por terceras personas o bien, por la administración descontrolada de algunos fármacos que lleven a la muerte propia (suicidio).

Esta peculiar ciencia, nace de la unión de la medicina legal o forense y la química; con la necesidad de realizar estudios químicos analíticos a muestras tomadas de restos cadavéricos. Su aplicación está íntimamente ligada con la farmacología, anatomía patológica, medicina del trabajo y clínica médica.

Es por ello, que Ulrich Pérez, la define como *“la ciencia que se aplica en la detección de venenos o sustancias tóxicas, así como sus efectos en el organismo humano, seres vivos y post mortem con la finalidad de establecer las causas o circunstancias de las intoxicaciones y muerte por administración de medicamentos, drogas o venenos”*.

Para Raúl Jiménez Navarro, *“La Toxicología Forense ha adquirido gran relevancia en vista del creciente número de sujetos que sufren los efectos de una intoxicación,*

¹² Toxicología. Gispert, Carlos & Otros. Diccionario Enciclopédico Océano Uno Color. España. Grupo Editorial Océano S.A. 2000. Pág. 1603.

voluntaria o involuntariamente producida, lo cual es consecuencia no sólo de una población más abundante sino también por la existencia de un mayor número de sustancias a nuestro alcance con la que podemos resultar intoxicados”.

Esta verdad se extiende al hecho de que si la intoxicación es involuntaria puede ser por el creciente nivel de tóxicos con los que hoy en día cuentan los alimentos al ser cultivados o para su preservación (frutas y verduras). Por el contrario, si ésta es provocada por una tercera persona, el número de sustancias con las que se cuenta para cometer el ilícito, es mayor, por eso se dice que el crimen está en constante evolución.

2.2 Terminología

Con el afán de mejorar la interpretación del presente estudio es necesario exponer términos con su respectivo concepto, los cuales aplican en seres humanos; pero que se tomarán como referencia para el posterior análisis en dípteros.

2.2.1 Tóxico

La Real Academia Española de la Lengua lo define como algo que contiene veneno o produce envenenamiento. Algo perteneciente o relativo a una sustancia tóxica. Por lo tanto, tóxico, toxicidad, sustancia tóxica, hace referencia al hecho de que una sustancia esté envenenada. A todo lo referente a veneno. Es entonces un adjetivo calificativo.

2.2.2 Veneno

Según Alfredo Buzzo, un veneno *“Es toda sustancia que, sin obrar por acción mecánica, al ser puesta en contacto con los elementos vivos les produce directamente, por su propia naturaleza indirectamente, por desequilibrio ácido base del medio interno; alteraciones funcionales orgánicas transitorias o definitivas, incompatibles con la salud o la vida”.*

Asimismo, Thomas González, lo define como *“Toda sustancia que actúa en el cuerpo, química o fisiológicamente, produciendo siempre un trastorno funcional capaz de conducir a la enfermedad o la muerte”*.

Un veneno es entonces, aquella sustancia de origen natural o químico que al ser ingerido por un ser vivo le produce alteraciones en el organismo lo que puede llegar a desencadenar una enfermedad o incluso la muerte.

2.2.3 Dosis

Según el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, dosis deriva del latín. Medieval. *Dosis*, propiamente “acción de dar”.

El glosario nacional de términos farmacológicos de Cuba, describe la dosis de un medicamento, como los intervalos entre las administraciones y la duración del tratamiento; esta constituye la cantidad total que se administra de una sola vez.

Una dosis puede ser:

- a) **Dosis absoluta:** La cantidad de medicamento administrada a un paciente, normalmente recetada por el médico tratante.
- b) **Dosis relativa:** En este caso, la dosis se expresa en relación a alguna característica del sujeto, en función del peso corporal o del área de superficie corporal, por ejemplo.
- c) **Dosis sub óptima o ineficaz:** Es la dosis que no produce efecto farmacológico apreciable. Este fenómeno también ocurre cuando los medicamentos ya han vencido. Normalmente no es aconsejable ingerirlos después de la fecha de caducidad, sin embargo, en los casos en que por error se administran, estos no producen el efecto farmacológico deseado. Si se consumen después de unos meses, el grado de toxicidad del fármaco aumenta llevando a peligro de muerte al paciente.
- d) **Dosis mínima:** Es una dosis pequeña pero que inicia cambios farmacológicos evidentes.

- e) **Dosis máxima:** Es la cantidad límite que el organismo tolera sin causar daños tóxicos visibles.
- f) **Dosis terapéutica:** Es la dosis intermedia entre la dosis mínima y la dosis máxima.
- g) **Dosis tóxica:** Es la cantidad que excede los límites soportados por el organismo, causando así efectos secundarios indeseables.
- h) **Dosis mortal:** Dosis que por su cantidad produce inevitablemente la muerte.
- i) **DL₅₀:** Denominada dosis letal 50 o dosis mortal 50%; es la dosis que produce la muerte en un 50% de la población a la que se le administra la droga.
- j) **DE₅₀:** Denominada dosis efectiva 50, es la dosis que causa el efecto terapéutico correcto en un 50% de la población.

2.2.4 Semiología

La Semiología clínica es la ciencia que estudia todos los sistemas de signos, de esta se vale el médico para investigar mediante un examen psicofísico al paciente y establecer los diferentes signos que pueda presentar.¹³

Es decir, esta rama de la medicina se centra en el estudio a priori de los signos que un paciente pueda presentar para determinar una posible alteración a su estado normal de salud.

2.2.5 Síntomas

Un síntoma, es para la medicina, una referencia que da el paciente de su estado de salud. Esto producto de su misma percepción de salud y de los posibles cambios anómalos que reconozca sobre su organismo; por esta razón se dice que un síntoma es subjetivo. Un ejemplo de síntoma es la temperatura corporal, mareo, náusea, dolor, somnolencia, etcétera.

¹³ *Ibíd.*, Pág. 1477.

2.2.6 Signos

Para la medicina, un signo clínico, es cualquier manifestación comprobable consecuente de una enfermedad o alteración de salud; este se hace evidente en la biología del paciente. Un signo clínico es el elemento clave que el médico percibe a través del examen físico que le realiza al paciente. Ejemplo de signo es el edema o bien, el enrojecimiento de una zona del cuerpo, específica.

2.3 Vías de penetración de los Venenos

Esto hace referencia a la manera en que un veneno ingresa al organismo de un ser vivo, esta puede ser:

2.3.1 Vía Cutánea: Para que ingrese al organismo un veneno a través de la piel, son necesarias dos condiciones. La primera, que el tóxico sea soluble y la segunda que la piel sea permeable. Al respecto de los venenos gaseosos, estos no penetran a través de los tegumentos. Los venenos líquidos volátiles, como el cloroformo o éter, sólo se absorben si una vez aplicados sobre la piel se cubren con una capa impermeable. Los venenos líquidos volátiles se absorben por la piel sana, sólo si son miscibles o solubles en los lípidos cutáneos (sebáceos o dérmicos), como los hidrocarburos o soluciones alcohólicas. Las soluciones acuosas no se absorben si la piel está lesionada por cualquier razón, los tóxicos sí pueden ser absorbidos. Los venenos sólidos no se absorben por la piel sana, aunque estén en solución o suspensión grasa, en este último caso pueden absorberse por fricción, si la piel está lastimada, la absorción se facilita más.

2.3.2 Vía digestiva: es la vía más común para la introducción y absorción de venenos. Por ello, es necesario separar los venenos por su absorción a lo largo de todo el tracto digestivo.

- Boca, absorción de cianuros.

- Estómago, en este órgano la absorción es irregular debido a varios factores como la solubilidad del veneno (en agua o en grasas) o si este se encuentra lleno de alimentos, en ese caso, la absorción es más lenta.
- Intestino, acá se siguen las mismas reglas que para el estómago.
- Recto, por esta vía es fácilmente absorbido el veneno además de tener una ventaja, no pasa por la acción depuradora del hígado por lo que ingresa al torrente sanguíneo inmediatamente. Tal es el caso de personas que se introducen algodones con etanol por el recto, para sentir los efectos de éste con mayor rapidez, además de no tener el característico olor en la boca que tendrían si lo hubieran ingerido.

2.3.3 Vía Respiratoria: por este medio se pueden absorber gases, líquidos y algunos sólidos, aunque en su mayoría tienen mejor absorción los primeros ya que los líquidos y sólidos son absorbidos bajo circunstancias especiales.

2.3.4 Vía Subcutánea: esta vía es la segunda en cuanto a uso, es rápida, segura, regular y la velocidad de absorción depende de factores inherentes al veneno, lugar de la inyección y al estado del individuo. Anfetaminas y metanfetaminas, por ejemplo.

2.3.5 Vía Conjuntival: es una vía rápida de absorción, se han realizado ensayos con ácido cianhídrico, atropina y eserina utilizada para tratar el glaucoma y la miastenia gravis. Estos procedimientos han sido aplicados únicamente en clínica, para probar la viabilidad de la vía de absorción.

2.3.6 Vía Rino-faríngea: este medio es lento pero seguro, un ejemplo tradicional es la absorción de cocaína. Este método causa sangrado y lesiones graves en el tejido interno de las fosas nasales.

2.3.7 Vía Uro-genital: la mucosa vaginal y uterina tienen escaso poder de absorción, debido a la baja actividad metabólica que presentan las células de la pared vaginal.

2.3.8 Vía Serosa: la absorción a través de serosas es rápida y está relacionada con su superficie. Esta absorción es realmente una reabsorción; es energética, pronta y más rápida que en las superficies mucosas. Esta se realiza con una prontitud sorprendente con cuerpos extraños, líquidos o sólidos.¹⁴

2.4 Mecanismo de Acción de los Venenos

Los tóxicos obran de diferentes maneras sobre el organismo, esto variará según la naturaleza y la vía de absorción. Hay casos, por ejemplo, en la vía uro-genital o rectal donde los efectos son notorios con mayor rapidez debido a que el veneno no pasa por la acción metabólica del hígado, sino que penetra directamente en el torrente sanguíneo.

A grandes rasgos, los venenos actúan de la siguiente manera:

- Alterando la permeabilidad de la membrana celular, facilitando así la penetración del veneno a la célula: hidrocarburos y soluciones hipertónicas.
- Modificando el equilibrio ácido base: ácidos y álcalis.
- Por floculación y coagulación del protoplasma: cáusticos y metales.
- Inhibiendo las funciones respiratorias: arsénico y el ácido cianhídrico.
- Produciendo disfunción hormonal, como en el estrés. Causando alteraciones anatómicas más o menos graves que pueden llevar a la muerte.¹⁵

2.4.1 Estimulantes del Sistema Nervioso Central

Referente al Sistema Nervioso Central (SNC), cualquier sustancia que activa, potencia o incrementa la actividad neuronal es denominada estimulante o bien psicoestimulante. Ejemplo de ello son las anfetaminas, la cocaína, la cafeína y otras xantinas, la nicotina y los anorexígenos sintéticos como la fenmetrazina o el metilfenidato.

¹⁴ Carrillo Arturo. *Lecciones de Medicina Forense y Toxicología*. Volumen 8. Guatemala. Editorial Universitaria. 1981. Págs. 265, 266.

¹⁵ *Ibíd.*, Pág. 267.

Existen fármacos que poseen propiedades estimulantes, pero que esto no constituye su efecto principal; sin embargo, si se consumen en dosis altas o de forma prolongada pueden manifestar el efecto referido. Ejemplo de ellos son los antidepresivos, anticolinérgicos y ciertos opiáceos.

Estos fármacos pueden producir: dilatación de pupilas, náuseas, vómitos, escalofríos, sudoración, taquicardia, aumento de la presión arterial y alteraciones del comportamiento como hipervigilancia, agresividad, alteración del razonamiento, entre otros.

Si el uso inadecuado se incrementa, conlleva una serie de cambios de la personalidad y de la conducta, como por ejemplo irritabilidad, desconfianza, impulsividad y agresividad. En ocasiones se presenta psicosis delirante completa y cuando se deja de tomar después de un consumo prolongado puede aparecer el síndrome de abstinencia, consistente en un estado de ánimo deprimido, aumento de imágenes oníricas, fatiga y trastornos del sueño.¹⁶

2.4.2 Depresores del Sistema Nervioso Central

Se entiende como depresor del SNC a toda sustancia que inhibe, reduce o suprime algunos aspectos de la actividad propia del cerebro. Los principales grupos de depresores son los opiáceos, neurolépticos, sedantes e hipnóticos.

Los barbitúricos, anestésicos, el alcohol y las benzodiazepinas son algunos ejemplos. En ocasiones, se incluye en esta clasificación a los anticonvulsivantes, ya que su acción es inhibidora de la actividad neuronal anómala.¹⁷

¹⁶ Estimulantes. Glosario de términos de alcohol y drogas. Organización Mundial de la Salud. España. Ministerio de Sanidad y Consumo Centro de Publicaciones. 1994. Traducción de Lexicon of Alcohol and Drug Terms. Pág. 31.

¹⁷ *Ibíd.*, Pág. 37.

2.5 Vías de Eliminación de los Venenos

Es la manera en que un veneno sale o es excretado del organismo de un ser vivo, esta puede ser:

2.5.1 Vía Renal: es la más importante de todas, es por eso que en la mayoría de análisis de laboratorio es una muestra de orina el medio más ideal para evaluar.

2.5.2 Vía Pulmonar: esta eliminación es rápida y sencilla, sobre todo para los venenos gaseosos y volátiles. Esto sucede mediante la exhalación.

2.5.3 Vía Digestiva: por este medio se eliminan varios venenos, la manera más común es a través del vómito; esto produce la disminución de los niveles del veneno dentro del tracto digestivo. La eliminación por el intestino puede causar lesiones anatómicas más o menos graves.

2.5.4 Vía Cutánea: esto se refiere a la eliminación a través del sudor, el cual aumenta en caso de insuficiencia renal.

2.5.5 Vía Salival: por esta vía se eliminan algunas sales metálicas, alcaloides y glucósidos, esta eliminación produce una reintoxicación.

2.5.6 Vía Mamaria: es a través de las mamas que se eliminan la mayoría de metales, metaloides, líquidos volátiles, alcaloides y barbitúricos; es de especial importancia cuando la persona se encuentra amamantando.

2.5.7 Las Faneras: identificadas como pelos y uñas, son importantes ya que en la eliminación del veneno tienden a fijarlo, tal es el caso del arsénico y el talio. Este medio es importante para estudios toxicológicos realizados a posteriori, ya que incluso en cadáveres, estos tóxicos están presentes y son bien almacenados. Cabe resaltar que el pelo y las uñas continúan con un aparente crecimiento aún después de la muerte; se dice aparente, porque al ocurrir la muerte la piel comienza a deshidratarse y a contraerse lo que produce que la base del pelo o la uña que originalmente estaba incrustada en la piel quede expuesta. Por eso, aunque se

rasure a los fallecidos, saldrá siempre hacia afuera parte del pelo a los pocos días. En el caso de las uñas, los tejidos de la punta de los dedos se contraen alrededor del 60-70% de su volumen, esto genera la falsa sensación de que la uña ha crecido.¹⁸

2.6 Toxicología de las sustancias

Para efecto del presente estudio, se ha focalizado el análisis en tres sustancias, las cuales, administradas en una dosis mortal o una dosis terapéutica prolongada pueden causar la muerte del individuo. Estas sustancias son ácido acetil salicílico, insecticida organofosforado y etanol medicinal.

De los salicilatos, el más tóxico es el salicilato de metilo que es potencialmente letal. El problema clínico más importante en la patogénesis es la intoxicación salicílica y la acidosis metabólica que provoca. Los salicilatos en su forma de ácido acetil salicílico, están comercializados bajo el nombre de aspirinas, lo que facilita su adquisición en cualquier farmacia del país. Este medicamento está indicado como antiinflamatorio y analgésico, sin embargo, su consumo constante y en exceso provoca síntomas que pueden causar la muerte.¹⁹ Esta facultad de causar confusión y una aceleración de la presión arterial, es utilizada por pacientes que buscan quitarse la vida por cuadros como depresión, ansiedad, entre otros.

Guatemala es un país altamente agrícola, razón por la cual, las intoxicaciones con organofosforados son muy frecuentes en el área rural del país. El uso de plaguicidas es común. Estos compuestos químicos son utilizados para el control de plagas en agricultura, ganadería y en el área doméstica. Según estudios del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, el plaguicida mayormente detectado

¹⁸ Medicina Joven.com. JP, Francisco. ¿Por qué a los muertos les sigue creciendo el pelo y las uñas? País desconocido. 2009. <http://www.medicinajoven.com/2009/10/por-que-los-muertos-les-sigue-creciendo.html>. 15 de septiembre de 2016.

¹⁹ Molina Girón, Ruth Noemí. Prevalencia de Intoxicaciones en el Hospital general de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Guatemala. 1994. Tesis de Medicina. Universidad de San Carlos. Pág.19

corresponde a Fosforo.²⁰ En la actualidad se comercializa gran número de ellos, teniendo la población guatemalteca fácil acceso a los mismos. Las intoxicaciones causadas por estos productos pueden ser de varios tipos: ocupacional, accidental, criminal y suicida.

La intoxicación etílica es un grave problema social, económico y de salud pública en todo el mundo. La Organización Mundial de la Salud estima que en el mundo cerca de 2 mil millones de personas consumen bebidas alcohólicas. De éstas, más de 76 millones son dependientes del alcohol. El abuso y dependencia del alcohol causan cerca de 2 millones de muertes (3.2% del total de muertes) anuales a nivel internacional.²¹ Guatemala ocupa el puesto número cinco en América Latina en el consumo de alcohol y de acuerdo con un estudio realizado por la OMS, el guatemalteco bebedor ingiere en promedio 17.7 litros de alcohol al año. El alcohol (etanol), que es una de las drogas legales más consumidas en el país, puede causar la muerte si es consumido constantemente por un tiempo prolongado o bien, en una sola dosis letal.

2.6.1 Salicilatos

Según la enciclopedia de salud de A.D.A.M. por sus siglas en inglés (Animated Dissection of Anatomy for Medicine), un salicilato es *“cualquiera de los medicamentos analgésicos, antipiréticos y antiinflamatorios obtenidos a partir del ácido salicílico. El más conocido es el ácido acetilsalicílico, comercialmente llamado: Aspirina”*.

Fórmula Química $C_9H_8O_4$

²⁰ Publicaciones Científicas Forenses. Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala. Intoxicación por plaguicidas, un riesgo latente. Guatemala. 2016. <http://publicaciones.inacif.gob.gt/index.php/2016/06/24/intoxicacion-por-plaguicidas-un-riesgo-latente/>. 27 de julio de 2017.

²¹ Revista de medicina interna de Guatemala. Flores, Yennifer & Otros. Intoxicación etílica aguda en emergencia. Guatemala. 2015. <http://revista.asomigua.org/2015/07/06/intoxicacion-etilica-aguda-en-emergencia/>. Fecha de consulta 27 de julio de 2017.

Estos compuestos son ampliamente utilizados como analgésicos, antipiréticos y antiinflamatorios no esteroideos, aunque para uso tópico son queratolíticos (agentes que producen un estado de flacidez o desprendimiento de la epidermis por la acción de los caústicos o de ciertos agentes físicos que lo componen) y también forman parte de combinaciones para el manejo de la tos.

Las aspirinas tienen una biodisponibilidad del 90%, con una distribución en el organismo generalizada, su metabolización es a través del hígado por las enzimas mitocondriales y microsomales. El ácido acetilsalicílico tiene una vida media aproximada de 15 minutos, mientras que el ácido salicílico la tiene de aproximadamente 2 a 3 horas.

Los salicilatos alivian el dolor y reducen la fiebre. La mayoría también alivian los síntomas de artritis, tal como hinchazón, rigidez, y dolor de las articulaciones. La aspirina también se usa para disminuir la posibilidad de una embolia, ataque al corazón u otros problemas causados por coágulos de sangre.²²

Las aspirinas se vuelven tóxicas cuando su componente, el ácido acetilsalicílico, se degrada en salicilato (después de su fecha de caducidad, por ejemplo), el cual si es utilizado por vía tópica sí surte efecto; por el contrario, si es ingerido, su nivel de toxicidad puede causar la muerte.

Dentro de las maneras en que se produce una intoxicación está la de tipo congénito, esta se da por la facilidad que tiene el fármaco de atravesar la placenta provocando después del nacimiento niveles séricos elevados, vómitos e hiperventilación en el bebé. También existe la sobredosis terapéutica, la cual es bien intencionada pero errónea, lo que puede causar la muerte. Asimismo, se presenta la intoxicación accidental, en edades entre 1 y 4 años por el deficiente envasado de algunas presentaciones del fármaco, por el contrario, se presenta la intoxicación no

²² Encolombia. Cárdenas, María Luisa. *Salicilatos en Urgencias Toxicológicas*. Colombia. Año desconocido. <https://encolombia.com/medicina/guiasmed/u-toxicologicas/salicilatos/>. 08 de febrero de 2016.

accidental, la cual implicaría un maltrato al paciente con índole delictiva. Y por último la autointoxicación, es decir, el suicidio sobre todo en pacientes depresivos.

Los síntomas más comunes en seres humanos intoxicados con salicilatos son: sudoración excesiva, enrojecimientos, extremidades calientes, temblor, náuseas, vómitos, efecto directo gastrointestinal, hiperventilación, entre otros. Algunos hallazgos menos frecuentes son: edema pulmonar, fallo renal, edema cerebral, retención de líquidos, coma e hipoglucemia.

2.6.2 Organofosforados

Los organofosforados son sustancias orgánicas fabricadas por el hombre, son sustancias de síntesis, es decir, no existen en forma natural. La baja estabilidad química, la nula acumulación en los tejidos y la alta toxicidad son algunas de las características principales de estos compuestos.

Según Daniel Galatro, *“están conformadas por un átomo de fósforo unido a 4 átomos de oxígeno o en algunas sustancias a 3 de oxígeno y uno de azufre. Una de las uniones fósforo-oxígeno es bastante débil y el fósforo liberado de este grupo libre se asocia a la acetilcolinesterasa. La acetilcolinesterasa se encarga de degradar la acetilcolina (ACh). Al no destruirse la ACh se produce una hiperactividad nerviosa que finaliza con la muerte del individuo”.*

En farmacología, un inhibidor de la acetilcolinesterasa, colinesterasa o anticolinesterasa es un compuesto químico que inhibe a la enzima colinesterasa impidiendo que se destruya la acetilcolina liberada, produciendo como consecuencia un aumento en la concentración y en la duración de los efectos del neurotransmisor. Por la baja estabilidad del compuesto puro, denominado oxón (enlace fósforo-oxígeno), en la aplicación comercial, se agrega un átomo de azufre (enlace fósforo-azufre) y se le denomina tión. Esta composición hace que los

organofosforados penetren las membranas biológicas más rápido aumentando su potencial tóxico.²³

Otras particularidades de los organofosforados son la liposolubilidad, lo que permite la fácil y rápida penetración en los organismos animales; también al poseer baja presión de vapor se convierten en poco volátiles. La degradación de estos se genera por hidrólisis en medio alcalino; su absorción puede ser por vía digestiva, respiratoria y cutánea, más aún si existe una herida ya que ésta favorece su penetración en el organismo.

La vida media de estos compuestos en el organismo es de 48 horas aproximadamente, la eliminación es por la orina, heces y respiración; aunque en mayor cantidad por la orina.

2.6.3 Alcoholes

En terminología química, los alcoholes constituyen un amplio grupo de compuestos orgánicos derivados de los hidrocarburos que contienen uno o varios grupos hidroxilo. El etanol (C_2H_6O alcohol etílico) es uno de los compuestos de este grupo y es el principal componente psicoactivo de las bebidas alcohólicas.²⁴

Cotidianamente hablando, al etanol se le conoce como alcohol, el cual es un líquido incoloro e inflamable, cuyo punto de ebullición es 78°C. Este compuesto químico es utilizado para preparar las bebidas alcohólicas, aunque hay casos en los que se ingiere puro.

La producción de bebidas alcohólicas puede ser por fermentación como el vino y la cerveza, o por destilación como el licor. El porcentaje de alcohol etílico presente en

²³ Conceptos de Química. Galatro, Daniel Aníbal. *Organofosforados*. Argentina. 2012. <http://conceptosdequimica.blogspot.com/2010/02/organofosforados.html>. Fecha de consulta: 06 de febrero de 2016.

²⁴ Alcohol. *Glosario de términos de alcohol y drogas*. Organización Mundial de la Salud. España. Ministerio de Sanidad y Consumo centro de publicaciones. 1994. Traducción de Lexicon of Alcohol and Drug Terms. Pág. 14.

cada bebida puede variar: la cerveza presenta, aproximadamente, un 5% de alcohol; el vino se acerca al 15% y los licores pueden llegar a contener un 50% de etanol. (Ver Anexo No. 1)

La cantidad de alcohol ingerida con una bebida determinada, es proporcional a su grado alcohólico y al volumen ingerido, multiplicado por 0.8 que es la densidad del alcohol.

$$\text{Fórmula} = \text{grado alcohólico} \times \text{Volumen} \times 0.8 / 100$$

Con respecto a los efectos fisiológicos, tras su ingestión es rápidamente absorbido por la mucosa del estómago en un 30% y después por el intestino delgado proximal en el 70% restante. Se puede absorber por el colon y se han descrito casos mortales por absorción pulmonar por alcohol vaporizado. Se distribuye por los tejidos siguiendo el espacio del agua corporal y es casi completamente oxidado en el hígado siguiendo una cinética de orden cero (independiente de la concentración) a un ritmo de 15 a 20 mg/dl/hora dependiendo del peso corporal y probablemente del peso del hígado. Los alcohólicos crónicos pueden metabolizar el alcohol con doble rapidez. Sufre un primer y débil paso metabólico en la mucosa gástrica que contiene alcoholato deshidrogenasa y después difunde a todo el organismo por su coeficiente grasa/agua favorable. Su degradación es esencialmente por oxidación hepática en un 90%; y un 10% puede ser eliminado por vías accesorias como son el riñón y el pulmón.²⁵

El etanol es una droga psicoactiva para los seres humanos, su consumo inicial produce una sensación de alegría. Sin embargo, al pasar las horas el individuo puede sufrir problemas de coordinación y tener la visión borrosa. Con un consumo excesivo y después de un tiempo, se alcanza el estado de inconsciencia y en un nivel máximo podría causar la muerte por intoxicación. (Ver Anexo No. 2)

²⁵ Definicion.De. WordPress. Alcohol. País desconocido. 2008. <http://definicion.de/alcohol/>. 10 de febrero de 2016.

No se puede establecer una dosis mortal exacta para un ser humano promedio, ya que el nivel de alcohol en sangre, necesario para morir, depende muchas veces de factores como la edad, el sexo y la “experiencia” de consumir alcohol.

2.7 Procedimientos de Laboratorio

La toxicología de laboratorio utiliza como fundamento la química analítica, la cual se entiende como *“toda clase de prueba que suministre información relacionada con la composición química de una muestra”*.²⁶

Según el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses de Sevilla, España; un laboratorio de nivel superior que corresponde a un centro de toxicología con potente instrumentación científica como espectrometría de masas está capacitado para hacer sistemáticas analíticas toxicológicas SAT, útiles para fines forenses.

Una SAT, es básicamente el conjunto de procesos analíticos bien planeados, concisos; con la finalidad de verificar la presencia o ausencia de sustancias de relevancia toxicológica en una muestra determinada. Esta comprende varias etapas, la primera el pretratamiento de las muestras, luego la extracción/purificación y la tercera el análisis instrumental.

Lo ideal para que existan un resultado significativo es que este procedimiento sea compatible con un alto número de sustancias tóxicas, sin embargo, un procedimiento real en un laboratorio de alto nivel debe realizar el análisis a diferentes sustancias de diversa naturaleza como drogas de abuso, medicamentos, metales, plaguicidas, alcoholes, etcétera; es por ello que es necesario realizar más de una SAT pues existen sustancias no detectables mediante un único procedimiento.

Los tóxicos más comunes en su mayoría son compuestos orgánicos que pueden poseer carácter ácido, básico o ambos a la vez o incluso ser sustancias neutras. El análisis realizado a tóxicos volátiles como (alcohol etílico, metílico, etilenglicol,

²⁶ Higson, Séamus P.J. *Química Analítica*. México. McGraw-Hill Interamericana. 2007. Traducido de la primera edición de Analytical Chemistry. Pág. 4.

hidrocarburos derivados del petróleo y monóxido de carbono) requieren procedimientos analíticos específicos y distintos a los realizados a tóxicos inorgánicos como (metales y aniones). Es por ello que las SAT se aplicarán según los requerimientos propios del caso forense específico.

2.7.1 Técnicas de Screening

Estas técnicas, son pruebas químicas rápidas, no específicas donde se evidencia la ausencia o presencia de un grupo de analitos. Es por ello que se dice que son orientativas y se hace necesario confirmar el resultado por una segunda técnica más específica. Normalmente se aplica a muestras de orina por la baja concentración de sustancias endógenas, el alto contenido de agua y tomando en consideración que es una de las principales vías de excreción. En su mayoría, los tóxicos que son excretados en la orina están metabolizados, por ello es útil este fluido para la detección en un intervalo de tiempo más amplio que en sangre.

Las técnicas de screening más comunes son los inmunoensayos y la cromatografía en capa fina. Los inmunoensayos se tornan más relevantes toda vez que son completamente automatizados y normalmente no requieren un tratamiento previo de la muestra. Una de las premisas fundamentales en las áreas científicas forenses es que la detección e identificación inicial de un tóxico debe ser confirmada por otra técnica basada en un principio físico químico diferente.

La técnica mejor aceptada como análisis de confirmación es la espectrometría de masas; las técnicas instrumentales acopladas a ella como la cromatografía de gases o cromatografía líquida de alta resolución son las herramientas fundamentales para el análisis toxicológico orgánico. El análisis toxicológico inorgánico, se realiza por espectrometría de absorción atómica, en sus modalidades de cámara de grafito y de generación de hidruros volátiles.²⁷

²⁷ García-Rodríguez, Giménez. "Recursos humanos e instrumentales en un laboratorio toxicológico forense". *Revista de Toxicología*. Volumen 22. Publicación núm. Su1. España. 2005. Asociación Española de Toxicología Pamplona. Páginas 8-10.

CAPÍTULO III

APORTE DE LA ENTOMOLOGÍA FORENSE EN LA IDENTIFICACIÓN DE MUERTE POR INTOXICACIONES ESPECÍFICAS

3.1 Entomotoxicología, Concepto

La entomotoxicología es la ciencia que une la entomología y toxicología para determinar presencia de venenos en especímenes de insectos. Los estudios en esta ciencia son escasos, incluso a nivel mundial la aplicación es mínima. Esta ciencia por ser una integración, tiene dos áreas de trabajo: una de campo en la que se realiza la colecta de especímenes y se determina a priori las posibles causas de muerte y la otra estrictamente de laboratorio, consistente en procedimientos de identificación taxonómica y pruebas químicas analíticas (SAT).

Primordialmente el objetivo de esta ciencia, es apoyar en la identificación de venenos cuando estos por su naturaleza se han degradado del cadáver (por ejemplo, el etanol, el cual desaparece del cuerpo en un promedio de 4-5 horas); o cuando el nivel de descomposición cadavérica es tal (cuando se reduce a restos esqueléticos y no quedan partes blandas para la toma de muestras) que resulta útil realizar el estudio toxicológico a la entomofauna cadavérica colectada en el escenario criminal. Normalmente cuando los insectos adultos ingieren tejidos que contienen los venenos, solamente los incorporan y acumulan en su organismo, pero no los metabolizan; por consiguiente, les sucederá lo mismo que a un cadáver humano.

Pese a ello, no es necesario tener este tipo de análisis como último recurso, puesto que puede ser útil para reforzar un dictamen toxicológico hecho a muestras humanas como humor vítreo, contenido gástrico, sangre, orina, entre otros.

En países europeos, esta ciencia es aplicable cuando el cadáver es encontrado en un avanzado estado de putrefacción; en donde determinar la causa de muerte resulta complicado. Estudios han demostrado que algunos insectos de utilidad para

este tipo de análisis son el escarabajo rove peluda *Creophilus maxillosus*, en el cual se puede ver el contenido de mercurio; otro insecto útil es la mosca azul botella, *Calliphora vicina* la cual tiene la capacidad de almacenar morfina en la cutícula.

3.2 Entomotoxicología de Campo

Esta rama de la entomotoxicología aborda la manera correcta de recolección de especímenes de insectos como se hace en la entomología ordinaria. Asimismo, dentro de esta área se estudian las fases de crecimiento del insecto, también restos de los exoesqueletos de insectos adultos, pupas, larvas enteras y excrementos.

El procedimiento adecuado es recolectar los ejemplares en frascos limpios, de preferencia de vidrio o de plástico. Si el insecto se encuentra con vida, el recipiente deberá tener una entrada de aire. Cuando el análisis no es de índole toxicológica, los especímenes se depositan en recipientes llenos de etanol para luego realizar la identificación taxonómica o establecer IPM, por ejemplo. Además, cada frasco debe ir identificado, teniendo como base todos los lineamientos dictados por una cadena de custodia.

3.3 Entomotoxicología de Laboratorio

Esta se basa, en el uso de los insectos para la detección de drogas y otras posibles toxinas en un cadáver a través de un análisis toxicológico.

El procedimiento normalmente se realiza, cuando sea posible, extrayendo fluidos de los indicios a evaluar; o en su defecto, realizando un licuado de los mismos (en el caso de las larvas). A estas muestras obtenidas se les realizan pruebas químicas analíticas, utilizando los equipos de laboratorio necesarios para su identificación como los mencionados en el capítulo anterior.

Si se aplicaran estos procedimientos entomotoxicológicos en la vida real, los resultados obtenidos serían de gran utilidad para tener un precedente de comparación para trabajar en campo (un escenario criminal). Ya que después de la observación y análisis de los especímenes se podrían establecer características

comunes de las diferentes especies en presencia de determinados agentes tóxicos. Esto a su vez, sería de ayuda para orientar líneas de investigación más rápidas y certeras.

3.4 Entomotoxicología en Guatemala

La entomología forense como ciencia auxiliar de la criminalística es muy poco aplicada en nuestro medio, no se tiene el hábito ni el conocimiento de cómo coleccionar indicios entomológicos en los diferentes escenarios criminales. Consecuencia de ello es la poca difusión de estos estudios y la carencia de laboratorios de análisis de este tipo.

Situación muy parecida es la que enfrenta la toxicología forense. En la actualidad, únicamente el Instituto Nacional de Ciencias Forenses brinda análisis de tipo toxicológico forense en pro del sistema de justicia. Asimismo, la Universidad de San Carlos de Guatemala, posee un laboratorio de toxicología perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia donde se presta el servicio (en ocasiones con carácter forense) a la población como en cualquier otro laboratorio de análisis.

En este sentido si las ciencias propiamente no son conocidas, aún más desconocida es la unión de estas dos. Dado que no se conoce ni se aplica la entomotoxicología se pierde información valiosa que los insectos, aunque pequeños y para algunos insignificantes, puedan aportar en la resolución de casos de asesinato, homicidio o incluso muerte por abandono y negligencia.

3.4.1 Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala INACIF

La Doctora Silvia Patricia Fernández Calderón, del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala INACIF, sede Quetzaltenango; indicó que en el transcurrir de su oficio, cuando los cadáveres que se examinan poseen indicios entomológicos, se procede a retirarlos con agua y descartarlos por el drenaje. Esto debido a que no existe ningún especialista que realice este tipo de análisis.

Esto evidencia claramente que, aunque el INACIF cuente con laboratorios especializados de toxicología y sustancias controladas, estos toman muestras del cadáver en sí mismo. Muestras de orina, sangre, humor vítreo, entre otros y no precisamente colectan larvas para realizar un screening. Realmente se considera, que se pierde evidencia valiosa por no contar con personas especializadas en la materia, ya que realizar un análisis en indicios entomológicos, aportaría datos de interés para respaldar un IPM, o un análisis toxicológico hecho a otra sustancia.

Esta institución carece de laboratorios de entomología, aunque para realizar estos peritajes se puede tomar en consideración los conocimientos de profesionales de las ciencias agrícolas y ambientales, médicos veterinarios, entomólogos, biólogos, e incluso investigadores criminales. Por tanto, aunque exista la oportunidad de realizarlo, estos indicios, son botados en el drenaje.

Como ya se hizo mención, el INACIF, cuenta con un área de laboratorios de toxicología en el cual se realizan análisis sobre fluidos tomados de personas vivas o cadáveres; esto con el fin de determinar presencia de sustancias que pudieran causar daños o la muerte. Los análisis que más se realizan son: drogas de abuso y alcohol.²⁸

De igual manera, esta institución posee laboratorios especializados en sustancias controladas. En esta área se analizan materiales cuyo modelo de tráfico es compatible con drogas como cocaína, heroína, éxtasis entre muchas otras.

El INACIF tiene un historial de estadísticas desde el año 2010 sobre las solicitudes ingresadas al departamento de laboratorios de especialidades criminalísticas. Los laboratorios de balística, biología, dactiloscopia, documentoscopia, identificación de vehículos, sustancias controladas, toxicología, genética, trayectoria de disparo,

²⁸ Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, Con la ciencia a la verdad. Servicios. Unidad de Laboratorios de Criminalística. Guatemala. 2017. http://www.inacif.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=85. 10 de enero de 2017.

fisicoquímica, peritajes varios por establecer y laboratorio clínico son parte de este departamento.

El laboratorio de toxicología es el que mayor porcentaje de casos presenta después del de balística. Teniendo un promedio del 21% de incidencia de casos en los últimos seis años comparado con los demás laboratorios. (Ver Anexo No. 3).

3.4.2 Ministerio Público

Según el artículo 1 de la Ley Orgánica del Ministerio Público, esta institución es la encargada de promover la persecución penal y dirigir la investigación en los delitos de acción pública, además de velar por el cumplimiento de las leyes del país persiguiendo así la realización de la justicia. En virtud de esto está llamada a actuar con imparcialidad, legalidad y objetividad con apego a lo establecido en la ley.

Dentro de sus funciones se destacan la investigación de los delitos de acción pública y promoción de la persecución penal, dirigir a la policía y demás cuerpos de seguridad del Estado y preservar el estado de derecho y el respeto a los derechos humanos diligenciando adecuadamente todos los requerimientos ante tribunales de justicia.

Esta institución posee técnicos especialistas en procesamiento de escenarios criminales los cuales están divididos en dos unidades:

a) Unidad de Recolección de Evidencias

La unidad de recolección de evidencias URE es una subunidad dentro de la organización jerárquica del Ministerio Público. Los técnicos en investigaciones criminalísticas son los encargados de procesar los diferentes escenarios criminales, haciendo uso de las diferentes técnicas de fichaje del cadáver, fotografía, video, planimetría, lofoscopia, entre otras, para poder plantear líneas de investigación in situ que orienten el proceso correspondiente.

b) Dirección de Investigaciones Criminalísticas

La unidad de investigaciones criminalísticas está conformada por técnicos investigadores los cuales se encargan de realizar las entrevistas, marcar domicilios, y lo más importante ayudar a estructurar las líneas de investigación reconstruyendo los hechos y conectando sospechosos.

Para cualquiera de las unidades y áreas internas del trabajo investigativo del Ministerio Público, es necesario tener conocimientos de las diferentes ciencias forenses. Pese a ello, la situación que se vive en el Ministerio Público es similar a la del INACIF.

El Licenciado Alexander García, investigador del MP, en su amplia experiencia comentó que el uso de la entomología en el sistema de justicia de Guatemala es nulo. En la región occidental del país no se aplica esta ciencia, debido a que las temperaturas bajas predominan en la mayoría de los meses del año, esto conlleva a condiciones desfavorables para la proliferación de insectos en los cadáveres. El Licenciado García, estableció que de aproximadamente 100 casos de muertes violentas únicamente 5 poseen indicios entomológicos y que, aunque en escena se percaten de estos, los mismos no se recolectan. La razón, es que no hay especialistas en la materia y que según su criterio no sería funcional teniendo indicios de otra índole para realizar estos análisis.

El Licenciado García hizo énfasis en el hecho de que la entomología como tal, no sería bien recibida en el medio, debido a que hacer un screening al contenido gástrico, orina, sangre o humor vítreo de un cadáver es más factible que realizar el mismo procedimiento a un licuado de larvas. Con respecto al cronotanodiagnóstico (un sinónimo para IPM) indicó que es más certero confiar en las diferentes etapas que un cadáver atraviesa para su completa degradación, ya que basándose en esta evolución de descomposición cadavérica se puede establecer un tiempo aproximado de muerte; no obstante, no descarta la idea que en algún momento los insectos a través de su ciclo de vida puedan ayudar a

determinar tales extremos pero que para que eso suceda, es necesario implementar nuevos métodos y técnicas de investigación.

Las instituciones administradoras de justicia de Guatemala, en especial aquellas que deben velar por el estricto cumplimiento de la ley en los primeros pasos de la investigación criminal, se encuentran ajenas a la posibilidad de aplicar nuevas técnicas en materia de entomología y toxicología de campo para resolver delitos con mayor eficiencia. No obstante, este trabajo de investigación pretende sentar un precedente para que la ciencia sea conocida en el ámbito forense y para que su aplicabilidad sea una realidad en beneficio del sistema judicial guatemalteco.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Planteamiento del Problema

La investigación criminal en Guatemala posee varias limitantes en cuanto al procesamiento del escenario criminal. Los técnicos en escena del crimen deben ser personas que posean conocimientos de las ciencias auxiliares de la criminalística; conocimientos prácticos que ayuden en el planteamiento de líneas de investigación rápidas y certeras.

Como se evidenció en el capítulo anterior, en Guatemala las ciencias entomología forense y toxicología forense son poco aplicadas. Muchos son los esfuerzos que hace el INACIF, por llevar a cabo análisis de índole químico toxicológico, puesto que los recursos son limitados. Si por separado estas ciencias están abriéndose campo, desconocida es aún la unión de las mismas (entomotoxicología forense).

Guatemala es un país donde la falta de conocimiento y el poco interés, aunado a la falta de recursos; hacen que el sistema de justicia se vea afectado en su correcto funcionamiento. La entomotoxicología forense en países extranjeros es aplicable cuando el cadáver es encontrado en un avanzado estado de putrefacción; en donde determinar la causa de muerte resulta complicado. Estos especímenes ayudan a

establecer un cronotanodiagnóstico (tiempo aproximado de muerte), además de identificar cualitativamente posibles venenos causantes de la muerte.

Es por ello que es necesario realizar investigaciones sobre esta rama de la criminalística, puesto que sería una buena alternativa para confirmar análisis toxicológicos hechos a otras muestras tomadas del cadáver. Se considera que el aporte que la entomología da a la criminalística, enriquece por mucho, los dictámenes médicos legales y aporta conocimientos innovadores que hacen de la

investigación criminal una herramienta más eficaz dentro del sistema judicial guatemalteco.

4.2 Hipótesis

En esa línea se establece la siguiente hipótesis:

“Los dípteros *Sarcophagidae sp.* presentarán cambios morfológicos, al ingerir tejidos adulterados con al menos una de las siguientes sustancias: salicilatos, organofosforados y alcoholes”.

4.3 Objetivos

4.3.1 General

Identificar el aporte de la entomología y toxicología, a las ciencias forenses, al estudiar los principios morfológicos de dípteros *Sarcophagidae sp.* y toxicocinética de las sustancias ácido acetil salicílico, insecticida organofosforado y etanol medicinal, en función de posibles cambios que pudiesen presentar dichos especímenes al ser alimentados con carne adultera con las sustancias en mención.

4.3.2 Específicos

- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre morfología de dípteros *Sarcophagidae sp.*, y toxicocinética de las sustancias ácido acetil salicílico, insecticida organofosforado y etanol medicinal.
- Entrevistar a profesionales de las ciencias forenses, para conocer el nivel de aplicación de la entomotoxicología forense en el país.
- Desarrollar una experimentación controlada en la cual dípteros de la subfamilia *Sarcophagidae sp.* estén expuestos durante todo su ciclo de vida a alimentos adulterados con los tóxicos establecidos para análisis.
- Identificar posibles cambios en la morfología de dípteros *Sarcophagidae sp.*, al ingerir tejidos adulterados con salicilatos, organofosforados y alcoholes.

4.4 Metodología

La metodología como el conjunto de procedimientos a aplicar para la correcta realización de una investigación científica, define los extremos a seguir para analizar aspectos que ayuden a definir la viabilidad o no viabilidad de la hipótesis. Para la presente investigación, la metodología utilizada es cualitativa-experimental. Cualitativa, puesto que evalúa las características morfológicas de los dípteros en cuestión y experimental debido a que para obtener resultados de la hipótesis es imprescindible realizar una experiencia práctica, en el cual, exista participación y control constante por parte de la investigadora.

4.4.1 Localización

El departamento de Quetzaltenango pertenece a la región occidental de la República de Guatemala. Tiene una extensión territorial de 1,951 kilómetros cuadrados; limita al norte con el departamento de Huehuetenango, al este con los departamentos de Totonicapán y Sololá, al sur con los departamentos de Retalhuleu y Suchitepéquez y al oeste con el departamento de San Marcos. Dista 205 km de la ciudad capital.

El territorio de Quetzaltenango, es muy quebrado, pues sus alturas van desde los 2,800 metros sobre el nivel del mar en el municipio de Sibilia a los 350 metros sobre el nivel del mar, en Génova. En su orografía sobresalen el volcán Santa María, volcán Santiaguito, volcán Cerro Quemado, volcán Siete Orejas, volcán Chicabal y volcán Lacandón, así como el pico de Zunil, que se conoce también como el volcán de Zunil. Por tanto, su clima es variado, pero en general es frío en todo el sector. A la región quetzalteca la cruzan varios ríos de importancia, entre los que se encuentran: el río Samalá, río Naranjo, río Tunumá y río las Palomas entre otros.²⁹

²⁹ Gobierno de la República de Guatemala, Ministerio de Economía. Información Socioeconómica de Guatemala. Departamento: Quetzaltenango. Guatemala. 2017. <http://dae.mineco.gob.gt/mapainteractivo/index.php?controller=crm&action=Detalles&id=13>. 17 de marzo de 2017.

La experiencia práctica de evaluación, colecta y crianza de especímenes se realizó en la cabecera municipal de Quetzaltenango; específicamente en un domicilio ubicado en la Colonia Rosario, en zona 3 del mencionado municipio.

El lugar de la práctica fue un espacio semi abierto, con protección de techo en caso de lluvia, pero con entradas de aire lo suficientemente grandes para que los especímenes se movilizaran con toda libertad.

4.4.2 Condiciones Climatológicas

Para la determinación de las características climáticas de la zona de estudio se utilizaron los registros climatológicos de la Estación Meteorológica de Quetzaltenango, la cual se sitúa a inmediaciones del Aeropuerto Internacional Los Altos, Autopista Los Altos zona 6 de Quetzaltenango. Asimismo, se utilizó un termo higrómetro para medir el porcentaje de humedad y temperatura en la zona de estudio. Aunado a estos datos se cotejó la temperatura con la aplicación para celular, AccuWeather teniendo temperaturas mínimas y máximas promediando los resultados proporcionados por cada una de las fuentes.

4.4.3 Material Experimental

Dípteros de la subfamilia *Sarcophagidae sp.* machos y hembras, con características generales: cuerpo segmentado en tres partes: cabeza, tórax y abdomen; tres pares de patas y dos pares de alas, uno de ellos atrofiado en forma de halterios o balancines. Características específicas: cabeza ovalada con predominantes ojos rojos, tórax con peculiar trazo de líneas blancas y negras dispuestas paralelamente; y un abdomen con diseño parecido a un tablero de ajedrez, alternando cuadros blancos y negros respectivamente.

Esta especie es oportunista puesto que evalúa las condiciones climáticas, alimentarias y en general si el lugar es apropiado para la supervivencia de sus huevecillos, por tal razón, en ocasiones oviposita y en otras larviposita.

4.4.4 Factores a Estudiar

Morfología durante el crecimiento y ciclo de vida de los dípteros *Sarcophagidae sp.*

4.4.5 Descripción de los Tratamientos

Carne de cerdo adulterada con tres sustancias diferentes: ácido acetil salicílico, insecticida organofosforado y etanol medicinal al 50% de concentración.

a) Salicilatos

La condición de salicilemia hace referencia al nivel de salicilatos en sangre, el nivel de toxicidad depende de muchos factores, por ejemplo, los cambios de pH influyen directamente en la distribución de estos fármacos en sangre.

La dosis tóxica por ingesta de AAS (ácido acetil salicílico) se estima en 150 mg/kg de peso. Entre 150 y 300 mg/kg, las manifestaciones serán moderadas y son muy graves las intoxicaciones con dosis superiores a 300 mg/kg (potencialmente mortales al superar los 500 mg/kg). Así pues, aparece una toxicidad significativa en el adulto tras una sobre ingesta de 16-18 gramos de aspirina en una toma única. Es importante conocer que el cálculo de la dosis ingerida no coincide necesariamente con la cantidad absorbida.³⁰

Para esta experimentación, se utilizaron tres diferentes concentraciones de ácido acetil salicílico, realizando la equivalencia correspondiente con el peso en kilogramos de la carne de cerdo. Para la preparación de estas soluciones se utilizó Aspirina 500mg.

b) Organofosforados

El insecticida organofosforado utilizado como tratamiento para esta experimentación tiene como ingredientes activos profenofos-cipermetrina (Ver

³⁰ Murcia Salud. Toxiconet. Salicilatos. España. Año desconocido. <http://www.murciasalud.es/toxiconet.php?iddoc=167081&idsec=4014#>. 22 de febrero de 2017.

Anexo No. 4), el cual no es inflamable, explosivo, ni corrosivo. El mecanismo de acción va dirigido específicamente al sistema nervioso de los insectos, el cual penetra por contacto o ingestión. Actúa rápidamente y tiene buen poder residual, ya que tiene efecto traslaminar en las hojas de las plantas aplicadas.



Fotografía 21: Insecticida organofosforado piretroide profenofos, cypermethrin, utilizado como tratamiento para evaluar posibles cambios morfológicos en dípteros *Sarcophagidae sp.* Fuente: Alejandra Figueroa.

Los síntomas de intoxicación en humanos se presentan con la inhibición de la colinesterasa causando contracción de las pupilas, mareo, náusea, vómito, sudor excesivo, calambres abdominales. Diarrea, dolor de cabeza, visión borrosa, salivación, lagrimeo y espasmos musculares incontrolables.

El antídoto es atropina. La cual se debe inyectar de forma intravenosa, de manera constante en intervalos de 5-10 minutos hasta lograr la atropinización completa. Todo esto bajo supervisión médica, ya que de no tratarse a tiempo es mortal.

Aparte de ser tóxico para insectos y humanos, también este producto es tóxico para el ganado, animales domésticos, peces, crustáceos y abejas.

c) Alcoholes

Se utilizó etanol medicinal al 50% de concentración. El cual se encuentra dentro del rango de porcentaje de alcohol propio de los licores obtenidos por destilación; puesto que, los alcoholes obtenidos por fermentación de granos o frutas poseen un

grado alcohólico del 4% al 15% aproximadamente. Para el cálculo de las dosis a aplicar en los diferentes tratamientos de etanol, se tomó en cuenta la densidad del mismo y el porcentaje de concentración antes mencionado, haciendo la equivalencia correspondiente al peso en kilogramos de la carne de cerdo.

La etanolemia normalmente se mide en miligramos por decilitro de sangre, sin embargo, las equivalencias utilizadas en esta investigación corresponden a miligramos de etanol en kilogramos de peso de la carne de cerdo.

A continuación, se describen los 10 tratamientos a aplicar, detallando las dosis específicas para cada sustancia tóxica.

Fórmulas utilizadas para el cálculo estequiométrico de las dosis específicas:

- Gramos ingeridos de alcohol:

$$g = gd(V) * 0.8/100$$

Donde, gd= porcentaje alcohólico de la bebida y V= cantidad ingerida.

- Densidad:

$$D = \frac{m}{V}$$

Donde, m= masa y V= volumen

Cuadro No. 1 Tratamientos a Evaluar	
Tratamiento	Descripción
T1	<p align="center">Testigo</p> <p>Carne de cerdo sin ninguna aplicación de sustancias tóxicas. Equivalente a 0.11kg.</p>
T2	<p align="center">Dosis máxima de AAS</p> <p>Esta dosis corresponde a 0.15g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.02g de AAS.</p>
T3	<p align="center">Dosis tóxica de AAS</p> <p>Esta dosis corresponde a 0.3g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.03g de AAS.</p>
T4	<p align="center">Dosis mortal de AAS</p> <p>Esta dosis corresponde a 0.5g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.05g de AAS.</p>
T5	<p align="center">Dosis máxima de Etanol</p> <p>Esta dosis corresponde a 2g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.22g de etanol puro ingerido. Esta cantidad se convierte al volumen a aplicar, utilizando la fórmula para hallar gramos ingeridos de etanol ($g = gd(V) * 0.8/100$), dando un total de 0.6ml de etanol medicinal comercial al 50%.</p>
T6	<p align="center">Dosis tóxica de Etanol</p> <p>Esta dosis corresponde a 5g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.55g de etanol puro ingerido. Esta cantidad se</p>

	<p>convierte al volumen a aplicar utilizando la fórmula para hallar gramos ingeridos de etanol ($g = gd(V) * 0.8/100$), dando un total de 1.4ml de etanol medicinal comercial al 50%.</p>
T7	<p style="text-align: center;">Dosis mortal de Etanol</p> <p>Esta dosis corresponde a 8g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.9 g de etanol puro ingerido. Esta cantidad se convierte al volumen a aplicar, utilizando la fórmula para hallar gramos ingeridos de etanol ($g = gd(V) * 0.8/100$), dando un total de 2.3ml de etanol medicinal comercial al 50%.</p>
T8	<p style="text-align: center;">Dosis máxima de insecticida organofosforado</p> <p>Esta dosis corresponde a 2.9 g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.3 g de insecticida organofosforado. Esta cantidad de masa se convierte a su equivalente en volumen utilizando la fórmula de la densidad ($D = \frac{m}{V}$) para el producto, obteniendo entonces: 0.3ml de insecticida organofosforado para la cantidad de carne antes descrita.</p>
T9	<p style="text-align: center;">Dosis tóxica de insecticida organofosforado</p> <p>Esta dosis corresponde a 4.9 g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 0.5 g de insecticida organofosforado. Esta cantidad de masa se convierte a su equivalente en volumen utilizando la fórmula de la densidad ($D = \frac{m}{V}$) para el producto, obteniendo entonces: 0.5ml de insecticida organofosforado para la cantidad de carne antes descrita.</p>

T10	Dosis mortal de insecticida organofosforado
	<p>Esta dosis corresponde a 9.7 g/kg. En 0.11kg de carne de cerdo equivale a 1.1 g de insecticida organofosforado. Esta cantidad de masa se convierte a su equivalente en volumen utilizando la fórmula de la densidad ($D = \frac{m}{V}$) para el producto, obteniendo entonces: 1ml de insecticida organofosforado para la cantidad de carne antes descrita.</p>

4.4.6 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con diez tratamientos y cinco repeticiones. Los diez tratamientos corresponden a un testigo y tres sustancias tóxicas aplicadas en tres dosis diferentes, siendo estas dosis máxima, tóxica y mortal, respectivamente.

4.4.7 Modelo Estadístico

El análisis para una distribución completamente al azar utiliza un modelo lineal aditivo:

$$x_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Media general alrededor de la cual oscilan los valores de todas las observaciones.

α_i = Efecto del tratamiento i .

ϵ_{ij} = Error experimental, variación debida al azar o variación de muestreo (causas no pertinentes) y es considerado $N(0, \sigma^2)$.

4.4.8 Unidad Experimental

Cada unidad experimental constó de 30 larvas en primer instar de *Sarcophagidae sp.*; tomando en consideración el oportunismo de las hembras al ovipositar.

4.4.9 Croquis del Experimento

Cuadro No. 2 Croquis del experimento determinación de muerte por intoxicación de salicilatos, organofosforados y alcoholes a través de los cambios morfológicos de dípteros de <i>Sarcophagidae sp.</i>				
I	II	III	IV	V
50 T1	49 T6	48 T2	47 T8	46 T3
41 T8	42 T9	43 T5	44 T6	45 T2
40 T5	39 T3	38 T7	37 T10	36 T4
31 T7	32 T10	33 T1	34 T3	35 T8
30 T2	29 T4	28 T9	27 T7	26 T6
21 T10	22 T9	23 T4	24 T5	25 T1
20 T3	19 T1	18 T6	17 T10	16 T9
11 T6	12 T8	13 T3	14 T4	15 T2
10 T1	9 T7	8 T8	7 T10	6 T5
1 T4	2 T5	3 T2	4 T9	5 T7

Repeticiones: I, II, III, IV, V.

Tratamientos:

- **T1:** Testigo
- **T2:** Dosis máxima de AAS
- **T3:** Dosis tóxica de AAS
- **T4:** Dosis mortal de AAS
- **T5:** Dosis máxima de etanol 50%
- **T6:** Dosis tóxica de etanol 50%
- **T7:** Dosis mortal de etanol 50%
- **T8:** Dosis máxima insecticida organofosforado
- **T9:** Dosis tóxica insecticida organofosforado
- **T10:** Dosis mortal insecticida organofosforado

4.4.10 Manejo del Experimento

a) Colecta de dípteros *Sarcophagidae* sp.

Para iniciar con el proceso experimental fue necesario hacer una colecta de los especímenes en mención. Como se estableció al inicio de este capítulo, la colecta y posterior evaluación de los especímenes se realizó en un domicilio ubicado en la zona 3 del municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango. El lugar tenía las siguientes características: semi abierto, con entrada y salida de aire constante. Todas las trampas de colecta y crianza se colocaron directamente en el suelo.

Esta especie en particular, prefiere alimentarse de tejidos en descomposición por lo que para su colecta se hizo necesario colocar dentro de la trampa trozos de carne de cerdo para que, al ser expuestos a las inclemencias del tiempo y la varianza de las condiciones climáticas, el proceso natural de descomposición se hiciera notar. El olor característico de la putrefacción de este tipo de carne fue muy atrayente para

esta especie, puesto que se hizo el mismo ensayo con hígado de res, carne de res, sangre de pollo y ninguno fue tan efectivo como el olor del cerdo en descomposición.



Fotografía 22: Diseño de trampa de botella tomada del estudio “Ciclos de vida de dípteros de interés médico forense en el Municipio de Ecatepec, Morelos, Estado de México”,

El diseño de la trampa fue tomado del estudio “Ciclos de vida de dípteros de interés médico forense en el Municipio de Ecatepec, Morelos, Estado de México”, ya que esta modalidad es más efectiva para la captura de los insectos. La trampa consiste en utilizar un envase vacío de plástico correspondiente a una botella de 3 litros aproximadamente. Se procede a cortar la parte superior donde se encuentra la boquilla y la misma se invierte, de tal manera que quede un embudo en la parte superior y un espacio considerablemente amplio en la parte inferior; lo que permita colocar el alimento putrefacto en el fondo del envase.³¹

Este diseño de trampa permite que el olor putrefacto salga por un pequeño agujero (la boquilla de la botella) y atraiga a las especies; propiciando una entrada fácil, no obstante, una salida bastante complicada obligando a los insectos a comer, reproducirse y morir dentro de la botella.

³¹ Ciclos de vida de dípteros de interés médico forense en el municipio de Ecatepec, Morelos Estado de México. Alumnos bachillerato tecnológico. México. 2014. http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria22/feria100_01_ciclos_de_vida_de_dipteros_de_interes_medico_foren.pdf. 10 de marzo de 2017.

b) Preparación de dosis de agentes tóxicos

Esta etapa fue realizada en el Laboratorio de Química de Universidad Rafael Landívar, Campus Quetzaltenango. Como primer paso se realizó el cálculo estequiométrico de las dosis para cada sustancia y luego de tener los datos concretos, se realizó el pesaje de las dosis para realizar las soluciones a aplicar.

En el caso de los salicilatos, únicamente se pesaron las dosis; con el etanol no hubo necesidad de diluirlo al igual que con el organofosforado.



Fotografía 23: Trituración de tabletas de aspirina para su posterior pesaje.

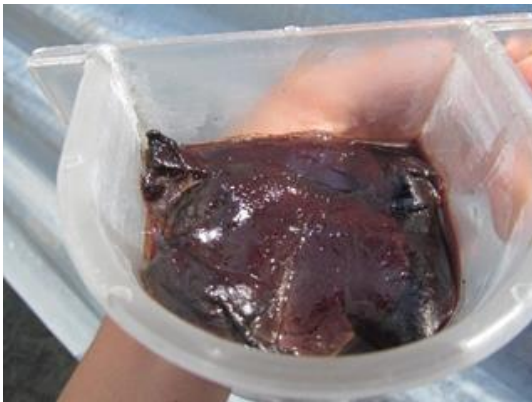


Fotografía 24: Pesaje de las dosis de aspirina en una balanza analítica.

c) Pesaje de carne de cerdo

En laboratorio, se realizó el pesaje del alimento a suministrar, utilizando para ello una balanza analítica. Pesando 4 onzas por porción, el equivalente a 0.11 kilogramos. La carne de cerdo fue elegida debido a su composición, la cual se asemeja a la carne humana; además como se mencionó anteriormente, se realizaron ensayos en los cuales este tipo de carne fue el predilecto de los dípteros de esta especie.

En los primeros ensayos se les suministró a los dípteros, hígado de res y sangre de gallina. Estos dos tejidos fueron atrayentes para la especie en estudio, pero no pudieron alimentarse adecuadamente por el tipo de tejido. Esto se comprobó mediante observación de los ensayos, llegando a la conclusión que los dípteros no se alimentaron de estas muestras a pesar del atrayente olor, producto de la descomposición.



Fotografía 25: Recipiente con hígado de res y sangre de gallina, preparado como alimento para dípteros *Sarcophagidae sp.*

d) Experimento para la determinación del tiempo de llegada de los especímenes

Se entiende que existe un tiempo determinado (por la condición del cadáver y las condiciones climáticas) para que un díptero arribe a una escena del crimen. Este tiempo en dípteros califóridos se encuentra dentro de un rango aproximado de 6-12 horas; sin embargo, las moscas de la carne tardan un poco más en llegar.

Con el afán de determinar el tiempo de llegada de los especímenes sarcófágidos en el experimento específico, se hizo un primer ensayo; este se realizó en el mismo lugar de estudio antes descrito. Para este ensayo, se colocaron tres trampas de botella conteniendo carne adulterada con la dosis tóxica. Se eligió la dosis tóxica, por ser la media entre la dosis máxima y mortal, teniendo así un parámetro de referencia para la posterior colocación de los 50 tratamientos.

Este ensayo arrojó la siguiente información:

Cuadro No. 3 Tiempo de llegada de <i>Sarcophagidae sp.</i>	
Dosis Tóxica	Observaciones
Insecticida organofosforado= 0.5ml	Al tercer día se presentaron por primera vez adultos de <i>Sarcophagidae sp.</i> Parece contradictorio pero el olor del insecticida fue muy atrayente para esta especie.
AAS= 0.03gr	Al cuarto día se presentaron por primera vez adultos de <i>Sarcophagidae sp.</i> Ya que anteriormente habían arribado adultos de otras especies.
Etanol 50%= 1.4ml	Al sexto día se presentaron adultos de <i>Sarcophagidae sp.</i> Se considera que fue el tiempo necesario para que el etanol se evaporara de la carne.

Quedando de esta manera el organofosforado como la sustancia más atrayente para los dípteros *Sarcophagidae sp.* Y el etanol, con la característica de tener que volatilizarse, como el último en la lista de preferencia de los dípteros en mención.

e) Adulteración de carne de cerdo con los diferentes tratamientos

El 22 de marzo se inició con la colocación de los 10 tratamientos con 5 repeticiones cada uno, quedando distribuidos de la siguiente manera:

- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una sin aplicación de veneno.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis máxima de AAS.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis tóxica de AAS.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis mortal de AAS.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis máxima de insecticida organofosforado.

- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis tóxica de insecticida organofosforado.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis mortal de insecticida organofosforado.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis máxima de etanol medicinal al 50%.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis tóxica de etanol medicinal al 50%.
- 5 cajas con 0.11kg de carne de cerdo cada una con la dosis mortal de etanol medicinal al 50%.

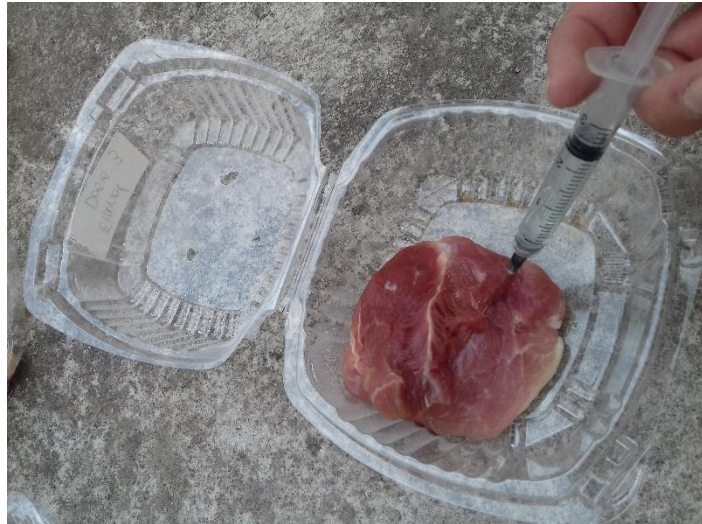


Fotografía 26: Preparación de los 50 tratamientos en los recipientes plásticos para la posterior aplicación de las sustancias tóxicas.

La aplicación de los tóxicos líquidos se realizó con jeringa de forma inyectada; en el caso del AAS fue rociado en polvo, debido a la poca solubilidad de esta sustancia en agua; esto permitió una mejor distribución en el tejido de cerdo.



Fotografía 27



Fotografía 28

Aplicación de las sustancias toxicas en tres dosis. Las sustancias líquidas inyectadas con jeringa y las no solubles, espolvoreadas sobre la carne.

f) Distribución de las unidades experimentales

Las unidades experimentales fueron determinadas en función de factores como las condiciones de reproducción de la especie (por su capacidad para ovipositar o larvipositar) y las condiciones climatológicas (puesto que, a mayor temperatura, mayor desarrollo de las especies y a menor temperatura menos desarrollo, o inhibición). Estas unidades experimentales fueron colocadas en grupos de 30 larvas en primer instar dispuestos en recipientes plásticos transparentes con entrada y salida de aire constante.

g) Bitácora de Condiciones Climatológicas

Cuadro No. 4 Condiciones Climatológicas				
Fecha	Temperatura		Humedad Relativa	Observaciones
	Mínima	Máxima		
22/03	4°C	25°C	36%	Muy soleado
23/03	4°C	18°C	32%	Viento moderado
24/03	2°C	19°C	29%	Parcialmente soleado
25/03	6°C	22°C	34%	Parcialmente soleado
26/03	3°C	22°C	54%	Viento moderado a fuerte
27/03	9°C	20°C	32%	Parcialmente soleado
28/03	8°C	23°C	30%	Mayormente soleado
29/03	12°C	21°C	34%	Mayormente soleado. Viento de moderado a fuerte.
30/03	12°C	23°C	30%	Viento moderado a fuerte.
31/03	9°C	24°C	31%	Mayormente soleado.
01/04	8°C	22°C	35%	Mayormente soleado.
02/04	9°C	23°C	30%	Mayormente soleado.

03/04	11°C	21°C	2%	Parcialmente soleado.
--------------	------	------	----	-----------------------

Datos obtenidos de las fuentes: Estación Meteorológica de Quetzaltenango, termo higrómetro y aplicación para celular AccuWeather.

- **Máximas y Mínimas**

La temperatura más baja se presentó el día 24 de marzo siendo de 2°C.

Promedio mínimas: 7.5°C

La temperatura más alta se presentó el día 22 de marzo siendo de 25°C.

Promedio máximas: 21.8°C

- **Humedad Relativa**

La humedad relativa más baja se presentó el día 03 de abril siendo de 22%.

La humedad relativa más alta se presentó el día 26 de marzo siendo de 54%.

Humedad relativa promedio: 33%

Gracias a estas condiciones climatológicas y la carencia de precipitación pluvial, el desarrollo de los dípteros se concentró dentro de los parámetros normales (20-28 días para ciclo de vida completo). Esto, en comparación con ensayos anteriores realizados durante los meses de septiembre-noviembre, donde el desarrollo de un ciclo de vida completo para dípteros *Sarcophagidae sp.* fue de 45 días aproximadamente.

h) Observación de cambios morfológicos

Cuadro No. 5 Descripción del Testigo con respecto a las tres variables de estudio: color, tamaño y estructura			
Se colocaron 5 recipientes de plástico conteniendo 0.11kg de carne de cerdo cada uno. A estos trozos de carne no se les aplicó ningún tratamiento, puesto que su utilidad era tener un parámetro de referencia para el cotejo.			
Para el efecto se dividió el ciclo de vida de <i>Sarcophagidae sp.</i> De la siguiente manera:			
Etapa de desarrollo	Color	Tamaño	Estructura
Huevo	Blanco	3mm-5mm	Rígida
1er. Estadío larvario	Blanco	5mm-7mm	Vermiforme
2do. Estadío larvario	Blanco amarillento	7mm-9mm	Vermiforme
3er. Estadío larvario	Amarillento	9mm-12mm	Vermiforme
1er. Estadío pupa	Anaranjado	10mm-12mm	Rígida, ancha en su circunferencia
2do. Estadío pupa	Rojizo	10mm-12mm	Rígida, aumenta su circunferencia
3er. Estadío pupa	Café oscuro	10mm-14mm	Rígida, aumenta longitud y disminuye circunferencia

Adulto	Grisáceo. Cabeza con predominantes ojos rojos, tórax con líneas blancas perpendiculares a la cabeza (por lo regular tres), abdomen con diseño parecido al de un tablero de ajedrez.	10mm-15mm	Cabeza, tórax y abdomen con cubierta rígida y esclerotizada. Alas principales rígidas y balancines suaves al tacto.
---------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cuadro No. 6 Cambios Morfológicos en Ácido Acetil Salicílico: Aspirina

El día 26 de marzo se depositaron larvas de primer instar al cuarto día de la aplicación de la sustancia tóxica.



Fotografía 29: Tratamientos de ácido acetil salicílico

Fecha	Dosis máxima 0.02gr	Dosis tóxica 0.03gr	Dosis mortal 0.05gr
26/03	El comportamiento inicial de las larvas depositadas en los recipientes para los 15 tratamientos de AAS, fue el de iniciar a alimentarse. La aspirina triturada no es soluble en agua, por lo que la aplicación de esta sustancia fue espolvoreada directamente sobre la carne. Las larvas comieron de las partes en las que no era perceptible la sustancia. Sin embargo, con el transcurrir de las horas y el proceso de descomposición natural de la carne, los jugos de esta se mezclaron con la aspirina triturada; esto ayudó a homogeneizar los diferentes tratamientos en las dosis.		

27/03	<p>El segundo día, el crecimiento de las larvas fue evidente, teniendo un tamaño inicial aproximado de 3mm a 5mm, llegaron a medir de 8mm a 10mm. Cambiando así de estadio larvario (segundo estadio).</p> <p>En este segundo día de colocación de larvas, se hicieron presentes adultos de <i>Sarcophagidae sp.</i> Sobrevolaron el área y se introdujeron en los recipientes plásticos para ovipositar en ellos.</p>
28/03	<p>Al tercer día, el comportamiento de las larvas se vio afectado (el movimiento fue mayor); se alimentaron en mayor medida lo que hizo aumentar la circunferencia de su estructura. Para este día ya se encontraron en el tercer estadio larvario.</p>
29/03	<p>El cuarto día, las larvas entraron en un estado de letargo. Es probable que sean prepupas y se estén preparando para empupar. O existe la posibilidad que estén muertas. Su tamaño está en un rango de 10mm-15mm aproximadamente.</p>
30/03	<p>Quinto día, las larvas siguen en quietud, aunque su coloración sigue igual, no han iniciado a oscurecerse.</p>
31/03	<p>Al sexto día, hay presencia de dípteros adultos sobrevolando el área, tratando de ingresar a los recipientes; dípteros de <i>Musca domestica</i> y <i>Lucilia sericata</i>.</p>
01/04	<p>Séptimo día, las larvas se encuentran en letargo aún. La coloración es blanca amarillenta, el tamaño es el mismo encontrándose en la transición de tercer instar y prepupas, sin embargo, el color no ha cambiado.</p>
02/04	<p>Las larvas se encuentran quietas en el lixiviado de la carne y la aspirina. No han cambiado de color, por lo que se presume que han muerto pero</p>

los mismos líquidos de descomposición aunados al AAS han servido para conservar la integridad de los especímenes.

Para corroborar esta hipótesis se tomaron muestras de las larvas para ser analizadas. Este estudio permitió determinar que las larvas ya se encontraban sin vida, únicamente que se preservaron de manera correcta. Este extremo se corroboró analizando los segmentos de las larvas ya que los mismos se encontraban turgentes y sus aparatos bucales también se encontraban en óptimas condiciones. Al contrario de lo que sucede con una exuvia, que la larva rompe uno de los extremos para cambiar de muda.

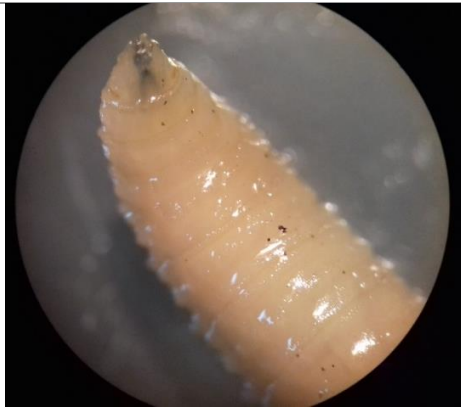


Fotografía 30



Fotografía 31

Larvas sometidas al tratamiento de AAS. Se observan dípteros adultos de *Sarcophagidae sp.* Muertos en los recipientes; así también una masa de huevecillos de esta misma especie.



Fotografía 32



Fotografía 33



Fotografía 34

Observación de larvas en su estadio de prepupas. Estructura turgente, coloración blanca amarillenta y longitud 15mm medida con testigo métrico.

Observaciones: Al aplicar la aspirina triturada sobre la carne, esta se tornó espumosa y con cierta efervescencia. Al continuar con el proceso de descomposición los jugos lixiviados eran blancos y la carne mantuvo una consistencia blanda.

Para las dosis máximas y tóxicas de AAS, los adultos *Sarcophagidae sp.*, se hacen presentes sobrevolando el área e ingresando a los recipientes para comer y ovipositar en ellos.

Al cuarto día de haber entrado en contacto con la sustancia tóxica y después de experimentar una aceleración en su comportamiento, las larvas mueren y su

estructura se preserva en perfectas condiciones, manteniendo la turgencia y definición de cada segmento, así como de su aparato bucal; el color se mantuvo blanco-amarillento como si las larvas estuvieran aún con vida.


Cuadro No. 7 Cambios Morfológicos en insecticida organofosforado

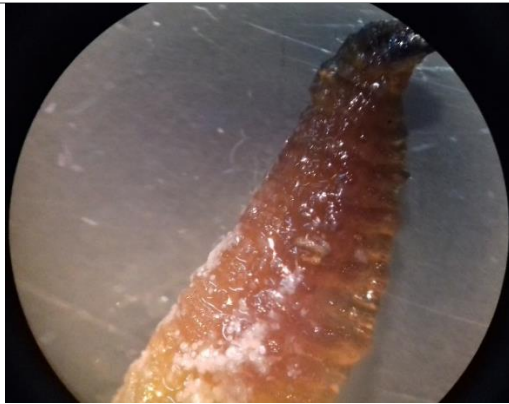
El día 25 de marzo, se depositaron larvas en primer instar al tercer día de la aplicación de la sustancia tóxica.



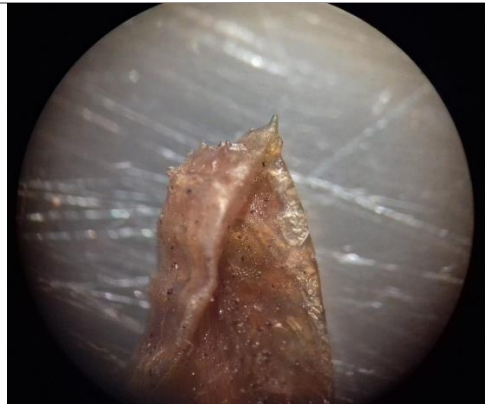
Fotografía 35: Tratamientos de insecticida organofosforado

Fecha	Dosis máxima 0.3ml	Dosis tóxica 0.5ml	Dosis mortal 1.0ml
25/03	Las larvas colocadas en las 5 repeticiones de esta dosis estuvieron vivas en un rango de 10 a 12 horas.	Las larvas colocadas en las 5 repeticiones de esta dosis estuvieron vivas en un rango de 3 a 5 horas.	Las larvas colocadas en las 5 repeticiones de esta dosis estuvieron vivas en un rango de 1 a 2 horas.
El primer día de depositadas las larvas, el organofosforado aún no se había degradado, por lo cual el olor aún era perceptible. Las larvas huyeron al entrar en contacto con la carne. Esto sucedió para las 5 repeticiones de cada dosis. El tiempo de huida de las larvas fue			

	<p>proporcional a la cantidad dada por cada dosis. A mayor dosis, mayor rapidez para huir del recipiente. Cabe resaltar, que no todas las larvas huyeron. Las que no huyeron murieron en el recipiente. El recuento de larvas muertas para todos los tratamientos fue de 404, huyendo de los recipientes 46.</p>
26/03	<p>Las larvas que permanecieron en los recipientes, murieron. La coloración que adquirieron fue café oscuro dorado, debido al proceso de descomposición. El tamaño promedio de las larvas en primer instar fue de 8mm. Estas no presentaron cambio de estructura, ni tamaño, estos se encontraban dentro de los parámetros normales de desarrollo larvario de dípteros <i>Sarcophagidae sp.</i></p> <div data-bbox="625 884 1127 1304" data-label="Image"></div> <p>Fotografía 36: Observación de larvas expuestas al tratamiento de insecticida organofosforado. Coloración café oscuro.</p>



Fotografía 37



Fotografía 38



Fotografía 39

Observación de larvas en el tratamiento de insecticida organofosforado, coloración café oscuro, vistas en estereoscopio. Longitud 7mm utilizando testigo métrico.

Observaciones: al entrar en contacto el organofosforado con la carne de cerdo, esta se tornó de color blanco, como si se hubiera cocido. El lixiviado producto de la descomposición de la carne y la sustancia tóxica, deshizo el recipiente plástico. Al pasar de los días, la carne volvió a su color natural (rojizo) y perdió la blandura, por la pérdida de líquidos. Por lo cual, la carne se secó, similar al estado de descomposición cadavérico: corificación.

Cuadro No. 8 Cambios Morfológicos en Etanol medicinal al 50%

El día 28 de marzo, se colocaron las larvas al sexto día de la aplicación de la sustancia tóxica.



Fotografía 40: Tratamientos de etanol medicinal al 50%

Fecha	Dosis máxima 0.6ml	Dosis tóxica 1.4ml	Dosis mortal 2.3ml
28/03	Para las tres dosis en todas sus repeticiones, las larvas trataron de huir del recipiente. Se presume que el etanol no se había evaporado en su totalidad y el olor fue repelente para las mismas.		
29/03	<p>El comportamiento de las larvas en este día fue normal, iniciaron a comer de la carne que desprendía un olor parecido al suero del queso fermentado.</p> <p>Al segundo día de colocación de las unidades experimentales en el etanol medicinal, se hicieron presentes adultos de <i>Sarcophagidae sp.</i>, sobrevolando el área e ingresando a los recipientes para ovipositar en ellos.</p>		



Fotografía 41



Fotografía 42

Presencia de adultos de *Sarcophagidae sp.* En los tratamientos de etanol medicinal al 50%.

<p>30/03</p>	<p>El tercer día, se creyó que las larvas habían muerto porque no se veían en los recipientes. Sin embargo, por el estado de descomposición de la carne, ellas se encontraban en la parte húmeda inferior del recipiente. En la cual había una sobrepoblación de estas ya que adultos sobrevolaron el área y ovipositaron en estos recipientes. Se calculó que la sobrepoblación fue de un 60% del total de larvas depositadas en el ensayo inicialmente.</p>
<p>31/03</p>	<p>En estas tres dosis no se notó un cambio significativo en las larvas que allí se encuentran alimentando. La coloración es la normal (blanco-amarillento) además, es visible el alimento que están ingiriendo; el tamaño se encuentra entre 8mm-10mm. Al cuarto día, se encuentran en la transición del segundo al tercer instar. En cuanto a estructura es la normal, no hay ninguna mutación ni diferencia entre los parámetros regulares del desarrollo larvario del testigo.</p>



Fotografía 43: Adultos *Sarcophagidae* sp. Muertos dentro de los recipientes de etanol medicinal 50%.

01/04	La dosis en la que hubo mayor crecimiento larvario fue la dosis tóxica. Las larvas que allí se encuentran están creciendo entre los rangos de 10mm-12mm. Al quinto día se encuentran ya en letargo, presuntamente prepupas.
02/04	Las larvas se encuentran en estadio de prepupas, quietas, sin movilidad. La coloración es la normal, aún no ha iniciado el oscurecimiento larvario. Existe bastante presencia de adultos de dípteros de diferentes especies, sobrevolando el área, atraídos por el olor a fermentación que emana de la carne en descomposición, debido a los residuos de etanol y las altas temperaturas que se han presentado durante la semana.



Fotografía 44: Presencia de adultos *Sarcophagidae sp.* Dentro de los recipientes de etanol medicinal al 50%.

03/04

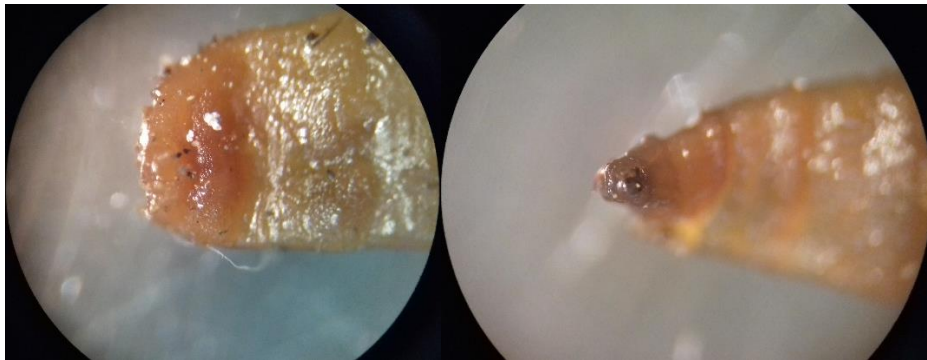
El estado de las larvas cambio drásticamente, ya que en los recipientes se encontraron aparentemente exuvias. Se presume que estas emigraron para empupar en un lugar con mejores condiciones.

Se tomaron muestras de estas larvas para ser observadas en laboratorio, los resultados fueron sorprendentes. Las aparentes exuvias, no son más que prepupas muertas que han perdido todo su contenido. Es decir, han perdido toda la materia que las componía, tornando a la aparente exuvia en una coraza desecada que ha perdido todos sus fluidos. Además, la coloración cambió drásticamente, lo que normalmente sucede en un rango de 3 a 6 días (proceso de cambio de color por la descomposición) en las larvas alimentadas con etanol medicinal este proceso sucedió en dos días.

Se presume que este fenómeno ocurrió debido a la capacidad que tiene el etanol de dilatar los vasos sanguíneos e inhibir la hormona antidiurética, esto significa que pierde rápidamente los fluidos hidratantes. Aunado a esta condición, el etanol también tiene la

capacidad de desnaturalizar las proteínas, por tanto y considerando que las larvas están compuestas mayormente por proteínas, este podría ser el factor causante de la rapidez en el cambio de color.

El tamaño promedio se mantuvo en un rango de 8mm a 12mm. La manera en que se determinó si era solo la coraza (exuvia) o si era una larva muerta, fue en el aparato bucal. El cual se puede observar en las siguientes fotografías, ya que, en una larva viva, este se encuentra pronunciado, por el contrario, en una exuvia, esta parte es la que fracturan para cambiar de estadio.



Fotografía 45

Fotografía 46

Observación de aparato bucal de larva *Sarcophagidae sp.* Tomada del tratamiento de etanol medicinal 50%.



Fotografía 47: Larva de *Sarcophagidae sp.* Tomada del tratamiento de etanol medicinal al 50%. Longitud 12mm

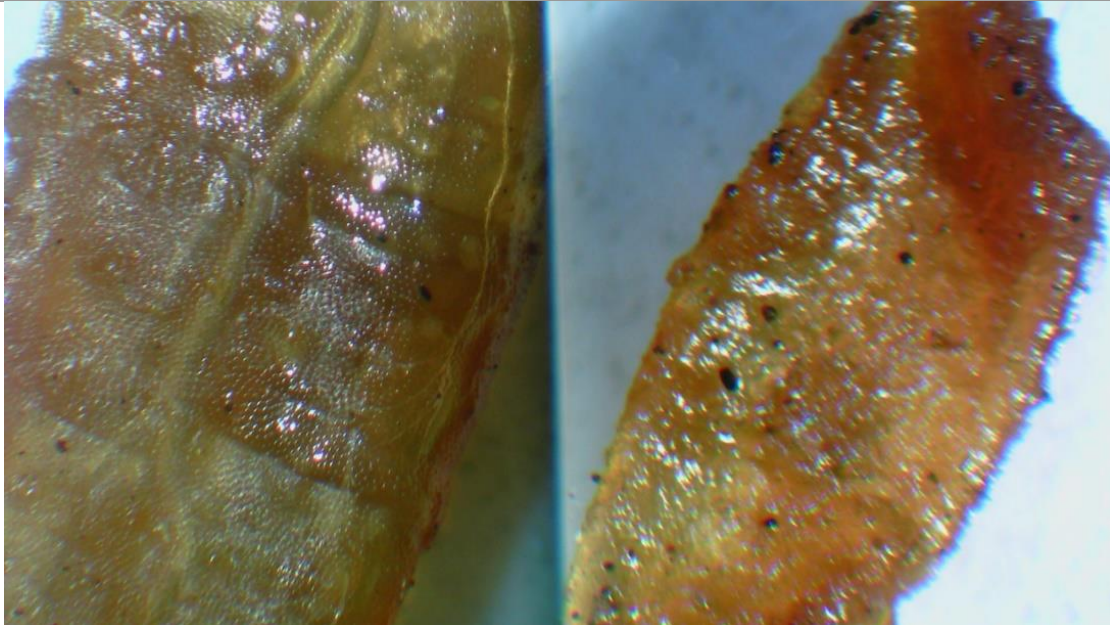
Observaciones: la carne cuando fue intoxicada con etanol, se coció completamente, se volvió blanca. El olor duró seis días, es decir, su volatilización fue lenta. Este olor alejó a los adultos de dípteros por un tiempo, pero a partir del sexto día se hicieron presentes, rondando alrededor de los 15 tratamientos.

Cabe resaltar que en el período de evaporación del etanol (seis días previos), aunque no hubo presencia de dípteros, si se hicieron presentes coleópteros.



Fotografía 48: Coleóptero de la familia *Byrrhidae sp.*¹ Presente en el tratamiento de etanol medicinal al 50%.

Cuadro No. 9 Diferencias entre larvas expuestas a AAS, etanol medicinal 50% e insecticida organofosforado

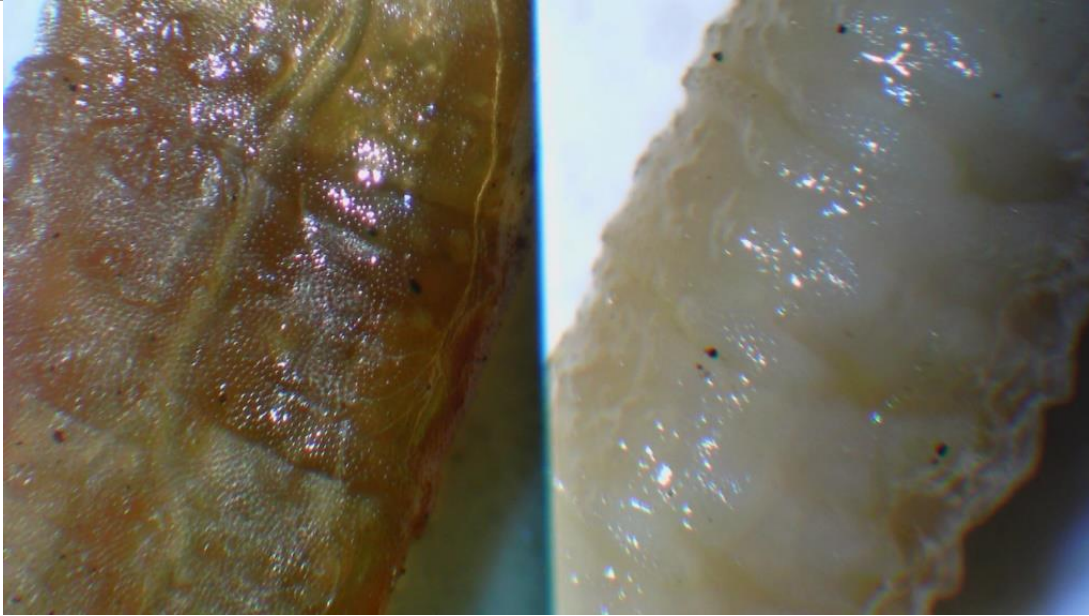


Fotografía 49: A la izquierda larva tratada con insecticida organofosforado, a la derecha larva tratada con etanol medicinal 50%. Tomada con estereoscopio de comparación forense. Laboratorio de Biología, URL Campus Quetzaltenango.

Observaciones: la larva expuesta al organofosforado presenta la característica de haber preservado su turgencia, aunque el color se tornó café oscuro. Asimismo los palpos maxilares que aun no se han desarrollado en este estadio larvario, se encuentran en óptimas condiciones. Constatando de esta manera, que no es una exuvia, sino más bien una larva muerta que se ha conservado, aunque ha perdido un aproximado del 60% de sus líquidos. En esta larva se encuentran visibles sus sistemas digestivo, circulatorio y nervioso (que es el conjunto de “aparentes” venas y poros expuestos bajo la luz del esteroscopio de comparación forense).

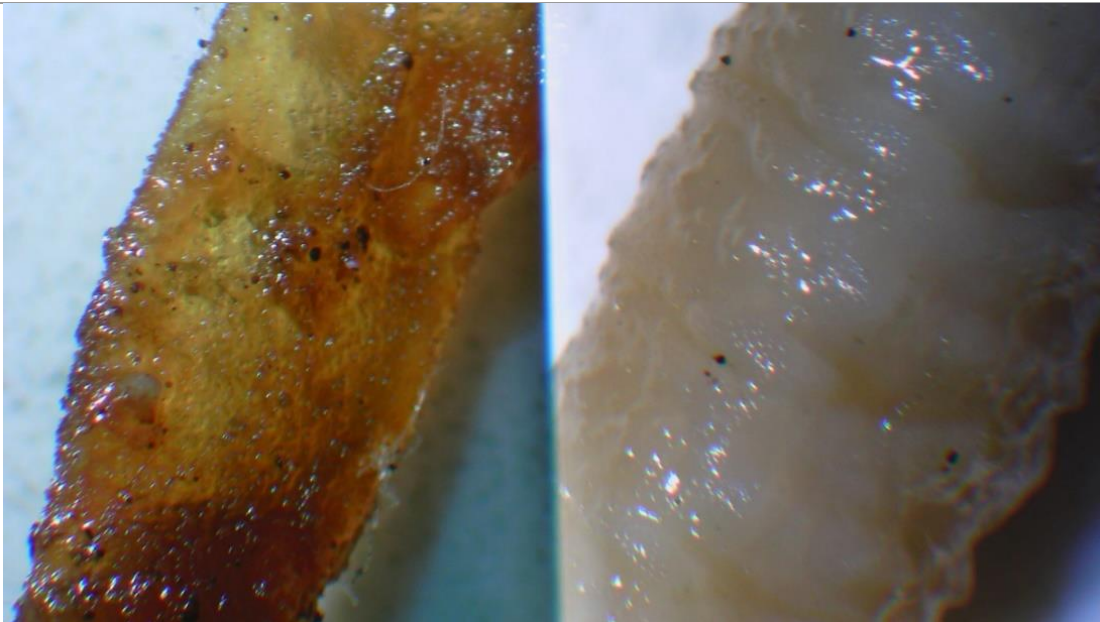
En el caso de la larva del lado derecho, la que fue tratada con etanol medicinal, esta perdió la turgencia y consistencia, su estructura se vio afectada debido a la pérdida de líquidos. Su coloración también cambió, tornándose de color rojizo-

café. En cuanto a su tamaño fue de 12mm en comparación con la larva de organofosforado, la cual midió 11mm. El aparato bucal semidesarrollado que poseen, se encuentra protuberante y turgente, lo que corrobora que no es una exuvia sino una coraza de larva muerta.



Fotografía 50: A la izquierda larva tratada con insecticida organofosforado, a la derecha larva tratada con AAS. Tomada con estereoscopio de comparación forense. Laboratorio de Biología, URL Campus Quetzaltenango.

Observaciones: La larva del insecticida organofosforado se mantuvo turgente sin embargo su coloración cambió a café oscuro. Por el contrario la larva expuesta a AAS mantuvo su consistencia en un 100% y además su coloración se mantuvo blanca amarillenta como si la larva estuviera con vida.



Fotografía 51: Izquierda larva tratada con etanol medicinal al 50%, a la derecha larva tratada con AAS. Tomada con estereoscopio de comparación forense. Laboratorio de Biología, URL Campus Quetzaltenango

Observaciones: La larva del etanol medicinal perdió su consistencia por la falta de líquidos, además se tornó de color rojizo café. La diferencia principal es el hecho de que la larva del AAS se mantuvo muy bien conservada a pesar del deceso de la misma. La turgencia, coloración y definición de la morfología fue exactamente igual a como si estuviera viva, la única diferencia fue la falta de movilidad por lo que a priori se había creído que estos especímenes habían entrado en estado de letargo al ser pre pupas.

4.4.11 Variables de Respuesta

Los elementos que se evaluaron están relacionados con la morfología de los especímenes.

a) Tamaño

Esto se determinó mediante la búsqueda bibliográfica para determinar el tamaño estándar de los especímenes en sus diferentes etapas de vida. Estos datos fueron corroborados mediante las pruebas de campo, utilizando testigo métrico para definir la longitud de las unidades experimentales en los instares respectivos.

b) Coloración

Los parámetros de comparación para la coloración se establecieron gracias a la teoría encontrada en la estructuración del marco teórico de esta experimentación. En campo, se definieron a través de la observación directa y experimentación participativa de la investigadora se pudo constatar este extremo.

c) Estructura

Esta variable fue evaluada al cotejar los resultados de la observación en laboratorio de la estructura externa de los dípteros en cada etapa de su ciclo de vida con los cambios hallados en los especímenes expuestos a la carne adulterada, todo esto evaluado de la misma manera, bajo observación de estereoscopios en laboratorio de biología.

4.4.12 Análisis de la Información

a) Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Minitab 17 con un método de análisis ANOVA modelo lineal. Las consultas necesarias para la interpretación de los resultados se tomaron del libro Diseño de Experimentos Aplicados del autor Pedro Reyes Castañeda.

Cuadro No. 10 Datos resultantes de la observación de cambios morfológicos en dípteros <i>Sarcophagidae</i> sp. Quetzaltenango 2017			
	No. de unidades experimentales que modificaron su color	No. de unidades experimentales que modificaron su tamaño	No. de unidades experimentales que modificaron su estructura
Tratamiento 1			
R1	0	0	0
R2	0	0	0
R3	0	0	0
R4	0	0	0
R5	0	0	0
Tratamiento 2			
R1	2	20	2
R2	1	22	1
R3	2	25	0
R4	2	21	2
R5	1	20	3
Tratamiento 3			
R1	1	22	1
R2	1	24	2
R3	2	21	1
R4	1	26	1
R5	2	25	2
Tratamiento 4			
R1	1	23	1
R2	1	27	2
R3	2	29	2
R4	1	30	1

R5	1	28	1
Tratamiento 5			
R1	25	2	20
R2	27	1	21
R3	28	3	23
R4	26	1	20
R5	27	2	21
Tratamiento 6			
R1	28	3	25
R2	27	4	22
R3	28	5	24
R4	29	1	26
R5	30	2	23
Tratamiento 7			
R1	27	3	27
R2	28	2	29
R3	29	1	30
R4	30	3	26
R5	30	2	25
Tratamiento 8			
R1	25	1	2
R2	26	2	3
R3	28	5	1
R4	25	3	3
R5	25	6	3
Tratamiento 9			
R1	26	1	1
R2	27	3	2
R3	28	5	4

R4	27	4	1
R5	25	2	3
Tratamiento 10			
R1	28	1	2
R2	29	2	3
R3	30	4	4
R4	28	3	2
R5	27	2	1

b) Descripción del Modelo Estadístico

ANOVA unidireccional: Color; Tamaño; Estructura

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Factor 3 Color; Tamaño; Estructura

Cuadro No. 11 Análisis de Varianza Quetzaltenango 2017

Fuente	Grados de Libertad	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor Probabilidad
Factor	2	2285	1142.5	8.73	0.000**
Error	147	19228	130.8		
Total	149	21513			

Cuadro No. 12 Resumen del modelo Quetzaltenango 2017			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
11.4368	10.62%	9.41%	6.94%

Cuadro No. 13 Medias Quetzaltenango 2017				
Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95%
Color	50	16.88	13.12	(13.68;20.08)
Tamaño	50	8.84	10.39	(5.64;12.04)
Estructura	50	8.38	10.59	(5.18;11.58)

Desviación estándar agrupada = 11.4368

c) Interpretación del análisis estadístico

Para el análisis de varianza se realizó el método de Fisher, a través del programa Minitab 17. Esto arrojó un resultado de 8.73; teniendo un nivel de significancia de 0.05 el resultado debiera estar por encima de 3.00. Este resultado hace que la hipótesis nula, la cual establece que “todas las medias son iguales” sea rechazada al ser $8.73 > 3.00$ y aceptada la hipótesis alternativa, puesto que los cambios morfológicos fueron evidentes en todos los tratamientos:

“Los dípteros *Sarcophagidae sp.* presentarán cambios morfológicos, al ingerir tejidos adulterados con al menos una de las siguientes sustancias: salicilatos, organofosforados y alcoholes”.

El valor P, probabilidad, es igual a 0.00 este valor es menor que 1% por lo que se dice que las diferencias entre los valores medios de los tratamientos son altamente significativas.

4.4.13 Costos de Investigación

Insumos	Descripción	Costo
Insecticida organofosforado	1 frasco	Q.38.00
Aspirina	1 caja	Q.20.00
Alcohol medicinal 50%	250 mililitros	Q.3.00
Carne de cerdo	20 libras	Q.520.00
Cajas plásticas	50 cajas	Q.75.00
Hígado	1 libra	Q.25.00
Sangre de pollo	300 mililitros	Q.5.00
Carne de res	1 libra	Q.30.00
Jeringas diversas capacidades	6 unidades de 3 mililitros y 6 unidades de 5 mililitros.	Q.20.00
Botellas plásticas	3 unidades de 3 litros y 6 unidades de 500 mililitros.	Q.66.00
Equipo protección (guantes/mascarillas)	1 caja	Q95.00
Material boletas de entrevistas	3 personas entrevistadas	Q.45.00
Elaboración informe	Impresiones, discos, empastado, entre otros.	Q.300.00

Reproducción de material	Impresiones, discos, empastado, entre otros.	Q.500.00
Tiempo para realizar etapa experimental	450 días aproximadamente	Q9,000.00
TOTAL		Q.10,742.00

4.4.14 Resultados y Discusión

Resultados de la observación y posterior análisis en laboratorio de los cambios que presentaron los dípteros *Sarcophagidae sp.* Al ingerir tejidos adulterados con las sustancias tóxicas, etanol medicinal al 50%, insecticida organofosforado y ácido acetilsalicílico.

a) Testigo

Las 5 repeticiones colocadas como testigo, presentaron un desarrollo de ciclo de vida estándar (ver cuadro No. 5). Fueron sometidas a las mismas condiciones climatológicas que los otros ensayos a los que sí se les aplicaron tratamientos. El ciclo de vida completo concluyó en un rango de 25 a 30 días.

o Testigo- AAS

La longitud establecida por el testigo como parámetro permitió concluir que los especímenes sometidos a tratamiento con AAS, se mantuvieron dentro de los rangos normales (ver cuadro No. 5) de crecimiento para cada uno de los estadios larvarios. El cambio ocurrió en la rapidez con la que estos cambios sucedieron. En los especímenes bajo tratamiento, el cambio de 3 instares sucedió en 4 días, lo que para el testigo tardó en promedio de 8 a 10 días.

La estructura de los especímenes en estudio se mantuvo rígida y turgente, tal y como es la estructura larval vermiforme de los dípteros.

El color blanco amarillento que presentó el testigo, fue exactamente el mismo que mantuvieron los especímenes expuestos al tratamiento con AAS.

○ **Testigo-Insecticida organofosforado**

El tamaño de los especímenes tratados con insecticida organofosforado, fue el establecido por el testigo (ver cuadro No. 5), midiendo 7mm de longitud para el final del primer instar larvario, tomando en consideración que estos especímenes murieron a las horas de entrar en contacto con el tratamiento del insecticida.

La estructura de los especímenes se mantuvo íntegra, siendo esta, la correspondiente al tipo de larva de dípteros, es decir, vermiforme; al igual que en el testigo.

En cuanto a color sí hubo cambios, el color del testigo fue blanco-amarillento y el de los especímenes tratados con insecticida se tornó café oscuro.

○ **Testigo-Etanol medicinal 50%**

El tamaño para los especímenes expuestos al tratamiento con etanol fue el establecido por el testigo para la transición entre segundo y tercer estadio larvario (ver cuadro No. 5); correspondiente a 8mm-12mm de longitud.

En cuanto a estructura, estos especímenes perdieron toda su turgencia; por tal razón, se llegó a creer que eran exuvias y no larvas muertas, sin embargo, este extremo se refutó al observar estos especímenes bajo estereoscopio en laboratorio. Esta pérdida de líquidos y deshidratación se debió a los efectos del etanol en el organismo de las larvas, similar a los efectos que causa en los seres humanos. Sin embargo, no se ahondará en este tema, puesto que es

un cambio fisiológico y no es tema que competa en la presente investigación.

Por otra parte, la coloración cambió; el color establecido por el testigo para las larvas, fue blanco amarillento, sin embargo, los especímenes en estudio cambiaron su coloración a café oscuro.

b) Ácido acetil salicílico

Las larvas del AAS presentaron un cambio notorio en su crecimiento. En tan solo cuatro días llegaron al tercer estadio larvario y se quedaron inmóviles. Esto fue confundido con un estadio de pre pupas, sin embargo, cuando los días avanzaron y no hubo cambio de coloración las larvas que aún permanecían turgentes y de color blanco amarillento, fueron analizadas. Constatando de esta manera que efectivamente ya habían muerto pero que se encontraban en un estado de preservación bastante efectivo.

En los 15 tratamientos de AAS los dípteros adultos se hicieron presentes, sobrevolaron el área, ingresaron a los recipientes y ovipositaron. Los adultos prefirieron la dosis tóxica en la cual los huevecillos blanquecinos fueron abundantes, estos al eclosionar iniciaron a alimentarse de la carne y su comportamiento cambió. La movilidad fue excesiva, se notaba que comían demasiado y por eso su rápido desarrollo y crecimiento. En estos tratamientos las larvas tuvieron una aceleración en su sistema nervioso lo que aumentó la actividad y movilidad de las mismas.

Las larvas colectadas para análisis mantuvieron su turgencia en un 100% y la coloración blanquecina las hacía parecer vivas, aunque para este momento la movilidad era nula.

El tiempo de vida fue de 4 días, ayudando también las condiciones climatológicas a un óptimo desarrollo de las especies. La temperatura durante esos días estuvo en un rango de 8°C a 21°C, mayormente soleado y con poco viento. Con respecto a la humedad relativa, en esos días se presentó el valor más elevado (54%), sin

embargo, esta condición favoreció al crecimiento acelerado de las larvas. Cabe resaltar, que la condición de alta humedad no es favorecedora para dípteros adultos. Esto se pudo comprobar durante ensayos realizados en los meses de enero y febrero cuando la humedad sobrepasaba el 50% y aunado a las bajas temperaturas, el tiempo de arribo de dípteros adultos fue de una semana aproximadamente.

c) Insecticida organofosforado

Las larvas colocadas en primer instar para las tres dosis murieron en un rango de 1 a 10 horas, el tiempo de muerte fue inversamente proporcional a la dosis aplicada; a mayor dosis, menor tiempo de vida.

Las larvas muertas no perdieron su estructura, se mantuvieron turgentes con cada segmento y aparato bucal bien definido. En cuanto a color, este cambió drásticamente, de tener color normal (blancas-amarillentas) a color café oscuro-rojizo en cuestión de horas. Este cambio sucede cuando una larva muere, pero el procedimiento de descomposición es paulatino; sin embargo, el efecto del insecticida sobre las larvas fue para preservarlas como si estuvieran vivas, pero con un color diferente.

Las larvas que quedaron en los recipientes, murieron. El tamaño promedio de las larvas en primer instar fue de 7mm. Estas no presentaron cambio de estructura, ni de tamaño, estos se encontraban dentro de los parámetros normales de desarrollo larvario de dípteros *Sarcophagidae sp.*

Cabe resaltar que el olor del organofosforado, similar a ajo y cebolla, fue muy atractivo para las moscas adultas. Se presentaron adultos de *Sarcophagidae sp.*, sobrevolando el área, ingresaron a los recipientes con las diferentes dosis, pero no ovipositaron en ellas. Por el contrario, algunas murieron al entrar en contacto con el lixiviado de la carne con el insecticida.

Este tratamiento fue el más atractivo para los dípteros adultos, contradictorio a su función y propósito, los insectos fueron atraídos hacia los objetos adulterados con

la sustancia. Los días para que el olor menguara fueron tres, después de esto, se colocaron las larvas. A pesar de este tiempo de espera, cuando las larvas ingresaron al recipiente aún era perceptible el olor al insecticida, por lo que la reacción de supervivencia inicial de los especímenes fue huir para no morir.

La temperatura durante su desarrollo larvario estuvo en un rango de 6°C a 22°C, el día estuvo muy soleado y la humedad en un 34%. Condiciones adecuadas para un óptimo desarrollo, sin embargo, las propiedades de la sustancia tóxica les provocaron una muerte prematura y la aceleración en el proceso natural de descomposición.

d) Etanol medicinal 50%

Las larvas que fueron colocadas en el etanol medicinal, al sexto día de aplicación de la sustancia en la carne, presentaron cambios morfológicos claros al cambiar de color y perder toda su turgencia. El tiempo de vida fue de seis días, en los cuales el color aún permanecía blanquecino amarillento, sin embargo, al llegar el séptimo día esta condición cambió drásticamente y las larvas se tornaron de color café oscuro.

El tamaño promedio fue de 8mm-12mm llegando así a la transición entre el segundo y tercer estadio larvario. Las condiciones del clima estuvieron en un rango de temperatura de 10°C a 22°C, teniendo por las mañanas un sol intenso, en estos seis días de crecimiento larvario se presentó el porcentaje más bajo de humedad, lo que retardó el crecimiento debido a las altas temperaturas.

Al momento de colectar los especímenes para realizar el análisis en laboratorio, se creyó que las larvas de color café oscuro, eran exuvias; sin embargo, al observarlas bajo el estereoscopio se constató que eran las mismas larvas, con los aparatos bucales íntegros, sin rotura ya que no hubo acdycis.

El desarrollo en general para estos 15 tratamientos fue el normal, las larvas se alimentaron y crecieron como si la carne no hubiera estado adulterada. Pese a esta

circunstancia, el olor a fermentación, similar al suero del queso, era notorio y a la vez atrayente para estos especímenes.

4.4.15 Observaciones finales

De las tres variables planteadas para su análisis, la que mayor incidencia tuvo fue color, ya que seis de diez tratamientos cambiaron de color. Siendo el color inicial blanco-amarillento y tornándose color café oscuro.

En cuanto a tamaño (crecimiento) el tratamiento más favorecedor fue el de AAS, llegando al estadio prepupa en tan solo 4 días y midiendo entre 10mm y 15mm de longitud.

Para preservar la turgencia y estructura, el tratamiento de AAS; que, por sus propiedades, mantuvo a las larvas en un estado de conservación ideal.

El único tratamiento que perdió la consistencia, es decir se deshidrató porque perdió sus líquidos, fue el etanol medicinal al 50%.

El tratamiento de etanol medicinal presentó durante los seis días de su volatilización, visita de coleópteros atraídos por el fuerte olor a fermentación.

El tratamiento que inhibió por completo el crecimiento de las larvas y mantuvo alejadas a los especímenes adultos de ovipositar, fue el insecticida organofosforado.

Los tratamientos más atrayentes para los dípteros adultos en la dosis tóxica fueron AAS y Etanol medicinal.

CONCLUSIONES

La investigación sobre el aporte de la entomología forense en la determinación de muerte por intoxicación de salicilatos, organofosforados y alcoholes a través del estudio de los cambios morfológicos de dípteros *Sarcophagidae sp.*, arrojó la siguiente información:

Las ciencias entomología y entomotoxicología forenses no son aplicadas en el sistema de justicia guatemalteco. Las diferentes instituciones involucradas no están capacitadas ni educadas sobre la información que estas ciencias pueden brindar en la resolución de hechos delictivos. El personal de investigación de campo y científico no está capacitado; y los juzgadores no están en la posibilidad de recibir dicha información. Aunado a esto, el poco interés en la aplicación de estas ciencias constituye el mayor obstáculo, puesto que no existe el equipo adecuado necesario para la aplicación de las mismas.

La búsqueda bibliográfica ayudó a definir los parámetros de comparación morfológica para los especímenes expuestos a los diferentes tratamientos. Asimismo, ayudó a determinar las tres dosis para cada tratamiento (mortal, tóxica y máxima); así como la farmacocinética de las mismas.

A través de la experimentación realizada se llegó a las siguientes conclusiones generales: sí hubo cambios morfológicos de color para los tratamientos de insecticida organofosforado y etanol medicinal al 50%. Asimismo, cambios morfológicos de estructura para los tratamientos con etanol medicinal y cambios de tamaño para los tratamientos con AAS; comprobando de esta manera la hipótesis planteada donde en al menos uno de los tratamientos, serían perceptibles los cambios en estructura, tamaño y coloración.

La información recabada de la investigación experimental, puede ser utilizada para apoyar dictámenes hechos por un patólogo forense o un toxicólogo; orientando

además al investigador de campo para que las líneas de investigación vayan encaminadas a una pronta resolución del hecho delictivo.

Se espera que estos datos puedan ser utilizados como un precedente para futuras investigaciones en la materia. Es necesario que los egresados de estas carreras técnicas científicas se vean interesados por el área de la criminalística de laboratorio; ya que nuestro sistema de justicia necesita cada día más pruebas que no generen dudas y que están bien fundamentadas en un correcto análisis científico.

RECOMENDACIONES

Debido a las debilidades identificadas durante la investigación se recomienda lo siguiente:

Implementar el uso de la entomología y entomotoxicología forenses en el sistema de justicia, mediante la capacitación del personal del organismo judicial; para que, en el ejercicio de sus funciones, estos temas científicos no sean desconocidos por los juzgadores.

Capacitar a los investigadores de campo del Ministerio Público y Policía Nacional Civil, puesto que ellos son los responsables de iniciar una cadena de custodia íntegra y preservar adecuadamente los indicios biológicos encontrados en un escenario criminal.

En cuanto a la realización de los análisis científicos, se recomienda hacer uso de los conocimientos de los profesionales en las ciencias ambientales, agrícolas, médicos veterinarios, entomólogos, biólogos, ingenieros químicos, químicos biólogos, farmacéuticos e investigadores criminales; para que con sus conocimientos fundamenten de manera científica los datos a aportar durante una investigación criminal.

Es necesario también, capacitar a los patólogos, toxicólogos, ingenieros químicos y todo profesional de las ciencias forenses involucrado en la unidad de laboratorios del INACIF, para crear en ellos una cultura de interés por métodos alternativos que ayuden y den mayor soporte a los dictámenes generados en sus diferentes ramas de aplicación.

La carrera del profesional en ciencias forenses está tomando auge en nuestro país, por lo que se recomienda a la academia, motivar al estudiante a pensar críticamente y proponer soluciones puntuales, certeras, con fundamento científico que sean fáciles de aplicar en el campo, para con esto seguir fortaleciendo el sistema judicial guatemalteco a través de estudios científicos forenses.

Continuar con las investigaciones en materia de entomotoxicología forense, utilizando otra clase de sustancias en dosis menores; comparando los cambios en los ciclos de vida en diferentes épocas del año.

REFERENCIAS

Normativas

1. Ley Orgánica del Ministerio Público, Decreto Número 40-94 del Congreso de la República de Guatemala.

Bibliográficas

1. Byrd Jason H. & James L. Castner. Forensic Entomology, The utility of arthropods in legal investigations. Estados Unidos. CRC Press. 2010. 2da. Edición.
2. Coronado Padilla, Ricardo. Antonio Márquez Delgado. Introducción a la Entomología, Morfología y Taxonomía de los Insectos. México. Editorial Limusa. 1986. Décima reimpresión.
3. Reyes Castañeda, Pedro. Diseño de experimentos aplicados. México. Editorial Trillas. 1982. Segunda reimpresión.
4. Alcohol. Glosario de términos de alcohol y drogas. Organización Mundial de la Salud. España. Ministerio de Sanidad y Consumo centro de publicaciones. 1994. Traducción de Lexicon of Alcohol and Drug Terms.
5. Barrientos J. A. "Curso Práctico de Entomología. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona". España CIBIO, AeE y UAB Servei de Publicacions. 2004.
6. Goodman Louis S. y Alfred Gilman. "Las bases farmacológicas de la terapéutica". 11ma. Edición. Estados Unidos. Mc Graw Hill. 2007.
7. Castro Cruz, Héctor Javier. "Estupefacientes y Toxicología Forense" Enciclopedia CCI. Colombia. Sigma Editores. 2010.
8. Carrillo, Arturo. "Lecciones de medicina forense y toxicología". Guatemala. Editorial Universitaria. 1981.
9. Jiménez Navarro, Raúl. "Materia de toxicología forense". México DF. Editorial Porrúa. 1980.

10. Díaz Burgos, Rocío del Carmen. "Descomposición cadavérica y entomología forense: análisis microbiológico". España. Academia Española. 2012.
11. Farb, Peter. "Los Insectos". 2da. Edición. México. Ediciones Culturales Internacionales. 1988.
12. Cano Alvarado, Manuel Francisco. "Introducción a la entomología". 2da. Edición. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 1994.
13. Vargas Alvarado, Eduardo. "Atlas de ciencias forenses". 2da. Edición. México. Trillas. 2013.
14. Daniel G. Fernández A., Liliana C. Mancipe G. y Diana C. Fernández A. "Intoxicación por Organofosforados". Revista Med. Volumen 18. Número 1. Colombia. Enero a junio 2010.
15. Ayus Juan Carlos y otros. Agua, electrolitos y ácido-base. España. Editorial Médica Panamericana. 2007.
16. Bastida N., Fernández, T. Urgencias por consumo de alcohol en atención primaria. País desconocido. Editorial Elsevier. 2010.
17. Lefio L, Villarroel y otros. "Intervenciones Eficaces en consumo problemático de alcohol y Otras Drogas". Revista Panamá. Salud Pública. 2013.
18. Fauci, A. & Ant. Principios de Harrison para Medicina Interna. México. Mcgraw-Hill. 2013.
19. Porter, R, Kaplan, J. Merk Manual. España. Editorial Elsevier. 2014.
20. Estruch, R. "Efectos del alcohol en la fisiología humana". Adicciones. Volumen 14. Número 1. España. 2002. Servei de Medicina Interna.
21. Burbige EJ y otros. "Alcohol and gastrointestinal tract". Med Clin. Volumen 68. Estados Unidos. 1984
22. Estruch R. "Efectos cardiovasculares del alcohol". Med Clin. Volumen 105. Estados Unidos. 1995.
23. Torrez Jesica, Zimman Sabina, Rinaldi Carlos y Cohen Roberto. "Entomología Forense". Revista del Hospital J. M. Ramos Mejía. Volumen XI. No. 1-2006. Argentina. 2006.

24. Alonso-Zarazaga, Miguel Ángel. "Orden Coléoptera". *Revista IDE@ - SEA*,. *Depto. de Biodiversidad y Biología Evolutiva Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)*. Número 55. España. 2015. Ibero Diversidad Entomológica @ccesible.

Electrónicas

1. Texateca.com. Galan Boluda, Carlos. Orden: díptera. España. 2007. <http://www.taxateca.com/ordendiptera.html>. 05 de febrero de 2016.
2. EcuRed. Gallardo Pérez, Yampiel. Calliphoridae. Cuba. 2013. <http://www.ecured.cu/Calliphoridae>. 05 de febrero de 2016.
3. Entomología Forense. Colegio de Postgraduados. Familias de dípteros de interés forense. México. Año desconocido. http://www.colpos.mx/entomologiaforense/familias_de_interes_forense.htm. 05 de febrero de 2016.
4. Conceptos de Química. Galatro, Daniel Aníbal. Organofosforados. Argentina. 2012. <http://conceptosdequimica.blogspot.com/2010/02/organofosforados.html>. 06 de febrero de 2016
5. Encolombia. Cárdenas, Maria Luisa. Salicilatos en Urgencias Toxicológicas. Colombia. Año desconocido. <https://encolombia.com/medicina/guiasmed/u-toxicologicas/salicilatos/>. 08 de febrero de 2016.
6. Definicion.De. WordPress. Alcohol. País desconocido. 2008. <http://definicion.de/alcohol/>. 10 de febrero de 2016.
7. Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito. Naciones Unidas. Viena Austria. 2015. <https://www.unodc.org/>. 15 noviembre de 2015.
8. Organización Mundial de la Salud. Naciones Unidas. Ginebra Suiza. <http://www.who.int/es/>. 16 de noviembre de 2015.
9. La Entomología Forense y su aplicación a la medicina legal. Data de la muerte. Magaña Concha. Bol. SEA, 28: 49-57. España. 2001. Disponible desde Internet en: Aracnet, rev. elect. entom., 7:

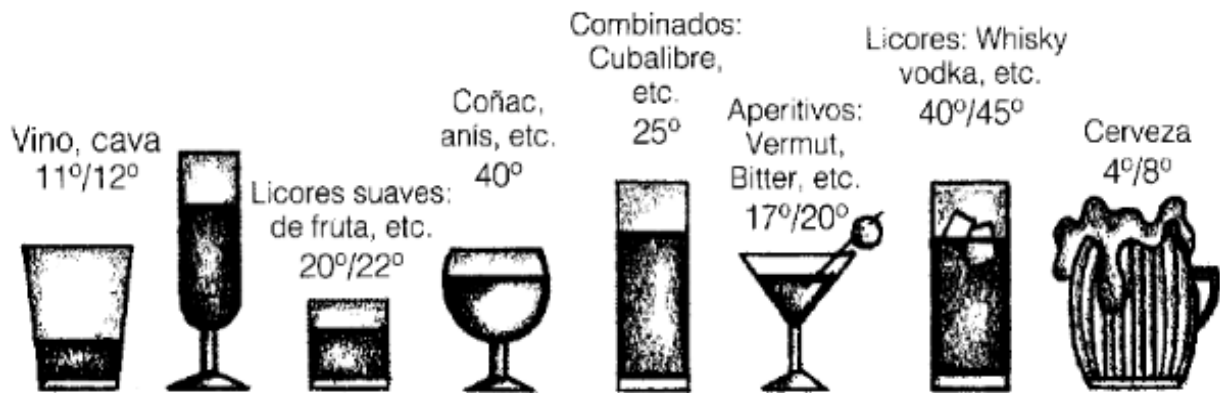
- <<http://entomologia.rediris.es/aracnet/7/06forense/>> 14 de noviembre de 2015.
10. Más allá del Derecho. Deivis Jesús. La Entomología Forense y su aplicación en la criminalística. 2009. <http://deivisfaijogarcia.blogspot.com/2009/09/la-entomologia-forense-y-suaplicacion.html> 14 noviembre de 2015.
 11. Slide Share. Paredes, María Eugenia. Adolescencia y Drogas en Guatemala. Guatemala. 2013. http://es.slideshare.net/marieu_09/adolescencia-y-drogas-en-guatemala. 18 noviembre de 2015.
 12. El Crimen Imperfecto. Camacho Javi. La Entomología Forense. 2012. <https://elcrimenimperfecto.wordpress.com/2012/11/16/la-entomologia-forense/> 16 noviembre de 2015.
 13. Slide Share. León Varela, Joeli. Entomotoxicología. Venezuela. 2011. http://es.slideshare.net/entomol_putre/entomotoxicologia. 18 noviembre de 2015.
 14. Slide Share. Robles, Juan Carlos. Entomología. 2014. http://es.slideshare.net/juancarlosrobles08/presentacion-entomologia-power-point?next_slideshow=1. 17 noviembre de 2015.
 15. Uninet. J. Gil Cebrián, R. Díaz-Alersi Rosety, M^a. Jesús Coma, D. Gil Bello. Intoxicación por drogas de abuso, Intoxicación por Etanol. <http://tratado.uninet.edu/c100402.html>. 15 noviembre de 2015.
 16. Medline Plus. Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Intoxicación con Etanol. Estados Unidos. 2015. <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002644.htm>. 17 de noviembre de 2015.
 17. Biodiversidad Mexicana. CONABIO. La gran familia: Insectos. México. 2013. http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/insectos/insectos.htm. 15 de noviembre de 2016.
 18. Diccionario de la lengua española. Asociación de Academias de la Lengua Española. Acéfalo. España. 2017. <http://www.dle.rae.es/index.html#/?id=0LeXOIQ>. 10 de enero de 2017.

19. La Guía. Méndez, Ángeles. Analito. País desconocido. 2011.
<http://www.quimica.laguia2000.com/general/analito>. 05 de enero de 2017.
20. Saludemia. Autor desconocido. Anorexígenos. País desconocido. Año desconocido. <http://www.saludemia.com/-/medicamento-anorexigenos>. 05 de enero de 2017.
21. Glosario Entomológico. Autor desconocido. Exuvia. País desconocido. <http://www.clubdelamar.org/entomologico.htm> 13 de diciembre de 2016.
22. Descriptores en Ciencias de la Salud. Autor desconocido. Fenmetrazina. España. 2008. <http://www.decs.es/compuestos-quimicos-y-drogas/fenmetrazina/>. 20 de enero de 2017.
23. Definiciones-de.com. Alegs. *Definición de lipoides*. País desconocido. 2014. <http://www.definiciones-de.com/Definicion/de/lipoides.php>. 10 de enero de 2017.
24. Vademecum.es. Vidal Vademecum. Metilfenidato. España. 2017. <http://www.vademecum.es/principios-activos-metilfenidato-n06ba04>. 03 de febrero de 2017.
25. Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, Con la ciencia a la verdad. Servicios. Unidad de Laboratorios de Criminalística. Guatemala. 2017.
http://www.inacif.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=85. 10 de enero de 2017.
26. Gobierno de la República de Guatemala, Ministerio de Economía. Información Socioeconómica de Guatemala. Departamento: Quetzaltenango. Guatemala. 2017.
<http://dae.mineco.gob.gt/mapainteractivo/index.php?controller=crm&action=Detalles&id=13>. 17 de marzo de 2017.
27. Murcia Salud. Toxiconet. Salicilatos. España. Año desconocido. <http://www.murciasalud.es/toxiconet.php?iddoc=167081&idsec=4014#>. 22 de febrero de 2017.

28. Universidad Complutense de Madrid. Aula virtual de prácticas de entomología ambiental y aplicada. Glosario: español. España. 2004. <http://web.bioucm.es/cont/eea/glosario.php> 06 de mayo de 2017.

ANEXOS

ANEXO NO. 1 PORCENTAJE DE ALCOHOL EN LICORES



Fuente: NutriSofía. Arruego, Sofía. Alcohol. España. 2017. <http://www.nutrisofia.com/alcohol-como-nutriente/> 10 de marzo de 2016.

ANEXO NO. 2 EFECTOS DEL ALCOHOL EN EL ORGANISMO

Efectos del alcohol en el organismo



-Con 20 a 30 mg de alcohol:

Afectación del control motor fino, afectación del humor.

-De 50 a 100mg:

Deterioro leve a moderado de las funciones cognitivas, así como dificultad para grandes habilidades motoras.

-Más de 150 mg:

Afectación de los movimientos voluntarios, grave deterioro mental y físico.

-De 200 a 300 mg:

Náuseas, vómitos y alteraciones del estado mental.

-Más de 300 mg:

Coma, hipotensión e hipotermia.

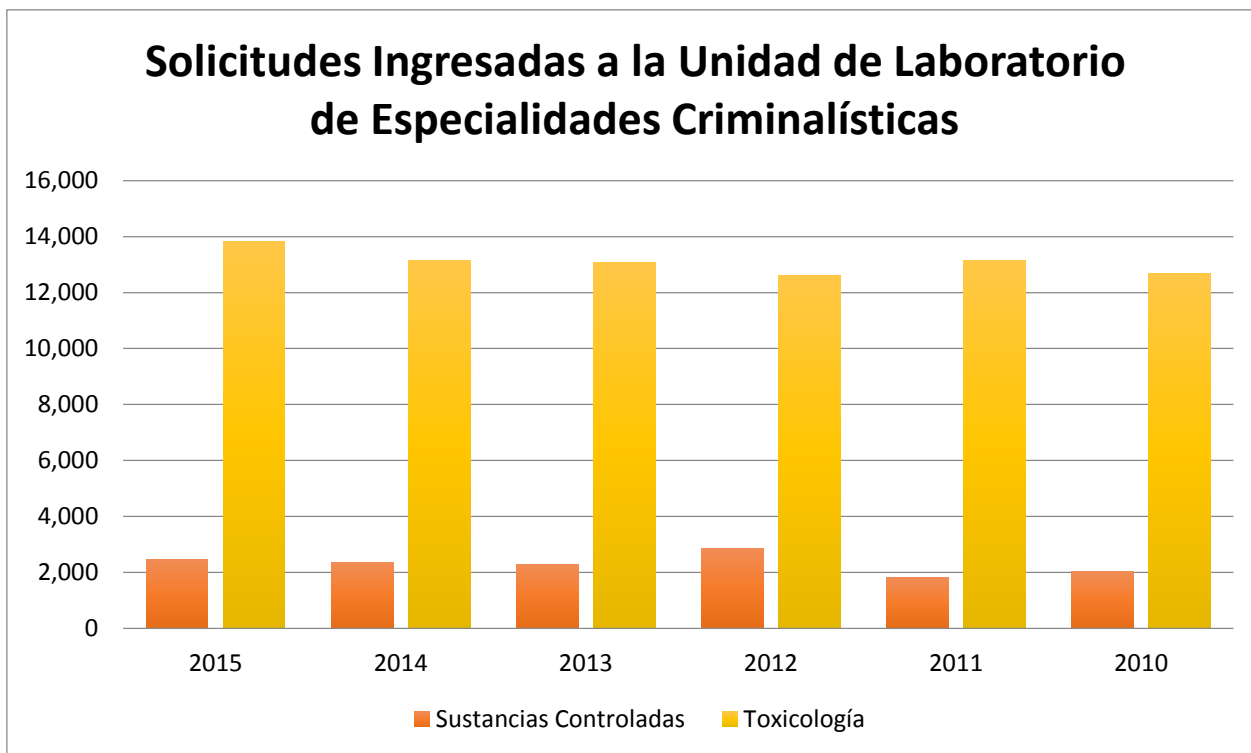
-Entre 400 a 900 mg:

Puede ser letal y producir depresión respiratoria, así como convulsiones, coma y hasta muerte.



Fuente: Vanguardia.com Bucaramanga. Martínez, Erika Juliana. Colombia. 2013.
<http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/239153-solo-por-una-cerveza-a-usted-lo-podrian-multar>. 16 de abril de 2016.

**ANEXO NO. 3 ESTADÍSTICAS INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS
FORENSES UNIDAD DE LABORATORIOS**



Fuente: Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, Con la ciencia a la verdad.

Servicios. Unidad de Laboratorios de Criminalística. Guatemala. 2017.

http://www.inacif.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=85. 10 de enero de 2017.

ANEXO NO. 4 FICHA TÉCNICA INSECTICIDA ORGANOFOSFORADO



Composición:

400 gramos de **Profenofos** + 40 gramos de **Cipermetrina**, ingredientes activos, por litro de producto comercial.

Características físicas y químicas:

Familia química:	Organofosforado, piretroide
Clasificación toxicológica:	II
Usos:	Insecticida

Modo de acción:

Es un insecticida que actúa sobre el sistema nervioso de los insectos en los cuales ha penetrado el producto por contacto o ingestión. Actúa rápidamente y además tiene buen poder residual, ya que tiene efecto traslaminar en las hojas de las plantas aplicadas.

Usos:

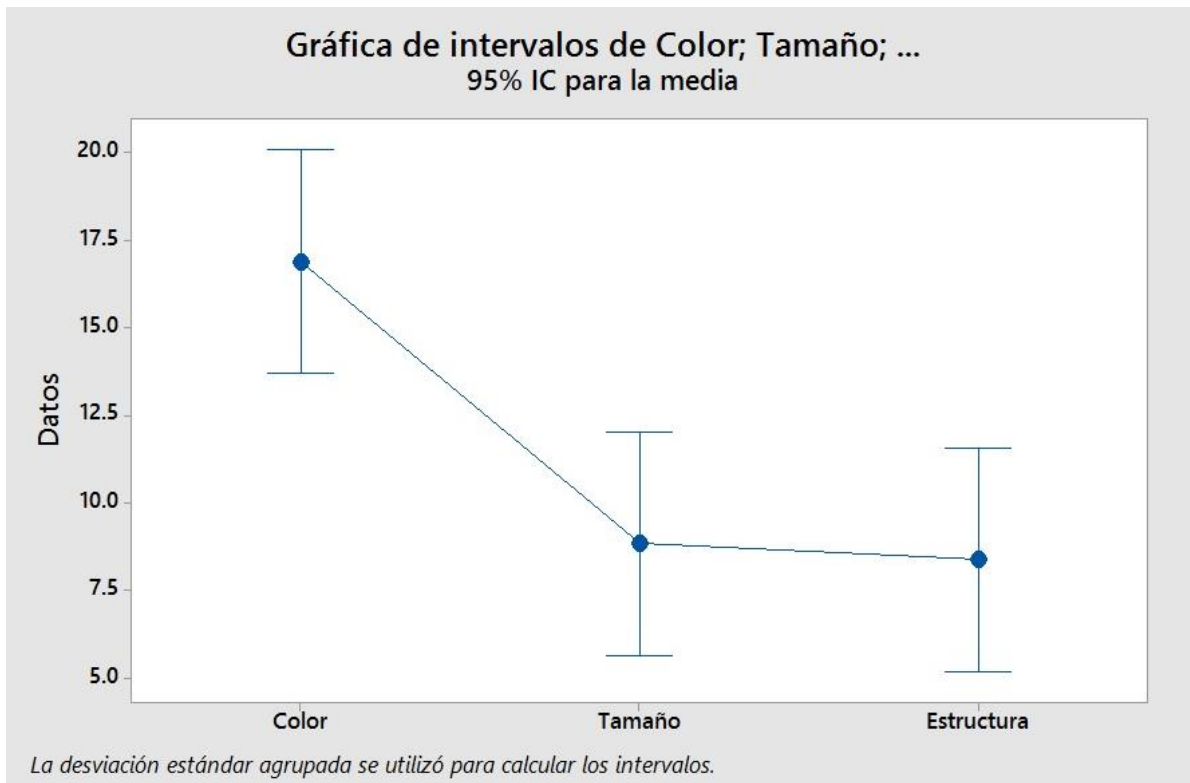
Cultivo	Insectos	Dosis
Tomate	Gusano alfiler	0.8 L/ha (0.5 L/mz)
Cebolla	Gusano bellotero	
Papa	Falso medidor	
Repollo	Afidos	
Otras hortalizas	Palomilla del repollo	
	Minador de la hoja	
	<i>Keiferia lycopersicella</i>	
	<i>Heliothis sp</i>	
	<i>Thrichoplusia sp</i>	
	<i>Aphis sp</i>	
	<i>Plutella xylostella</i>	
	<i>Liriomyza sp</i>	

Presentaciones:

100 ml, 250 ml, 500 ml, 1 L, 200 L

Fuente: DISAGRO

ANEXO NO. 5 GRÁFICA DE VARIABLES: COLOR, TAMAÑO Y ESTRUCTURA



Fuente: Programa de análisis estadístico Minitab 17

ANEXO NO. 6 FORMATO ENTREVISTA



**Universidad
Rafael Landívar**
Tradición Jesuita en Guatemala

CAMPUS DE QUETZALTENANGO
Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales
juridicascq@url.edu.gt
Teléfono (502)77229900 Ext. 9888
14 Avenida 0-43 zona 3. Quetzaltenango

Nombre: _____

Cargo que ocupa: _____

Experiencia profesional: _____

Toxicología Forense	Entomología Forense
¿Ha tenido usted la experiencia de evaluar a algún paciente y/o cadáver intoxicado con: alcohol, organofosforados, salicilatos?	¿Considera usted importante la aplicación de la entomología forense en nuestro país? ¿Por qué?
Si ha tratado estos casos, ¿Con qué frecuencia lo ha hecho?	¿Considera usted viable la posibilidad de utilizar insectos para determinar posibles intoxicaciones en un cadáver?
¿Conoce de algún estudio donde se involucren insectos para la determinación de venenos?	

GLOSARIO

A posteriori: hacer algo después de tiempo o en otro tiempo.

A priori: hacer algo con anterioridad.

Acdycis: procedimiento mediante el cual una larva cambia de piel o exuvia.

Acéfalas: carente de cabeza.

Analitos: una sustancia, la cual puede ser un ion, un elemento, o incluso un compuesto determinado, que posee un interés en nuestra muestra, pues es la parte que deseamos analizar. Dicha especie química, puede conocerse y ser cuantificada, al pasar a determinar su cantidad en nuestra muestra, además de su concentración, en un proceso químico determinado, como suelen ser las valoraciones químicas, siguiendo una particular forma de medida química.

Anorexígenos: Medicamento para reducir el apetito. Son fármacos que reducen el apetito. Se encuentran dos tipos de fármacos para reducir el apetito según el neurotransmisor cerebral sobre el que ejercen su acción: los noradrenérgicos y los serotoninérgicos.

Coprófagas: ser vivo que ingiere excrementos.

Cuticulina: tipo de proteína epicuticular en insectos.

Eclosionar: dicho de una crisálida o de un huevo, tener rota la envoltura para permitir la salida o nacimiento del animal.

Empodio: lóbulo medio ventral del último tarsito, a veces con forma de espina.

Espolón: Cada una de las cerdas fuertes o espinas en el extremo distal de la tibia de algunos insectos.

Exuvia: tegumento abandonado de un estado juvenil en la metamorfosis.

Fásicos: De duración corta. Se utiliza para referirse a respuestas, reflejos o movimientos de aparición rápida y duración corta.

Fenmetrazina: Una droga simpaticomimética utilizada primariamente como depresor del apetito.

Fitófagos: ser vivo que se alimenta de materias vegetales.

Floculación: Agregación de partículas sólidas en una dispersión coloidal, en general por la adición de algún agente.

Glucosamina: es un amino azúcar que actúa especialmente como precursor en la glicosilación de las proteínas y de los lípidos.

Humor vítreo: Masa de aspecto gelatinoso que en el globo del ojo de los vertebrados y cefalópodos se encuentra detrás del cristalino.

In situ: Expresión latina que se refiere a cuando algo está en el mismo sitio.

Larviposición: Proceso mediante el cual la hembra de díptero deposita larvas en vez de huevos.

Lipoides: Substancias grasas muy difundidas en el organismo, principalmente en el sistema nervioso. Mézclanse con las proteínas y regulan la permeabilidad celular.

Metilfenidato: Bloquea la recaptación de noradrenalina y dopamina en la neurona presináptica y aumenta la liberación de estas monoaminas al espacio extraneuronal.

Miscible: que se puede mezclar.

Parásita: Dicho de un organismo animal o vegetal: Que vive a costa de otro de distinta especie, alimentándose de él y debilitándolo sin llegar a matarlo.

Partenogénesis: Modo de reproducción de algunos animales y plantas, que consiste en la formación de un nuevo ser por división reiterada de células sexuales femeninas que no se han unido previamente con gametos masculinos.

Postescutelo: Área del tórax sobre el escutelo.

Protoplasma: Sustancia celular que comprende el citoplasma y el núcleo.

Quitina: Hidrato de carbono nitrogenado, de color blanco, insoluble en el agua y en los líquidos orgánicos. Se encuentra en el dermatoesqueleto de los artrópodos, al cual da su dureza especial, en la piel de los nematelmintos y en las membranas celulares de muchos hongos y bacterias.

Saprófagas: son los animales que se alimentan de materias orgánicas en descomposición o putrefacción.

Tegumento: Órgano que sirve de protección externa al cuerpo del hombre y de los animales, con varias capas como glándulas, escamas, pelo y plumas.

Toxicocinética: Conjunto de fenómenos que experimenta la sustancia tóxica desde que entra en contacto con el individuo, hasta que es excretada.

Tónico: reconstituyente o vigorizante.

Urticante: Que produce comezón semejante a las picaduras de ortiga.

Xantina: Compuesto derivado de la purina, que tiene efectos estimulantes sobre el sistema nervioso y el corazón, diuréticos y broncodilatadores; p. ej., la cafeína, la teofilina y la teobromina.