

Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclo vital de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora, utilizando cerdo blanco (*Sus scrofa*) en Bogotá

Succession of necrophagous entomofauna and life cycle of *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) as the first colonizer species, using white pig (*Sus scrofa*) in Bogotá

GINNA CAMACHO C.¹

Resumen. Este es el primer estudio de sucesión de fauna cadavérica en la sabana de Bogotá. Se determinó la sucesión de la entomofauna cadavérica y la aproximación al cálculo del Intervalo *postmortem* (IPM) utilizando como biomodelo cerdo blanco (*Sus scrofa*). Durante seis meses se coleccionaron 3.497 individuos de insectos, donde las familias más abundantes correspondieron a Muscidae, Fannidae, Calliphoridae y Silphidae. Los géneros más abundantes correspondieron a *Chloroprocta* (Diptera: Calliphoridae), *Fannia* (Diptera: Fannidae), *Muscina* (Diptera: Muscidae), *Coproica* (Diptera: Sphaeroceridae), y *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae), y las especies *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae), *Cochliomyia macellaria* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae), *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) y *Oxelytrum discicolle* (Brullé) (Coleoptera: Silphidae). Se diferenciaron cinco estados de descomposición: fresco (2 días), hinchado (13 días), descomposición activa (5 días), descomposición avanzada (41 días) y restos secos (123 días). Se elaboró una tabla de probabilidad de aparición de familias a lo largo de cada uno de los días de muestreo. *Calliphora vicina* fue la primera colonizadora con un ciclo de desarrollo de 38 días. Se construyeron curvas de crecimiento y desarrollo ajustando un modelo estadístico para el estado larval. Se demostró la eficacia de las curvas de crecimiento y desarrollo de la sucesión de fauna cadavérica y de la tabla de probabilidad en la resolución de un caso forense.

Palabras Clave: Entomología forense. Sucesión de Insectos. Intervalo *postmortem* (IPM).

Summary. This it is the first succession study of cadaverous fauna in the sabana de Bogotá. The succession of cadaverous entomofauna and the approximation of the calculation of the *postmortem* interval (PMI) was determined using white pig (*Sus scrofa*) as a biomodel. During six months 3,497 individuals insect were collected. The most abundant families were Muscidae, Fannidae, Calliphoridae and Silphidae. The most abundant genera were *Chloroprocta* (Diptera: Calliphoridae), *Fannia* (Diptera: Fannidae), *Muscina* (Diptera: Muscidae), *Coproica* (Diptera: Sphaeroceridae), and *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae), and the species *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae), *Cochliomyia macellaria* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae), *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and *Oxelytrum discicolle* (Brullé) (Coleoptera: Silphidae). Five states of decomposition were differentiated: fresh (2 days), inflation (13 days), active decomposition (5 days), advanced decomposition (41 days) and dry remains (123 days). A table of the probability of appearance of the families was elaborated along each one of the days of sampling. *Calliphora vicina* was the first colonizer with a development time of 38 days. Growth and development curves were built adjusted to a statistical model for the larval stage. The effectiveness of the curves of growth and development of the succession of cadaverous fauna and of the probability table were demonstrated in the resolution of a forensic case.

Key words: Forensic Entomology. Insect succession. *postmortem* interval (IPM).

Introducción

La entomología forense es el uso de los insectos y otros artrópodos como herramienta y evidencia en asuntos legales (Catts y Goff 1992; Anderson 1997; Catts y Haskell 1997). Una de sus categorías es la entomología médico legal, la cual reviste un gran interés porque es una herramienta valiosa que aporta evidencia en

casos de homicidio, suicidio, violación, negligencia, toxicología, traslado de cuerpos, y determinación de intervalos *postmortem* (IPM) (Byrd y Castner 2001). Su objetivo principal es identificar los artrópodos asociados con tales casos y analizar los datos entomológicos para interpretar la evidencia de insectos contribuyendo a la determinación del tiempo, causa, manera y lugar de la muerte

(Anderson 1997; Benecke 1998; Campobasso *et al.* 2001).

Para determinar el IPM existen dos métodos que se pueden utilizar conjuntamente o por separado, dependiendo del tipo de restos encontrados. El primero se basa en la estimación de la edad de las larvas y su tasa de desarrollo, el segundo utiliza la sucesión de insectos en la descompo-

¹ Esp. Investigación Criminal. Laboratorio de Entomología Forense. División de Investigación Científica. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Calle 7ª. N° 12-61. Torre C. Piso 2. Bogotá. Colombia. Correo electrónico: ginnacamacho@gmail.com

sición de un cadáver. En general, en las primeras fases de descomposición las estimaciones se basan en el estudio del crecimiento de una o dos especies de insectos, mientras que en las fases más avanzadas se utiliza la composición y grado de crecimiento de la comunidad de artrópodos encontrada en el cadáver y se compara con patrones conocidos de sucesión de fauna para el hábitat y las condiciones más próximas (Magaña 2001). En el presente estudio se utilizaron los dos métodos en la resolución de un caso forense.

La sucesión de especies en un cuerpo sigue un orden determinado dependiendo de las condiciones del cadáver y de las variables ambientales y geográficas (Early y Goff 1986; Anderson y VanLaerhoven 1996; Byrd y Castner 2001). El presente trabajo se realizó en la ciudad de Bogotá utilizando como biomodelo un cerdo blanco (*Sus scrofa*) desnudo de 22 kg., ya que se asemeja al ser humano en cantidad de vello, tamaño del torso, fauna intestinal, hábitos alimenticios y procesos de descomposición (Goff y Flynn 1991; Shean *et al.* 1993; Anderson y VanLaerhoven 1996; Komar y Beattie 1998).

La investigación de la entomología forense en Colombia se está desarrollando principalmente en las ciudades de Cali (Olaya 1999, 2001; Barreto *et al.* 2002), Bogotá (Usaquen y Camacho 2000, 2002; Arias *et al.* 2002; Jiménez *et al.* 2002; Camacho 2003, 2004a, 2004b, 2005; Cañón y Segura 2003; Jiménez y Latorre 2003), Medellín (Wolff y Uribe 2000; Wolff *et al.* 2001, 2004a, 2004b) y Tunja (Daza y Vanegas 2003). Sin embargo, para aplicar esta ciencia a la investigación criminal se hace necesario realizar estudios que incluyan el conocimiento de las especies de insectos que colonizan un cadáver durante sus diferentes estados de descomposición, al igual que la duración de cada uno de ellos en condiciones naturales de temperatura y altitud, como se realizó durante el presente estudio, entre junio y diciembre de 2001.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en el Centro de Investigación Tibaitatá (4° 42' Latitud Norte y 74° 12' Longitud Oeste), ubicado en la sabana de Bogotá, municipio de Mosquera, con una altitud de 2.543 msnm, temperatura media 13° C, provincia de humedad subhúmeda, precipitación media 751 mm anuales, relieve plano.

a) Fase de campo

Un cerdo de 22 Kg. aproximadamente fue sacrificado por dos proyectiles de arma de fuego, uno en la cabeza y otro en el tórax, con un revolver calibre 38 corto, en el mismo sitio donde se dejó el cuerpo, anotando la hora de muerte. El cerdo se protegió de posibles predadores con una jaula de malla metálica de 150cm x 100cm x 55cm.

Los datos ambientales de los días no muestreados se obtuvieron directamente de la estación meteorológica del IDEAM ubicada en Tibaitatá. Se realizaron observaciones y muestreos diarios por un período de seis meses, hasta que el cerdo alcanzó el estado de descomposición activa y después cada tres días. Se registraron las variables de temperatura ambiental, temperatura rectal del cerdo, humedad relativa y fenómeno de descomposición correspondiente.

Durante cada muestreo larvas o adultos de los insectos se coleccionaron, rotularon y preservaron en alcohol al 70%. Los insectos adultos que se encontraron sobre el cerdo y ubicados bajo éste, al igual que los que estaban en la región aledaña al cadáver se llevaron al laboratorio para su identificación taxonómica.

b) Fase de laboratorio

Una parte de las posturas colectadas durante la fase de campo se cultivaron hasta el estado adulto para facilitar su identificación taxonómica, las larvas de tercer estadio se aclararon y montaron en bálsamo de Canadá. La otra parte de las posturas, de los primeros colonizadores que llegaron en estado fresco, se cultivaron en hígado humano, empleando el procedimiento propuesto por Catts y Haskell (1997). Se cultivaron seis posturas, cada una con tres réplicas, para un total de 18 cultivos.

Diariamente, hasta alcanzar la fase de pupa, tres individuos de cada cultivo se midieron (largo corporal y ancho corporal), registrando la temperatura y humedad relativa de cada uno de los cultivos y de la masa larval. Posteriormente, los individuos se midieron cada tres días hasta su emergencia en cada cultivo. El material obtenido durante el estudio se utilizó para iniciar la colección de referencia de entomología forense en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses y en el Instituto de Ciencias Naturales.

c) Análisis estadístico

Se construyó una gráfica de abundancia durante la sucesión, con las principales

familias de interés forense de los órdenes Díptera y Coleoptera, para interpretar su comportamiento a lo largo del tiempo. Se elaboró una tabla de probabilidad de aparición de familias de interés forense, en cada uno de los días de muestreo, para los estados larval y adulto como una herramienta muy valiosa en el estudio de la sucesión de fauna cadavérica y la determinación del IPM.

En cuanto a los cultivos de los dípteros colonizadores, antes de efectuar el análisis, se aplicó un test de normalidad (prueba de Shapiro Wilks) para saber si los datos obtenidos tenían o no una distribución normal. Posteriormente, se realizaron curvas de crecimiento y desarrollo hasta el estado adulto de la especie colonizadora dentro de un intervalo de confianza del 95% y se construyó un modelo ajustado para el crecimiento larval, utilizando un análisis multivariado de varianza y procedimientos de cómputos máximos de probabilidad con medidas repetidas, aplicando el algoritmo EM (Laird *et al.* 1987) para la determinación del IPM.

Resultados y Discusión

Fenómenos cadavéricos y artrópodos asociados

Estado Fresco. El estado fresco de descomposición cadavérica tuvo una duración de dos días, cifra similar a la obtenida en otros trabajos (Early y Goff 1986; Anderson y VanLaerhoven 1996; Wolff *et al.* 2001). Esta fase se inició con los fenómenos abióticos (Calabuig 1991; Vásquez 2000; Campobasso *et al.* 2001) en el momento de la muerte y finalizó cuando se empezó a observar la hinchazón del cadáver. La temperatura corporal del cerdo descendió (*algor mortis*) hasta igualar la del ambiente; la humedad relativa osciló entre 82% y 85% (Fig. 1). Se observaron livideces (*livor mortis*) de color rojo violáceo, principalmente en la región abdominal. En el segundo día de muestreo se hizo evidente la rigidez del cuerpo (*rigor mortis*) y ningún olor estuvo asociado con los restos. Dando inicio al período cromático (Calabuig 1991; Magaña 2001), se observó la formación de la mancha verde en la fosa iliaca derecha, la cual fue tomando posteriormente un color negruzco.

Algunos insectos de las familias Sarcophagidae y Sepsidae sobrevolaron alrededor del cadáver el mismo día de la muerte. En comparación con los trabajos de Early y Goff (1986), Olaya (1999), Wolff *et al.* (2001), la familia Sarcophagidae

phagidae también se coleccionó en estado fresco. La familia Sepsidae no estuvo presente durante este período en los trabajos realizados por Early y Goff (1986), Anderson y VanLaerhoven (1996), Wolff *et al.* (2001), pero si apareció en el estudio de Olaya (1999) en el mes de mayo en la ciudad de Cali.

En el segundo día de descomposición se coleccionaron huevos de *Calliphora* sp., siendo los más abundantes durante el período fresco y adultos de *Calliphora vicina*, que fue la primera especie en colonizar el cadáver, también se encontraron individuos de la familia Delphacidae (Tabla 1). En contraste con los estudios de Early y Goff (1986), Anderson y VanLaerhoven (1996), Olaya (1999), Wolff *et al.* (2001), la familia Calliphoridae también apareció durante este período, pero no la especie *Calliphora vicina*, que desde el punto de vista forense es el grupo más importante involucrado en la sucesión de un cadáver en regiones templadas (Smith 1986).

En la información publicada por Smith (1986), Greenberg (1991), Goff (1993) y Byrd y Castner (2001) se reconoce a los miembros de la familia Calliphoridae como los primeros insectos en descubrir y colonizar restos humanos. En el presente trabajo, aunque la familia Calliphoridae hizo su aparición durante el estado fresco, no fue el primer grupo en descubrir el cadáver de cerdo blanco (*Sus scrofa*).

Así mismo, se coleccionaron dos posturas de dípteros colonizadores, una se recogió en la boca y la otra en la frente, cerca de la herida que dejó el primer proyectil de arma de fuego; también se observaron pequeñas posturas en la herida del tórax y en el hocico. Después de su cultivo hasta el estado adulto se observó que pertenecían a la especie *Calliphora vicina*.

Estado hinchado. El estado hinchado de descomposición cadavérica tuvo una duración de 13 días. Esta fase se inició cuando los gases empezaron a acumularse en el cadáver, presentándose hinchazón en la cabeza, tórax y distensión en el abdomen, debido a los gases producidos por la actividad metabólica de bacterias anaerobias que causaron primero una inflamación ligera del abdomen, la cual fue aumentando gradualmente hasta asumir una inflamación total (Calabuig 1991). El color del cuerpo cambió, presentando una extensa mancha blanca en el abdomen y petequias en el vientre. Los fluidos corporales empezaron a filtrarse por

las aberturas naturales de la cabeza y por la herida del tórax; un fuerte olor de putrefacción se hizo evidente, principalmente hacia el recto. La temperatura rectal mostró alguna dispersión y una tendencia a aumentar durante los días 8 al 9 y 13 al 15 (Fig. 1).

Se encontraron huevos de la familia Calliphoridae; larvas de *Calliphora* sp., *Lucilia sericata*, y adultos de los géneros *Chloroprocta* sp., *Cochliomyia* sp., *Comptosiops* sp., *Fannia* sp., *Muscina* sp., *Coproica* sp., y de las especies *Lucilia sericata*, *Calliphora vicina* y *Oxelytrum discicolle* (Tabla 1). Así mismo se coleccionaron cuatro posturas más de dípteros colonizadores. Una se recogió en el hocico, otra en la superficie de la lengua, otra en el mentón y la última se recogió en el abdomen. Todas se llevaron al laboratorio para cultivo y correspondieron a la especie *Calliphora vicina*.

El estado hinchado de descomposición duró cuatro días más que lo observado en el estudio de Anderson y VanLaerhoven (1996), ocho días más que en el realizado por Early y Goff (1986) y Wolff *et al.* (2001) en Medellín; éstos días de diferencia con respecto a los trabajos mencionados puede deberse a las condiciones bioclimáticas de la Sabana de Bogotá. Por otro lado el incremento de la temperatura rectal durante algunos días (Fig. 1) podría explicarse, tanto por los procesos de putrefacción como por las actividades metabólicas y físicas de las masas larvales, como lo mencionan algunos autores en sus trabajos (Early y Goff 1986; Goff y Flynn 1991; Anderson y VanLaerhoven 1996).

Al igual que en el trabajo de Wolff *et al.* (2001), durante esta fase se encontraron huevos de Calliphoridae, larvas de *Lucilia* y Sarcophagidae, adultos de Calliphoridae y Muscidae. Se mantuvo la familia Sepsidae, al igual que en los trabajos de Anderson y VanLaerhoven (1996) y Olaya (1999). También hicieron su aparición, aunque en muy bajo número, adultos de las familias Silphidae y Staphylinidae (Tabla 1), como en el trabajo de Anderson y VanLaerhoven (1996).

Estado de descomposición activa. El estado de descomposición activa duró cinco días. Comenzó con el colapso del tórax y la deflación del cuerpo cuando la epidermis se rompió como consecuencia de la presión de los gases putrefactos y la alimentación de las larvas de Diptera (Calabuig 1991; Komar y Beattie 1998). Los fluidos corporales salieron copiosa-

mente por la herida del tórax y el recto, el cual se reventó perdiendo su forma y dejando entrever algunas vísceras. En el abdomen, alrededor de las vísceras, se fijó una extensa mancha negra y un fuerte olor de putrefacción estuvo asociado con el cadáver. La temperatura rectal estuvo entre 14°C y 18°C, la temperatura ambiental se mantuvo entre 15°C y 17°C y la humedad relativa osciló entre 72% y 80% (Fig. 1).

En este estado de descomposición, solo se hicieron presentes los órdenes Diptera y Coleoptera (Tabla 1), siendo las larvas de *Lucilia sericata* las más abundantes. Con respecto a los adultos, la familia Muscidae tuvo el mayor número de individuos, seguida por Sepsidae, Calliphoridae y Sarcophagidae.

El estado de descomposición activa duró un día menos que lo observado por Anderson y VanLaerhoven (1996) y Wolff *et al.* (2001) en sus respectivos estudios. Por otra parte, se coleccionaron individuos de *Lucilia* sp. en estado larval y adulto, como en los trabajos de British Columbia y Medellín durante este mismo estado de descomposición. Como en Medellín, se encontraron las familias Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae, del orden Diptera, Silphidae y Staphylinidae, del orden Coleoptera.

Estado de descomposición avanzada. El estado de descomposición avanzada duró 41 días. Esta fase se inició con la pupación de las larvas de Diptera y la aparición de las larvas de Coleoptera. A lo largo de esta fase hubo gran remoción de tejido blando. El olor asociado fue menos intenso que en la fase anterior. Aunque durante esta fase no había un orificio rectal definido, se registró la temperatura durante el período que se mantuvieron presentes los órganos abdominales. Los datos indicaron que la temperatura rectal se mantuvo por encima de la ambiental, a excepción del día 24 de la sucesión, en el que la temperatura ambiental estuvo 8° C por encima de la temperatura rectal. Tanto los valores de temperatura como de humedad relativa fluctuaron bastante durante este período (Fig. 2).

Colonizaron el cuerpo larvas de *Oxelytrum discicolle*, aumentó el número de adultos de Silphidae y Staphylinidae, con respecto a la fase anterior. La familia Muscidae manifestó su mayor actividad y abundancia durante este período con respecto a toda la sucesión. La familia Phoridae hizo su reaparición y el número de individuos de la familia Sphaeroceridae aumentó en comparación con las

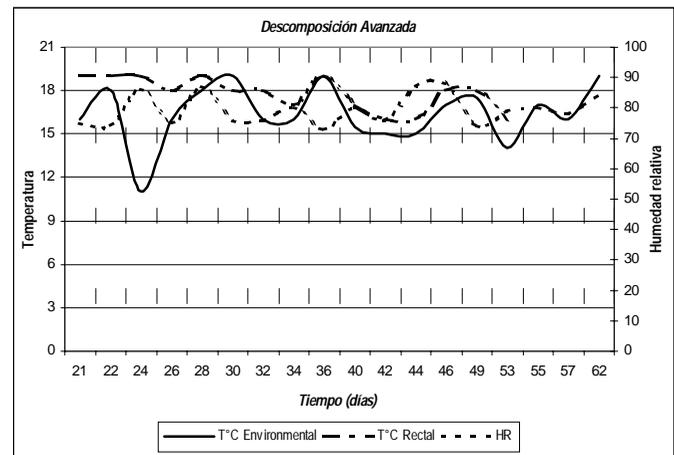
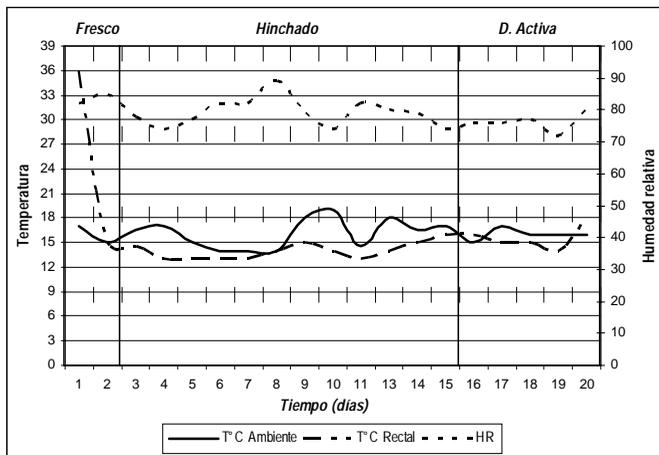


Figura 1. Curvas de temperatura ambiental, temperatura rectal y humedad relativa para los estados de descomposición fresco, hinchado y de descomposición activa.

Figura 2. Curvas de temperatura ambiental, temperatura rectal y humedad relativa para el estado de descomposición avanzado.

fases anteriores. También apareció la familia Pseudocheilidae del orden Acari. Se coleccionaron individuos de los géneros *Fannia*, *Muscina* y *Coproica*, del orden Diptera (Tabla 1).

El estado de descomposición avanzada duró dos días más que en el trabajo de Wolff *et al.* 2001 y quince días más que en el estudio de Anderson y VanLaerhoven (1996). En comparación con el trabajo de Medellín (Wolf *et al.* 2001) se encontraron las familias Cleridae, Silphidae, Histeridae y Staphylinidae y en comparación con British Columbia (Anderson y VanLaerhoven 1996) se encontraron las familias Cleridae, Silphidae y Staphylinidae.

Estado de restos secos. El estado de restos secos tuvo una duración de 123 días hasta que se completaron los seis meses de muestreo. Este período se caracterizó por una mayor deshidratación de los restos, aunque algunas precipitaciones ocurridas durante este período rehidrataron el cuerpo en varias ocasiones. Hacia el final de este período el cuerpo quedó transformado en huesos, cartílago y pelo, con muy poco tejido blando. El olor asociado con los restos fue escaso. Durante esta fase no se registraron valores de temperatura rectal. La temperatura ambiental y la humedad relativa fluctuaron considerablemente.

En esta fase se mantuvieron presentes las familias Pseudocheilidae, del orden Acari; Silphidae y Staphylinidae, del orden Coleoptera, al igual que Phoridae, Sarcophagidae, Sepsidae, Sphaeroceridae, los géneros *Fannia* y *Muscina*, del orden Diptera. Llegaron al cuerpo por primera vez larvas y adultos de la familia Elateridae (Tabla 1).

Tabla 1. Sucesión de entomofauna en el cerdo blanco (*Sus scrofa*)

Estado Descomposición (tiempo de muerte)	Orden	Familia	Género/Especie	Estadio
Fresco (día 0-2)	Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora</i>	H
		Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	A
		Sarcophagidae		A
		Sepsidae		A
		Delphacidae		A
Hinchado (día 3-15)	Coleoptera	Silphidae	<i>Oxelytrum discicolle</i>	A
		Staphylinidae		A
	Diptera	Anthomyiidae		L3-A
		Calliphoridae	<i>Calliphora</i>	H-L2-L3
			<i>Calliphora vicina</i>	A
		<i>Chloroprocta</i>	A	
		<i>Cochliomyia</i>	A	
		<i>Compsomyiops</i>	A	
		<i>Lucilia</i>	L3	
		<i>Lucilia sericata</i>	L3-A	
		Chironomidae		A
		Clusiidae		A
		Ephydriidae		A
		Muscidae	<i>Muscina</i>	A
		Fanniidae	<i>Fannia</i>	A
	Phoridae		A	
	Sarcophagidae		L3-A	
	Scatopsidae		A	
	Sepsidae		A	
	Sphaeroceridae	<i>Coproica</i>	A	
Descomposición Activa (día 16-20)	Coleoptera	Silphidae	<i>Oxelytrum discicolle</i>	A
		Staphylinidae		A
	Diptera	Anthomyiidae		L3-A
		Calliphoridae	<i>Calliphora</i>	L3
			<i>Calliphora vicina</i>	A
		<i>Chloroprocta</i>	A	
		<i>Cochliomyia</i>	A	
		<i>Compsomyiops</i>	A	
		<i>Lucilia</i>	L3	
		<i>Lucilia sericata</i>	L3-A	
	Clusiidae		A	
	Drosophilidae		A	
	Muscidae	<i>Muscina</i>	A	
	Fanniidae	<i>Fannia</i>	A	

Continuación Tabla 1.

Estado Descomposición (tiempo de muerte)	Orden	Familia	Género/Especie	Estadio		
		Odiniidae		A		
		Sarcophagidae		L3-A		
		Sepsidae		A		
		Sphaeroceridae	<i>Coproica</i>	A		
Descomposición Avanzada (21-61)	Acari	Pseudocheilidae		A		
	Coleoptera	Cleridae		A		
		Histeridae		A		
	Diptera	Silphidae	<i>Oxelytrum discicolle</i>	L-A		
		Staphylinidae		A		
		Anthomyiidae		L3-A		
		Calliphoridae	<i>Calliphora</i>	L3		
			<i>Calliphora vicina</i>	A		
			<i>Chloroprocta</i>	A		
			<i>Cochliomyia</i>	A		
			<i>Cochliomyia macellaria</i>	A		
			<i>Comptosyops</i>	A		
			<i>Lucilia</i>	L3		
			<i>Lucilia sericata</i>	L3-A		
			Chironomidae		A	
			Clusiidae		A	
			Dolichopodidae		A	
			Drosophilidae		A	
		Ephydriidae		A		
		Muscidae	<i>Muscina</i>	L3-A		
		Fanniidae	<i>Fannia</i>	L3-A		
		Mycetophilidae		A		
		Phoridae		A		
		Sarcophagidae		L3-A		
		Sepsidae		A		
		Sphaeroceridae	<i>Coproica</i>	A		
	Restos Secos (día 62-184+)	Acari	Horpyrhynchidae		A	
		Pseudocheilidae		A		
Coleoptera		Carabidae		A		
		Cleridae		A		
		Curculionidae		A		
		Elateridae		L-A		
		Histeridae		A		
		Leiodidae		A		
		Scarabaeidae		A		
		Silphidae	<i>Oxelytrum discicolle</i>	L-A		
		Staphylinidae		A		
		Diptera	Anthomyiidae		L3-A	
			Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	A	
				<i>Chloroprocta</i>	A	
				<i>Cochliomyia</i>	A	
				Chironomidae		A
				Chloropidae		A
			Clusiidae		A	
			Culicidae		A	
			Dolichopodidae		A	
			Ephydriidae		A	
			Muscidae	<i>Muscina</i>	A	
			Fanniidae	<i>Fannia</i>	A	
		Odiniidae		A		
		Phoridae		A		
		Pipunculidae		A		
		Sarcophagidae		A		
	Sepsidae		A			
	Sphaeroceridae	<i>Coproica</i>	A			

(H: huevo. L: larva. L2: ínstar larval 2. L3: ínstar larval tres. A: adulto)

Abundancia de las principales familias de Diptera y Coleoptera durante la sucesión

Durante la sucesión los órdenes Diptera y Coleoptera fueron los colonizadores más abundantes (Tabla 2). Allí se observa que la familia Muscidae fue la más abundante, su mayor actividad correspondió al segundo mes de la sucesión aunque no se hizo presente en el último mes. La familia Calliphoridae también registró su mayor actividad en el segundo mes de sucesión, manteniéndose cuatro meses seguidos, de junio a septiembre. La familia Sphaeroceridae colonizó durante los cinco primeros meses de sucesión mostrando mayor actividad durante el segundo mes. La familia Anthomyiidae aunque estuvo representada por pocos adultos, fue la única familia de Diptera que se mantuvo en todos los meses de la sucesión. La familia Phoridae registró su mayor actividad durante el quinto mes de sucesión. La familia Sarcophagidae fue abundante durante el primer mes de sucesión, manteniéndose durante dos meses más. Las familias Clusiidae y Dolichopodidae permanecieron cinco meses de la sucesión cada una. Con respecto al orden Coleoptera, Silphidae fue la familia más abundante y se mantuvo durante los cinco primeros meses de sucesión. Staphylinidae fue la única familia del orden Coleoptera que se mantuvo durante todos los meses de sucesión. Histeridae colonizó por primera vez durante el segundo mes de sucesión, reapareció el cuarto mes y se mantuvo por dos meses más.

Probabilidad de aparición de las principales familias del orden Diptera y Coleoptera

Es de gran utilidad conocer la probabilidad de aparición de las principales familias de interés forense en el estudio de la sucesión de fauna cadavérica y la determinación IPM. Por esta razón, como uno de los productos del presente trabajo, se elaboró una tabla de probabilidad para las principales familias de interés forense, durante cada uno de los días de muestreo. Sin embargo, solo se muestra una parte de la tabla (Tabla 3). Ésta indica los valores de probabilidad de aparición de cada familia durante cada uno de los días de muestreo.

La aplicación de esta tabla se da en el momento de recolección de una muestra entomológica forense. Al comparar los valores de probabilidad más altos de las familias encontradas en un momento de la sucesión de fauna cadavérica se determinan los grupos de familias presentes en un

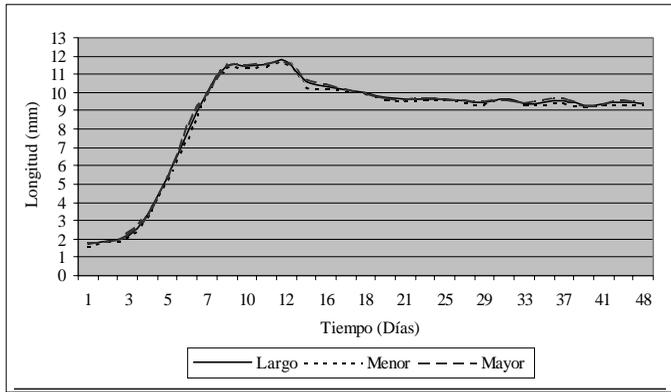


Figura 3. Curva de crecimiento y desarrollo para la variable largo corporal de *Calliphora vicina*.

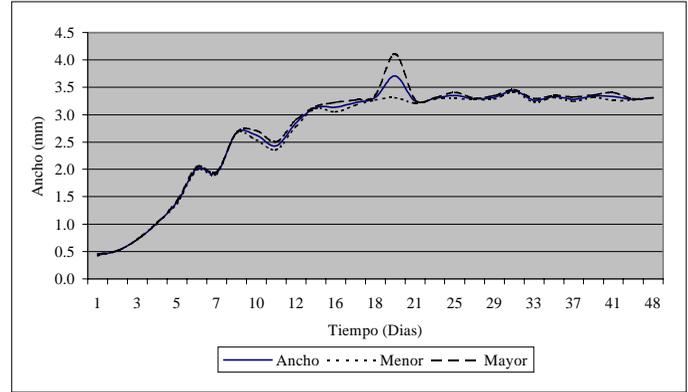


Figura 4. Curva de crecimiento y desarrollo para el ancho corporal de *Calliphora vicina*.

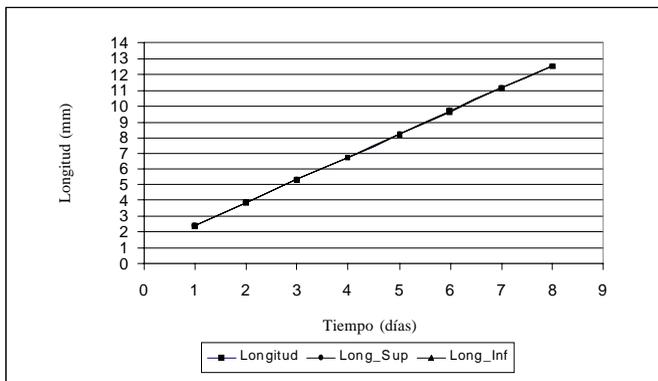


Figura 5. Curva de crecimiento larval para la variable longitud de *Calliphora vicina*. El modelo ajustado para esta variable correspondió a parámetros lineales que se definen así: $L = 0,946 + 1,452 t$, donde L: longitud, t: tiempo de desarrollo larval.

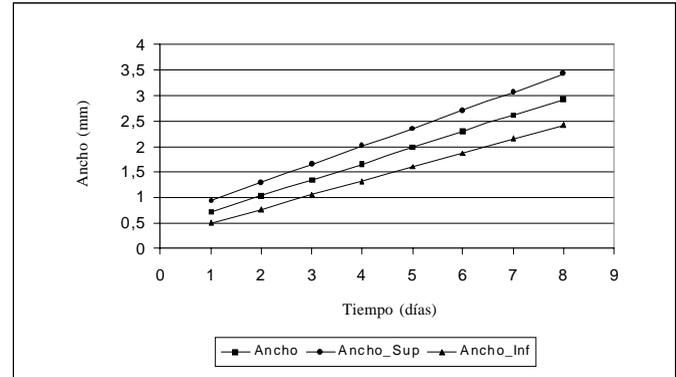


Figura 6. Curva de crecimiento larval para la variable ancho de *Calliphora vicina*. El modelo ajustado para esta variable correspondió a parámetros lineales que se definen así: $A = 0,398 + 0,316 t$, donde A: ancho, t: tiempo de desarrollo larval.

tiempo con un alto nivel de confianza (95%).

Dada la importancia del ciclo larval como método para determinar el IPM se ajustó un modelo para cada una de las variables: largo y ancho, utilizando un diseño experimental en medidas repetidas programado en la plataforma STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). Este modelo permite tener medidas más confiables de los individuos, y por lo tanto del cálculo del IPM.

Para estimar los valores promedio de longitud y ancho correspondientes a cada uno de los días de desarrollo larval y sus valores límite, se utilizó un intervalo de confianza con un alfa de 0.05. En la figura 5 se observa que la variable longitud del cuerpo de *Calliphora vicina*, presenta los intervalos superior e inferior prácticamente superpuestos sobre la longitud promedio, lo que indica que la desviación es baja. En la figura 6 se observa que la variable ancho del cuerpo, presenta los intervalos superior e inferior muy cercanos al promedio, indicando una dispersión baja.

Aplicación de la curva de crecimiento y desarrollo y de la tabla de probabilidad en la determinación del intervalo *postmortem* (IPM)

Se ensayó la curva de crecimiento y desarrollo elaborada en el presente estudio en la resolución de un caso forense. En éste se calculó el tiempo de muerte utilizando las curvas de crecimiento y desarrollo en conjunto con la tabla de probabilidad.

Descripción de Caso Los restos de una persona fueron encontrados a orillas de una quebrada en un paraje de la sabana de Bogotá. Se recolectaron muestras larvales de la familia Calliphoridae y adultos de *Calliphora vicina* y Silphidae. El estudio del ciclo de vida de las larvas a partir de ese momento hasta el estado adulto tardó 24 días, dando como resultado adultos de *Calliphora vicina*. La diferencia para alcanzar ese estado es de ocho días (teniendo en cuenta los modelos ajustados), así que el primer tiempo se calculó en 32 días. Como ya había transcurrido un ciclo completo de adultos (38 días), el intervalo *postmortem* se fijó entre 32 y 38 días. Otro elemento que se tuvo en cuenta durante

este caso fue la sucesión, en la cual Silphidae debía estar presente. De hecho así ocurrió, Silphidae como familia encontrada en la sabana de Bogotá colonizó el cuerpo durante ese período (32-38 días) en el presente caso. Este valor se verificó con el obtenido por los médicos forenses del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

Conclusiones

En general, los órdenes Diptera y Coleoptera fueron los más abundantes, tanto en número de familias, como en número de individuos, al igual que en otros trabajos realizados en el país, específicamente en Medellín y Cali.

Se construyó la tabla de probabilidad de aparición de las principales familias de interés forense, pertenecientes a los órdenes Diptera y Coleoptera, la cual tiene una aplicación forense en la determinación del intervalo *postmortem* (IPM) tras la recolección de una muestra entomológica en el lugar del deceso.

Se construyeron curvas de crecimiento y desarrollo de *Calliphora vicina* y se ajus-

tó un modelo estadístico para el estado larval, como instrumento para determinar el intervalo *postmortem* (IPM), durante las primeras fases de descomposición.

Se demostró la eficacia de las curvas de crecimiento y desarrollo, de la sucesión de fauna cadavérica y de la tabla de probabilidad en la resolución de un caso forense.

En algunos estudios en Bogotá D.C. se ha encontrado a *Lucilia sericata* como especie colonizadora de fauna cadavérica. En el presente trabajo *Calliphora vicina* fue la primera especie colonizadora de *Sus scrofa*. Estos resultados pueden sugerir la estacionalidad de estas dos especies, puesto que los experimentos se realizaron en diferentes épocas del año.

Los individuos recolectados en el presente estudio se encuentran en proceso de catalogación en el Laboratorio de Entomología Forense de la División de Investigación Científica del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, constituyendo la primera colección de referencia de entomología forense en la ciudad de Bogotá.

Agradecimientos

La autora expresa sus agradecimientos a los profesores Paulina Muñoz, William Usaquén Martínez y al grupo de entomología forense del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – Universidad Distrital por su valiosa colaboración durante el desarrollo del trabajo. A los profesores Germán Amat, Eduardo Florez y Marta Wolff por su ayuda durante la corroboración taxonómica del material y a la Dra. Sandra Patricia Díaz por sus aportes médico forenses. Al Centro de Investigación Tibaitatá, al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, al Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

Literatura Citada

- ANDERSON, G.; VANLAERHOVEN, S. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 41 (4): 617-625.
- ANDERSON, G. 1997. The use of insects to determinate time of decapitation: A case-study from British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 42 (5): 947-950.
- ARIAS, A.; USAQUÉN, W.; SEGURA, A.; CAÑÓN, L. 2002. Estimación de la curva de crecimiento y desarrollo en Dípteros colonizadores de hígado humano. Resúmenes. XI Congreso Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses “Desastres y derecho internacional humanitario”. CD. Manizales.
- BARRETO, M.; BURBANO, M.; BARRETO, P. 2002. Flies (Calliphoridae, Muscidae) and Beetles (Silphidae) from Human Cadavers in Cali, Colombia. *Memorias del Instituto Oswaldo Cruz* 97 (1): 137-138.
- BENECKE, M. 1998. Six forensic entomology cases: description and commentary. *Journal of Forensic Sciences* 43 (4): 797-805.
- BYRD, J.; CASTNER, J. 2001. *Forensic Entomology the Utility of Arthropod in Legal Investigations*. CRC Press LLC. U.S.A. 418 p.
- CALABUIG, J. 1991. *Medicina Legal y Toxicología*. Cuarta edición. Salvat Editores S.A. Barcelona, España. 1058 p.
- CAMACHO, G. 2003. Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclos de vida de las primeras especies colonizadoras, utilizando como biomodelo cerdo blanco (*Sus scrofa*) en la sabana de Bogotá. Resúmenes. XXX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 59-60. Cali.
- CAMACHO, G. 2004a. Entomología Forense. p. 215-250. En: Sanabria, C. *Antropología Forense y la Investigación Médico-Legal de las Muertes*. Fondo Rotatorio de la Policía. Bogotá. Colombia. 445 p.
- CAMACHO, G. 2004b. Ciclo de vida de *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora presente en hígado humano realizado en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Bogotá. 2000. *Revista del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses* 18 (2): 31-36.
- CAMACHO, G. 2005. Manejo de Muestras Entomológicas. p. 1-11. En: Manual Único de Policía Judicial. Fiscalía General de la Nación. Colombia.
- CAMPOBASSO, C.; DI VELLA, G.; INTORNA, F. 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International* 120: 18-27.
- CAÑÓN, L.; SEGURA, A. 2003. Efecto de cianuro y barbitúricos en el ciclo de vida de dípteros colonizadores en hígados humanos bajo condiciones de campo en la Universidad Nacional de Colombia y de laboratorio en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Regional Bogotá. Trabajo de Grado de Licenciatura en Biología. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación, Bogotá. 122 p.
- CATTS, P.; GOFF, M.L. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology* 37: 253-272.
- CATTS, P.; HASKELL, N. 1997. *Entomology & Death a Procedural Guide*. Second Printing. Joyce's Print Shop, Inc. Clemson, South Carolina. 182 p.
- DAZA, M.; VANEGAS, Z. 2003. Caracterización de la entomofauna asociada a la descomposición cadavérica empleando el cerdo (*Sus scrofa*) como patrón para la descomposición cadavérica humana en el municipio de Tunja. Resúmenes. XXX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 60. Cali.
- EARLY, M.; GOFF, L. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. *Journal of Medical Entomology* 23 (5): 520-531.
- GOFF, M.; FLYNN, M. 1991. Determination of postmortem interval by arthropod succession: a case study from the Hawaiian Islands. *Journal of Forensic Sciences* 36: 607-614.
- GOFF, M. 1993. Festín de Pruebas Insectos al Servicio Forense. Memorias. Taller de la Academia Americana de Ciencias Forenses, Reunión Anual de la AAFS. 16 febrero 1993. Boston, Massachusetts. En: Morales, M. (Traducción) Informe Científico Patología Forense No. 4 (2001). Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Colombia. p. 28-34.
- GREENBERG, B. 1991. Flies as forensic indicators. *Journal of Medical Entomology* 28 (5): 565-577.
- JIMÉNEZ, S.; LATORRE, L.; ROMAN, A.; USAQUÉN, W. 2002. Estudio preliminar de sucesión entomológica en cuerpo de cerdo domestico (*Sus scrofa*) en la estación de carabineros Parque Nacional de Bogotá. Resúmenes. XI Congreso Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses “Desastres y derecho internacional humanitario”. CD. Manizales.
- JIMÉNEZ, S.; LATORRE, L. 2003. Determinación de la incidencia del sol y la sombra en la sucesión de la entomofauna cadavérica en dos cerdos *Sus scrofa* ubicados en la estación XXVI de Carabineros Coronel José A. Ramos del Parque Nacional Bogotá. Trabajo de grado de Licenciatura en Biología. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación, Bogotá. 159 p.
- KOMAR, D.; BEATTIE, O. 1998. Postmortem insect activity may mimic perimortem sexual assault clothing patterns. *Journal of Forensic Sciences* 43 (4): 792-796.
- LAIRD, N.; LANGE, N.; STRAM, D. 1987. Maximum likelihood computations with repeated measures: application of the EM algorithm. *Journal of the American Statistical Association* 82 (397): 97-105.
- MAGAÑA, C. 2001. La Entomología Forense y su aplicación a la medicina legal. Data de la muerte. *Aracnet 7-Bol. S.E.A* 28: 49-57.

- OLAYA, L. 1999. Estudio de la entomofauna sucesional en el cadáver de dos cánidos en condiciones de campo. Trabajo de Grado de Biología. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Cali. 96 p.
- OLAYA, L. 2001. Entomofauna sucesional en el cadáver de un cánido en condiciones de campo en la universidad del valle (Cali-Colombia). Cuadernos de Medicina Forense 23: 5-14.
- SHEAN, B.; MESSINGER, L.; PAPWORTH, M. 1993. Observations of differential decomposition on sun exposed Vs. shaded Pig Carrion in Coastal Washington State. Journal of Forensic Sciences 38: 938-949.
- SMITH, K. 1986. A Manual of forensic entomology. Department of Entomology British Museum (Natural History) and Cornell University Press. London. 205 p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1979. SAS User's guide. SAS Inst. Inc., Raleigh, North Carolina.
- USAQUÉN, W.; CAMACHO, G. 2000. Caracterización de fauna cadavérica en hígado humano en descomposición realizado en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Memorias. X Congreso Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Bogotá. CD
- USAQUÉN, W.; CAMACHO, G. 2002. Sucesión de la entomofauna cadavérica en la sabana de Bogotá. Memorias. VIII Seminario de Investigaciones Biológicas. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C.
- VÁSQUEZ, H. 2000. Autopsias Médico-Legales. Ediciones Depalma. Buenos Aires, Argentina. 256 p.
- WOLFF, M.; URIBE, A. 2000. Sucesión de insectos carroñeros en cerdo blanco (*Sus scrofa*). Memorias. XXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 177-185. Medellín.
- WOLFF, M.; URIBE, A.; ORTIZ, A.; DUQUE, P. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. Forensic Science International 120: 53-59.
- WOLFF, M.; GIRALDO, N.; PÉREZ, M. 2004a. Estudio de la entomofauna cadavérica encontrada en humanos alrededor de Medellín, Colombia y su aplicación en la determinación del intervalo Post mortem. Memorias. XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 125-130. Bogotá.
- WOLFF, M.; BUILES, A.; ZAPATA, G.; MORALES, G.; BENECKE, M. 2004b. Detección del Parathion por HPLC en la sucesión de insectos de importancia legal en Medellín-Colombia. Memorias. XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 135-139. Bogotá.

Recibido: 20-jul-04 • Aceptado: 22-jul-05