

Asociación y estratificación de la entomofauna cadavérica a diferentes profundidades en el suelo como indicadores complementarios en largos intervalos post mortem

Fernando. H. ABALLAY¹, Fernando N. JOFRÉ¹ & Néstor D. CENTENO²

¹ CONICET, Laboratorio Entomología, IADIZA, CCT-Mendoza, Argentina. ² Laboratorio de Entomología Aplicada y Forense, Universidad Nacional de Quilmes. E-mail: faballay@mendoza-conicet.gob.ar

Abstract: Association and stratification of cadaveric entomofauna at different depths in the ground as complementary indicators in long post-mortem intervals. In this study the composition of carrion entomofauna in the ground below the carcass one month after the death was examined, identifying strata and associations to different ground depths. Three carcasses were examined: two horses and a cow, placed in sandy soil during the spring, summer and autumn in a natural environment in Mendoza. Soil samples were taken from ground surface every 10 cm below the corpse up to a depth of 60 cm. A total of 11,452 specimens (8,576 in autumn, 2,339 in summer, and 537 in spring), belonging to 24 different species belonging to 11 families was collected. Indicator species allowed differentiation of strata in sampled soil under corpses. In spring a first stratum was defined with pupae of *Piophilidae casei* (Linnaeus) (Piophilidae) between the surface and 30cm depth and a second stratum was defined at a depth between 40 to 60cm with pupae of a species of Phoridae and eggs of Histeridae. In summer only one stratum was defined by the abundance of puparia of *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Calliphoridae), located between the surface and 30cm depth. In autumn only one stratum was determined by larvae of *Dermestes maculatus* De Geer (Dermestidae) located between the surface and 20cm depth. The entomological composition varies with depth and between seasons, abundance was higher on the surface. Calliphoridae and Dermestidae were associated with superficial layers and the genera *Euspilota* Lewis (Histeridae) and *Omorgus* Erichson (Trogidae) to deeper layers of the soil.

Key words: Cadaveric entomofauna, association, stratification, soil, long PMI

Resumen: En el presente trabajo se examinó la composición de entomofauna cadavérica en el suelo debajo de cadáveres identificando estratos y asociaciones con diferentes profundidades a un mes de producido el deceso. Se utilizaron tres cadáveres (dos caballos y una vaca) dispuestos en suelo arenoso en primavera, verano y otoño en un ambiente natural de Mendoza. Los muestreos se realizaron en el suelo debajo de los cadáveres hasta 60 cm de profundidad. Se colectaron 11452 ejemplares (8576 en otoño, 2339 en verano y 537 en primavera) pertenecientes a 24 especies incluidas en 11 familias. Las especies indicadoras permitieron diferenciar estratos en el suelo muestreado debajo de los cadáveres. En primavera un primer estrato fue definido por puparios de *Piophilidae casei* (Linnaeus) (Piophilidae) entre la superficie y los 30 cm de profundidad y el segundo estrato fue establecido por pupas de una especie de Phoridae (Diptera) y huevos de Histeridae entre los 40 y 60 cm. En verano un estrato fue establecido por la abundancia de los puparios de *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Calliphoridae) entre la superficie y los 30 cm. En otoño fue reconocido un estrato con larvas de *Dermestes maculatus* De Geer (Dermestidae) entre la superficie hasta los 20 cm de profundidad. La composición entomológica cambia en la profundidad del suelo y entre las estaciones, la abundancia fue mayor en la superficie. Calliphoridae y Dermestidae aparecen asociados a capas superficiales y los géneros *Euspilota* Lewis (Histeridae) y *Omorgus* Erichson (Trogidae) a capas profundas del suelo.

Palabras clave: Entomofauna cadavérica, asociación, estratificación, suelo, largo PMI

INTRODUCCIÓN

La aplicación fundamental de la entomología forense es estimar el tiempo transcurrido desde la muerte de una persona hasta el descubrimiento

del cadáver, lo que se denomina Intervalo Post Mortem (PMI, siglas en inglés). Generalmente hay dos métodos utilizados en entomología forense para estimar el PMI: el ciclo de vida de las especies colonizadoras primarias y los patrones

de sucesión de entomofauna cadavérica (Goff, 1993; Smith, 1986; Wells *et al.*, 2010; Amendt *et al.*, 2011). Cuando se trata de cortos periodos de tiempo, se puede estimar el PMI utilizando el grado de desarrollo de especies colonizadoras primarias en función de variables ambientales como la temperatura. Sin embargo, este método puede ser no efectivo si el cadáver es descubierto en estadios finales de la descomposición, después de varias semanas o meses de la muerte debido a que las especies colonizadoras primarias completaron sus ciclos vitales, dejando sus puparios vacíos en el cadáver. El investigador puede estimar el tiempo transcurrido durante el ciclo completo de aquellas especies colonizadoras primarias, pero no puede establecer el tiempo transcurrido entre la finalización del ciclo y el descubrimiento del cadáver.

Los patrones de sucesión pueden ser más útiles para estimar PMI en los casos de largos periodos de tiempo (Mađra *et al.*, 2015). Pero para utilizar este método, se debe disponer de información obtenida de experimentos previos sobre composición, comportamiento y estacionalidad de la comunidad de insectos presente en los cadáveres en el lugar geográfico donde se produjo el deceso. Generalmente, los estudios de sucesión finalizan a los pocos días que el cadáver arriba al estadio de Restos, debido a que son pocos los fenómenos observables que cambian en el cadáver luego de ese momento. Sin embargo, puede haber otros fenómenos debajo del sustrato cadavérico que acontecen en este estadio que son muy poco estudiados o desconocidos y que pueden ser útiles en la estimación de PMI en largos periodos de tiempo.

Distintos estudios de sucesión cadavérica se han realizado en ambientes desérticos de Argentina, donde fue registrado que los cadáveres pasan por 5 estadios de descomposición en tan solo 8 días en verano (Aballay *et al.*, 2012), y en menos de 20 días en primavera y otoño (Aballay, 2012; Aballay *et al.*, 2011). Estos trabajos son principalmente útiles en estos cortos periodos de tiempo. Sin embargo, en más de una oportunidad se han encontrados cadáveres humanos en estadio Restos (Aballay obs. per.) en donde la datación del PMI de los restos óseos se hace de manera tentativa al no disponer de información que respalde esta estimación.

Estimar el tiempo de muerte en casos de PMI largos es una tarea difícil por lo expuesto anteriormente, sumado a que los estudios a largo plazo de la descomposición cadavérica son escasos (Mađra *et al.*, 2015), siendo insuficientes las investigaciones

entomológicas forenses que respalden estimaciones en largos periodos de tiempo. Por esto, se consideró relevante realizar investigaciones básicas luego de un mes de producido el deceso y relevar la fauna entomológica presente en el suelo debajo de los cadáveres a diferentes profundidades con el fin de estudiar su potencial uso para estimar PMI en largos periodos de tiempo.

Este estudio se realizó en un ambiente de Monte en la provincia de Mendoza, durante primavera, verano y otoño. El objetivo de este trabajo fue identificar las potenciales asociaciones entre insectos cadavéricos con diferentes estratos en el suelo debajo de los cadáveres a un mes de producido el deceso en ambiente árido de Mendoza. Asimismo, se trató de establecer si dichas asociaciones podían configurar estratos reconocibles, integrados por determinadas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un sitio ubicado en las proximidades de la Reserva Natural Telteca en el Departamento Lavalle, Mendoza, Argentina, que se encuentra en la llanura de divagación del río Mendoza que ha sido cubierta por un gran sistema de médanos (Rodríguez 1966). El área de estudio corresponde a la provincia biogeográfica del Monte (Cabrera & Willink, 1973) en donde la comunidad vegetal característica es la estepa arbustiva xerófila de los géneros *Aloysia*, *Capparis*, *Cercidium* y *Larrea* (Roig-Juñent *et al.*, 2001). El jarillal de *Larrea divaricata* Cav y *L. cuneifolia* Cav es la vegetación más predominante entre las cuales hay suelo desnudo, arenales y terrenos salinos. El clima es semiárido, las precipitaciones no superan los 200 mm anuales.

La ruta nacional Argentina N° 142, atraviesa un ambiente natural de Monte en la provincia de Mendoza, en donde se desarrollan actividades de ganadería extensiva de bovinos, caprinos y equinos. Estos animales en ocasiones intentan atravesar la ruta donde son arrollados principalmente por camiones produciendo su muerte.

En este estudio se utilizaron tres cadáveres encontrados a menos de 24 horas de producido el deceso. Cada cadáver fue recogido de su sitio de muerte y dispuesto sobre suelo arenoso, experimentando el proceso de descomposición bajo condiciones naturales de temperatura y humedad. Estos cadáveres fueron muestreados después de un mes del deceso: una vaca (*Bos taurus*) en primavera (32°26'48.5"S, 68°06'49.1"W 556 msnm), un caballo (*Equus caballus*) en verano (32°19'17.7"S, 67°56'56.7"W 542 msnm) y otro

caballo en otoño (32°20'18.9"S, 68°00'49.8"W 550 msnm). Se tomaron muestras de suelo debajo de cada cadáver con frascos de boca ancha de 3 litros que fueron llenados de tierra-arena. Para tomar las muestras se retiró o giró el cadáver según fuese el caso y en el lugar donde permaneció el sustrato cadavérico se tomaron las primeras tres muestras de la superficie del suelo, posteriormente tres muestras entre la superficie y los 10 cm, luego entre 11-20 cm; 21-30 cm; 31-40 cm; 41-50 cm y 51 a 60 cm de profundidad.

Previamente a la toma de cada muestra se registró la temperatura del suelo en las diferentes profundidades estudiadas con un termómetro de punción. Se tomaron 3 muestras de suelo, en cada nivel de profundidad, con pesa-filtros debidamente sellados para determinar el porcentaje de humedad que se obtuvo de la diferencia entre las muestras húmedas y secas en una estufa a 65 °C por 72 horas.

En el laboratorio, para cada muestra, se separó manualmente la fauna cadavérica presente en el sustrato recogido, la que fue sacrificada con vapores de acetona. Los ejemplares colectados fueron identificados utilizando los trabajos de Oliva (1997, 2002); Mariluís & Schnack (2002); Gómez (2008) y Aballay et al. (2013, 2016). El material colectado fue depositado en la colección entomológica del IADIZA.

Se evaluó la existencia de especies indicadoras que permitirán identificar estratos en el suelo debajo de los cadáveres mediante la utilización del paquete *indicspecies* (Cáceres, 2013) dentro del programa estadístico R (R Core Team, 2012). Este análisis se realiza comparando los datos de presencia y abundancia por especies versus un proceso de aleatorización que determina la significancia de cada especie como indicadora del estrato (Dufrene & Legendre, 1997). Se utilizó análisis de correspondencias (AC) programa PAST Versión 2.11, (Hammer, Ø 1999-2011) para determinar la asociación entre especies y profundidad en el suelo. Esta técnica descriptiva del análisis estadístico multivariado produce un ordenamiento simultáneo de objetos (en este caso especies) y variables (profundidad en el suelo).

RESULTADOS

La temperatura promedio del aire fue de 28.2 °C en primavera, 22.3 °C en verano y 18.3 °C en otoño, en los meses que estuvieron expuestos los cadáveres. La humedad promedio fue de 19.5%, 45.5% y 45,6% en primavera, verano y otoño respectivamente según los registros horarios

de la estación meteorológica Telteca del IADIZA situada en las proximidades de los tres cadáveres.

Las temperaturas del suelo registradas al momento de los muestreos fueron más elevadas en la superficie que en la profundidad (Tabla 1). Sin embargo, las temperaturas se mantuvieron aproximadamente similares entre los 20 cm y 60 cm de profundidad. Este fenómeno fue manifiesto debajo de los tres cadáveres estudiados (Tabla 1). La humedad del suelo fue más baja en la superficie en las tres estaciones del año, pero presentó variaciones a diferentes profundidades registrándose el mayor porcentaje de humedad entre los 30 y 40 cm en primavera y entre 10 y 20 cm en verano y otoño (Tabla 1).

Los insectos fueron colectados debajo de los cadáveres desde la superficie hasta los 50 cm de profundidad en verano y hasta los 60 cm en primavera y otoño. Se identificaron 24 especies incluidas en 11 familias (Tabla 2). La abundancia de la entomofauna cadavérica cambió entre las estaciones del año y entre las profundidades del suelo debajo de los cadáveres. Se colectaron 11452 ejemplares: 8576 en otoño, 2339 en verano y 537 en primavera. La abundancia fue mayor en las capas superficiales del suelo entre los 0 y 10 cm de profundidad, presentando 72% de la abundancia total en primavera, 95% en verano y 99% en otoño. Las familias con mayor abundancia entre los 0 y 10 cm de profundidad fueron Calliphoridae (Diptera) y Dermestidae (Coleoptera).

Se identificaron especies que solo fueron colectadas en una estación del año: *Euspilotus modestus* (Erichson) (Histeridae) en primavera; *Euspilotus parentthesis* (Schmidt) (Histeridae) y *Salax lacordairei* Guérin Méneville, *Vaniosus profana* (Kulzer) (Tenebrionidae) en verano y *Xerosaprinus diptychus* (Marseul), una especie del género *Phelister* Marseul (Histeridae), *Hylithus tentyroides* Lacordaire (Tenebrionidae) en otoño (Tabla 2).

Especie indicadora de estratos

Las especies indicadoras permitieron identificar estratos en el suelo muestreado debajo de los cadáveres. Se diferenciaron dos estratos en primavera y solo uno en verano y otoño. En primavera el primer estrato fue definido por los puparios de *Piophilidae* (Linnaeus) (*Piophilidae*) (stat 1; p= 0,029) desde la superficie hasta los 30 cm de profundidad y el segundo estrato fue establecido por una especie de Phoridae (Diptera) (stat 1; p= 0,029) y huevos de Histeridae (stat 1; p= 0,029) entre los 40 y 60 cm. En verano fue identificado solo un estrato, definidos por la

Tabla 1. Temperatura y humedad promedio registradas en cada muestreo a diferentes profundidades del suelo debajo de los cadáveres, en primavera, verano y otoño.

Profundidad en el suelo debajo de los cadáveres	Temperaturas °C promedio de cada perfil del suelo			% de Humedad promedio de cada perfil del suelo		
	Primavera	Verano	otoño	Primavera	Verano	Otoño
Superficie = 0 cm	41.9	45.5	25.5	1.2	1.03	1.5
01 a 10 cm.	38.1	28.1	22.5	2.5	22.2	4.9
11 a 20 cm.	34.2	29.1	23.9	3.7	13.3	3.5
21 a 30 cm.	32.7	28.6	25.2	4.9	13.3	2.08
31 a 40 cm.	32.5	29.3	25.7	6.7	13.9	2.03
41 a 50 cm.	32.4	29.2	26.7	4.6	6.02	1.7
51 a 60 cm.	31.9	29.1	26	1.2	11	4.5

Tabla 2. Especies colectadas a diferentes profundidades en el suelo debajo de los cadáveres después de un mes de transcurrido el deceso en primavera, verano y otoño.

Orden	Familia	Género y especie	Primavera	Verano	Otoño
Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya albiceps</i>	P, PP	P, PP	P, PP
		<i>Comptosomyia fulvicrura</i>	P	P, PP	
		<i>Cochliomyia macellaria</i>	P, PP	P	
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>		A*	
		<i>Ophyra aenescens</i>	P, PPA	P	P
		Piophilidae	<i>Piophilidae casei</i>	L, PA	PA
	Phoridae	sp.	L, PA		
Coleoptera	Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i>	L, E, A	L, E, A	L, E, A
		<i>Necrobia rufipes</i>	L, PA	L	L
	Histeridae	<i>Euspilotus lacordairei</i>	A	A	A
		<i>E. modestus</i>	A*		
		<i>E. pavidus</i>	A	A	
		<i>E. eremita</i>		A	A
		<i>E. lepidus</i>		A	A
		<i>E. parenthesis</i>		A	
		<i>E. patagonicus</i>		A	A
		<i>Xerosaprinus diptychus</i>			A*
		<i>Phelister</i> sp.			A*
		<i>Euspilotus</i> spp.	H, L	L	H, L
	Trogidae	<i>Omorgus suberosus</i>	A	A	A
		<i>Omorgus</i> sp.	L	L	L
Tenebrionidae	<i>Hylithus tentyroides</i>			A*	
	<i>Salax lacordairei</i>		A*		
	<i>Vanosus profana</i>		A*		
Hymenoptera	Formicidae	<i>Solenopsis</i> sp.			A
	N/D	sp.			A

H=huevo, L= larva, E=exuvia, P=pupa, PP=pupa parasitada, A=adulto, N/D parasitoides no determinados. *registro solo en una estación del año

abundancia de los puparios de *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Calliphoridae) (stat 0,999; p= 0,028) entre la superficie y los 30 cm de profundidad. En verano fue determinado un único estrato por las larvas de *Dermestes maculatus* De Geer (Coleoptera: Dermestidae) (stat 1; p= 0,034) desde la superficie hasta los 20 cm de profundidad.

Asociación de entomofauna cadavérica con diferentes profundidades en el suelo

Los dípteros asociados con diferentes profundidades fueron los puparios de *C. albiceps* y adultos de *P. casei* que aparecieron relacionados con la superficie y los 10 cm de profundidad en el suelo debajo de los cadáveres en primavera, verano y otoño (Figs. 1, 2, 3). Este mismo fenómeno fue observado con los puparios de *Comptosyriops fulvicrura* (Robineau-Desvoidy) y *Cochliomyia macellaria* Fabricius (Calliphoridae) en primavera y verano (Figs. 1, 2). Los puparios de *Ophyra aenesens* (Wiedemann) (Muscidae) aparecieron asociados a los 20 y 30 cm de profundidad en el suelo en primavera y verano (Figs. 1, 2).

Los coleópteros asociados con diferentes profundidades del suelo fueron las larvas y adultos de *D. maculatus* relacionados con la superficie y los 10 cm de profundidad, este fenómeno fue manifiesto en primavera, verano y otoño (Figs. 4, 5, 6). Además, larvas del género *Euspilotus* (Histeridae) aparecieron asociadas a los 20 cm y las larvas del género *Omorgus* (Trogidae) a los 30 y 40 cm de profundidad en las tres estaciones estudiadas (Figs. 4-6). Los adultos de *Euspilotus lacordairei* (Marseul) y *E. pavidus* (Erichson) fueron asociados a las capas superficiales y *Euspilotus patagonicus* (Blanchard) a una profundidad mayor de unos 30 a 40 cm; los huevos de Histeridae fueron asociados a los 50cm de profundidad en primavera y otoño (Figs. 4, 6).

Además, fueron identificadas asociaciones propias de cada estación, por ejemplo en primavera las larvas de *P. casei* fueron asociadas a una profundidad de 20 y 30 cm; las larvas y adultos de Phoridae (Fig. 1) y las pupas de *Necrobia rufipes* De Geer (Necrobia) (Fig. 4) fueron asociadas entre los 40 a 60 cm de profundidad. En verano las pupas parasitadas de *Co. fulvicrura* fueron asociadas con los 40 cm (Fig. 2) y los adultos de *Euspilotus eremita* (Marseul) y *E. lepidus* (Erichson) (Histeridae) fueron vinculadas a 30 cm de profundidad (Fig. 5). En otoño la asociación de *Phelister* sp. con los 30 cm y parasitoides adultos con los 40 cm de profundidad. Las pupas parasitadas de Calliphoridae y Muscidae fueron asociadas a una profundidad mayor que las pupas no parasitadas (Figs.1-3).

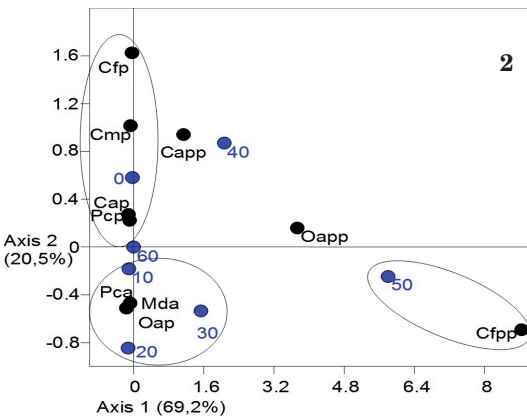
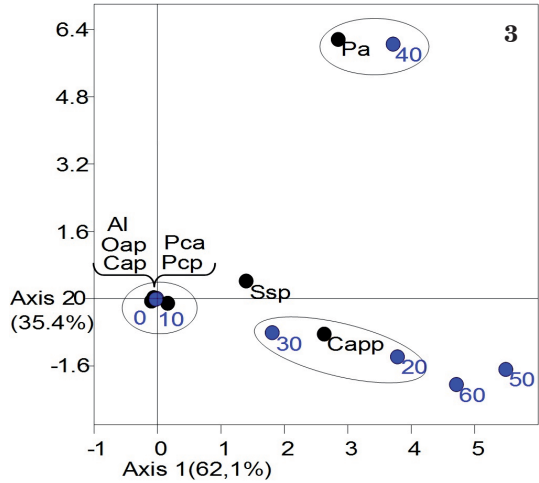
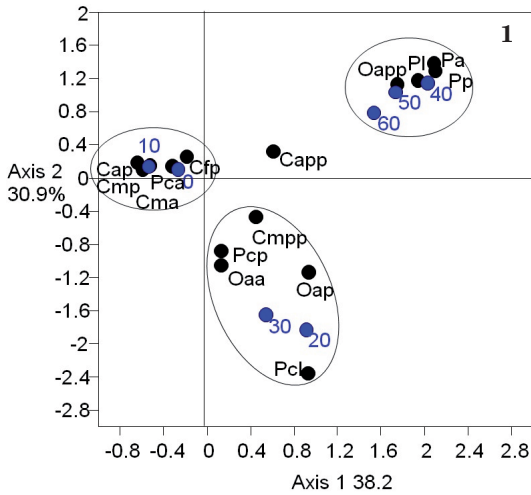
DISCUSIÓN

La textura del suelo es un factor importante a tener en cuenta en la descomposición (Gaudry, 2010; Tumer et al., 2013). En suelo arenoso los granos son irregulares en tamaño, forma y no son pegajosos o plásticos cuando están húmedos, esto permite la infiltración rápida de líquidos y la difusión del gases en todas direcciones (Fobres & Dadour, 2010), estas características del suelo permitieron una mayor infiltración de los líquidos tisulares de los cadáveres. Es posible que los líquidos cadavéricos hayan sido la fuente de alimento de larvas de algunas especies de Diptera y estas últimas constituyeran el alimento de sus predadores, por estos motivos es probable que se enterraran en el suelo en busca del recurso alimenticio. En este estudio fue colectada la entomofauna cadavérica hasta los 50 cm de profundidad en verano y hasta los 60 cm en primavera y otoño.

La temperatura y humedad tienen una fuerte influencia sobre los procesos de descomposición y el arribo de los artrópodos sobre el cuerpo (Corrêa et al., 2014). La variación de la temperatura y humedad están asociados a las estaciones del año. Varios estudios han demostrado una estacionalidad de la entomofauna cadavérica en sustratos expuestos sobre la superficie del suelo (Oliva, 2001; Centeno et al., 2002; Tabor et al., 2005; Battán et al., 2012; Zanetti et al., 2015 a). En este trabajo se sugiere que también hay cambios estacionales en la composición de la entomofauna cadavérica en el suelo debajo de los cadáveres expuestos debido a cambios en temperatura y humedad del suelo. Las especies que manifestaron estos cambios estacionales fueron: *Euspilotus modestus* (Histeridae) en primavera, *E. parenthesis* (Histeridae), *Salax lacordairei* y *Vanosus profana* (Tenebrionidae) en verano y *Xerosaprinus diptychus*, *Phelister* sp. (Histeridae), *Hylithus tentyroides* (Tenebrionidae) en otoño entre otras. Estas especies registradas solo en una estación las situaría como potenciales indicadoras de estacionalidad en ambientes áridos.

Especies indicadoras de estratos

Éste es el primer trabajo donde se identifican estratos en el suelo debajo de los cadáveres expuestos utilizando especies indicadoras de entomofauna cadavérica, que podrían tener aplicación entomológica forense a un mes de producido el deceso en ambiente árido de Mendoza. Las especies indicadoras de estratos fueron diferentes entre estaciones, como así también los estadios de



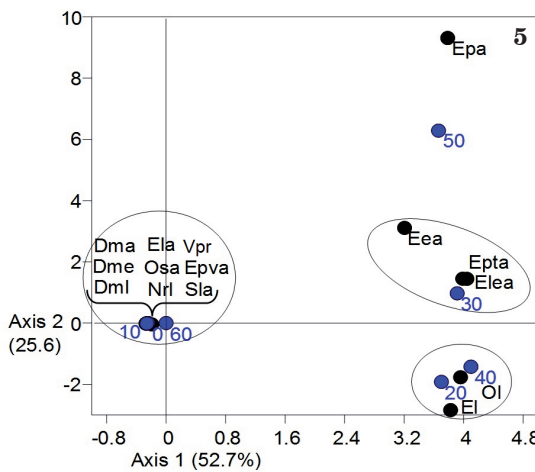
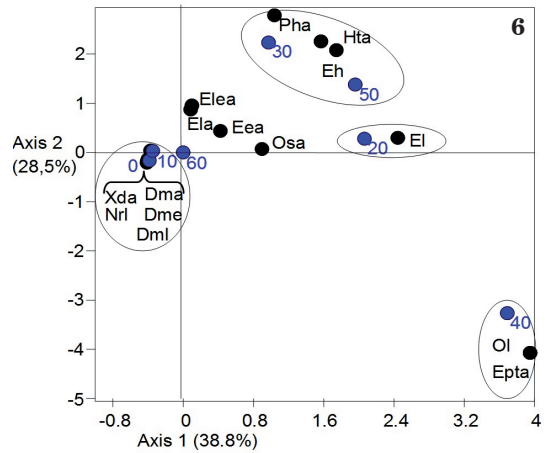
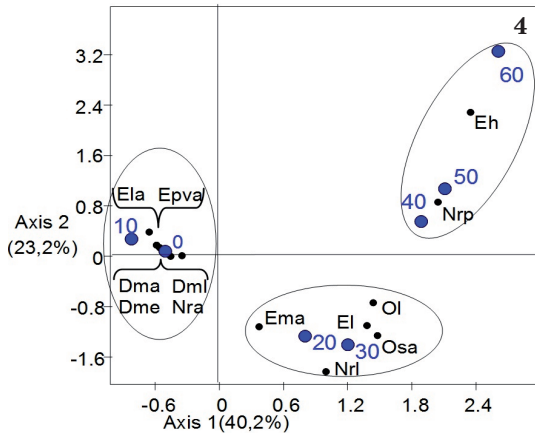
Figs. 1-3. 1. Diptera primavera. 2. Diptera verano. 3. Diptera e Hymenoptera otoño. Análisis de correspondencia entre especies y profundidad en el suelo debajo de los cadáveres, entre los 0 cm y 60 cm, los números indican el estrato respectivo. *Chrysomya albiceps* pupa=Cap, *C. albiceps* pupa Parasitada=Capp, *Comptosmyiops fulvicrura* pupa=Cfp, *C. fulvicrura* pupa Parasitada=Cfpp, *Cochliomyia macellaria* pupa=Cmp, *Co. macellaria* pupa Parasitada=Cmpp, *Co. macellaria* Adulto=Cma, *Ophyra aenescens* pupa=Oap, *O. aenescens* pupa Parasitada=Oapp, *O. aenescens* Adulto emergente=Oaa, *Musca domestica* Adulto=Mda, *Piophilha casei* Larva= Pcl, *P. casei* pupa=Pcp, *P. casei* Adulto=Pca, Phoridae sp. larva=Pl, Phoridae sp. Pupa=Pp, *Solenopsis* sp.=Ssp, *Acromyrmex lobicornis*=Al, Parasitoide Adulto=Pa.

desarrollo de las especies que determinaron esos estratos; estos cambios pueden estar determinados por condiciones adecuadas de temperatura, humedad y recursos apropiados como alimento para larvas y refugio para los huevos y pupas.

Asociación de entomofauna cadavérica con diferentes profundidades en el suelo

Las asociaciones de la entomofauna cadavérica con las diferentes profundidades en el suelo que no permiten definir un estrato, pueden brindar información entomológica útil en largo periodo de tiempo. La asociación de Calliphoridae (*Cochliomyia macellaria*, *Chrysomya albiceps*, *Comptosmyiops fulvicrura*) solo en la capas superficiales del suelo en la diferentes estaciones del año, permitirá identificar sitios específicos donde se produjo la descomposición del cuerpo, en aquellos casos donde los restos cadavéricos son removidos. Gaudry (2010) también relaciona a los Calliphoridae con tumbas superficiales.

Ophyra aenescens (Wiedemann) aparece asociada a ambientes urbanos (Costa *et al.*, 2000; Byrd & Castner, 2010) esto no es coincidente con este trabajo debido a que los cadáveres estaban situados en ambiente natural con muy baja actividad humana. Las larvas de *O. aenescens* son colectadas debajo de los cadáveres en el suelo en los exudados corporales humedecidos (Byrd & Castner, 2010), este comportamiento posiblemente permitió los registros de pupas debajo de los cadáveres. En Argentina *O. aenescens* presentaría mayor relevancia forense en cuerpos enterrados en ataúdes y en interior de viviendas, debido a que las pupas de esta especie fueron dominantes en cuerpos enterrados a 40 cm de profundidad y exhumados (Mariani *et al.*, 2014) y fueron muy frecuentes en cadáveres situados en el interior de viviendas (Oliva, 2007). En este estudio se aporta su potencial utilidad forense en cadáveres expuestos en primavera y verano por la asociación de pupas de *O. aenescens* a los 20



Figs. 4-6. 4. Coleoptera primavera. 5. Coleoptera verano. 6. Coleoptera otoño. Análisis de Correspondencia entre Coleoptera y profundidad en el suelo debajo de los cadáveres, entre los 0 cm y 60 cm, los números indican el estrato respectivo. *Dermestes maculatus* Larva=Dml, *D. maculatus* exuvia=Dme, *D. maculatus* Adulto=Dma, *Necrobia rufipes* Larva=Nrl, *N. rufipes* Pupa=Nrp, *N. rufipes* Adulto=Nra, *Euspilotus lacordairei* Adulto=Ela, *E. modestus* Adulto=Ema, *E. pavidus* Adulto=Epva, *Euspilotus eremita* Adulto=Eea, *E. lepidus* Adulto=Elea, *E. parenthesis* Adulto=Epa, *E. patagonicus* Adulto=Epta, *Phelister* sp. Adulto=Pha, *Xerosaprinus diptychus* Adulto= Xda, *Euspilotus* spp. larva=El, *Euspilotus* spp. huevos=Eh, *Omorgus* sp. larva=Ol, *Omorgus suberosus* Adulto=Osa, *Vanosus profana* Adulto=Vpr, *Salax lacordairei* Adulto=Slax. *Hylithus tentyroides* Adulto=Hta

y 30 cm de profundidad en el suelo. En otoño no se evidenció tal asociación tal vez debido a que se trata de una especie estival, según lo registraran Patitucci *et al.* (2010) y Battán *et al.* (2012).

Las especies de Phoridae presentan principal relevancia forense en largos periodos de tiempo, en cadáveres enterrados entre los 30 cm a 200 cm de profundidad (Campobasso *et al.*, 2004; Byrd & Castner, 2010; Martín-Vega *et al.*, 2011) y cadáveres encontrados dentro de viviendas cerradas (Oliva, 2004; Reibe & Madea, 2010) en donde el ingreso de otros dípteros es limitado. Esto es debido a la capacidad de los adultos de poder desplazarse a través del suelo e ingresar por pequeñas aberturas en viviendas cerradas (Disney, 1994). En este estudio se adiciona el potencial forense para cadáveres expuestos en primavera, a un mes del deceso, por las larvas y pupas de Phoridae que fueron colectadas y asociadas a una profundidad de 40 a 60 cm en el suelo.

La especie *Dermestes maculatus* ha sido reconocida como un importante componente de la

entomofauna cadavérica por estar asociada con la descomposición, tanto en cadáveres humanos como en animales (Richardson & Goff, 2001; Schroeder *et al.*, 2002). Las larvas de esta especie han sido colectadas en cadáveres desde los 7 días (Aballay *et al.*, 2012), 5 meses (Schroeder *et al.*, 2002) hasta 1 a 2 años (Oliva, 1997) después del deceso, dependiendo de las condiciones ambientales en que se encuentre el cadáver. Las larvas de *D. maculatus* son características de las últimas etapas de la descomposición cuando el cadáver está seco (Arnaldo *et al.* 2005). Esto es coincidente con la abundancia de dichas larvas registradas en este estudio. La asociación de las larvas de *D. maculatus* solo con la superficie del suelo en las tres estaciones estudiadas puede deberse a que estas larvas solo se alimentan de los restos cadavéricos secos: piel, hueso y cartílago (Pérez *et al.*, 2005; Zanetti *et al.*, 2015 a).

Los Histeridae adultos fueron colectados en cadáveres de animales y humanos expuestos al aire libre (Wolff *et al.*, 2001; Centeno *et al.*, 2002;

Oliva & Raviolis, 2004; Aballay *et al.*, 2013), semienterrados (Arnaldo *et al.*, 2005; Aballay obs. per.) y enterrados (Gaudry, 2010; Corrêa *et al.*, 2012). En el presente estudio las especies *E. lacordairei* y *E. pavidus* aparecieron asociadas a las capas superficiales y *E. patagonicus* a una profundidad mayor entre los 30 y 40cm; posiblemente esto se deba a que diferentes especies aprovechen diferentes recursos presentes en la profundidad del suelo. Las larvas de Histeridae han sido colectadas en escasos estudios de descomposición (Mađra *et al.*, 2015; Zanetti *et al.*, 2015 a). Sin embargo, en algunos casos estas larvas pueden ser desestimadas en el lugar del hallazgo de un cadáver debido a su pequeño tamaño (Byrd & Castner 2010). Por el contrario, el presente trabajo demuestra que las larvas de género *Euspilotus* mantienen un mismo patrón de asociación con los 20 cm de profundidad en el suelo, en las tres estaciones del año estudiadas; posiblemente esto se deba a la predación sobre larvas y pupas de *O. aenescens* en primavera, verano, y pupas parasitadas de *C. albiceps* en otoño. Estos patrones de asociaciones entre profundidad en el suelo y predador-presa pueden presentar utilidad forense después de transcurrido un mes del deceso.

Los Trogidae adultos y larvas son principalmente queratinófagos (Scholtz, 1990) porque la queratina es un componente principal en su dieta y a menudo los adultos se encuentran en la piel, pelos, plumas y cuero de animales muertos. Por estas características pueden aparecer asociados con las últimas etapas de la descomposición (Byrd & Castner, 2010; Battán & Linhare, 2011; Zanetti *et al.*, 2015b), lo que es coincidente con lo observado en este trabajo. Los Trogidae no fueron colectados en los primeros trabajos sobre entomología forense realizados en Argentina (Oliva, 1997, 2001; Centeno *et al.*, 2002) pero sí fueron registrados Trogidae adultos en estudios posteriores y asociados con cadáveres (Diéguez & Gómez, 2004; Gómez, 2005, 2008; Aballay *et al.*, 2008, 2012; Zanetti *et al.*, 2015 a, b) aunque sin registros de estadios larvales. Este estudio, junto con el de Battán & Linhares (2011) representan las únicas referencias de larvas de Trogidae asociadas a estadios finales de la descomposición en Argentina. Además, en el presente trabajo, las larvas de trógididos fueron asociadas a los 30 a 40 cm de profundidad en el suelo en las diferentes estaciones. Es poco probable que las larvas de Trogidae registradas a esta profundidad estuvieran alimentándose de la queratina de los pelos y cuero de los cadáveres localizados por

encima de ella (30 a 40 cm). Tal vez las larvas no sólo sean queratinófagas sino también necroqueratinófagas que puedan alimentarse de otros compuestos cadavéricos presentes en el suelo; o de estadios inmaduros de otros insectos debido a que se conoce que larvas del género *Trox* predan sobre huevos de langostas y también se ha registrado predación de larvas de *Omorgus suberosus* (Fabricius) sobre huevos vivos de tortugas *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz) (Baena *et al.*, 2015). Scholtz (1990) manifiesta que hay pocos registros comprobados de los hábitos de alimentación particulares de Trogidae sudamericanos.

Se considera factible que exista un gradiente en profundidad, en las especies de la fauna cadavérica situadas en el suelo arenoso debajo del cuerpo. Este gradiente puede tener especies características, presentar variaciones estacionales y ser influido por factores ambientales como la temperatura y humedad. Para establecer variaciones temporales en dicho gradiente que permitan estimar el PMI en largos periodos de tiempo, serán necesarios nuevos estudios que partan desde esta línea de base establecida.

CONCLUSIÓN

- 1) La entomofauna cadavérica debajo de los cadáveres expuestos fue más abundante en las capas superficiales.
- 2) La composición entomológica cambia en la profundidad del suelo y entre las tres estaciones del año.
- 3) Las especies *Piophilha casei*, *Chrysomya albiceps*, *Dermestes maculatus*, el género *Euspilotus* y una especie de Phoridae permiten identificar estratos en el suelo debajo de los cadáveres en diferentes estaciones del año.
- 4) Las especies de las familias Calliphoridae y Dermestidae aparecen asociados a capas superficiales del suelo y los géneros *Euspilotus* y *Omorgus* a capas más profundas, en las tres estaciones del año estudiadas a un mes de producido el deceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ana María Scollo por el montado del material entomológico y a Rodolfo Carrara por asesoramiento estadístico, a Gustavo E. Flores y Florencia Fernández Campón por la lectura crítica y las sugerencias realizadas al manuscrito. Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT, Argentina) PICT 2013-514 y el Servicio Tecnológico de Alto Nivel (STAN CONICET N° 3180).

BIBLIOGRAFÍA

- Aballay, F.H. 2012. Estudios estacionales en composición, colonización y asociación de la entomofauna cadavérica, en relación a los estadios de descomposición en zonas áridas de llanura y de altura. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, Argentina.
- Aballay, F.H., G. Arriagada, G.E. Flores & N.D. Centeno. 2013. An illustrated key to and diagnoses of the species of Histeridae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *ZooKeys* 261: 61–84.
- Aballay, F.H., G.E. Flores, V.A. Silvestro, N.I. Zanetti & N.D. Centeno. 2016. An illustrated key to and diagnoses of the species of Tenebrionidae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *Annales Zoologici*. 66(4): 703–726. doi: 10.3161/00034541ANZ2016.66.4.021
- Aballay, F.H., F. Fernández Campón, P.R. Mulieri & S.V. Urquiza. 2011. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en la puna de Catamarca: la ovoviviparidad como ventaja en condiciones de extrema aridez. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 70 (3-4): 255–266.
- Aballay, F.H., Murúa, A.F., Acosta, J.C. & N.D. Centeno. 2008. Primer registro de artropodofauna cadavérica en sustratos humanos y animales en San Juan, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 67: 157–163.
- Aballay, F.H., Murúa, A.F., Acosta, J.C. & N.D. Centeno. 2012. Succession of carrion fauna in the arid region of San Juan province, Argentina: its forensic relevance. *Neotropical Entomology* 41: 27–31.
- Amendt, J., C.S. Richards, C.P. Campobasso, R. Zehner & M.J. Hall. 2011. Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science, Medicine, and Pathology* 7: 379–392.
- Arnaldos, M.I., M.D. García, E. Romera, J.J. Presa & A. Luna. 2005. Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science International* 149: 57–65.
- Baena, M.L., F. Escobar, G. Halffter & J.H. García-Chávez. 2015. Distribution and feeding behavior of *Omorgus suberosus* (Coleoptera: Trogidae) in *Lepidochelys olivacea* Turtle Nests. *PLoS ONE* 10(9): e0139538. doi:10.1371/journal.pone.0139538
- Battán Horenstein, M. & A.X. Linhares. 2011. Seasonal composition and temporal succession of necrophagous and predator beetles on pig carrion in central Argentina. *Medical and Veterinary Entomology* 25: 395–401.
- Battán Horenstein, M., B. Rosso & M.D. Garcia. 2012. Seasonal structure and dynamics of sarcosaprophagous fauna on pig carrion in a rural area of Cordoba (Argentina): Their importance in forensic science. *Forensic Science International* 217: 146–156.
- Byrd, J. H. & J.L. Castner. 2010. Insects of Forensic Importance. In: Byrd J.H. & J.L. Castner (Eds). *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations* pp. 39–126, Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis group, Boca Raton London, New York.
- Cabrera, A. & A Willink, A. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Monografía a 13. Serie Biología. OEA. Washington, DC: Secretaria General de la OEA. 117 pp.
- Cáceres, M. 2013. How to use the indicpecies package (ver. 1.7.1).
- Campobasso, C.P., R. Henry, L. Disney & F. Introna. 2004. A case of *Megaselia scalaris* (Loew) (Dipt., Phoridae) breeding in a human corpse. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1) 3–5.
- Centeno, N.D., M. Maldonado & A. Oliva. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *Forensic Science International* 126: 63–70.
- Corrêa, R.C., D.P. Moura, F.W.T. Leivas & L.M. Almeida. 2012. *Operclipygus hospes* (Lewis) (Coleoptera, Histeridae): a beetle of potential forensic importance for buried bodies. *Neotropical Entomology* 41: 254–256.
- Corrêa, R.C., L.M. Almeida & M.O. Moura. 2014. Coleoptera associated with buried carrion: potential forensic importance and seasonal composition. *Journal of Medical Entomology* 51(5): 1057–1066.
- Costa, P.R.P., R.L. Franz, E.E.S. Vianna & P.B. Ribeiro. 2000. Synantropy of *Ophyra* Spp. (Diptera, Muscidae) in Pelotas, Rs, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 9 (2): 165–168.
- Diéguez, V.M. & R.S. Gómez. 2004. Aporte al conocimiento de Trogidae (Coleoptera) de la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 63(1-2): 92-95.
- Disney, R.H.L. 1994. Scuttle flies: the Phoridae. Chapman & Hall Ed, London, p 467.
- Dufrene, M. & P Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 (3): 345-366.
- Forbes, S.L. & I. Dadour. 2010. The soil in forensic entomology. In: Byrd, J.H. & J.L. Castner (Eds.), *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations* pp. 407–426, Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis group, Boca Raton London, New York.
- Gaudry, E. 2010. The insect colonisation of buried remains. In: Amendt, J., C. P. Campo-basso, M. L. Goff & M. Grassberger (Eds.), *Current Concepts in Forensic Entomology*, pp. 273–311, Springer, London.
- Goff, M.L. 1993. Estimation of postmortem interval using arthropod development and successional patterns. *Forensic Science Review* 5 (2): 81–94.
- Gómez, R.S. 2005. Atractividad de diferentes cebos sobre Trógidos (Coleoptera) en el Bosque Autóctono “El Espinal”, Río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 64(1-2): 103–105.
- Gómez, R.S. 2008. Trogidae. En: Claps, L.E., G. Debandi & S. Roig-Juñent (Eds), *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, pp. 509–518, Vol. 2,

- Sociedad Entomológica Argentina, Mendoza.
- Hammer, Ø. PAST Paleontological Statistics Version 2.11. Natural History Museum University of Oslo 1999–2011.
- Madra, A., K. Frateczak, A. Grzywacz & S. Matuszewski. 2015. Long-term study of pig carrion entomofauna. *Forensic Science International* 252: 1–10.
- Mariani, R., R. Garcia-Mancuso, G.L. Varela & A.M. Inda. 2014. Entomofauna of a buried body: Study of the exhumation of a human cadaver in Buenos Aires, Argentina. *Forensic Science International* 237: 19–26.
- Mariluis, J.C. & J.A. Schnack. 2002. Calliphoridae de la Argentina. Sistemática, ecología e importancia sanitaria (Insecta, Diptera) En: Salomón O. D. (Ed.) Actualizaciones en arthropodología sanitaria Argentina, pp 23–37, Fundación Mundo Sano, Buenos Aires.
- Martín-Vega, D., A. Gómez-Gómez & A. Baz. 2011. The “Coffin Fly” *Conicera tibialis* (Diptera: Phoridae) Breeding on buried human remains after a postmortem interval of 18 years. *Journal of Forensic Sciences*, 1-3. doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.01839.x
- Oliva, A. & J.A. Ravioli. 2004. Conscripto Carrasco: A peacetime casualty. In: M Benecke (Ed), Forensic Entomology Special Issue, Anil Aggrawal’s Internet. *Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 45–49.
- Oliva, A. 1997. Insectos de interés forense de Buenos Aires (Argentina). Primera lista ilustrada y datos biológicos. *Revista del Museo argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia* 7(2): 13–59.
- Oliva, A. 2001. Insects of forensic significance in Argentina. *Forensic Science International* 120: 145–154.
- Oliva, A. 2002. Diptera (Insecta) de interés forense o causante de miasis. Claves artificiales para estadios preimaginales. En: Salomón, O. D (Ed.), Actualizaciones en arthropodología sanitaria Argentina, pp. 51–60, Fundación Mundo Sano, Serie Enfermedades Transmisibles, Diptera de interés forense o causantes de Miasis, Buenos Aires.
- Oliva, A. 2004. Insects of forensic interest in Buenos Aires (Argentina), *addenda et corrigenda*, I. Phoridae (Diptera: Brachycera). *Physis* 60 (138-139): 43-50.
- Oliva, A. 2007. Frecuencia y distribución estacional de moscas cadavéricas (Diptera) en la Ciudad de Buenos Aires. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia* (n.s.) 9: 5–14.
- Patitucci, L.D., P.R. Mulieri, A.Oliva & J.C. Mariluis. 2010. Status of the forensically important genus *Ophyra* (Diptera: Muscidae) in Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 69 (1-2): 91–99.
- Pérez, S., P. Duque & M. Wolff. 2005. Successional behavior and occurrence matrix of carrion-associated arthropods in the urban area of Medellín, Colombia. *Journal of Forensic Sciences* 50: 1–7.
- R Core Team. 2012. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org/>.
- Reibe, S. & B. Madea. 2010. Use of *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae) for post-mortem interval estimation indoors. *Parasitol Res* 106:637–640 DOI 10.1007/s00436-009-1713-5
- Richardson, M.S. & M.L. Goff. 2001. Effects of temperature and intraspecific interaction on the development of *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Medical Entomology* 38(3): 347–351.
- Rodríguez, E.J. 1966. Estudio Hidrogeológico del Sector Nord este de la Provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21(1):39–60.
- Roig-Juñent, S., G. Flores, S. Claver, G. Debandi, & A. Marvaldi. 2001. Monte desert (Argentina): insect biodiversity and natural areas. *Journal of Arid environments* 47: 77–94.
- Scholtz, C.H. 1990. Revision of the Trogidae of South America (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Journal of Natural History* 24(6): 1391–456.
- Schroeder, H., H. Klotzbach, L. Oesterhelweg & K. Püschel. 2002. Larder beetles (Coleoptera, Dermestidae) as an accelerating factor for decomposition of a human corpse. *Forensic Science International* 127: 231–236.
- Smith, K.G.V. 1986. A Manual of Forensic Entomology, Trustees of the British Museum (Natural History), London.
- Tabor, K.L., R.D. Fell & C.C. Brewster. 2005. Insect fauna visiting carrion in Southwest Virginia. *Forensic Science International* 150: 73–80.
- Tumer, A.R., E. Karacaoglu, A. Namli, A. Keten, S. Farasat, R. Akcan, O. Sert & A.B. Odabasi. 2013. Effects of different types of soil on decomposition: An experimental study. *Legal Medicine* 15: 149–156.
- Wells, J.D. & N.L. LaMotte. 2010. Estimating the post-mortem interval. In: Byrd J. H., J. L. Castner (Eds.), *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, pp. 367–388, Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis group, Boca Raton London, New York.
- Wolff, M., A. Uribe, A. Ortiz & P. Duque. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International* 120: 53-59.
- Zanetti, N.I., E. Viscearelli & N.D. Centeno. 2015a. Associational patterns of scavenger beetles to decomposition stages. *Journal of forensic sciences* 60(4): 919–927.
- Zanetti, N.I., E. Viscearelli & N.D. Centeno. 2015b. Trophic roles of scavenger beetles in relation to decomposition stages and seasons. *Revista Brasileira de Entomologia* 59: 132–137.

Doi: 10.22179/REVMACN.19.552

Recibido: 7-IX-2017

Aceptado: 23-XI-2017