

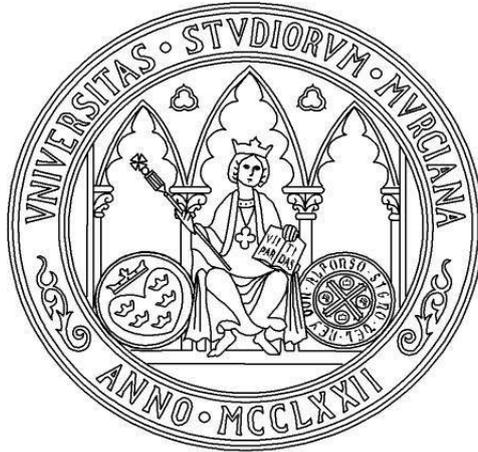


UNIVERSIDAD DE MURCIA
FACULTAD DE BIOLOGÍA

Estudio de la Fauna Entomológica
Asociada a un Cadáver en un Enclave
Natural Montañoso en Murcia (SE
España)

D^a. María Pérez Marcos

2016



**UNIVERSIDAD DE MURCIA
FACULTAD DE BIOLOGÍA**

**ESTUDIO DE LA FAUNA ENTOMOLÓGICA ASOCIADA A UN CADÁVER EN
UN ENCLAVE NATURAL MONTAÑOSO EN MURCIA (SE ESPAÑA)**

María Pérez Marcos

2016

A mis padres



AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer a muchas personas la ayuda y el apoyo que me han ofrecido para realizar este trabajo.

A mis directoras, Isa y Lola, por haberme acogido en el grupo como a una más desde el principio, por confiarme este trabajo e implicarme en muchas de las actividades realizadas por el grupo de investigación y por la ilusión que me han transmitido durante estos años. Esto me ha permitido aprender, comprender y formularme preguntas que quisiera responder.

A todos los miembros del departamento por la oportunidad de estar, ya diez años, que se dice pronto, con ellos, y en especial a Juanjo, Eulalia, Elena, Itsaso, Saray y Belén, que me han acompañado durante las horas de campo y laboratorio haciendo que fueran más llevaderas.

A Elena, por su ayuda con los formícidos, por pensar en mí cuando fue oportuno, y por las horas de laboratorio y de campo que llevamos, y las que aún nos quedan, que gracias a ella se hacen mucho más agradables.

A mis padres, por el apoyo incondicional y las ganas de aprender que siempre me han transmitido, por hacerme ver que hay mucho más de lo que parece detrás de unos datos, por enseñarme a buscar mis propios errores y saber corregirlos, por recordarme que hasta el peor de los entrenos se acaba, por transmitirme el ser curiosa y preguntarme el por qué de las cosas y por hacerme entender que la Ecología explica todo, o casi todo, lo que nos rodea. A mi padre, por todas las horas delante del ordenador tratando de descifrar todos los análisis y por todo lo que estoy aprendiendo junto a él. A mi madre porque esta tesis lleva un poquito de ella, por toda la ayuda que jamás me niega y por la paciencia que tiene conmigo.

A mis hermanos, Ángel y Eloísa, que siempre han entendido que soy la rarita de la casa y que no han dudado nunca en acompañarme a ver bichicos o, directamente, a traérmelos a casa.

A Jose, por este año, el inicio de otros muchos, por su apoyo constante, su paciencia, por estar siempre, gracias.

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto CGL2005-04668/BOS del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España.

INDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	5
1.2. Objetivos	7
CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS	9
2.1. Descripción de la zona de muestreo	11
2.2. Toma de datos.....	13
2.3. Etapas de la descomposición	16
2.4. Tratamiento y análisis de datos	17
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1. Condiciones ambientales en el entorno del cadáver	25
3.2. Análisis de las etapas de la descomposición	30
3.3. Composición de la comunidad entomosarcosaprófaga.....	31
3.4. Dinámica de los principales órdenes presentes en los restos en descomposición.....	37
3.4.1. Orden Diptera.....	38
Familia Calliphoridae	44
Familia Muscidae.....	57
Familia Sphaeroceridae	60
Familia Sciaridae.....	63
Familia Phoridae.....	66
Familia Sarcophagidae	69
Otras familias de dípteros	73
3.4.2. Orden Coleoptera.....	76
Familia Dermestidae	81
Familia Histeridae.....	84
Familia Staphylinidae	89
Familia Silphidae.....	93
Otras Familias.....	95
Estadios preimaginales.....	97
3.4.3. Orden Hymenoptera	100
Familia Formicidae	105
Superfamilia Chalcidoidea y otros himenópteros.....	108
CAPÍTULO 4. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD	111
4.1. Estructura de la comunidad en otoño.....	114

4.2. Estructura de la comunidad en invierno	115
4.3. Estructura de la comunidad en primavera.....	116
4.4. Estructura de la comunidad en verano	118
4.5. Evolución de la estructura funcional de la comunidad	119
4.6. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga estudiada	122
4.6.1. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en otoño	124
4.6.2. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en invierno.....	125
4.6.3. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en primavera	126
4.6.4. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en verano.....	127
4.7. Caracterización global de la comunidad según las fases de la descomposición.....	128
CAPÍTULO 5. PAPEL DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN LA SUCESIÓN ENTOMOSARCOSAPRÓFAGA ESTUDIADA.....	
5.1. Papel de las variables ambientales en la sucesión faunística	133
5.1.1. Variaciones estacionales de la sucesión en el cadáver	134
5.2. Papel de la temperatura mínima en la sucesión.....	139
CAPÍTULO 6. LOS PROCESOS DE SUCESIÓN ENTOMOSARCOSAPRÓFAGA Y DESCOMPOSICIÓN DEL CADÁVER A DIFERENTES ALTITUDES COMPARACIÓN DE EL ABUZNEL CON EL MORRÓN, EN SIERRA ESPUÑA	
145	
CAPÍTULO 7. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	
151	
8. BIBLIOGRAFÍA.....	
157	
9. ANEXOS	
175	
ANEXO I. Imágenes de las distintas fases de la descomposición del cadáver durante las cuatro estaciones del año.....	
177	
ANEXO II. Tablas de Índices Biológicos.....	
181	
ANEXO III. Resultados de los análisis estadísticos.....	
185	

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Un cadáver es un recurso energético importante, al mismo tiempo que un ecosistema particular caracterizado por su corto período de existencia. Los insectos tienen la capacidad de detectar la presencia de un cuerpo muerto a gran distancia, colonizándolo rápidamente, siendo normalmente los primeros organismos en explotar este efímero recurso (Charabidze & Gosseling, 2014). La Entomología Forense estudia, entre otros aspectos, los artrópodos que acuden a los cadáveres y que aportan información útil en las investigaciones policiales y judiciales, teniendo su mayor interés en la estimación del intervalo *postmortem* (IPM) o tanatocronodiagnóstico (García-Rojo, 2004; Byrd & Castner, 2010).

La descomposición como resultado de la actividad de los insectos es un proceso continuo que, para su mejor comprensión, puede ser medido y acotado. Por tanto, la sucesión faunística, desde el punto de vista forense, es la composición y la dinámica de la comunidad entomosarcosaprófaga encontrada en un cadáver junto con sus tasas de crecimiento (Prado e Castro, 2005; Amendt *et al.*, 2011).

Entre los factores que determinan la estructura de esta comunidad se encuentran la temperatura, la ubicación del recurso que los individuos explotan, el tamaño del recurso o la competencia inter e intraespecífica (Tantawi *et al.*, 1996).

La distribución y la abundancia de los artrópodos que podemos encontrar en un cadáver dependen de la zona biogeoclimática o región geográfica, el hábitat, el tipo de vegetación, el tipo de suelo y la meteorología (las estaciones del año, las características del ambiente, etc.) (Smith, 1986; Anderson, 2010; Brundage *et al.*, 2011; Moretti *et al.*, 2011) y, por tanto, la sucesión de especies en un cuerpo sigue un orden determinado dependiendo de las condiciones de dicho cadáver y de las variables ambientales y geográficas del lugar (Camacho Cortés, 2005; Anderson, 2010; Anton *et al.*, 2011). De este modo, la sucesión y la velocidad a la que se produce dependen íntimamente de las condiciones ambientales que afectan a la velocidad de los procesos biológicos, tanto en lo referente a los ciclos de vida de los insectos y otros organismos (como bacterias) que intervienen en la descomposición y degradación del cadáver, como a las propias reacciones químicas implicadas.

De hecho, uno de los aspectos más ampliamente estudiados en la biología de los insectos es precisamente cómo cambian las tasas de desarrollo en función de la temperatura, lo que se denomina el tiempo fisiológico (Taylor, 1981). Sin embargo, como se ha destacado recientemente (Tomberlin *et al.*, 2011), las ciencias forenses aún no han valorado suficientemente los aspectos ecológicos y evolutivos en el diseño de los experimentos y en la interpretación de los resultados obtenidos. Cada etapa de

desarrollo y cada especie requieren un número de los denominados grados hora (GHA) o día acumulados (GDA) para completar su desarrollo a una temperatura definida (Amendt *et al.*, 2007). El uso de GHA o GDA se basa en la relación lineal hipotética entre la temperatura y el desarrollo (Amendt *et al.*, 2007) por lo que es muy utilizado para la estimación del intervalo *postmortem*, siendo de gran valor en la práctica forense (Ames & Turner, 2003).

Pero, como señalan Arnaldos *et al.* (2005), la dinámica de la comunidad es también reflejo de su composición cualitativa y cuantitativa, asociada a los diferentes estadios de la descomposición. Como consecuencia, el patrón de colonización también estará influenciado por las relaciones tróficas observadas en la comunidad sarcosaprófaga respecto a las fases de descomposición del cadáver. La clasificación más utilizada (Reed, 1958; Payne, 1965; Johnson, 1975; Anderson & VanLaerhoven, 1996; Arnaldos *et al.*, 2005; Bonacci *et al.*, 2010) comprende cinco categorías: especies necrófagas, predadores y parásitos de las especies necrófagas, especies omnívoras, oportunistas y accidentales (Goff, 2009). Los necrófagos se alimentan directamente del tejido en descomposición del cadáver, el segundo grupo se alimenta de los necrófagos y los omnívoros se alimentan tanto del cadáver como de la fauna que se encuentra sobre éste. Las dos últimas categorías no tienen relación directa con el cuerpo; los oportunistas no se alimentan del mismo pero aprovechan los cambios producidos por el cadáver en el ambiente (p.e. cambios de humedad o pH en el suelo), mientras que los accidentales, como su nombre indica, aparecen fortuitamente en el lugar (Arnaldos *et al.*, 2005). Los grupos de artrópodos asociados a las tres primeras categorías son los más utilizados en la práctica forense (Arnaldos *et al.*, 2005), por su relación con los restos. Haciendo una clasificación, a grandes rasgos, dentro del grupo necrófago podríamos englobar a los dípteros, los coleópteros serían parte de los grupos necrófago y necrófilo, y algunos himenópteros se encontrarían dentro del grupo omnívoro.

Las evidencias entomológicas aportan información sobre distintos aspectos de interés forense, como pueden ser los eventuales traslados y localización anterior de un cadáver o la estimación del intervalo *postmortem* (Amendt *et al.*, 2000; Benecke, 2001; Martínez *et al.*, 2002; Arnaldos *et al.*, 2003, 2005; Campobasso *et al.*, 2004; Battán-Horenstein *et al.*, 2005; Byrd & Castner, 2010; Charabidze, 2012; Charabidze *et al.*, 2013). El IPM se estima bien considerando el grado de desarrollo de los insectos criados en el cadáver, para lo que es preciso conocer el ciclo vital de las especies implicadas (Smith, 1986; Amendt *et al.*, 2004; Arnaldos *et al.*, 2013), bien basándose en el conocimiento de la sucesión faunística entomosarcosaprófaga. Los artrópodos, en especial los insectos, se sienten atraídos por el cadáver por los olores que se despiden de él como consecuencia de los propios procesos de la descomposición (Smith, 1986; Anderson & VanLaerhoven, 1996), y cada una de las fases de la

descomposición por las que pasa el cadáver atrae a diferentes grupos de artrópodos. Este método de estimación del IPM se emplea en la mayoría de las investigaciones criminales en las que aparece asociada este tipo de fauna (Rodríguez & Bass, 1983; Anderson, 2010). Es por esto que la correcta identificación de las especies y el conocimiento de su distribución geográfica posibilitan estudios faunísticos precisos y necesarios de la fauna local (Benecke, 2001; Anderson, 2010; Villet *et al.*, 2010) y con todo ello se puede confirmar una secuencia de colonización concreta en una zona específica.

Por tanto, el estudio y conocimiento de la extensa variedad de especies atraídas por los cadáveres, así como de la sucesión que se genera en los mismos y las condiciones ambientales que los rodean, constituyen una herramienta útil y necesaria en los estudios forenses. De aquí la necesidad de realizar investigaciones que se desarrollan mediante experimentos de colonización y sucesión de esta fauna sobre cadáveres de modelos animales, en diferentes ambientes microclimáticos, incluso si las diferentes áreas están próximas entre ellas (Anderson, 2010; Prado e Castro, 2005; Al-Mesbah *et al.*, 2012). Por motivos éticos y legales, en Europa no está permitido el uso de cadáveres humanos, por lo que se sustituyen por diferentes tipos de cebos como cerdos, gallinas, ratas y otros. Algunos autores recomiendan utilizar el cerdo (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) puesto que es el animal que más se parece en su patrón de descomposición al humano y la sucesión de los artrópodos no muestra diferencias resaltables (Hewadikaram & Goff, 1991; Goff, 1993). Por otra parte, en la actualidad la mayoría de los investigadores utilizan este modelo animal, lo que permite una mejor comparación de los resultados (García-Rojo, 2004; Camacho Cortés, 2005; Flores-Pérez, 2009; Battán-Horenstein *et al.*, 2012).

1.1. Antecedentes

La utilización de los artrópodos como evidencias de un crimen se remonta al siglo XIII, en China, donde Sun Tz'u registró en un manual de medicina legal cómo se resuelve el asesinato de un aldeano mediante la utilización de los dípteros (Benecke, 2001).

Pero el uso de artrópodos en los estudios forenses empezó a trabajarse como disciplina científica a mediados del siglo XIX. En 1850, Bergeret hizo la primera determinación del tiempo transcurrido en un cadáver desde la muerte, basándose en el desarrollo de las larvas y pupas de dípteros que contenía. Posteriormente, Mégnin amplió y sistematizó los estudios, publicando "La fauna de las tumbas" en 1887 y "La fauna de los cadáveres" en 1894, identificando ocho etapas diferentes en la descomposición humana. Ya a partir de finales del siglo XX esta ciencia ha entrado en una fase de rápido desarrollo y reconocimiento (Yussef Vanegas, 2006).

En la primera mitad de dicho siglo XX cabe destacar algunos trabajos sobre sucesión y fauna asociada a restos en descomposición, como el de Fuller (1934). Sin embargo, el fortalecimiento de la entomología forense desde mediados del siglo XX hace que en esta etapa se concentre una gran cantidad de trabajos importantes, como los de Reed (1958), Payne (1965), Nuorteva (1974, 1977), Early & Goff (1986), Smith (1986), Tullis & Goff (1987), Richards & Goff (1997), Benecke (1998, 2001, 2004), Greenberg & Wells (1998), Introna *et al.* (1998), Battán-Horenstein *et al.* (2005, 2010, 2012), Matuszewski *et al.* (2008, 2010, 2011, 2013), Anderson (2010), Brundage *et al.* (2011), Charabidze *et al.* (2011, 2012, 2013) o Moretti *et al.* (2011), entre otros. Estos trabajos se refieren, en su mayor parte, a áreas no paleárticas o a zonas de Europa septentrional.

En el área mediterránea y en la Península Ibérica encontramos numerosos trabajos relacionados con esta disciplina. Podemos citar las publicaciones de Domínguez-Martínez & Gómez-Fernández (1963), Tantawi *et al.* (1996), Martínez-Sánchez *et al.* (1998, 2000, 2005), Arnaldos Sanabria (2000), Campobasso *et al.* (2001, 2004), Castillo Miralbés (2002), Martínez Sánchez (2003), García Rojo (2004), Baz *et al.* (2007), Bonacci *et al.* (2009, 2010, 2011, 2014), García Rojo *et al.* (2009), Prado e Castro & García (2009, 2010), Saloña-Bordas *et al.* (2009), Martín-Vega & Baz (2010, 2013a, b); Prado e Castro *et al.* (2010a, b, 2011a, b, 2012a, b, 2013, 2014), Martín Vega (2011), Martín-Vega *et al.* (2011a, b), Velásquez *et al.* (2011), Pérez Bote *et al.* (2012) y Farinha *et al.* (2014).

Como se ha comentado anteriormente, es de gran importancia la realización de estudios para distintos ambientes microclimáticos, incluso si las diferentes áreas están próximas entre ellas. En la Región de Murcia se han realizado diversos trabajos sobre la comunidad entomosarcosaprófaga, en su mayor parte en un medio periurbano, como los de Arnaldos Sanabria (2000), Arnaldos *et al.* (2001, 2003, 2004a, 2004b, 2005, 2006, 2014), Martínez *et al.* (2002) o Romera *et al.* (2003). Sin embargo, la comunidad sarcosaprófaga en los medios naturales de la Región está poco prospectada. Tan solo los trabajos de Martínez Moñino (2011), Arnaldos *et al.* (2013), Pérez-Marcos (2013), Carles-Tolrá *et al.* (2014) y Begoña Gaminde (2015) estudian distintos aspectos relacionados con restos en descomposición en un medio natural.

Como ya se ha comentado, se sabe que el patrón de colonización de un cadáver por insectos está afectado por la estación del año, la temperatura, altitud, humedad, exposición al sol de los restos y otros factores ambientales y ecológicos y, por otro lado, algunas especies de insectos sarcosaprófagos son muy específicas del ambiente urbano o, por el contrario, del ambiente natural. Por todo ello, se consideró de interés prospectar la fauna entomosarcosaprófaga en un ambiente natural de la Región de Murcia, a una altitud de 400 m, a fin de comprobar la eventual variación estacional y establecer también una referencia altitudinal de la composición faunística de la

comunidad y su relación con la dinámica de descomposición de un cadáver. Para ello se plantearon los objetivos recogidos a continuación.

1.2. Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es ampliar los datos conocidos sobre la fauna entomosarcosaprófaga en ambientes naturales de la Región de Murcia para su posterior aplicación a la práctica forense.

Los objetivos específicos que se pretenden alcanzar son:

- Identificar la fauna entomosarcosaprófaga asociada a un cadáver de cerdo (*Sus scrofa*, L.) en un enclave natural montañoso a baja altitud (El Abuznel, Sierra Espuña, Murcia) durante las distintas estaciones climáticas.
- Establecer la sucesión de la fauna entomosarcosaprófaga, es decir encontrar la relación entre los grupos de taxones determinados con la fase de descomposición en la que se encuentra el cadáver.
- Establecer las diferencias que existen en la sucesión entre las distintas estaciones del año.
- Valorar la influencia de las variables ambientales en la sucesión de la comunidad sarcosaprófaga, y en particular ver el papel de las temperaturas mínimas en la sucesión.
- Comparar los resultados de este trabajo con otros obtenidos en ambientes diferentes con el fin de reforzar y validar sus conclusiones para su uso en la práctica forense.

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Descripción de la zona de muestreo

Para la realización del estudio se seleccionó como área de trabajo el macizo montañoso de Sierra Espuña en el Parque Regional del mismo nombre, situado en la Región de Murcia. Éste recibió la consideración de Parque Natural por Real Decreto 3175 de 10 de Noviembre de 1978. Asimismo, desde 1992, por la Ley 4/92 de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia, fue declarado Parque Regional con una extensión de 17.804 ha. En la actualidad está además declarado como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Este macizo montañoso se sitúa en la zona central de la Región de Murcia entre los términos municipales de Alhama de Murcia, Totana, Mula y Aledo, siendo el espacio natural más importante de la comunidad.

La Sierra pertenece al ámbito geológico de las Cordilleras Béticas y, dentro de éstas, al dominio subbético (López Bermúdez, 1975). En la zona predominan los litosuelos calizos con suelo pardo calizo superficial, por lo que son suelos delgados y pedregosos. Sierra Espuña juega un papel de isla climática en el centro de la provincia de Murcia, puesto que su altitud provoca alteraciones en todos los elementos climáticos, principalmente en las precipitaciones y temperaturas (Lillo Carpio, 1976).

La vegetación es resultado de las distintas repoblaciones que fueron llevadas a cabo por el ingeniero Ricardo Codornú a finales del siglo XIX y principios del XX. Se caracteriza por los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*, Mill) y, con menor frecuencia, pino rodeno (*Pinus pinaster*, Aiton, 1789) y pino negral (*Pinus nigra*, J. F. Arnold). Respecto a la fauna, es variada debido a la diversidad de ambientes que se encuentran en la sierra. En el pinar, uno de los hábitats más extendidos, podemos encontrar la ardilla de Espuña (*Sciurus vulgaris*, Linnaeus, 1758) y el jabalí (*Sus scrofa*, Linnaeus, 1758). Conforme se asciende, entre las aves, encontramos el águila real (*Aquila chrysaetos*, Linnaeus, 1758), chovas piquirrojas o cucala (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*, Linnaeus, 1758) y aviones roqueros (*Ptyonoprogne rupestres*, Scopoli), y en tierra podemos destacar al muflón del Atlas (*Ammotragus lervia*, Pallas, 1777). En cuanto a los invertebrados de la zona se conoce poco, exceptuando algunos órdenes como coleópteros, lepidópteros y ortópteros (García, 1983; Serrano & Gallego, 2004; González López, 2008).

El presente trabajo se realizó en un enclave llamado “El Abuznel”, que se encuentra situado en el interior del Parque Regional, aproximadamente a unos 400 m de altitud y orientación Este (figura 2.1). La zona se caracteriza por un sotobosque dominado por una vegetación de *Rosmarinus* sp. y *Thymus* sp., y un estrato arbóreo de *Pinus* sp.

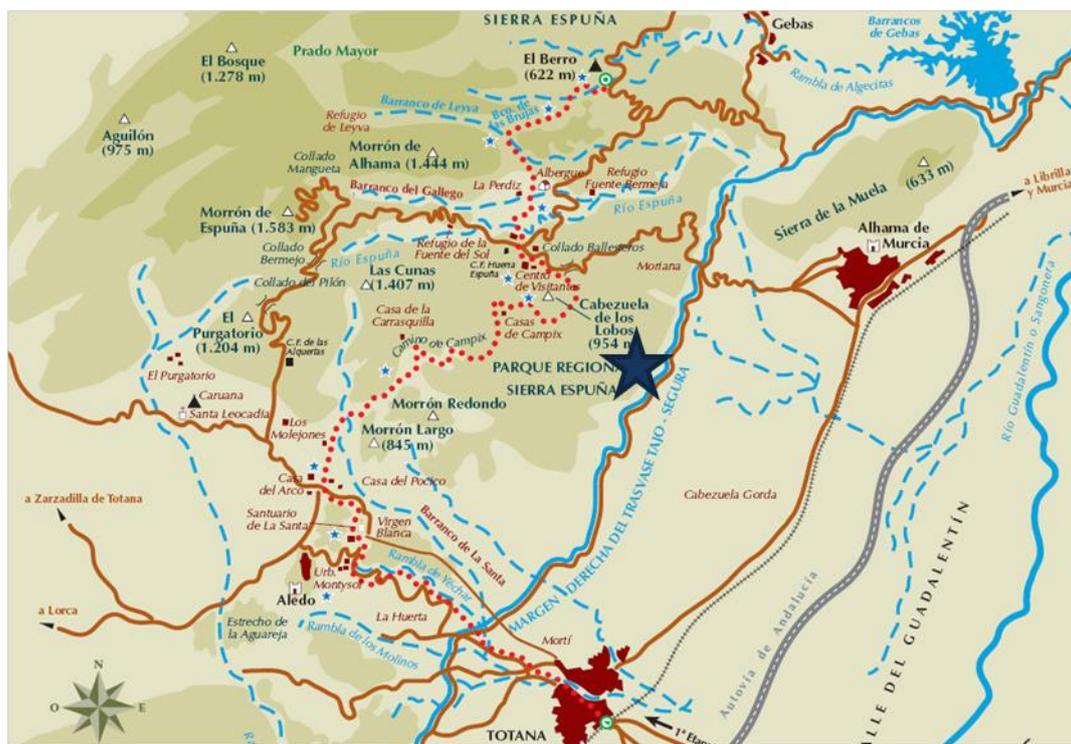


Figura 2.1. Localización de la zona de muestreo de El Abuznel, municipio de Alhama de Murcia, (representada por una estrella en el mapa), en el parque Regional de Sierra Espuña (Tomado de http://www.turismo.totana.es/sierra_espuna/camino_bajo_guadalelentin.asp).

2.2. Toma de datos

Para la toma de muestras se empleó como dispositivo de captura una trampa de Schoenly modificada (Schoenly *et al.*, 1991), con dimensiones de 60 cm de alto x 70 cm de ancho x 70 cm de largo (figura 2.2).

Este dispositivo de captura está diseñado para recolectar la fauna artropodiana que acude a un cadáver que actúa como cebo y se desarrolla sobre él. La recolección es continua y no depende del recolector, por lo que los resultados que se obtienen de la trampa son comparables con otros conseguidos con el mismo método (Schoenly *et al.*, 1991). Su efectividad para el estudio de la fauna entomosarcosaprófaga ha sido probada en diferentes trabajos (Arnaldos Sanabria, 2000; Arnaldos *et al.* 2001, 2004a; Battán-Horenstein *et al.*, 2005, 2012; Prado e Castro 2005, 2011a, 2012a; Ordóñez *et al.*, 2008).



Figura 2.2. Trampa de Schoenly modificada, localizada en el lugar de muestreo.

Esta trampa consta de 16 orificios de entrada, cuatro por lado, situados a dos alturas distintas, 12 y 42 cm, y distribuidos equidistantes en los cuatro lados de la trampa. Ocho de los 16 orificios de entrada conducen directamente a cuatro canales de ingreso, que finalizan en unos recipientes con solución de Morril situados bajo la

superficie del suelo. Los restantes ocho orificios de entrada permiten el acceso directo de los insectos al cadáver. Una vez dentro, los ejemplares no recolectados y los emergentes del cadáver pueden salir a través del orificio de salida situado en el techo de la trampa, o a través de los ocho situados, como los de entrada, a dos alturas en los vértices truncados de la jaula. Al final de estos nueve orificios de salida hay recipientes con líquido conservante. Como modificación al modelo original se colocaron dos trampas de caída dentro de la misma para recoger, principalmente, la fauna marchadora que pudiera eludir ser capturada por las demás trampas, como podrían ser los coleópteros y las larvas de dípteros, según indican algunos autores como Tantawi *et al.* (1996). La solución que contenían los botes colectores, como se ha adelantado, era líquido de Morril (Morril, 1975). Éste es muy utilizado porque no atrae a la fauna artropodiana, asegurando que es el cebo el que la atrae y, por otro lado, porque las muestras pueden permanecer en él hasta una semana sin descomponerse. Toda la trampa se encontraba rodeada por una valla metálica para que los vertebrados carroñeros no tuvieran acceso a ella.

En los estudios sobre fauna sarcosaprófaga, el tipo de cadáver animal que se emplee es especialmente relevante. Por motivos éticos y legales, en Europa no está permitido el uso de cadáveres humanos, por lo que se sustituyen por diferentes tipos de cebos como cerdos, gallinas, ratas y otros. En nuestro estudio se ha preferido utilizar el cerdo (*Sus scrofa*) puesto que es el animal que más se parece en su patrón de descomposición al humano (Goff, 1993). En la actualidad, la mayoría de los investigadores utilizan este modelo animal, lo que permite una eventual comparación de los resultados (García-Rojo, 2004; Camacho Cortés, 2005; Flores-Pérez, 2009; Prado e Castro, 2011, 2012a, 2013; Battán-Horenstein *et al.*, 2012; Benbow *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2014a). En relación al tamaño del cebo, el recomendado por algunos autores es de aproximadamente 23 kg de peso, pero se ha comprobado, usando cadáveres de distinto peso (Hewadikaram & Goff, 1991), que el patrón de descomposición y la sucesión de artrópodos no muestra diferencias resaltables, con lo que el uso de cadáveres de menor tamaño no conlleva una posible alteración en los resultados obtenidos. En nuestro estudio, el cerdo pesaba aproximadamente 5 kg. El animal fue proporcionado por la Granja Docente Veterinaria de la Universidad de Murcia, situada próxima al Campus Universitario de Espinardo, donde fue sacrificado mediante premedicación, siguiendo la normativa vigente en ese momento sobre la protección y el sacrificio de animales utilizados para experimentación y otros fines científicos (Directiva 86/609/CEE).

Las trampas se ubicaron una semana antes de la colocación del cebo para estabilizar las condiciones del sustrato. Trampa y cebo fueron situados en El Abuznel y los muestreos se realizaron entre las siguientes fechas:

- Otoño: se inició el 15 de septiembre de 2006 y finalizó el 13 de noviembre de 2006. Las muestras se recogieron diariamente durante los primeros 15 días y, después, cada dos días; a partir del día 49 se recogieron cada tres días hasta el día 60, que coincide con el final del muestreo.

- Invierno: el inicio fue el 8 enero de 2007 y finalizó el 7 de marzo de 2007. Las muestras se recogieron diariamente durante los primeros 15 días y, después, cada dos días excepto entre los días 56 y la recogida del cebo, que fue cada tres días.

- Primavera: se extendió entre el 2 de abril y el 30 de mayo 2007. En este periodo las muestras se recogieron diariamente durante los primeros 16 días y, después, cada dos días.

- Verano: el muestreo se inició el día 15 de junio y finalizó el 31 de julio de 2007. Las muestras se recogieron diariamente los primeros 16 días y, desde entonces hasta el día 26, se recogieron cada dos días; a partir de entonces hasta el final del muestreo se recogieron cada tres días.

Las muestras se recogieron al principio diariamente y después cada dos o tres días debido a la distinta duración de las etapas de la descomposición de los cuerpos en función de las condiciones climáticas, número de artrópodos presente y el estado del cebo, hechos ya constatados en otros estudios (Smith, 1986; Martínez *et al.*, 2002).

Cada día de muestreo, aparte de sustituir los botes con material recolectado por botes nuevos, se tomaron datos de humedad y temperatura en la interfaz cerdo-suelo por medio de un termohigrómetro portátil marca Delta OHM DO 9406, y una sonda Delta OHM HD 8501SAT/500. Por otra parte, se obtuvo un registro gráfico con la debida etiqueta donde consta el lugar, día de muestreo y la fecha, y se tomaron anotaciones de los cambios atmosféricos, del estado del cerdo y datos de la fauna. Las variables temperatura y humedad relativa (HR) obtenidas en el interior de la trampa se registraron de un modo continuo a lo largo de todo el periodo de muestreo con un Data Logger marca y modelo HOBO®U10-Temp/RH Data Logger (Part#U10-003) (figura 2.3). Los datos de temperatura y humedad relativa fueron tomados únicamente en el interior de la trampa ya que, siguiendo a Arnaldos Sanabria (2000), que incluyó tanto los datos obtenidos dentro como fuera de la trampa, se observó que son equivalentes. Por tanto, se considera que los datos registrados son válidos para explicar el ambiente climático que hubo en el momento y en el lugar de estudio.



Figura 2.3. Data logger y termohigrómetro portátil utilizados durante los muestreos para los registros de temperatura y humedad ambientales y en la interfaz cebo-suelo.

2.3. Etapas de la descomposición

En relación con la entomología forense, según la bibliografía que se consulte, podremos encontrar distintas clasificaciones de las etapas de descomposición de un cadáver. Hay autores que describen seis fases, como Payne (1965) y otros que tan solo describen tres, como Fuller (1934). La clasificación de las etapas de la descomposición utilizada en el presente trabajo se ajusta a la de Early & Goff (1986), en la cual se consideran cinco etapas:

- **Fresca:** fase que comienza en el momento de la muerte y que termina cuando el cadáver comienza a hincharse.
- **Enfisematosa:** esta fase marca el inicio de la putrefacción. Los procesos metabólicos realizados por las bacterias anaerobias producen gases y, como consecuencia, el cadáver podría aparecer hinchado. En esta fase, además, pueden observarse livideces en el abdomen del cadáver.
- **Descomposición:** da comienzo en el momento en el que la piel del cadáver se rompe por la presión producida por los gases, que salen al exterior junto con los fluidos corporales. El cadáver presenta un fuerte olor a descomposición y muestra una pérdida gradual e importante de masa corporal debido a las larvas que se encuentran alimentándose sobre él.
- **Descomposición tardía:** se inicia con el abandono del cadáver por las larvas en busca de un sustrato para poder pupar. Normalmente este hecho va acompañado de una pérdida de humedad en la interfaz cebo-suelo. Esta etapa se caracteriza porque los restos están reducidos a piel, cartílago y huesos.
- **Restos secos:** en esta fase, los restos quedan reducidos solo a piel y huesos.

2.4. Tratamiento y análisis de datos

Después de recogidas, las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se cambió el líquido conservante por etanol al 70%. Las distintas muestras fueron clasificadas y etiquetadas por días y por tipo de trampa. Posteriormente, se procedió al recuento y a la identificación de los ejemplares bajo una lupa binocular (Leica MZ8), mediante la utilización de claves taxonómicas especializadas, Chinery (1998) y McGavin (2006), para el nivel de orden, McAlpine (1987) y Szpila (2010) para las familias y especies de Diptera, Plata (1971), Outerelo & Gamarra (1986), Unwin (1988), Zahradník (1990), Yélamos (2002) y Bajerlein *et al.* (2012) para las familias y especies de Coleoptera, y Bernard (1968), Martínez *et al.* (1985) y Gómez & Espadaler (2006) para las especies de la familia Formicidae.

Los datos fueron recogidos en matrices donde se reflejó la abundancia de cada orden, familia o especie frente al día en el que fueron recolectados. A partir de estas matrices se han representado las distintas variables respecto al tiempo y el estadio de descomposición.

La estructura de la comunidad a lo largo de la sucesión se ha estudiado mediante el análisis de la riqueza taxonómica (número de órdenes de artrópodos y de especies, en el caso de los dípteros y los coleópteros) y de la abundancia, así como de la diversidad, medida con el índice de Shannon (Margalef, 1974), el índice de biodiversidad de Margalef y el de equitatividad de Pielou (Magurran, 1989). El índice de Shannon es tan ampliamente utilizado que se ha convertido en una medida estándar en la comparación de comunidades. Considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande. El índice también asume que todas las especies están representadas en la muestra. Se calcula a partir de la ecuación:

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i$$

donde p_i es la probabilidad de que un individuo tomado al azar pertenezca a la especie i .

El valor del índice de diversidad de Shannon suele presentar valores entre 1,5 y 3,5 y solo raramente sobrepasa 4,5.

El índice de Margalef o índice de biodiversidad de Margalef es una medida utilizada para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Margalef, 1958). Éste se calcula a partir de la ecuación:

$$d = (S-1) / \ln N$$

donde d es la biodiversidad, S es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación \ln

denota el logaritmo neperiano de un número. El mínimo valor que puede adoptar es cero, lo que ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ($S=1$, por lo que $S-1=0$).

Por su parte, el índice de Pielou o de equitatividad, que representa la distribución de las abundancias relativas de los taxones en una comunidad, es calculado mediante la expresión:

$$E=H'/H_{\max} \text{ (ó } H'/\log_2 S)$$

siendo H' la diversidad calculada con el índice de Shannon, S el número total de especies y H_{\max} la diversidad que pudiera tener lugar si todas las especies fueran igualmente abundantes.

Esta relación entre la diversidad observada y diversidad máxima puede ser tomada como una medida de uniformidad. El valor de E se sitúa entre 0 y 1,0, donde 1,0 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes. Al igual que en H' , esta medida de uniformidad considera que todas las especies presentes en la comunidad se han contabilizado en la muestra (Magurran, 1989).

Para analizar las posibles diferencias en la composición faunística entre los distintos estadios de la descomposición, se aplicó un análisis de la varianza multivariante con permutaciones (PERMANOVA) (Anderson, 2001, 2005) de una sola vía, en el que se ha considerado como factor el estadio de descomposición (con 5 niveles: fresco, enfisematoso, descomposición, descomposición tardía y restos secos). Dicho análisis se realiza utilizando matrices de distancias entre muestras calculadas a partir de la matriz de familias y la matriz de las especies, respectivamente. Las matrices fueron previamente transformadas mediante $\log(x+1)$, y a partir de cada una de ellas se calculó la correspondiente matriz de distancias utilizando el índice de Bray Curtis. Asimismo, se realizaron las correspondientes comparaciones *a posteriori* entre pares de grupos (*pairwise test*), utilizando el estadístico t de PERMANOVA, con 9999 simulaciones, y el test de Montecarlo para el cálculo de la significación de las diferencias cuando el número de permutaciones únicas posibles resultó muy bajo (Anderson, 2005). Para representar gráficamente los resultados del PERMANOVA y mostrar la distribución de los días muestreados de acuerdo con la fauna que estaba asociada al cadáver en cada una de las estaciones del año se ha utilizado un análisis MDS (*non-metric multidimensional scaling*). Todos estos análisis se han realizado con el programa estadístico PRIMER 6.0 (Clarke & Warwick, 2001).

Los análisis MDS organizan las muestras sobre la base de las distancias (semejanzas o diferencias) que hay entre ellas. No nos dan la significación de los grupos previamente definidos, solo nos muestran si hay algún patrón de agregación. Aquí los ejes no tienen ningún significado, solo son una referencia espacial. En nuestro caso, como se ha comentado anteriormente, la significación de las diferencias entre grupos (para el

factor “Estadios de la descomposición”) se ha realizado mediante el análisis PERMANOVA y se ha utilizado el MDS únicamente como representación gráfica.

Además, para analizar la contribución de los distintos grupos taxonómicos a las diferencias existentes entre los estadios de descomposición se realizó un análisis SIMPER mediante el programa estadístico R (Versión 3.3.1, 2016).

También mediante el programa estadístico R, se realizó un análisis de correspondencias (AC), situado dentro de los análisis de ordenación multivariantes, para ver la agrupación de los distintos grupos ecológicos encontrados en nuestros cadáveres y su relación con las fases de la descomposición registradas, y para ver la agrupación de las distintas especies de califóridos según las distintas alturas de Sierra Espuña.

Por otro lado, la posible influencia de las variables ambientales y de las fluctuaciones climáticas sobre la sucesión observada en el cadáver se analizó mediante un análisis canónico de correspondencias sin tendencias (DCCA), utilizando el programa estadístico CANOCO 4.5 (ter Braak & Šmilauer, 1998). Para ello, como en los análisis anteriores, la matriz de datos de abundancias de los distintos órdenes se transformó logarítmicamente ($\log x+1$).

Dicho análisis DCCA es uno de los tipos de análisis de ordenación multivariantes, es decir, ordenan las muestras en base a sus características para varias variables a la vez. En nuestro caso, hemos utilizado este análisis porque ayuda a eliminar el efecto arco que se produce en la ordenación de las muestras cuando existe un gradiente muy intenso, y por tanto, ayuda a separarlas.

Lo que hace el análisis es generar ejes de coordenadas que son combinaciones de variables ambientales buscando cuáles de estas producen una mejor discriminación de grupos de muestras. A cada muestra y a cada variable se le asigna unas coordenadas con relación a los ejes (*eigenvalues*) y de este modo pueden representarse las muestras en un espacio bidimensional (usando dos de los ejes, generalmente los dos primeros).

Lógicamente los ejes se organizan en función de su poder discriminante. El eje uno es el que más separa las muestras, luego el dos, y así sucesivamente. El poder discriminante de un eje puede conocerse por la cantidad de la variabilidad (varianza) que explica de la existente en las muestras. Un eje que explique el 100% implica que todas las diferencias entre muestras quedarían representadas a lo largo de ese eje y los demás no explicarían nada. Si los dos primeros ejes explican, por ejemplo, el 60% de la varianza acumulada, entonces todavía queda un 40% que podrían explicar los demás ejes y sus variables asociadas o que quedaría sin explicar. Cuanto mayor es

la proyección perpendicular de una variable sobre cada eje, mayor es el peso o la influencia que dicha variable tiene sobre dicho eje y por tanto su relación con las diferencias entre muestras a lo largo del mismo.

Cuando un caso está en el mismo lado (parte positiva o negativa) del eje que la variable que lo determina es porque tiene valores altos de esa variable (más altos cuanto más en el extremo del eje se sitúa) y cuando se localiza en el lado contrario es porque presenta valores bajos. Las variables que están cerca del origen de coordenadas son las que discriminan muy poco, generalmente porque todos los casos tienen valores semejantes.

Finalmente, la relación entre los descriptores de la estructura de la comunidad (riqueza de especies, abundancia total y de las especies dominantes y la diversidad medida con el índice de Shannon) y los parámetros ambientales considerados se ha analizado mediante regresiones lineales múltiples con selección progresiva de variables en el contexto de los modelos lineales generalizados (GLM). Los análisis se han realizado utilizando el programa estadístico R.

Para este análisis, además de las variables ambientales ya mencionadas (humedad relativa y temperaturas medidas en la interfaz y en el ambiente), también se han considerado los grados día acumulados (GDA), calculados a partir de las temperaturas ambientales media y mínima.

El desarrollo de un insecto está fuertemente marcado por la temperatura a la que tiene lugar, existiendo una relación lineal teórica entre temperatura y crecimiento (Amendt *et al.*, 2007). El calor que necesita acumular un insecto para desarrollarse a partir del momento de la oviposición determina la historia térmica de cada especie y ésta se puede expresar en GHA (grados hora acumulados) o GDA (grados día acumulados), que son unidades que hacen referencia al calor acumulado en el tiempo (Byrd & Butler, 1996; Amendt *et al.*, 2007). Dicho de otro modo, cada etapa de desarrollo y cada especie requerirán un número de grados hora o día acumulados determinado para completar su ciclo (Amendt *et al.*, 2007). De este modo, estas medidas vienen a representar el superávit de temperatura, es decir el número de grados centígrados por encima de la temperatura mínima requerida por una especie para completar su ciclo, multiplicado por el tiempo (horas o días) en que ocurre. Desde el punto de vista forense, estos cálculos son muy valiosos en la estimación del intervalo *postmortem* (Ames & Turner, 2003). La relación entre temperatura y desarrollo suele ser propia de cada especie y los cálculos deben incluir una referencia a la temperatura mínima de desarrollo o temperatura umbral específica por debajo de la cual no se inicia el proceso (Matuszewski, 2011). De este modo, los GD se calculan habitualmente como $T - T_b$, donde T es la temperatura media diaria y T_b es la temperatura base o umbral de cada especie. Si $T < T_b$, GD suele ajustarse a un valor de

cero. En los estudios forenses experimentales, GDA es entonces calculado sumando todos los grados día durante el periodo transcurrido entre la colocación del cebo y la aparición del primer individuo del estadio considerado (Matuszewski, 2011).

A pesar de su importancia en la determinación del intervalo *postmortem*, no existen aún muchos trabajos abordando este tema en la literatura (Matuszewski *et al.*, 2013) y existe un gran desconocimiento de las temperaturas umbrales para la mayoría de las especies que constituyen la fauna entomosarcosaprófaga. Las especies más comunes, como *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830, *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) o *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819) cuentan con trabajos específicos (Marchenko, 2001; Donovan *et al.*, 2006; Tarone *et al.*, 2013) realizados en laboratorio. No obstante, algunos autores indican que hay evidencias de que puede haber diferencias locales en los valores de la temperatura umbral estimados (Donovan *et al.*, 2006) pero no hay información detallada de cómo ésta se ve afectada geográficamente, por lo que realizar extrapolaciones puede no ser adecuado.

En la práctica, algunos trabajos como el de Benbow *et al.* (2013) analizan el efecto de los GDA, en lugar de sobre las especies concretas, sobre los descriptores de la sucesión ecológica de toda la comunidad.

En nuestro caso hemos intentado ambas aproximaciones y los GDA y los análisis correspondientes se han calculado tanto para las especies mayoritarias, utilizando como temperatura umbral la sugerida en los trabajos anteriormente mencionados, como para toda la comunidad en su conjunto, en cuyo caso no se ha considerado ninguna temperatura umbral. En ambos casos, los GDA se han calculado de dos maneras, por un lado utilizando la suma acumulada de las temperaturas medias diarias (Wilson & Barnett, 1983) y, por otro, a partir de las temperaturas mínimas (Ames & Turner, 2003). El considerar las temperaturas mínimas en el cálculo como alternativa a las temperaturas medias se ha hecho con el fin de valorar si podrían ejercer un efecto limitante o umbral del desarrollo sobre la comunidad en algún caso.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Condiciones ambientales en el entorno del cadáver

La temperatura y la humedad son, *a priori*, las principales variables ambientales que determinan la duración de las fases de la descomposición, y que influyen de manera esencial en la biología de las especies de artrópodos. En las figuras 3.1.1 y 3.1.2 se muestran dichas variables medidas en el ambiente y en la interfaz cebo-suelo diariamente durante el periodo de muestreo.

En el otoño (figura 3.1.1a) se observó que, aunque con oscilaciones, las temperaturas ambientales fueron bajando progresivamente a lo largo del muestreo. Los primeros registros se situaron en torno a los 20°C, llegando a alcanzar los 25°C el día 6 pero, conforme avanzó el periodo de muestreo, fueron disminuyendo, alcanzándose temperaturas por debajo de los 15°C a partir del día 49. Esta caída de temperatura era esperable en las fechas en las que se realizaron las observaciones. La temperatura en la interfaz cebo-suelo mantuvo siempre unos valores más altos que los ambientales, debido posiblemente a la propia actividad entomológica existente en el cadáver y a que es un ambiente resguardado.

La humedad relativa medida en esta estación, tanto ambiental como de la interfaz cebo-suelo, mostró importantes oscilaciones. En la HR ambiental encontramos días con valores muy altos (día 9 con 87,13%, 34 con 93,48%, o los últimos días de muestreo cuando se alcanzó el 100%), aunque también encontramos días como el 19, con solo el 31,04%, lo que supone el valor más bajo registrado en otoño. La HR de la interfaz fue más alta que la ambiental durante los primeros días de estudio, lo cual es normal por los propios procesos de la descomposición. A partir del día 14 la humedad en la interfaz bajó y a partir del día 21 se comportó como la ambiental estando siempre algo amortiguada por la protección que ejercen los restos (figura 3. 1.2a).

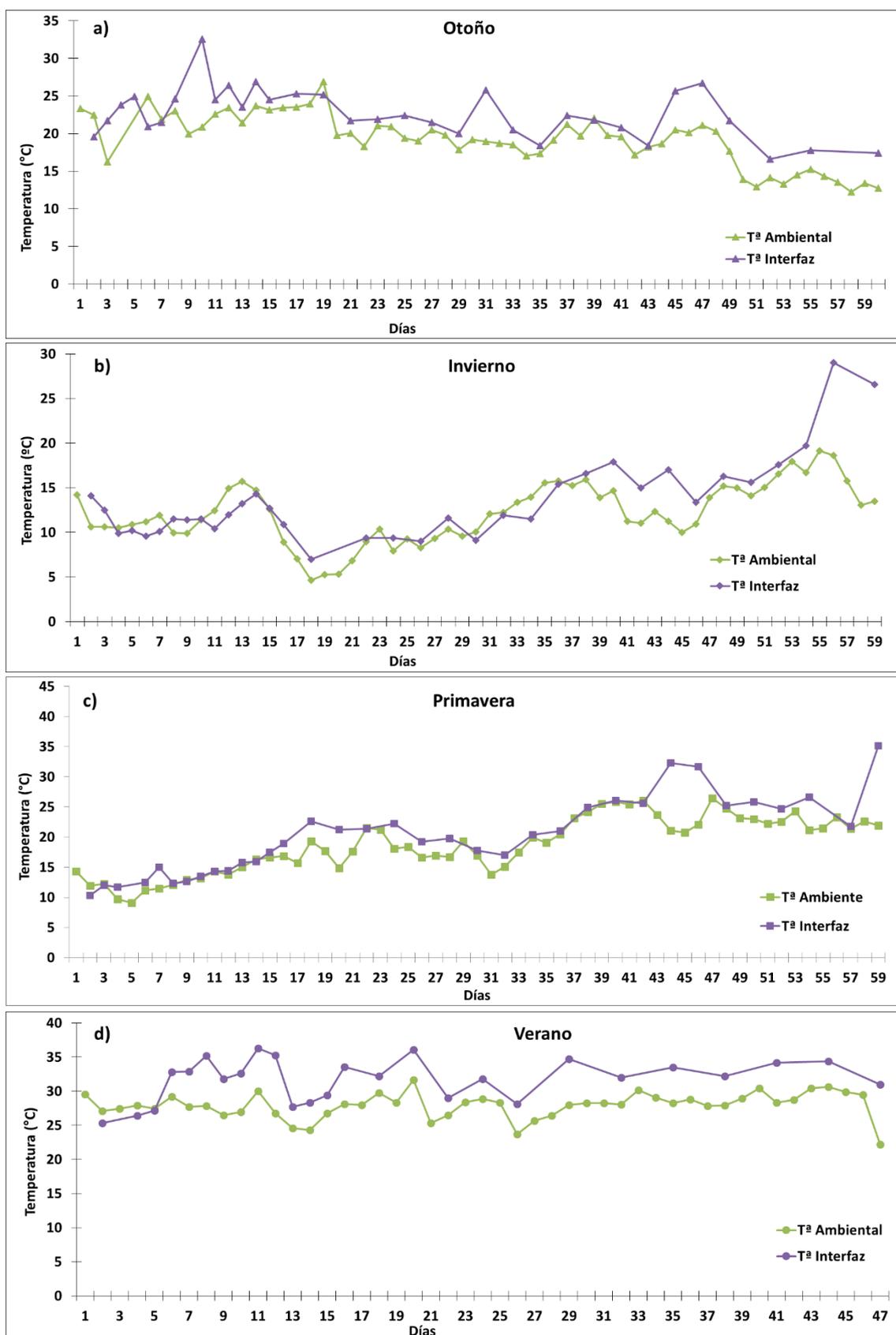


Figura 3.1.1. Valores diarios medios de las temperaturas ambiental y en la interfaz cebo-suelo durante el periodo de muestreo para cada estación.

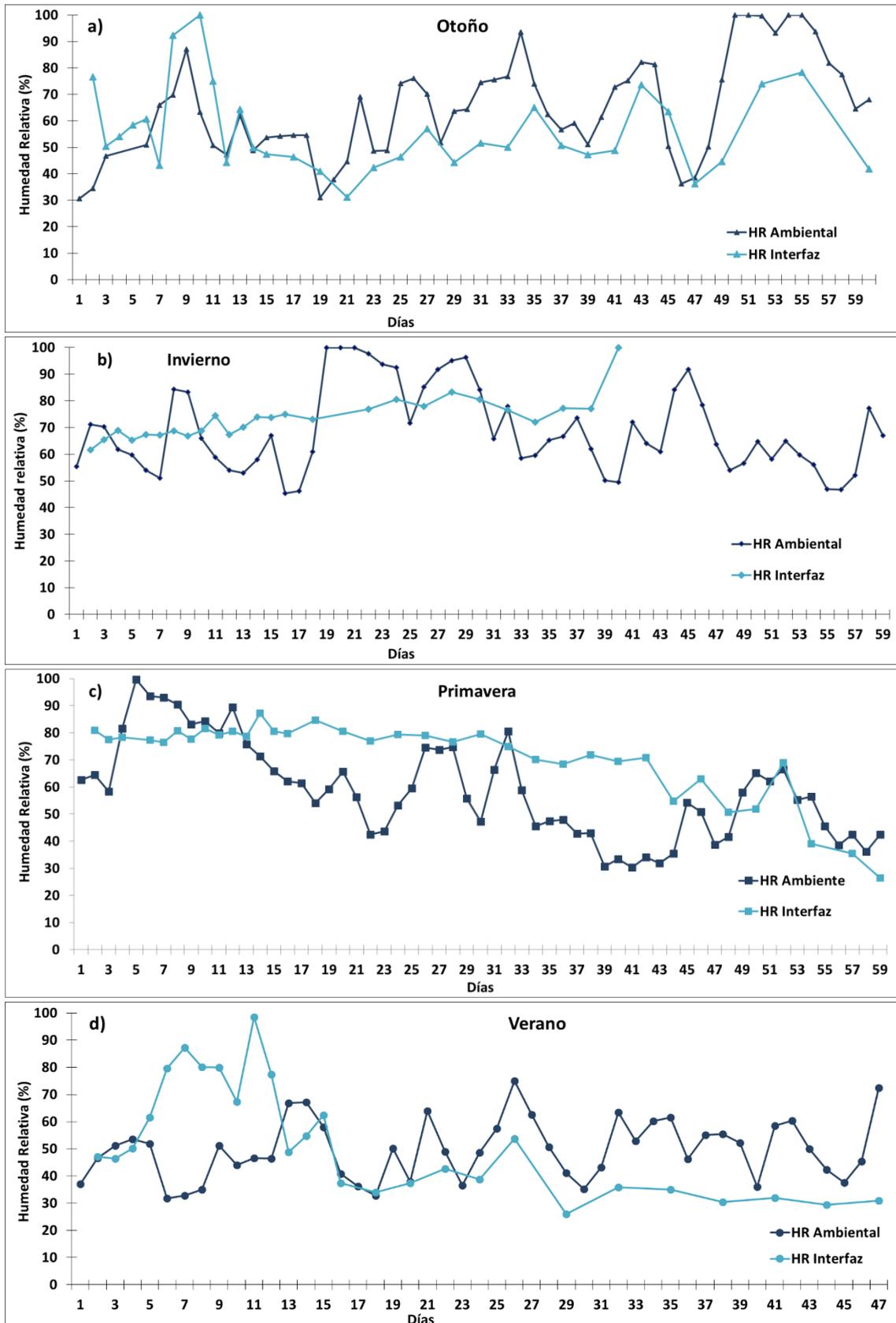


Figura 3.1.2. Valores diarios medios de la humedad relativa ambiental y en la interfaz cebo-suelo durante el periodo de muestreo para cada estación.

Durante el muestreo de invierno (figura 3.1.1b), como cabe esperar, se registraron las temperaturas más bajas. Los valores de temperatura ambiental y de la interfaz fueron bastante próximos durante todo el periodo. Durante los primeros días los valores de temperatura estuvieron en torno a 10°C, el día 18 bajaron por debajo de 5°C en el ambiente y a partir de ese día fueron aumentando en ambos casos, siempre con oscilaciones, separándose ambas temperaturas algo más y llegando a alcanzar la ambiental 19,17°C el día 55 y 29°C en la interfaz el día 56.

En cuanto a la humedad relativa medida en invierno, la ambiental mostró cambios muy pronunciados mientras que la de la interfaz se mantuvo más estabilizada debido a que el propio cadáver amortigua los cambios, como se ha mencionado anteriormente. A partir del día 40 no se registraron valores de humedad relativa en la interfaz cebo-suelo debido a un fallo en el termohigrómetro (figura 3. 1.2b).

En primavera (figura 3.1.1c), durante los primeros 36 días de registro se observó una considerable variabilidad en la temperatura media diaria, oscilando ésta entre 9,11°C el día 6 (7 de abril) y 21,57°C el día 21 (22 de abril). A partir del día 36, el intervalo de variabilidad se suavizó, situándose entre una mínima de 20,78°C y una máxima de 26,48°C. Desde un punto de vista general, se apreció una subida gradual de las temperaturas a lo largo del periodo de estudio, lo que es esperable en las fechas y el área de trabajo dadas. En la interfaz cebo-suelo se observó una clara amortiguación en las oscilaciones de la temperatura. Los valores mínimo y máximo se situaron, en este caso, entre 10°C al inicio de la estación y 35°C en la fecha final de la misma.

En paralelo a este incremento de temperatura, se observó una progresiva disminución de la humedad ambiental, aunque con importantes oscilaciones, variando entre el 100% el día 5 (6 de abril) y el 30% el día 41 (11 de mayo). La humedad en la interfaz se mantuvo sin grandes cambios en torno al 70-90% los primeros días, comenzando un leve descenso a partir del día 22, coincidiendo éste con la migración de las larvas en el cadáver. A partir del día 42 dicho descenso se hizo más acusado llegando a un mínimo de 26,4% de humedad (figura 3.1.2c).

En el verano (figura 3.1.1d) encontramos las temperaturas más altas, superando la temperatura ambiental, casi en todo momento, los 25°C. En casi todos los días del muestreo, excepto los cinco primeros, la temperatura de la interfaz fue más alta que la ambiental, llegando a estar hasta 6 grados por encima.

Respecto a la humedad ambiental, ésta mostró grandes oscilaciones teniendo mínimos de 31,81% el día 6 y máximos de 75% el día 26. Al mismo tiempo, la humedad de la interfaz presentó valores más altos durante los primeros días, alcanzando el 98,4% el día 11. Hacia el día 13, ésta descendió y a partir de entonces osciló con menos

intensidad, mostrando valores más parecidos, pero siempre más bajos, a los registrados en el ambiente (figura 3.1.2d).

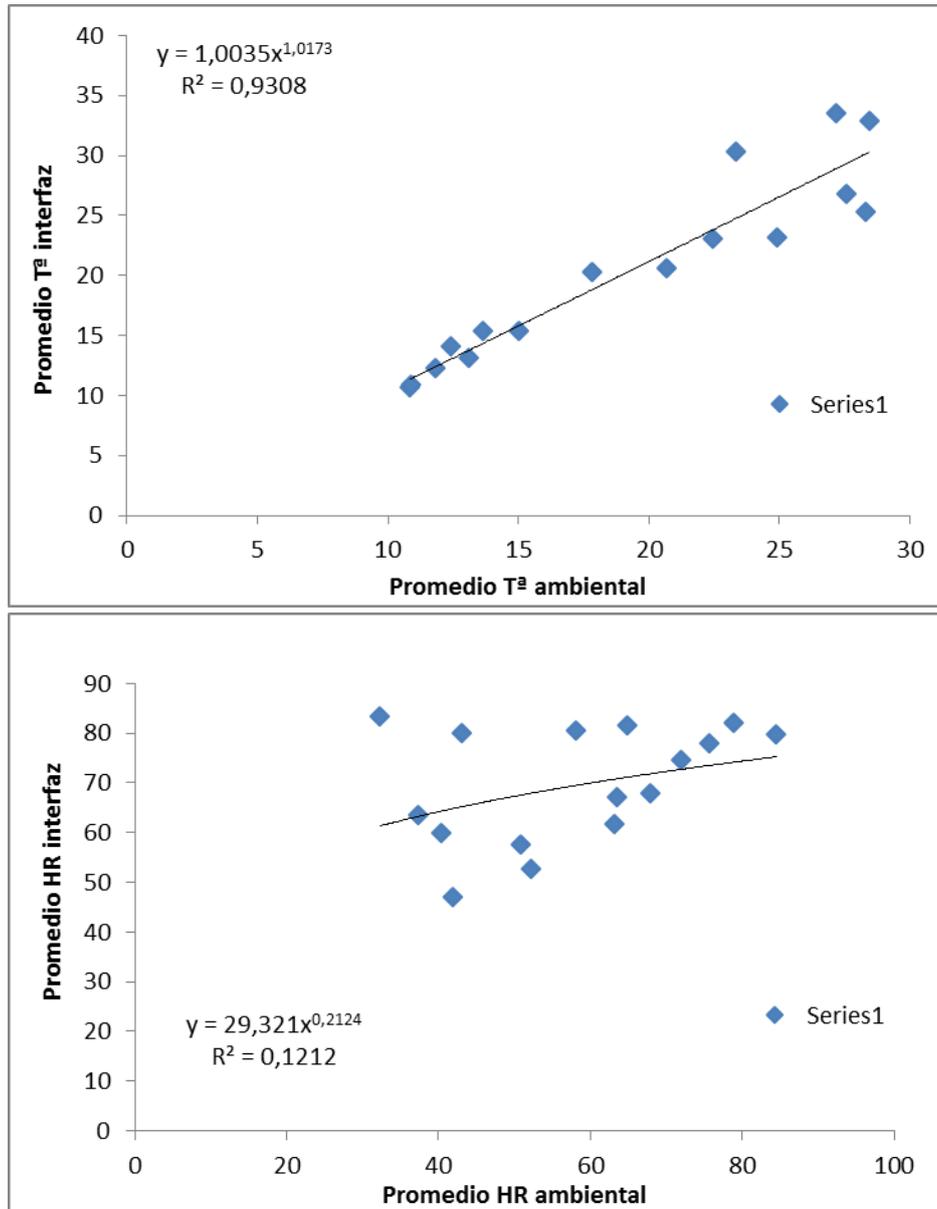


Figura 3.1.3. Representación de la Tª medida en la interfaz cebo-suelo frente a la Tª ambiental (arriba) y del promedio de la Humedad Relativa medida en la interfaz frente al promedio de la HR ambiental (abajo).

Como podemos observar (figura 3.1.3), a altas temperaturas ambientales se presentan mayores diferencias con las temperaturas en la interfaz cebo-suelo, bien porque el cadáver amortigua los cambios externos o bien por los propios procesos de la descomposición dependiendo del momento. Sin embargo, a bajas temperaturas ambientales las diferencias con la temperatura en la interfaz son mínimas.

En el caso de las humedades relativas, observamos que no hay una relación clara entre ambas, la ambiental y la de la interfaz (figura 3.1.3). A bajas humedades ambientales el cadáver condiciona una humedad en la interfaz normalmente superior, dependiendo del estado de descomposición, mientras que cuando las humedades ambientales son altas no se observan tantas diferencias.

3.2. Análisis de las etapas de la descomposición

Como se ha mencionado en el apartado Material y Métodos, en nuestro trabajo se ha seguido la clasificación de Early & Goff (1986) en la que se consideran cinco etapas de descomposición. En el anexo I se muestran fotografías representativas de cada estadio para las cuatro estaciones del año muestreadas.

En nuestro estudio, el estadio fresco empezó en el momento de la muerte y terminó cuando se observó que el cadáver comenzaba a hincharse. En la tabla 3.2.1 y la figura 3.2.1 se observa que, en las cuatro estaciones de muestreo, el estadio fresco se corresponde con los primeros dos o tres días, a excepción de la primavera, ya que en esta estación las temperaturas fueron muy bajas durante los primeros días. En este último caso, este estadio tuvo una duración mayor, yendo desde el primer día hasta el día 8.

El estadio enfisematoso fue el más difícil de acotar ya que, en algunas ocasiones, el cadáver no se mostró claramente hinchado debido a que, posiblemente por las bajas temperaturas, los gases producidos por los procesos metabólicos se fueron expulsando poco a poco. Esta etapa ocurrió en otoño desde el día 4 al 6. Durante el invierno y en la primavera fue muy poco aparente, quedando establecida entre los días 3 y 8 para la primera y 9 y 11 para la segunda. Por último, en verano, esta fase fue acotada entre el día 3 y el 5 (tabla 3.2.1, figura 3.2.1).

La fase de descomposición fue muy evidente ya que comenzó en el momento en el que la piel del cadáver se rompió por la presión producida por los gases y por la acción de las larvas de dípteros, presentando un fuerte olor a descomposición y mostrando una pérdida gradual de masa corporal debido a las larvas que se encuentran alimentándose de él. Esta etapa duró tan solo dos días en otoño y verano, tres días en primavera mientras que en invierno alcanzó una duración de 24 días (tabla 3.2.1, figura 3.2.1).

La descomposición tardía estuvo caracterizada por el abandono del cadáver por las larvas en busca de un sustrato para poder pupar. Normalmente este hecho va acompañado de una drástica pérdida de humedad en el cadáver que, progresivamente, se va registrando también en la interfaz cebo-suelo. En nuestro

estudio la duración de esta fase fue de dos días en otoño y en verano, ocho en primavera y diecisiete en invierno (tabla 3.2.1, figura 3.2.1).

Por último, durante los restos secos solo quedó piel y huesos. Como se observa en la tabla 3.2.1 y la figura 3.2.1, en el otoño y el verano se presentó muy al principio del muestreo (desde los días 11 y 10 respectivamente hasta el final), mientras que en primavera se registró desde el día 24 y en invierno a partir del día 52.

Tabla 3.2.1. Relación de los días de muestreo y las distintas etapas de la descomposición del cadáver para las cuatro estaciones de muestreo estudiadas en El Abuznel.

	Fresco	Enfisematoso	Descomposición	Descomposición tardía	Restos secos
Otoño	1-3	4-6	7-8	9-10	11 - final muestreo
Invierno	1-2	3-8	9-32	34-50	52 - final muestreo
Primavera	1-8	9-11	12-14	15-22	24 - final muestreo
Verano	1-2	3-5	6-7	8-9	10 - final muestreo



Figura 3.2.1. Representación gráfica de la duración en días de las distintas etapas del proceso de descomposición del cadáver para las cuatro estaciones del año en la localidad de El Abuznel.

3.3. Composición de la comunidad entomosarcosaprófaga

Durante el seguimiento realizado al cadáver se han recolectado 58.762 ejemplares, de los cuales se han identificado 52 especies y 28 familias pertenecientes a los órdenes de mayor relevancia forense, Diptera, Coleoptera e Hymenoptera englobados dentro del phylum Arthropoda (tablas 3.3.1 y 3.3.2). Del total de ejemplares recolectados, 45.168 lo fueron en estadio adulto y 13.594 en estadio preimaginal (tabla 3.3.3). La sistemática adoptada sigue la propuesta por Brusca & Brusca (2005).

Tabla 3.3.1. Listado de taxones recolectados durante el estudio.

Phylum Arthropoda

Clase Insecta

Orden Coleoptera

Familia Anthicidae

Familia Carabidae

Familia Cerambycidae

Familia Cleridae

Necrobia ruficollis (Fabricius, 1775)

Necrobia rufipes (Fabricius, 1781)

Necrobia violacea (Linnaeus, 1758)

Familia Dermestidae

Attagenus (Lanorus) trifasciatus (Fabricius, 1787)

Dermestes (Dermestinus) frischii Kugelann, 1792

Dermestes (Dermestinus) undulatus Brahm, 1790

Dermestes (Dermestinus) pardalis Billiberg, 1808

Familia Histeridae

Carcinops (Carcinops) pumilio (Erichson, 1834)

Hister grandicollis Illiger, 1807

Margarinotus (Promethister) marginatus (Erichson, 1834)

Saprinus (Saprinus) acuminatus (Fabricius, 1798)

Saprinus (Saprinus) algericus (Paykull, 1811)

Saprinus (Saprinus) caerulescens (Hoffmann, 1803)

Saprinus (Saprinus) deterius (Illiger, 1807)

Saprinus (Saprinus) cf. furvus Erichson, 1834

Saprinus (Saprinus) georgicus Marseul, 1862

Saprinus (Saprinus) lugens Erichson, 1834

Saprinus (Saprinus) maculatus (Rossi, 1792)

Saprinus (Saprinus) melas Kuster, 1849

Saprinus (Saprinus) niger Motschulsky, 1849

Saprinus (Saprinus) politus (Brahm, 1790)

Saprinus (Saprinus) semistriatus (Scriba, 1790)

Saprinus (Saprinus) subnitescens Bickhardt, 1909

Saprinus (Saprinus) tenuistrius Marseul, 1855

Familia Nitidulidae

Nitidula bipunctata (Linnaeus, 1758)

Nitidula carnaria cf. (Schaller, 1783)

Familia Scarabeidae

Onthophagus sp. Latreille, 1802

Tropinota sp. Mulsant, 1842

- Familia Silphidae
Thanatophilus ruficornis (Linnaeus, 1758)
- Familia Staphylinidae
Creophilus maxilloxus (Linnaeus, 1758)
Ocypus sp. Leach, 1819
 Subfam. Aleocharinae
- Familia Tenebrionidae
- Orden Diptera
 Suborden Brachycera
 Familia Anthomyiidae
 Familia Calliphoridae
Calliphora vicina Robineau-Desvoidy, 1830
Calliphora vomitoria (Linnaeus, 1758)
Chrysomya albiceps (Wiedemann, 1819)
Lucilia sericata (Meigen, 1826)
Lucilia caesar (Linnaeus, 1758)
Lucilia sp. Robineau-Desvoidy, 1830
 Subfam. Polleniinae
- Familia Carnidae
 Familia Chloropidae
 Familia Dolichopodidae
 Familia Dryomyzidae
 Familia Fanniidae
 Familia Heleomyzidae
 Familia Muscidae
Musca domestica Linnaeus, 1758
Muscina levida (Harrys, 1780)
Muscina prolapsa (Harrys, 1780)
Muscina stabulans Fallén, 1817
Hydrotaea meridionalis Portschinsky, 1882
- Familia Odiniidae
 Familia Piophilidae
 Familia Phoridae
 Familia Sarcophagidae
 Familia Sphaeroceridae
 Familia Tanypezidae
- Suborden Nematocera
 Familia Sciaridae
- Orden Hymenoptera
 Familia Apidae
Apis mellifera Linnaeus, 1758

Superfamilia Chalcidoidea

Familia Formicidae

Camponotus sylvaticus (Olivier, 1792)

Camponotus pilicornis (Roger, 1859)

Camponotus sp. Mayr, 1861

Solenopsis sp. Mayr, 1855

Formica subrufa Roger 1859

Hypoponera punctatissima (Roger, 1859)

Pheidole pallidula (Nylander, 1849)

Plagiolepis grassei Le Masne, 1956

Plagiolepis sp. Mayr, 1861

Tetramorium semilaeve Andre, 1883

Familia Vespidae

Vespula vulgaris (Linnaeus, 1758)

La trampa Schoenly fue el dispositivo que recogió mayores abundancias, con un total de 52.567 individuos (42.789 en estadio adulto y 9.778 en estadio preimaginal). El orden con mayor número de ejemplares recolectados fue Diptera, con 38.762 adultos y 7.787 preimaginales (88,6% del total recogido por dicha trampa). El otoño fue la estación con mayor abundancia, con 19.559 individuos adultos y 1.394 preimaginales. La siguiente estación en abundancia fue el verano, con un total de 12.183 adultos y 409 preimaginales. A continuación, se situó la primavera con 5.538 adultos y 3.347 preimaginales y, por último, en invierno se recogieron 1.482 individuos adultos y 2.637 preimaginales (figura 3.3.1, tabla 3.3.2).

El siguiente orden en abundancia fue Coleoptera, del que se recogió con la trampa Schoenly un total de 1.404 adultos y 1.991 preimaginales (6,5% del total). La estación en la que se registraron en mayor abundancia fue el verano con 266 adultos y 990 preimaginales, seguida por la primavera con 419 adultos y 440 preimaginales. Por último, se sitúan el invierno con un total de 514 adultos y 129 preimaginales, y el otoño con 205 adultos y 432 preimaginales (figura 3.3.1, tabla 3.3.3).

El orden Hymenoptera, tercero en importancia para esta trampa, estuvo representado por un total de 2.623 individuos (5,0%). La estación con mayor abundancia fue el otoño, con 1.864 ejemplares, seguida por el verano, con 509 individuos, la primavera, con 246 y, por último, el invierno con solo cuatro individuos (figura 3.3.1, tabla 3.3.2).

En las trampas de caída colocadas en las proximidades del cerdo se recolectó un total de 2.379 individuos en estadio adulto y 3.816 en estadio preimaginal. En este caso, el orden con mayor abundancia fue Diptera, con 1.281 adultos y 1.465 individuos en

estadio preimaginal, seguido del orden Coleoptera con 559 adultos y 2.351 preimaginales y, por último, el orden Hymenoptera con un total de 539 individuos (figura 3.3.2, tabla 3.3.2).

Tabla 3.3.2. Abundancia (número de individuos) de los órdenes considerados en el presente estudio, para cada estación del año, en cada una de las trampas utilizadas.

ESTACIÓN	Orden	Trampa de Schoenly		Trampa de Caída	
		Adultos	Preimaginales	Adultos	Preimaginales
OTOÑO	Coleoptera	205	432	33	22
	Diptera	19.559	1.394	157	976
	Hymenoptera	1.864	-	115	-
24.757					
INVIERNO	Coleoptera	514	129	7	5
	Diptera	1.482	2.637	70	108
	Hymenoptera	4	-	0	-
4.956					
PRIMAVERA	Coleoptera	419	440	33	168
	Diptera	5.538	3.347	800	55
	Hymenoptera	246	-	29	-
11.075					
VERANO	Coleoptera	266	990	486	2.156
	Diptera	12.183	409	254	326
	Hymenoptera	509	-	395	-
17.974					
		42.789	9.778	2.379	3.816
TOTAL	58.762	52.567		6.195	

Tabla 3.3.3. Abundancia total de los órdenes considerados en el conjunto de los muestreos para cada trampa.

Orden	Trampa de Schoenly		Trampa de Caída	
	Adultos	Preimaginales	Adultos	Preimaginales
Coleoptera	1.404	1.991	559	2.351
Diptera	38.762	7.787	1.281	1.465
Hymenoptera	2.623	-	539	-

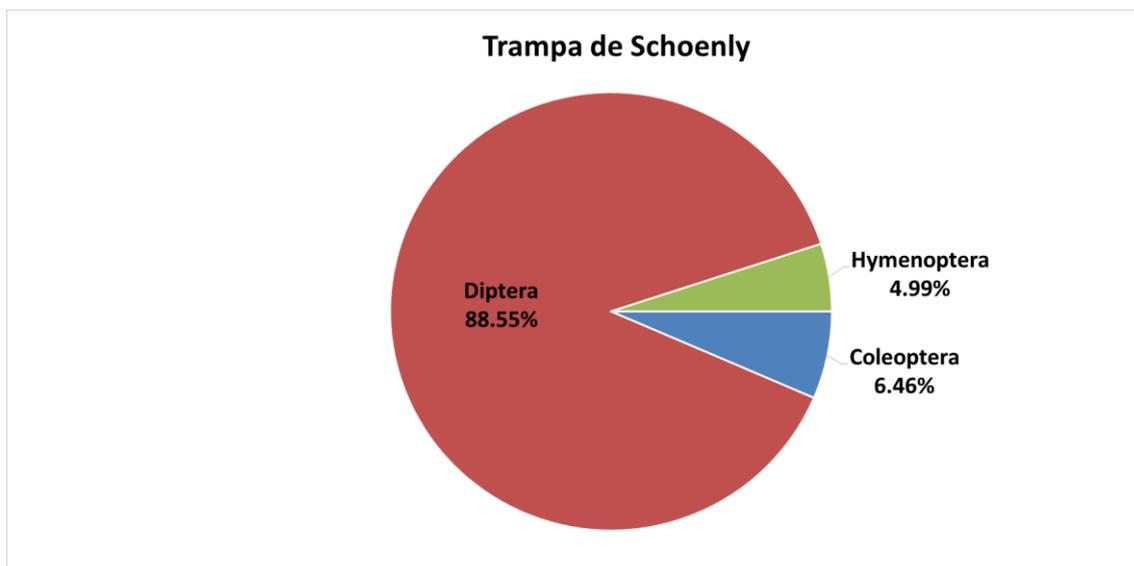


Figura 3.3.1. Porcentaje de abundancia de los distintos órdenes recolectados durante las cuatro estaciones en la trampa de Schoenly.

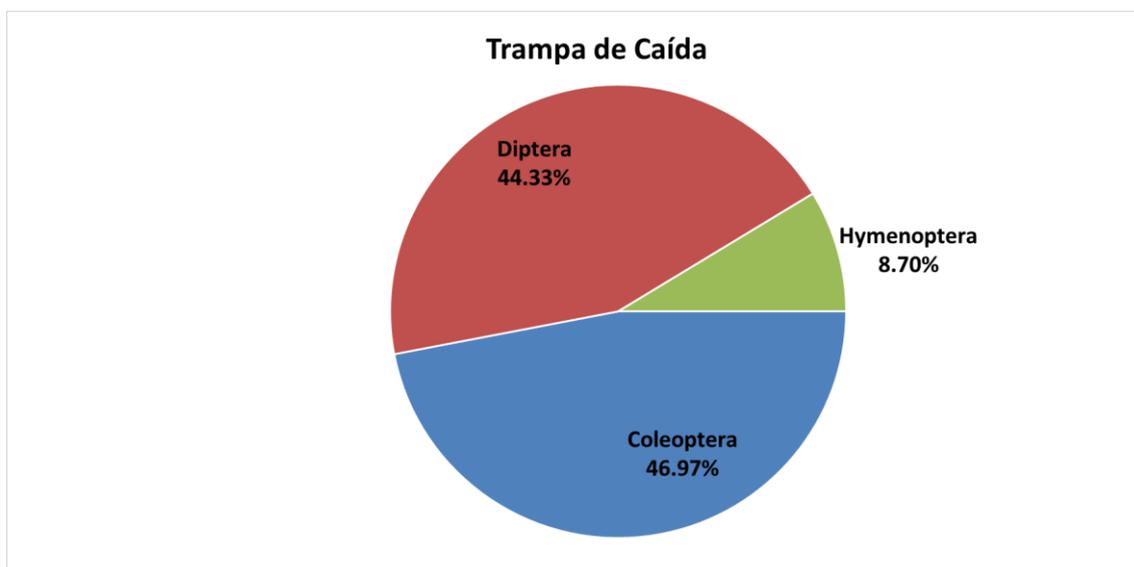


Figura 3.3.2. Porcentaje de abundancia de los distintos órdenes recolectados durante las cuatro estaciones en la trampa de caída.

En la trampa de caída solo se recogió un 10,54% del total de individuos, y solo algunos de los taxones, principalmente marchadores, como los Coleoptera (larvas de Dermestidae), siendo capturado el resto de forma más esporádica y ninguno de forma exclusiva. Por ello, coincidiendo con Pérez-Marcos (2013) y Mañas-Jordá (2013), se ha considerado que los resultados obtenidos con esta trampa no aportan información adicional sobre el poblamiento del cadáver, por lo que no se han tenido en cuenta a la hora de analizar los resultados.

3.4. Dinámica de los principales órdenes presentes en los restos en descomposición

Los principales órdenes encontrados en el cadáver durante este estudio y, por tanto, los que se consideran especialmente relevantes para el estudio de la fauna sarcosaprófaga, han sido Diptera, Hymenoptera y Coleoptera. Estos órdenes, por otro lado, cubren todo el espectro ecológico de la comunidad, pues entre sus especies se encuentran las cinco categorías consideradas: necrófaga, necrófila, omnívora, oportunista y accidental.

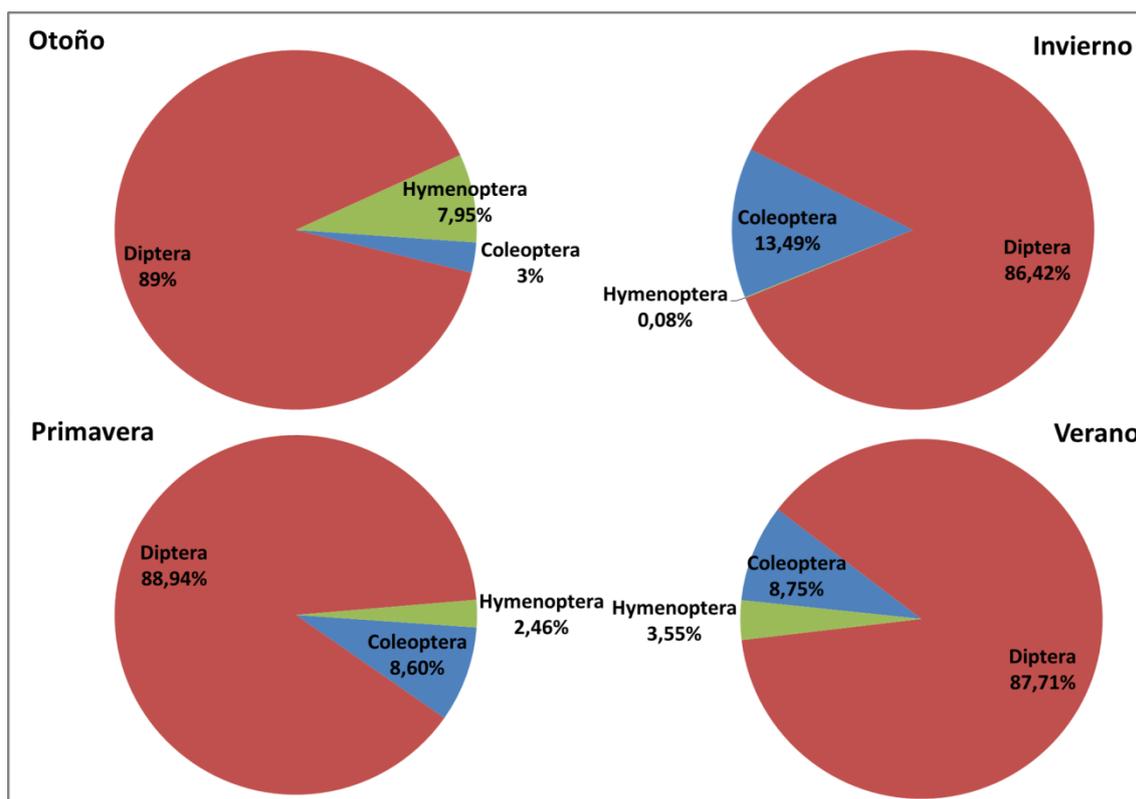


Figura 3.4.1. Porcentaje de abundancia para cada orden a lo largo de las estaciones muestreadas.

Los dípteros fueron el grupo más abundante en todas las estaciones, estando siempre por encima del 85% para cada periodo. En invierno y primavera, el segundo grupo en abundancia fue el de los coleópteros, teniendo en cambio una abundancia muy baja durante las estaciones de otoño y verano. Por último, el grupo de los himenópteros estuvo representado en otoño con un 8%, mientras que en primavera y verano estuvo siempre por debajo del 4%, y en invierno su aparición fue testimonial (figura 3.4.1).

3.4.1. Orden Diptera

Los dípteros son un grupo que habita en todas las partes del mundo debido, entre otras causas, al carácter sinantrópico de algunas de sus especies (Smith, 1986). Esto es, en buena medida, porque han desarrollado adaptaciones que les permiten alimentarse de gran diversidad de materiales, por lo que su rango alimenticio es muy amplio incluyendo desde materia orgánica en descomposición hasta néctar o sangre (Richard & Davies, 1977 en Arnaldos Sanabria, 2000).

En un gran número de publicaciones se hace referencia a la relación de este grupo de artrópodos con los restos en descomposición, siendo uno de los más característicos de la fauna entomosarcosaprófaga (Mégnin, 1894; Schoenly, 1981; Early & Goff, 1986; Hewadikaram & Goff, 1991; Tantawi *et al.*, 1996; Arnaldos *et al.*, 2001; Benbow *et al.*, 2013; Charabizde & Gosselin, 2014, entre otros).

Constituyen el grupo predominante en los estadios tempranos de la descomposición de un cadáver, y algunas de las familias de este orden son unos de los mejores indicadores del intervalo *postmortem*, aunque hay que tener en cuenta que, ya se ha indicado, tanto la composición específica de la entomofauna como sus parámetros vitales varían con la región biogeográfica y sus características ambientales (Anderson, 2010), lo cual tiene una gran importancia y repercusión a efectos prácticos forenses.

Como hemos mencionado anteriormente, en las cuatro estaciones muestreadas en el presente estudio los dípteros fueron el orden más abundante, alcanzando un total de 38.762 individuos adultos y 7.787 en estadio preimaginal.

Durante el otoño, los Dípteros se mostraron abundantes (89% del total), presentándose desde los primeros días del muestreo, aunque con un número de individuos relativamente bajo durante el estadio fresco. Su abundancia fue aumentando en la fase enfisematosa para alcanzar el máximo en la descomposición y descender bruscamente en la descomposición tardía, desapareciendo casi al inicio de la fase de restos secos. El pico detectado, posteriormente, en esta misma fase podría deberse a la emergencia de adultos de la generación criada en el cadáver que, como es lógico, se produjo en unos pocos días, desapareciendo prácticamente por completo a partir de entonces (figura 3.4.2a).

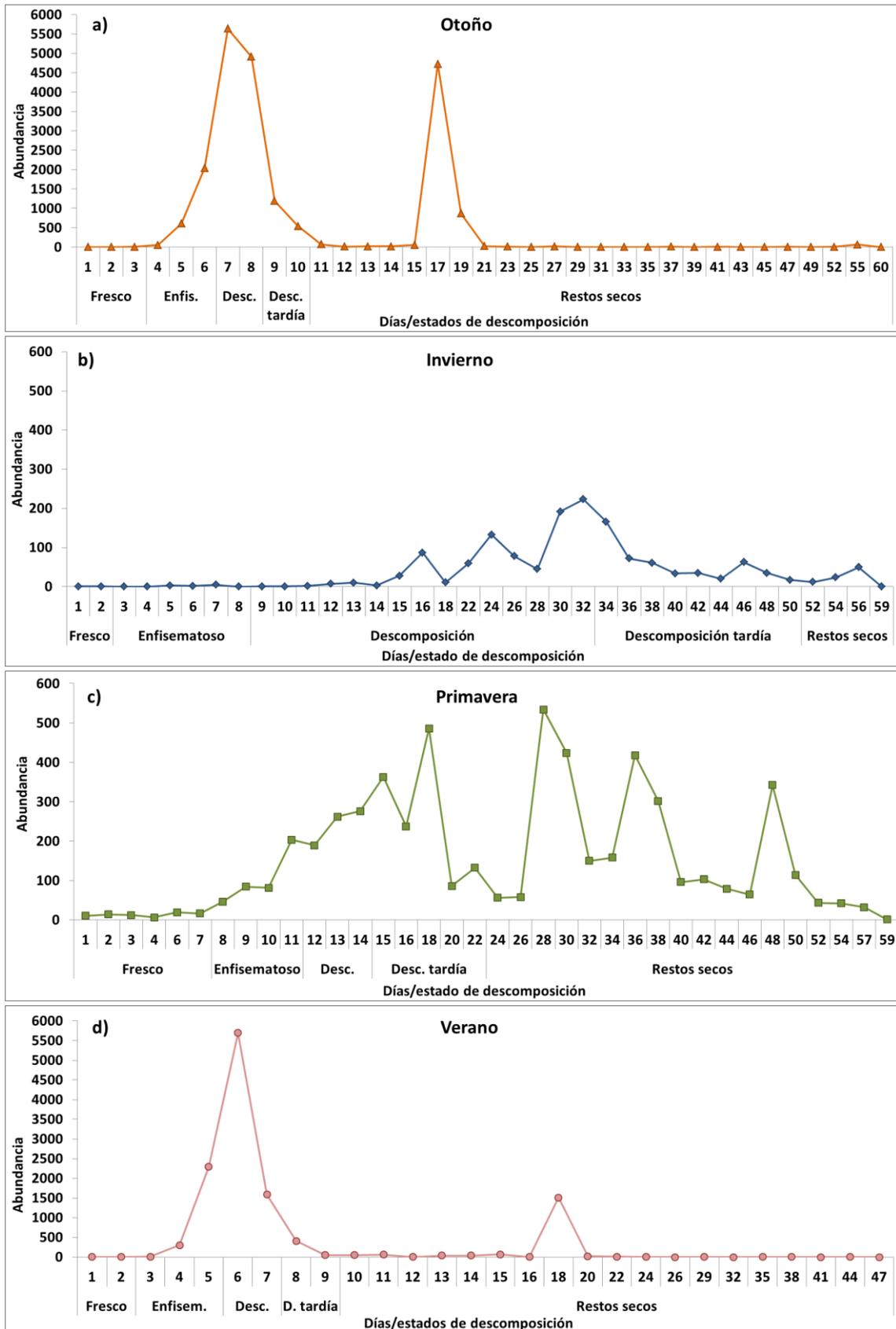


Figura 3.4.2. Abundancia de los adultos del orden Diptera durante los cuatro periodos de muestreo.

En invierno, los dípteros se recogieron desde el primer día de muestreo, siendo sus abundancias relativamente bajas hasta la mitad de la fase de descomposición, cuando empezaron a aumentar, con oscilaciones, alcanzando su máximo al final de esta fase. A partir de la descomposición tardía, su abundancia bajó drásticamente, manteniendo su presencia hasta el final del muestreo, pero ya con muy pocos individuos (figura 3.4.2b).

Durante la primavera, también fueron recogidos desde el primer día de exposición del cadáver. A partir de la fase enfisematosa las abundancias se incrementaron lentamente hasta alcanzar el máximo durante la fase de descomposición tardía. Después, hubo un marcado descenso de la abundancia para volver a aparecer tres picos más durante la fase de restos secos (figura 3.4.2c).

Por último, durante el verano, los dípteros aparecieron igualmente desde el primer día, con el cadáver fresco. La dinámica se ajustó a lo observado durante el otoño, con un aumento de la abundancia muy brusco durante la fase enfisematosa para alcanzar el máximo en el inicio de la descomposición. Durante la fase de descomposición tardía las abundancias bajaron considerablemente pero el grupo se mantuvo presente y, durante los restos secos, se observó un segundo pico que, como se ha mencionado, puede deberse a la generación criada en el cadáver (figura 3.4.2d).

Se recogieron individuos de los dos subórdenes, Brachycera y Nematocera (tabla 3.4.1), destacando en importancia el primero de ellos (Smith, 1986). Además de ser el grupo más abundante, dentro de los braquíceros se encuentran las familias más relevantes a la hora de determinar el intervalo *postmortem* (Smith, 1986), como la familia Calliphoridae, que es la primera en llegar al cadáver (Arnaldos *et al.*, 2005).

Al nivel de familia, de los 38.762 dípteros adultos recogidos en total, la familia Calliphoridae representó el 71,96%. La siguiente familia, ya con una abundancia muy inferior respecto los califóridos, fue Muscidae, que representó un 17,74%. Les sigue la familia Sphaeroceridae, con un 6,49%, mientras que las demás familias se recogieron en un porcentaje inferior al 2% del total (tabla 3.4.1 y figura 3.4.3).

Tabla 3.4.1. Abundancia (número de individuos) de las familias de los subórdenes Nematocera y Brachycera, para cada una de las estaciones.

Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	TOTAL
NEMATOCERA					
Sciaridae	15	69	341	6	431
No identificados	6	7	14	0	27
BRACHYCERA					0
Calliphoridae	17.856	1.128	2.414	6.496	27.894
Muscidae	1.348	43	86	5.401	6.878
Sphaeroceridae	79	76	2.356	4	2.515
Phoridae	86	100	154	86	426
Sarcophagidae	70	6	62	80	218
Heleomyzidae	36	5	54	0	95
Drosophilidae	28	1	0	47	76
Fanniidae	2	27	18	14	61
Piophilidae	24	2	6	1	33
Anthomyiidae	1	0	20	1	22
Carnidae	0	0	3	0	3
Odiniidae	0	0	2	0	2
Dolichopodidae	0	0	2	0	2
Lauxaniidae	1	1	0	0	2
Asilidae	0	0	0	2	2
Dryomyzidae	0	0	1	0	1
Tanypezidae	0	0	1	0	1
Chloropidae	0	0	1	0	1
No identificados	7	17	3	45	72
TOTAL	19.559	1.482	5.538	12.183	38.762
LARVAS					
Larvas Calliphoridae	401	2.637	3.347	80	6.465
Larvas <i>Chrysomya albiceps</i>	967	0	0	329	1.296
Larvas Sarcophagidae	26	0	0	0	26
TOTAL	1.394	2.637	3.347	409	7.787

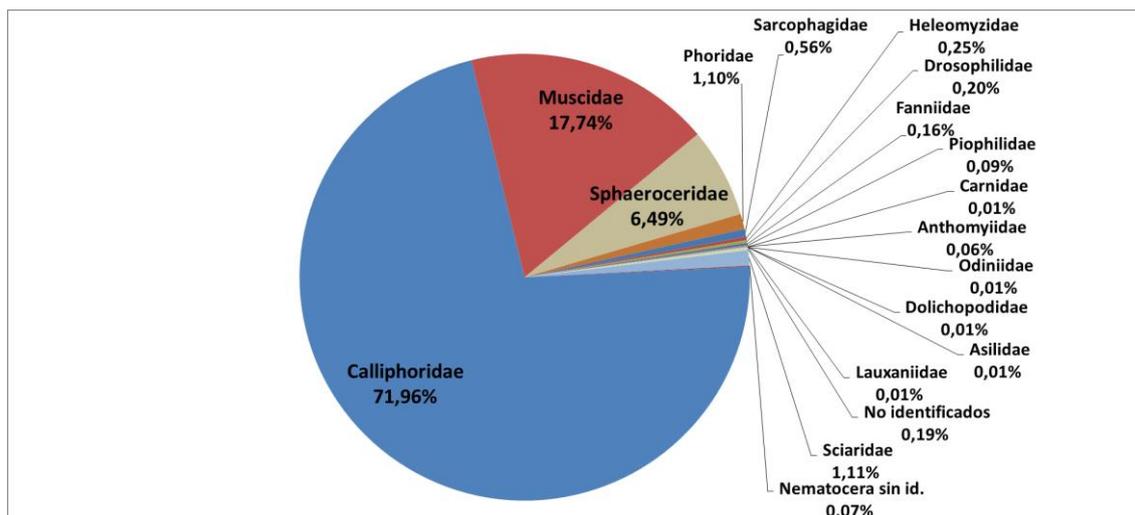


Figura 3.4.3. Abundancias de las Familias del orden Diptera recogidas durante todo el periodo de muestreo.

La familia Calliphoridae también fue la más abundante en todas y cada una de las estaciones, con un 91,29% del total de todos los dípteros del otoño, 76,11% en invierno, 43,59% en primavera y 53,32% en verano. En otoño, la familia que le siguió en abundancia fue Muscidae con un 6,89%. En invierno, le siguieron las familias Phoridae (6,75%), Sphaeroceridae (5,13%) y Sciaridae (4,66%). Durante la primavera, le siguió la familia Sphaeroceridae, con un 42,54%. Por último, durante el verano, la segunda familia en abundancia fue Muscidae con un 44,33% (figura 3.4.4).

En los trabajos realizados sobre fauna entomosarcosaprófaga en la Península Ibérica, la familia Calliphoridae ha sido siempre la más capturada (Arnaldos *et al.*, 2001; Castillo Miralbés, 2002; García Rojo, 2004; López dos Santos, 2008; Martín Vega, 2011; Prado e Castro *et al.*, 2011a, 2012a; Pérez Bote *et al.*, 2012; Peralta Álvarez *et al.*, 2013; Begoña Gaminde, 2015). Sin embargo, sí se encuentran diferencias en el orden de dominancia en el resto de familias de los Diptera. Estas diferencias podrían deberse a las distintas condiciones ambientales de cada lugar. El orden de aparición y las abundancias de las familias de dípteros observados en nuestro trabajo coinciden, en términos generales, con lo obtenido en los trabajos anteriormente mencionados.

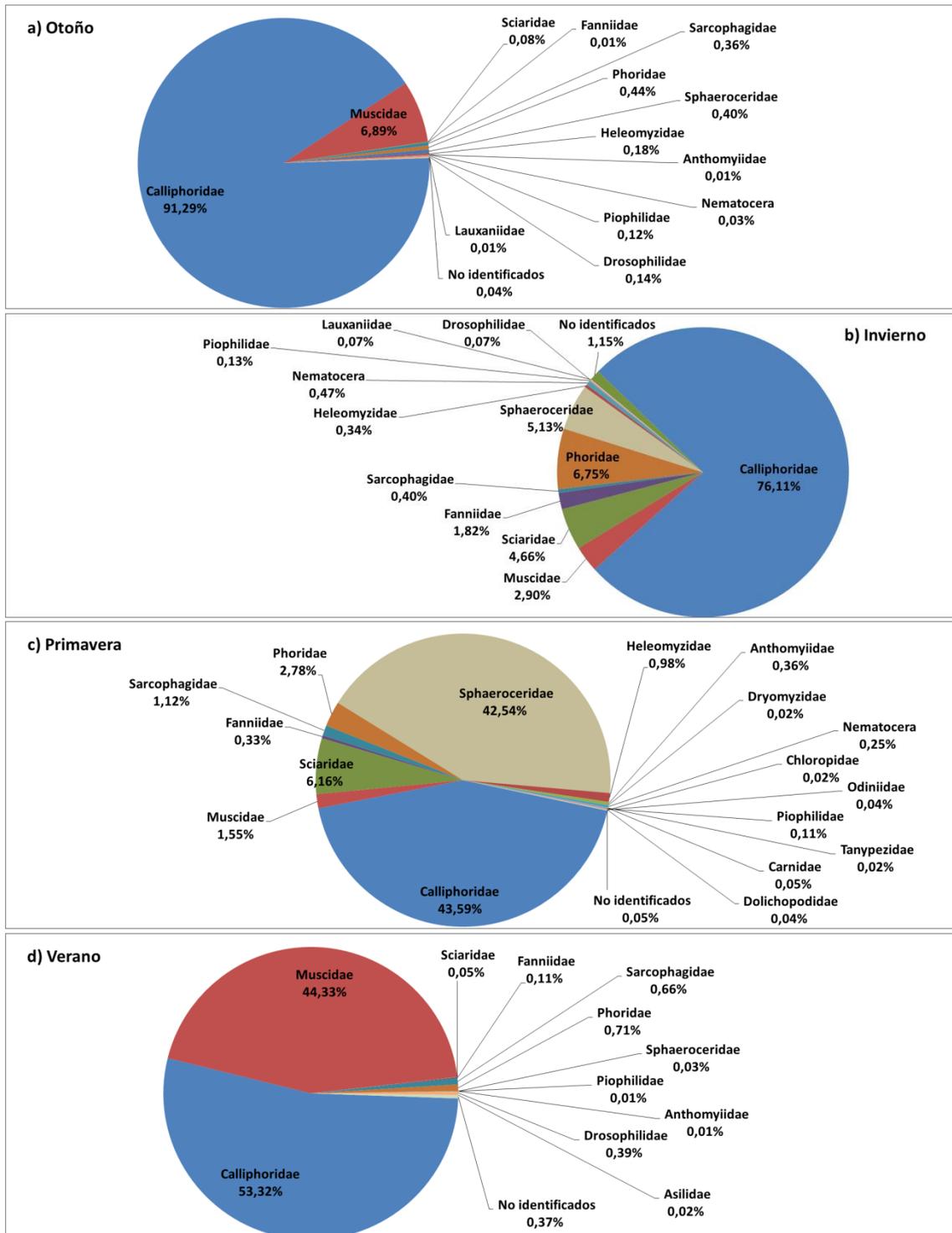


Figura 3.4.4. Abundancias de las Familias del orden Diptera recogidas durante las cuatro estaciones prospectadas.

Familia Calliphoridae

Los califóridos suelen ser el primer grupo en encontrar el cadáver, ya que esta familia es un colonizador primario (Tantawi *et al.*, 1996; Oliva, 1997; Arnaldos *et al.*, 2015), al menos en las regiones templadas. Esta familia, junto con los sarcófágidos y los múscidos, es de las más importantes a la hora de estimar el intervalo *postmortem* (Arnaldos *et al.*, 2005). Incluye las moscas verdes, como *Lucilia* spp. o *Chrysomya* spp., y las moscas azules, pertenecientes al género *Calliphora*. La mayoría de las especies tienen un color metálico característico que, normalmente, es verde, azul, bronce o negro. Sus huevos suelen ser depositados, preferentemente, en los orificios del cuerpo o en las heridas o lesiones que pueda presentar el cadáver (Byrd & Castner, 2010).

Esta familia aparece citada en numerosos trabajos que tratan sobre la sucesión faunística en cadáveres y sobre la fauna sarcosaprófaga (p.e. Fuller, 1934; Reed, 1958; Payne, 1965; Early & Goff, 1986; Goff *et al.*, 1986; Hewadikaram & Goff, 1991; Schoenly *et al.*, 1991; De Souza & Linhares, 1997; Arnaldos Sanabria, 2000; Arnaldos *et al.*, 2001, 2004; Campobasso *et al.*, 2001; Wolff *et al.*, 2001; Castillo Miralbés, 2002; Battán-Horenstein, 2008; Battán-Horenstein *et al.*, 2010; Matuszewski *et al.*, 2011; Prado e Castro *et al.*, 2011a, 2012a; Charabidze *et al.*, 2012; Farinha *et al.*, 2014; Begoña Gaminde, 2015). También hay un número importante de trabajos en los que se refieren a ella como prueba entomológica en la estimación del IPM (p.e. Amendt *et al.*, 2000, 2011; Arnaldos *et al.*, 2001, 2004, 2005; Marchenko, 2001; Ames & Turner, 2003; VanLaerhoven, 2008; García Rojo *et al.*, 2009; Matuszewski *et al.*, 2010; Charabidze *et al.*, 2011; Vanin *et al.*, 2011).

De los 27.894 individuos adultos recogidos de la familia Calliphoridae, el 64% lo fueron durante el otoño, con un total de 17.856 individuos. Durante el verano se recogieron 6.496 ejemplares (23% del total) y las estaciones donde se presentaron abundancias más bajas fueron primavera, con un 9% (2.414 individuos), e invierno, con un 4% (1.128 individuos) (tabla 3.4.2 y figura 3.4.5).

Chrysomya albiceps fue la especie más abundante, con 24.881 individuos adultos repartidos entre las cuatro estaciones. A continuación, se encuentran *Calliphora vicina* y *Calliphora vomitoria*, con 1.702 y 990 adultos respectivamente, las especies de la subfamilia Polleniinae, con 234 ejemplares, y por último las especies pertenecientes al género *Lucilia*, con 66 individuos de *L. sericata*, 11 identificados solo al nivel de género por no estar en buenas condiciones los ejemplares, y 10 individuos de *L. caesar* (tabla 3.4.2).

Tabla 3.4.2. Abundancia (número de individuos adultos) de la subfamilia Polleniinae y de las especies de la familia Calliphoridae encontradas.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
<i>Chrysomya albiceps</i>	17.765	56	587	6.473	24.881
<i>Calliphora vicina</i>	45	668	987	2	1.702
<i>Calliphora vomitoria</i>	15	304	671	0	990
<i>Lucilia sericata</i>	22	2	28	14	66
<i>Lucilia</i> sp.	4	0	7	0	11
<i>Lucilia caesar</i>	4	0	1	5	10
Polleniinae	1	98	133	2	234
TOTAL	17.856	1.128	2.414	6.496	27.894

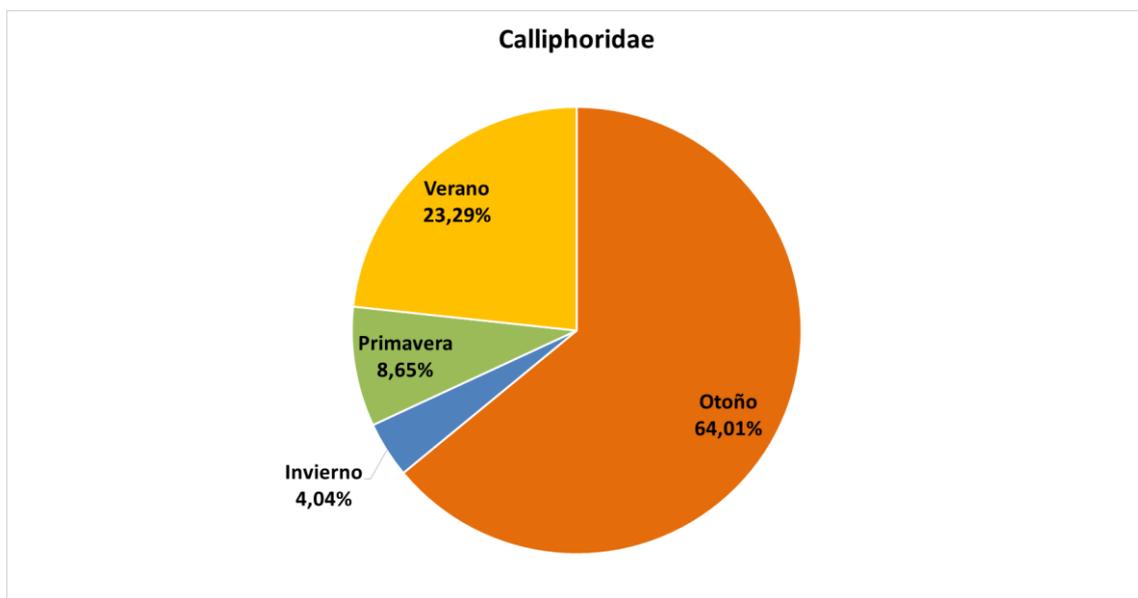


Figura 3.4.5. Porcentaje de abundancia de la familia Calliphoridae para cada una de las estaciones de muestreo.

A continuación pasamos a mostrar la dinámica y la abundancia de los adultos y los estadios preimaginales de las distintas especies de la familia Calliphoridae, entrando en detalle en las especies más relevantes.

Chrysomya albiceps (Wiedemann, 1819)

En diversos estudios se ha observado la preferencia clara de los imagos de esta especie por la materia en descomposición. Sus larvas son, en el primer estadio, necrófagas, pero en los estadios más avanzados pueden ser predadoras, alimentándose también de las larvas de otros dípteros, incluso de sus congéneres. Aunque habitualmente las larvas de los dípteros migran grandes distancias y se suelen proteger para pupar, las larvas de esta especie migran debajo del cadáver y no se entierran, siendo más sensibles a la parasitación (Verdú, 1991; Arnaldos Sanabria, 2000). Según González Mora & Peris (1988) esta especie se encuentra citada en casi toda la Península Ibérica, teniendo sus máximos poblacionales durante los meses más cálidos (Martínez Sánchez, 1997).

Como ya se ha mencionado, *Chrysomya albiceps* fue la especie más abundante durante el otoño, con un total de 17.765 individuos. Se recogió a partir del estadio enfisematoso, aumentando las abundancias rápidamente hasta obtener un primer pico al principio de la fase de descomposición. Las abundancias bajaron en los siguientes días, durante la descomposición tardía, obteniéndose un segundo pico durante los primeros días de los restos secos, el cual coincide con la emergencia de una segunda generación, y a partir del cual las abundancias bajaron drásticamente, llegando a desaparecer o apareciendo solo en días puntuales (figura 3.4.6a).

Durante el invierno, solo aparecieron 56 ejemplares en la trampa. Durante la descomposición se recogieron ejemplares sueltos, y se obtuvo el máximo en la descomposición tardía, desapareciendo al final de esta fase (figura 3.4.6b).

En primavera se recogió a partir de la fase de la descomposición. Su abundancia fue aumentando hasta obtener su máximo durante la descomposición tardía, a partir del cual hubo una notable caída y, durante los restos secos, se observó un segundo pico menos marcado correspondiente a la emergencia de una segunda generación (figura 3.4.6c).

Por último, durante el verano también fue la especie más abundante, recogándose un total de 6.473 individuos. Aparecieron a partir de la fase enfisematosa y sus abundancias aumentaron rápidamente hasta obtener su máximo al inicio de la descomposición, para disminuir posteriormente durante la descomposición tardía. En los restos secos se observó de nuevo un segundo pico a partir del cual las abundancias disminuyeron de nuevo llegando a desaparecer (figura 3.4.6d).

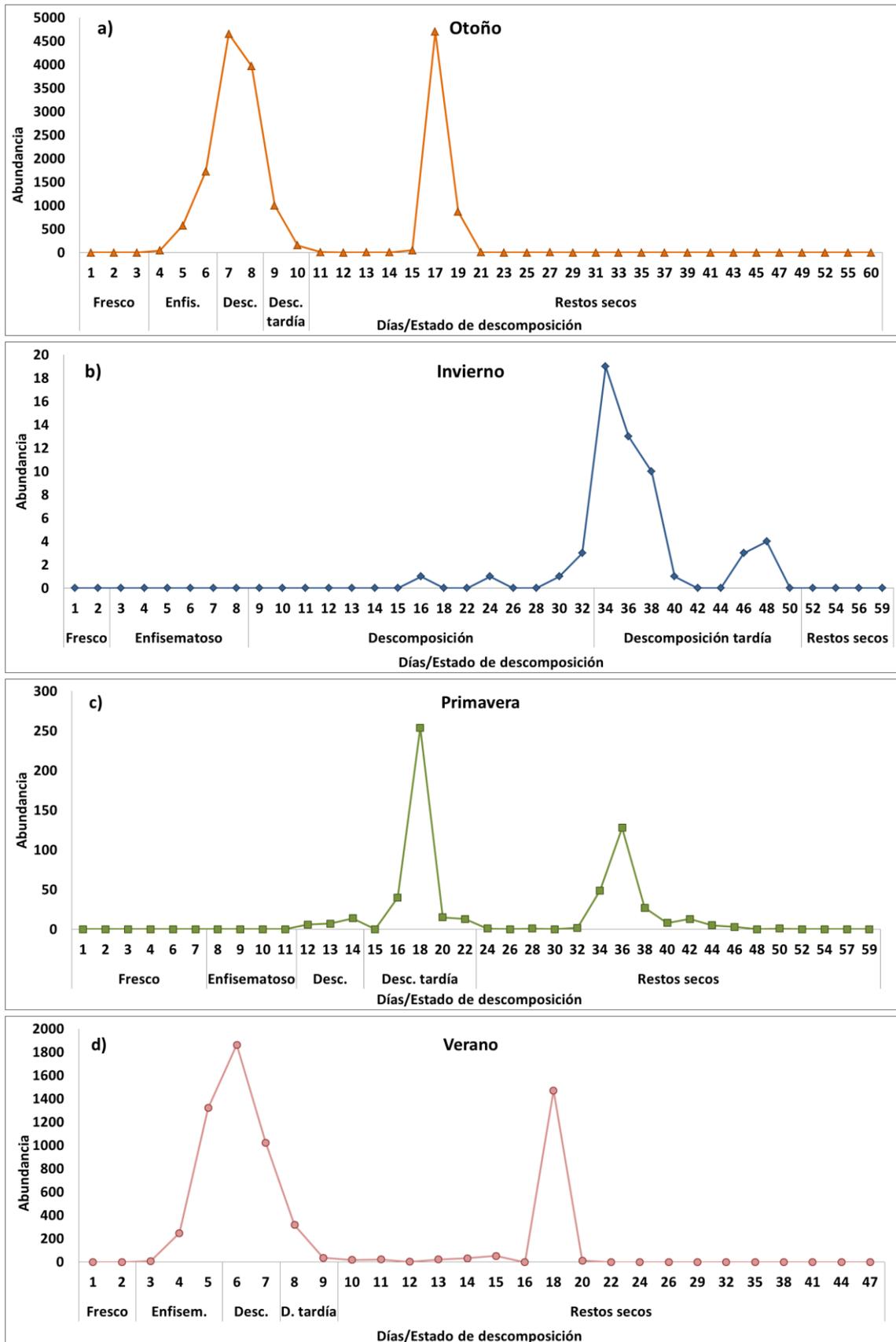


Figura 3.4.6. Abundancia y dinámica de la especie *Chrysomya albiceps* para las cuatro estaciones de muestreo.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Martínez Sánchez (1997), en Alicante, Arnaldos Sanabria (2000) en un ambiente periurbano de la Región de Murcia, Battán-Horenstein *et al.* (2010) en Argentina, y Prado e Castro *et al.* (2012a) en Lisboa, siendo en todos los casos la especie más abundante durante los meses más cálidos del muestreo, confirmándose en principio su preferencia estacional, lo que es un dato importante a escala forense.

Calliphora vicina Robineau-Desvoidy, 1830

Se trata de una especie con una distribución muy amplia, considerándose cosmopolita (González Mora, 1989). Los adultos suelen frecuentar la fruta, carne fresca o en descomposición y los excrementos (Arnaldos Sanabria, 2000). Es habitual en las viviendas humanas, donde busca alimento, y en los basureros de las ciudades (González Mora, 1989). Las larvas se desarrollan en restos animales en descomposición y son productoras de miasis (Zumpt, 1965 en Arnaldos Sanabria 2000). Se considera una especie adaptada a bajas temperaturas en zonas templadas, pudiendo completar su ciclo a 15°C. A 12°C cesa su actividad voladora, y por debajo de los 4°C los huevos no pueden eclosionar (Arnaldos Sanabria, 2000; Bonacci *et al.*, 2009).

Durante el otoño esta especie apareció en muy baja abundancia, recogándose a partir del final de la fase fresca, y desapareciendo en la descomposición. Durante el resto de fases, descomposición tardía y restos secos, apareció en días puntuales, con un pequeño pico al final de esta última (figura 3.4.7a).

En el muestreo de invierno fue la especie más abundante, con 668 individuos. Aparecieron individuos sueltos, puntualmente, en los primeros días y fue a partir de la fase de descomposición cuando las abundancias aumentaron progresivamente hasta un máximo al final de la misma. Las abundancias disminuyeron pero unos pocos individuos se mantuvieron presentes durante la fase de restos secos (figura 3.4.7b).

En primavera fue, también, la especie más abundante con un total de 987 individuos adultos. Se recogió desde el primer día de muestreo en el estadio fresco y, a partir de ahí, fue aumentando su número progresivamente, alcanzando un máximo durante la fase de descomposición. En la descomposición tardía la abundancia de esta especie fue disminuyendo progresivamente, observándose un segundo pico durante los restos secos que, como en *Chrysomya albiceps*, podría deberse a la emergencia de los adultos de la generación criada en el cadáver y, a partir del día 42, desapareció por completo (figura 3.4.7c).

Durante el verano se recogieron solo dos individuos en los primeros días del muestreo (figura 3.4.7d).

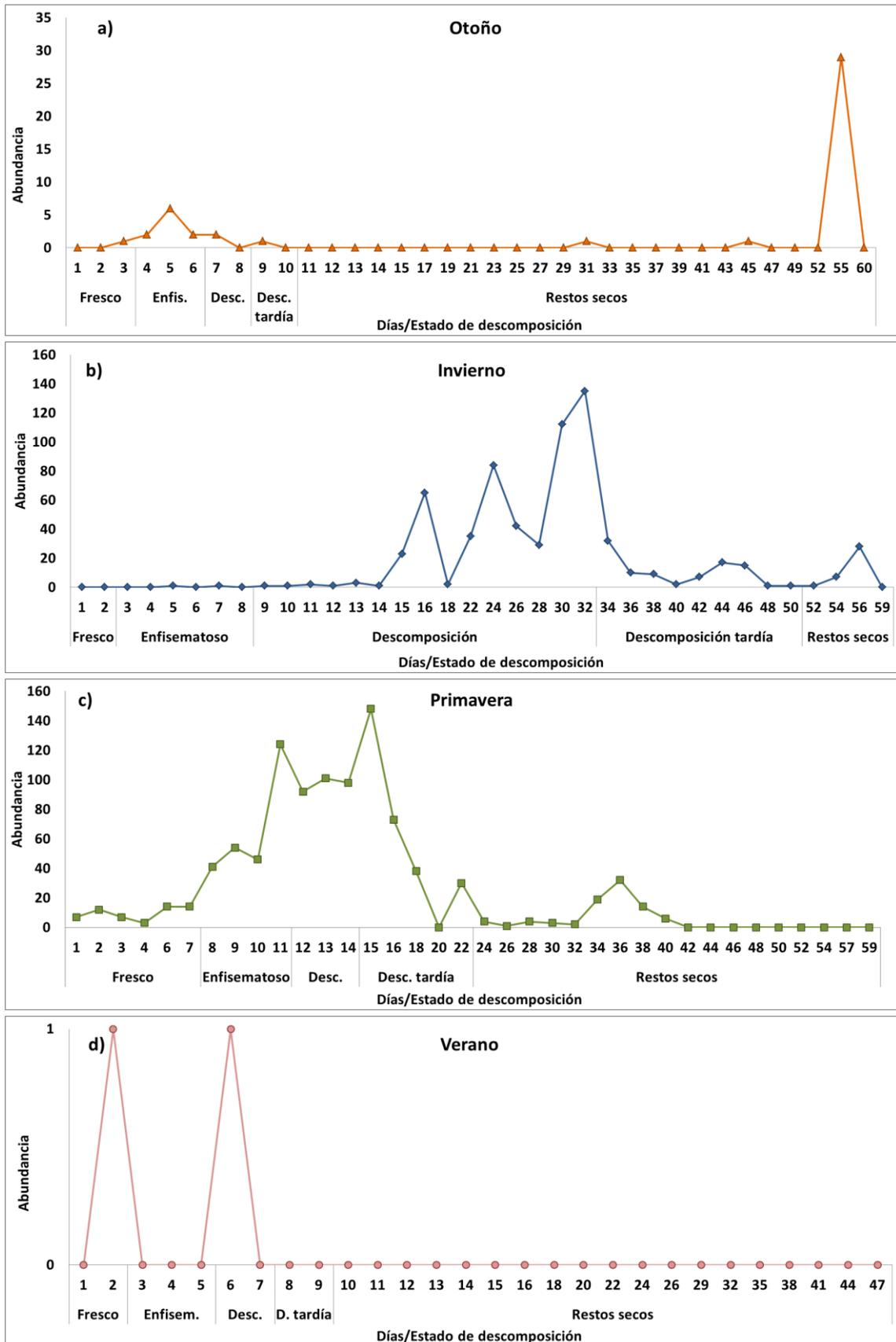


Figura 3.4.7. Abundancia y dinámica de la especie *Calliphora vicina* para las cuatro estaciones de muestreo.

Nuestros resultados coinciden con el hecho de que *Calliphora vicina* es una especie predominante en las primeras fases de descomposición y la que llega primero al cadáver, considerándose una especie primaria en la sucesión faunística (Reed, 1958; Tantawi *et al.*, 1996; Arnaldos Sanabria, 2000; Begoña Gaminde, 2015). Estacionalmente hay que resaltar que, en nuestro trabajo, esta especie fue predominante en invierno y primavera, lo cual coincide con el invierno de Arnaldos Sanabria (2000) en una zona periurbana de Murcia, con los datos de Begoña Gaminde (2015) en El Morrón, Sierra Espuña, los estudios en Madrid de Martín-Vega & Baz (2013a) y con Prado e Castro (2012a) en Lisboa. El hecho de que hayamos obtenido abundancias tan importantes en primavera, aun cuando esta especie se asocia a estaciones más frías, se explica por las bajas temperaturas registradas en el año del muestreo en esta estación.

Calliphora vomitoria (Linnaeus, 1758)

Esta especie tiene unos hábitos y una biología muy similares a los de *Calliphora vicina* aunque suele encontrarse en ambientes más rurales. Según Smith (1986), cuando ambas especies se encuentran juntas, *C. vomitoria* suele ser menos abundante. No obstante, trabajos más recientes apuntan a que no siempre es así, como en Prado e Castro (2011b) y Begoña Gaminde (2015). Se la señala, en diferentes estudios, como una especie poco abundante en la fauna sarcosaprófaga, pero siempre como especie primaria, apareciendo los primeros días de la descomposición (Arnaldos Sanabria, 2000). Las larvas se desarrollan sobre materia orgánica en descomposición, sobre todo cadáveres (González Mora, 1989).

En otoño apareció durante la fase de restos secos puntualmente el día 55, no habiendo sido detectada antes (figura 3.4.8).

Durante el invierno fue la segunda especie en abundancia, con 304 individuos. Aparecieron por primera vez durante la fase de la descomposición, aumentando sus abundancias progresivamente hasta alcanzar un máximo durante la descomposición tardía; a partir de ese momento, las abundancias disminuyeron paulatinamente hasta desaparecer durante los restos secos (figura 3.4.8).

En la primavera se encontró un total de 671 adultos. Aparecieron durante la fase fresca y su abundancia fue aumentando progresivamente durante la fase enfisematosa hasta alcanzar un pico en la descomposición. A partir de ese momento las abundancias disminuyeron llegando a desaparecer, aunque durante los restos secos se encontraron algunos ejemplares. En ambos casos, esta especie apareció retrasada con respecto a *C. vicina* (figura 3.4.8).

Por último, en el verano no estuvo presente en ninguno de los días del muestreo (figura 3.4.8).

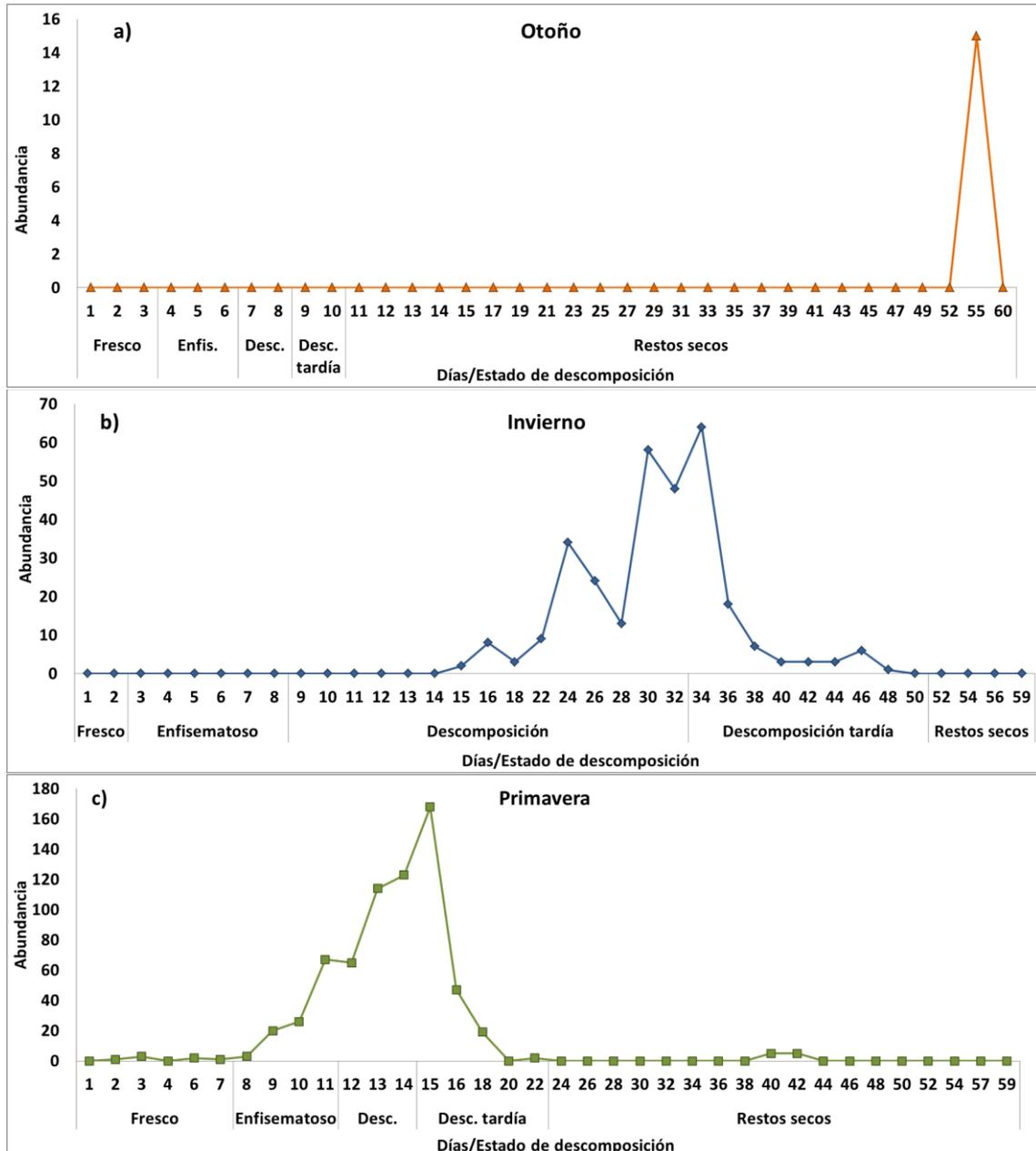


Figura 3.4.8. Abundancia y dinámica de la especie *Calliphora vomitoria* para las cuatro estaciones de muestreo a excepción del verano, en la cual no se recogió ningún individuo.

En nuestro trabajo, *C. vomitoria* se encontró con una distribución estacional muy similar a la de *C. vicina* (principalmente en primavera e invierno), lo que coincide con los resultados de Begoña Gaminde (2015) en El Morrón pero, en nuestro caso, siempre con menor abundancia de *C. vomitoria*. En el trabajo realizado por Prado e Castro *et al.* (2012a) en Lisboa, *C. vomitoria* estuvo presente durante todo el año, siendo muy numerosa durante el invierno. En Arnaldos Sanabria (2000), en un ambiente

periurbano de la región de Murcia, se recogió solo en invierno pero en muy baja abundancia. El que en nuestro estudio aparezca con una abundancia mayor podría deberse a que es una especie que prefiere ambientes rurales al mismo tiempo que las temperaturas bajas (Smith 1986).

Relacionando las tres especies de califóridos descritas, podemos observar una cierta estacionalidad pues *Calliphora vicina* y *C. vomitoria* aparecieron predominantemente en invierno y primavera, mientras que *Chrysomya albiceps* apareció en otoño y verano. Estos resultados apuntan al valor que tienen estos taxones como indicadores estacionales, lo cual es de gran interés para la práctica forense.

Otras especies pertenecientes a la familia Calliphoridae

Como ya se ha mencionado, el resto de taxones de la familia Calliphoridae se recogieron con abundancias muy bajas. Se trata fundamentalmente de las especies *Lucilia sericata*, *L. caesar* y la subfamilia Polleniinae.

En otoño (figura 3.4.9a), los primeros individuos de *Lucilia sericata* aparecieron en el estadio enfisematoso, con un aumento en la abundancia hasta obtener un máximo durante esta misma fase. Durante la descomposición y la descomposición tardía, las abundancias disminuyeron drásticamente para posteriormente, durante los restos secos, mostrar un segundo pico. *Lucilia caesar* y los individuos pertenecientes a la subfamilia Polleniinae aparecieron en días puntuales.

En invierno (figura 3.4.9b), los primeros individuos que se encontraron fueron de la subfamilia Polleniinae, a partir de la descomposición tardía, manteniéndose presentes con oscilaciones hasta los restos secos. *L. sericata* apareció solo en días puntuales de la descomposición tardía.

Durante la primavera, estos individuos comenzaron a recogerse durante el estadio enfisematoso, teniendo sus máximos durante la descomposición tardía. Los individuos de la familia Polleniinae se mantuvieron presentes al principio de los restos secos, desapareciendo antes del final del muestreo (figura 3.4.9c).

Por último, durante el verano, las especies poco abundantes aparecieron durante la fase enfisematosa, obteniéndose el máximo de *L. sericata* durante el final de esta fase y desapareciendo a partir de la descomposición tardía. El resto de taxones apareció solo en días puntuales (figura 3.4.9d).

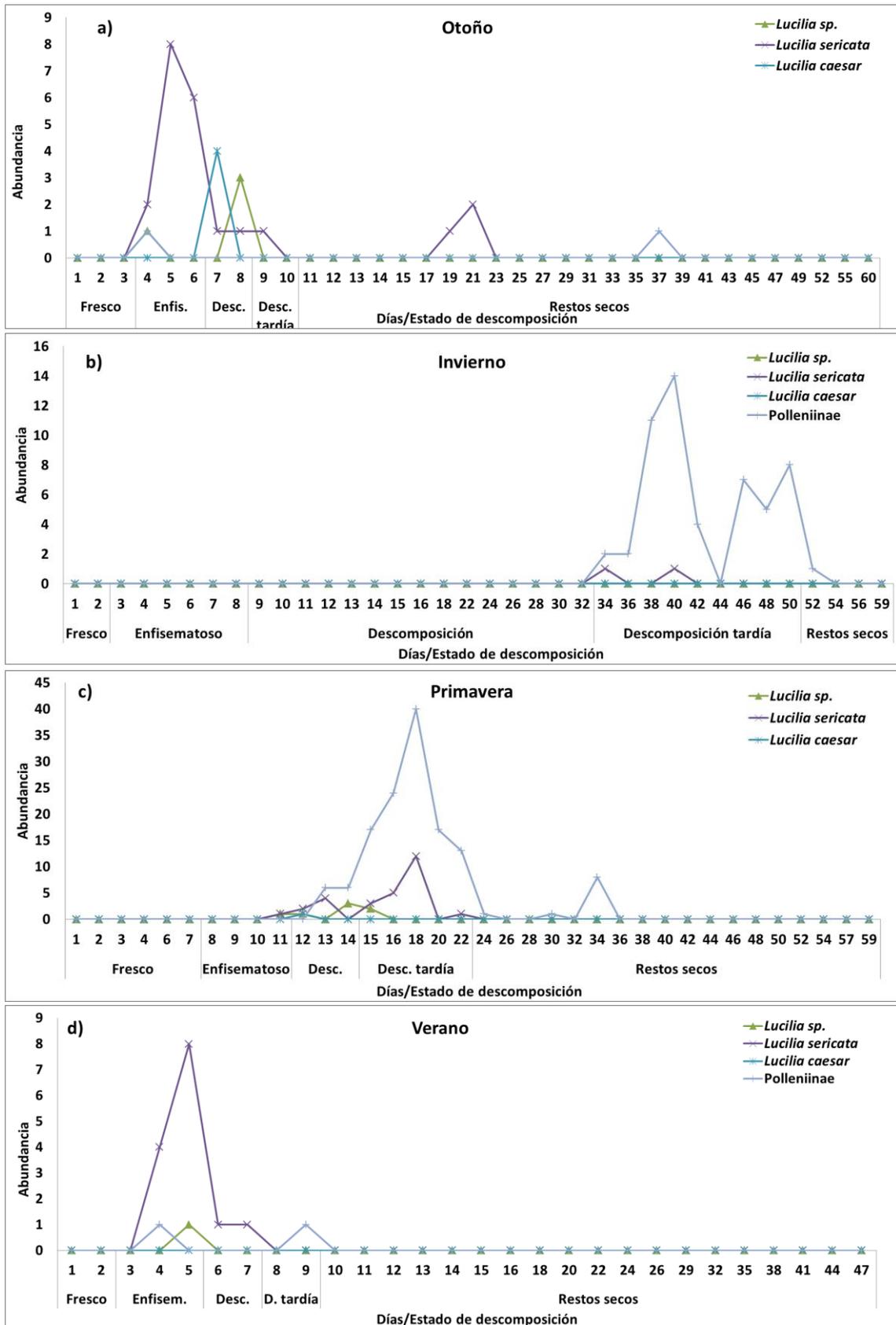


Figura 3.4.9. Abundancia y dinámica de los taxones menos abundantes de la familia Calliphoridae durante las cuatro estaciones de muestreo.

Las especies del género *Lucilia* estuvieron presentes en todas las estaciones con abundancias similares, excepto en invierno donde solo se recogió un par de individuos. Esto se ajusta a lo obtenido por Prado e Castro *et al.* (2012a) en Lisboa, aunque en su trabajo las especies de este género fueron mucho más abundantes.

Lucilia sericata fue capturada en nuestro estudio con muy baja abundancia, posiblemente por su carácter sinantrópico, heliófilo y termófilo (Schnack *et al.*, 1995; Figueroa-Roa & Linhares, 2002; Saloña-Bordas *et al.*, 2009). Sus máximos en primavera y otoño coinciden con lo observado en la primavera de Arnaldos *et al.* (2001, 2004a) en Murcia y el otoño de Prado e Castro *et al.* (2012a). Begoña Gaminde (2015) capturó *L. sericata* en El Morrón en las cuatro estaciones, a excepción del invierno, aunque las capturas más abundantes en este caso se observaron en verano.

En relación con *Lucilia caesar* hay que remarcar que, en el medio periurbano, esta especie no fue capturada en ninguna de las estaciones (Arnaldos *et al.*, 2001, 2004a). En El Morrón, fue capturada principalmente en verano, con abundancias muy bajas, coincidiendo con nuestros datos. Se podría decir, a falta de estudios complementarios, que esta especie podría funcionar como indicadora de hábitats silvestres. En el trabajo realizado en Lisboa, el área de estudio fue un pequeño parque arbolado dentro del perímetro urbano, pero no alterado por la actividad humana, y esta especie se presentó en casi todas las estaciones aunque en algunas lo hizo, igualmente, con abundancias muy bajas (Prado e Castro *et al.*, 2012a).

El papel de la subfamilia Polleniinae en los procesos de la descomposición está poco claro (Baz *et al.* 2007 en Martín-Vega & Baz, 2013a). Al igual que en otros estudios realizados en la Península Ibérica, en nuestro trabajo resultó muy poco abundante, representando solo el 0,84% del total de los califóridos. En nuestro trabajo se recogieron principalmente en primavera e invierno, aunque con algunos individuos sueltos en el resto de estaciones. En El Morrón estos individuos representaron el 0,78%, con máximos en primavera y otoño. En el trabajo de Prado e Castro *et al.* (2012a) este grupo se recogió también, fundamentalmente, durante la primavera, con algunos individuos en verano, y en el de Arnaldos *et al.* (2004) se recogió principalmente durante la primavera con algunos individuos en invierno y verano.

Estadios preimaginales de la familia Calliphoridae

Los Diptera tienen un ciclo de desarrollo holometábolo, ovipositando las hembras adultas sobre materia orgánica en descomposición donde las larvas que emergen se alimentan de la materia proteica. Estas larvas, pasan por tres estadios larvarios y,

cuando dejan de alimentarse, normalmente migran para enterrarse en la tierra y pupar (Ames & Turner, 2003; Charabidze *et al.*, 2011).

Es de señalar que el momento en el que la trampa de Schoenly recogió las larvas de la familia Calliphoridae coincidió con la migración larvaria, marcando el inicio de la fase de descomposición tardía (Arnaldos *et al.*, 2004). Esto es de gran importancia a efectos prácticos forenses pues supone un límite temporal a partir del cual no es previsible encontrar larvas de esta familia asociadas al cadáver.

En otoño se recogió un total de 1.368 individuos en estadio preimaginal dentro de los cuales se diferenciaron 967 pertenecientes a la especie *Chrysomya albiceps* y 401 al resto de la familia. Las larvas de la familia Calliphoridae se recogieron a partir del estadio enfisematoso y desaparecieron al final de la fase de la descomposición. Las larvas del género *Chrysomya*, en particular, empezaron a recogerse durante el inicio de la fase de descomposición y desaparecieron al final de la misma, mostrando un segundo pico, puntualmente, al final de la descomposición tardía (figura 3.4.10a).

Durante el invierno se recogió un total de 2.635 individuos en estadio preimaginal, que fueron identificados a nivel de familia, resultando pertenecer todos a los Calliphoridae. Se empezaron a recoger a partir del inicio de la descomposición con unas abundancias muy bajas que se mantuvieron hasta la fase de descomposición tardía, donde se alcanzó el máximo. A partir de ese día la abundancia disminuyó pero se mantuvieron presentes hasta el final del muestreo (figura 3.4.10b).

En la primavera se recogió un total de 3.347 individuos en estadio preimaginal igualmente todos de la familia Calliphoridae. Dichas larvas se recogieron a partir del inicio de la descomposición tardía, durante la cual se alcanzó el máximo, y desaparecieron al inicio de los restos secos, aunque se observaron unos cuantos ejemplares hacia el final del muestreo (figura 3.4.10c).

Por último, durante el verano, se recogieron estadios larvarios tanto de la familia Calliphoridae en general (80 individuos) como de *Chrysomya albiceps* (329 individuos). Las larvas de esta última especie se empezaron a coleccionar a partir de la fase enfisematosa manteniéndose, con oscilaciones, hasta los restos secos. Los estadios preimaginales del resto de califóridos solo se recogieron durante un día en la fase de la descomposición (figura 3.4.10d).

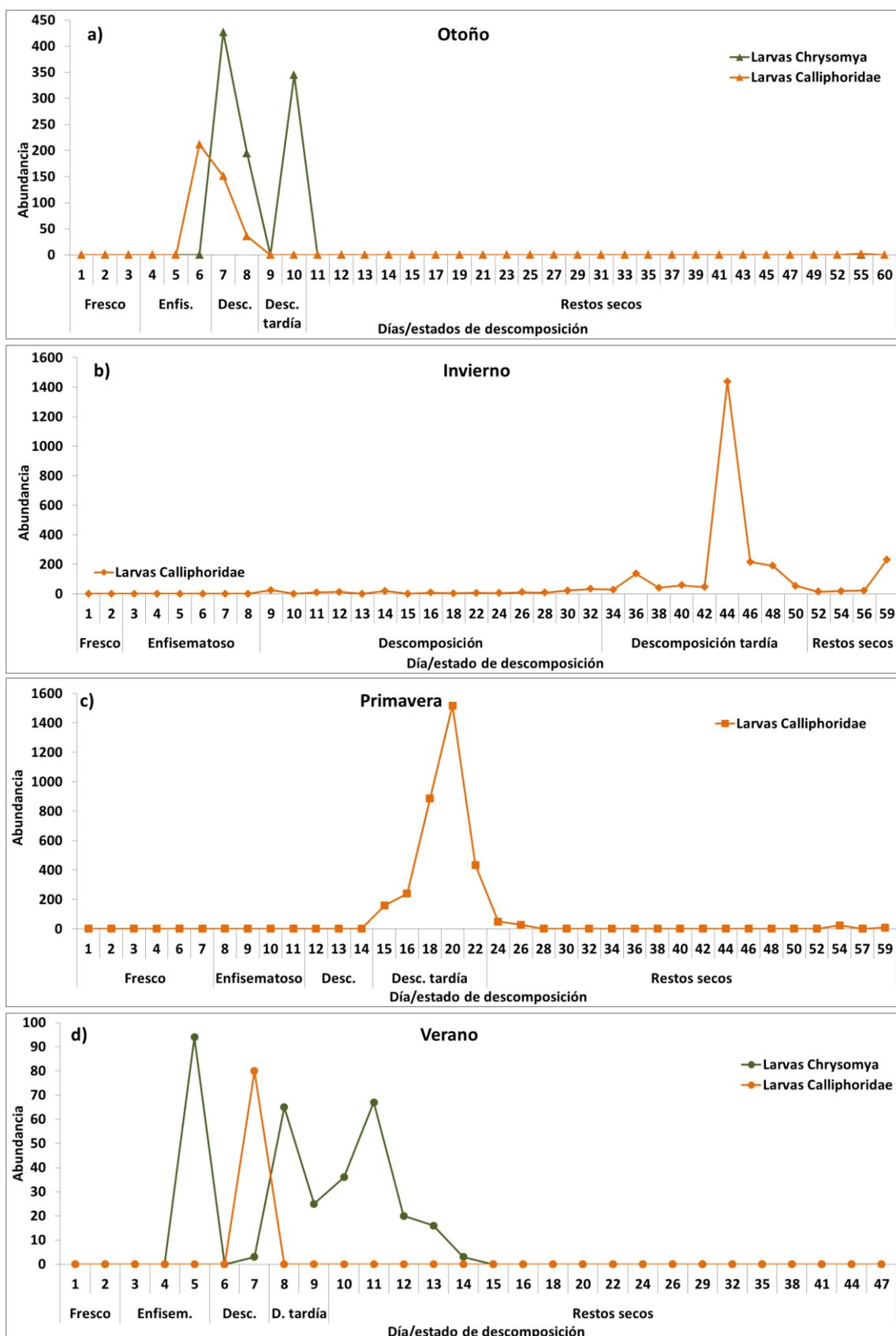


Figura 3.4.10. Abundancia y dinámica de las larvas III de la familia Calliphoridae para las cuatro estaciones muestreadas.

Los estadios preimaginales de los dípteros se consideran dentro del grupo necrófago ya que se alimentan directamente del cadáver, siendo una de las principales causas de la pérdida de tejido del mismo (Prado e Castro, 2011b). Sin embargo, las larvas de *Chrysomya albiceps* de segundo y tercer estadio pueden, dependiendo del sustrato alimenticio que quede, ser predadoras de otras larvas o incluso caníbales, de manera que pueden considerarse un componente tanto necrófago como necrófilo de la comunidad sarcosaprófaga (Smith, 1986; Battán-Horenstein, 2008).

Familia Muscidae

Esta familia tiene una amplia distribución en todo el mundo y sus hábitos de alimentación y su hábitat hacen que algunas de sus especies estén incluidas dentro de la fauna asociada a los casos forenses (Arnaldos Sanabria, 2000).

De los 38.762 dípteros recogidos entre las cuatro estaciones de muestreo, la familia Muscidae fue la segunda en abundancia, con 6.878 individuos (tablas 3.4.1 y 3.4.3). Esta familia es importante en los estudios de la fauna sarcosaprófaga y así lo reflejan numerosos estudios (Reed, 1958; Smith, 1986; Turchetto *et al.*, 2001; Amendt *et al.*, 2004; Camacho Cortés, 2005; Battán-Horenstein *et al.*, 2010, 2012; Anton *et al.*, 2011; Aballay *et al.*, 2012; Al-Mesbah *et al.*, 2012).

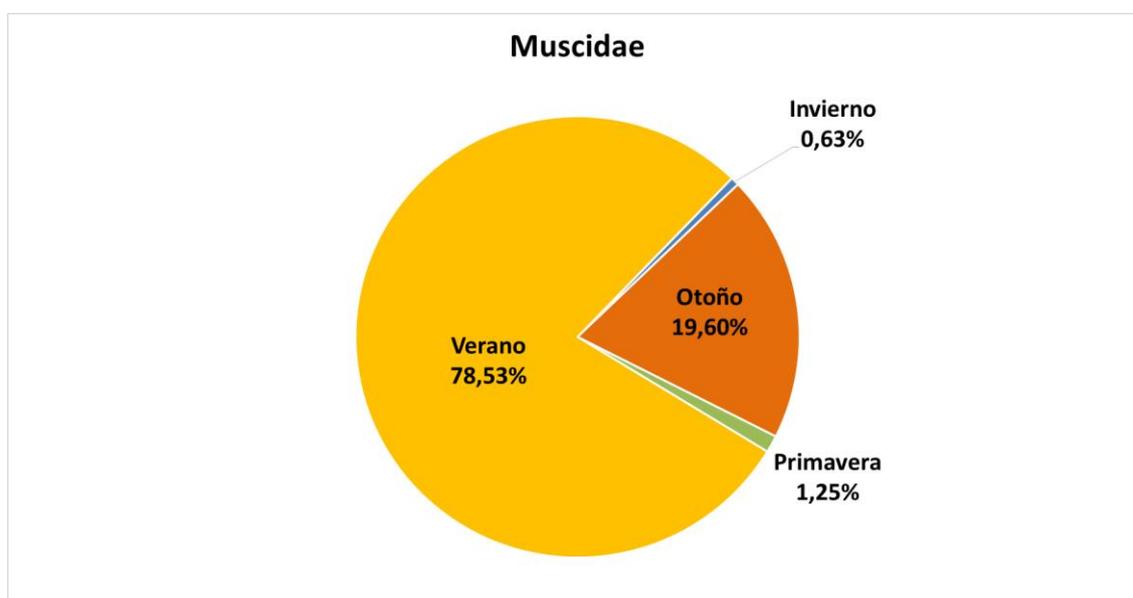
La especie más abundante de la familia Muscidae fue *Musca domestica*, con 6.655 individuos repartidos entre las cuatro estaciones, seguida por *Muscina stabulans*, con 57 individuos, *Muscina levida*, con 25 individuos, y por último las especies *Hydrotaea meridionalis* y *Muscina prolapsa*, con 4 y 3 individuos respectivamente (tabla 3.4.3). Por otra parte, el 78% de los individuos fueron recogidos durante el verano, la siguiente estación en abundancia fue el otoño con un 20% del total, seguidos de la primavera y el invierno cuando se recolectó el menor número de múscidos, con solo un 1% del total (figura 3.4.11).

Musca domestica es una especie cosmopolita, sinantrópica y doméstica adaptada tróficamente al hombre y sus desperdicios (Fuller, 1934; Reed, 1958; Greenberg, 1971; Early & Goff, 1986; Goff *et al.*, 1986; Hewadikaram & Goff, 1991; Tantawi *et al.*, 1996). Cría en la materia orgánica en descomposición, en excrementos humanos y animales, y en basura procedente de restos vegetales, mientras permanezca a una humedad y temperatura aceptables (Smith, 1986).

Es una especie ampliamente citada en relación con la fauna sarcosaprófaga (Reed, 1958; Greenberg, 1971; Early & Goff, 1986; Goff *et al.*, 1986; Hewadikaram & Goff, 1991; Tantawi *et al.*, 1996), generalmente durante los estados iniciales e intermedios de la descomposición del cadáver.

Tabla 3.4.3. Abundancia de las especies de la familia Muscidae durante las cuatro estaciones prospectadas.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
<i>Musca domestica</i>	1.317	0	29	5.309	6.655
<i>Muscina stabulans</i>	3	0	1	53	57
<i>Muscina levida</i>	9	4	11	1	25
<i>Hydrotaea meridionalis</i>	0	0	4	0	4
<i>Muscina prolapsa</i>	0	2	1	0	3
No identificados	19	37	40	38	134
TOTAL	1.348	43	86	5.401	6.878

**Figura 3.4.11.** Porcentaje de abundancia de la familia Muscidae durante los cuatro periodos de muestreo.

Durante el muestreo realizado en otoño, del total de 19.559 dípteros recogidos, 1.348 fueron múscidos, de los cuales 1.317 pertenecían a la especie *Musca domestica* (tabla 3.4.3). Durante el otoño, dicha especie apareció a partir del estadio enfisematoso, con una abundancia baja que aumentó progresivamente hasta su máximo al final de esta fase. A partir de ese momento la abundancia disminuyó considerablemente encontrándose solo individuos sueltos durante la descomposición tardía y restos secos (figura 3.4.12a). El resto de especies de múscidos apareció en esta estación con unas abundancias muy bajas (tabla 3.4.3).

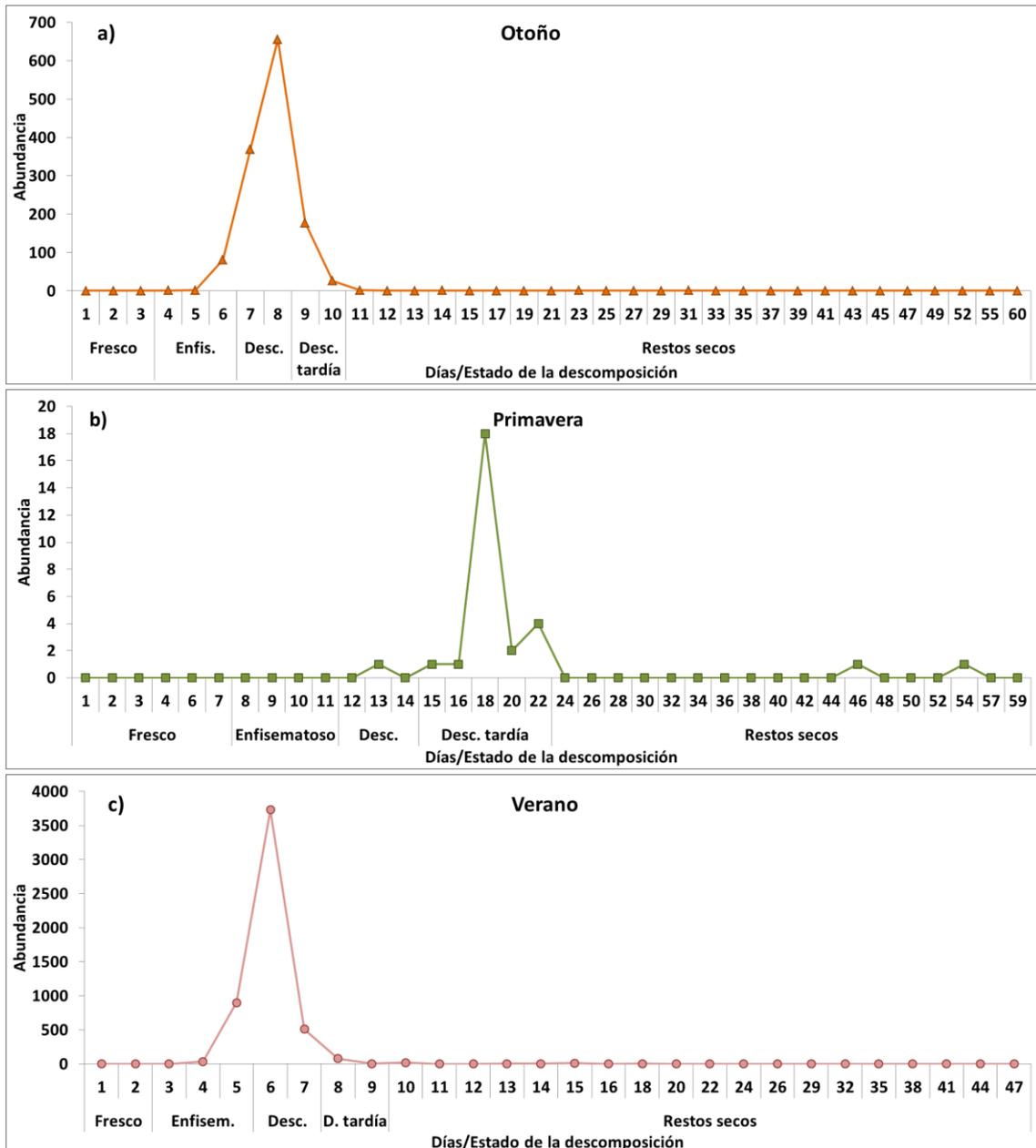


Figura 3.4.12. Abundancia y dinámica de la especie *Musca domestica* durante las cuatro estaciones de muestreo a excepción del invierno, en la cual no apareció ningún individuo.

Las estaciones en las que se recogieron menores abundancias de mûscidos fueron invierno y primavera, con 43 y 86 individuos respectivamente. Durante el invierno no se recogió ningún ejemplar de *Musca domestica*. Los ejemplares de esta especie que se recogieron en primavera aparecieron a partir de la fase de descomposición, alcanzando su máximo durante la descomposición tardía. A partir de ese momento se produjo una brusca disminución en la abundancia apareciendo solo en días puntuales durante los restos secos (Figura 3.4.12b).

Por último, la estación en la que se registró una mayor abundancia de múscidos fue el verano, con 5.401 individuos (44,33%) de los 12.183 dípteros que se recogieron en total (tabla 3.4.1 y figura 3.4.4). De estos, 5.309 pertenecieron a la especie *Musca domestica*. Al igual que en el otoño, esta especie apareció a partir del estadio enfisematoso con unas abundancias relativamente bajas, aumentando bruscamente su abundancia hasta alcanzar su máximo durante la fase de descomposición. A partir de este momento, la abundancia volvió a caer drásticamente manteniéndose baja hasta que la especie desapareció al principio de los restos secos. Cabe señalar que la especie *Muscina stabulans* apareció en esta estación con una abundancia alta, con respecto al resto de estaciones y especies, con 53 individuos, encontrándose al final del estadio enfisematoso y desapareciendo al final de la fase de descomposición.

Resumiendo, *Musca domestica* fue la especie más abundante dentro de la familia Muscidae, siendo recogida en todas las estaciones excepto en invierno. Nuestros resultados coinciden con los resultados estacionales obtenidos por Arnaldos Sanabria (2000), Arnaldos *et al.* (2001), Battán-Horenstein *et al.* (2010) y Prado e Castro *et al.* (2012a). Sin embargo, en cuanto a las abundancias, solo Battán-Horenstein *et al.* (2010) la sitúa igualmente como múscido dominante. Así mismo, en cuanto a las fases de la descomposición, *M. domestica* se encontró en nuestro trabajo en el cadáver durante las fases enfisematosa y de descomposición, al igual que en los trabajos de Arnaldos Sanabria (2000) y Prado e Castro *et al.* (2012a).

Cabe señalar que *Muscina levida* se recogió en todas las estaciones prospectadas, aunque con unas abundancias muy bajas, coincidiendo con lo observado en El Morrón (Begoña Gaminde, 2015), donde esta especie fue el segundo múscido en abundancia. El hecho de que no haya sido capturada en los trabajos realizados en el medio periurbano de Murcia (Arnaldos *et al.*, 2001) puede hacernos pensar que se le podría otorgar valor como indicadora del ambiente en el que se encuentra.

Familia Sphaeroceridae

Esta familia tiene una distribución cosmopolita. Suele encontrarse asociada con excrementos de animales domésticos; además, también se puede encontrar asociada a cadáveres de vertebrados (Smith, 1986; Carles-Tolrá, 2001; Mendes & Linhares, 2002) y, en general, con cualquier tipo de materia orgánica en descomposición. En algunos trabajos (Petersson & Sivinski, 2003; López dos Santos, 2008) se los ha citado como forontes de escarabeidos ya que aprovechan el excremento que llevan éstos para luego oviponer en él.

Esta familia se presenta como una familia saprófaga y su interés radica en el aspecto ecológico, ya que puede estar asociada a todo tipo de materia orgánica en descomposición. No obstante, su presencia en relación con los cadáveres la convierte en elemento de potencial interés en la práctica forense (Arnaldos *et al.*, 2014). Según Buck (1997) y Petersson & Sivinski (2003), a pesar de que son menos competitivos que las larvas de califóridos, tienen un papel importante en la descomposición al poder acceder a restos que son inaccesibles para los dípteros de mayor tamaño.

La familia ha sido citada en numerosos trabajos relacionados con la comunidad sarcosaprófaga en distintas zonas del mundo (Méglin, 1894; Reed, 1958; Payne, 1965; Goff *et al.*, 1986; Tullis & Goff, 1987; Anderson & Vanlaerhoven, 1996; Tantawi *et al.*, 1996; Richards & Goff, 1997; Camacho-Cortés, 2005; Battán-Horenstein *et al.*, 2010, 2012; Anton *et al.*, 2011), incluida la Península Ibérica (Castillo Miralbés, 2002; Arnaldos *et al.*, 2004a; García Rojo, 2004; Carles-Tolrá & Prado e Castro, 2011; Prado e Castro *et al.*, 2011a, 2012a; Carles-Tolrá *et al.*, 2012, 2014; Begoña Gaminde, 2015).

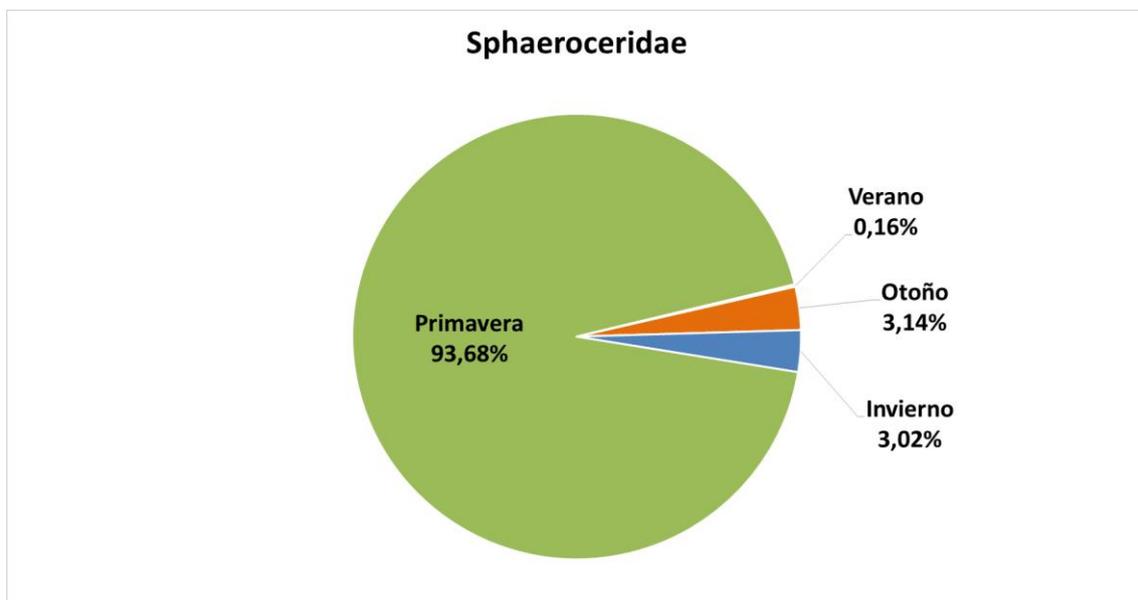


Figura 3.4.13. Porcentaje de abundancia de la familia Sphaeroceridae durante los cuatro periodos de muestreo.

En nuestro trabajo, la abundancia total de esferocéridos fue de 2.512 individuos, un 6,49% de todos los dípteros recogidos. Esta familia se presentó principalmente durante la primavera, recogiéndose en esta estación el 93,68%. Le siguió el otoño y el invierno con unos valores próximos entre ellos de 3,14% y 3,02%, respectivamente. Por último, la estación en la que fueron menos abundantes fue el verano, con solo un 0,16% del total (figura 3.4.13). Es llamativo el número de individuos recogido en primavera, que igualó en porcentaje a la familia Calliphoridae, aunque no se tiene ninguna evidencia sobre la razón de este hecho.

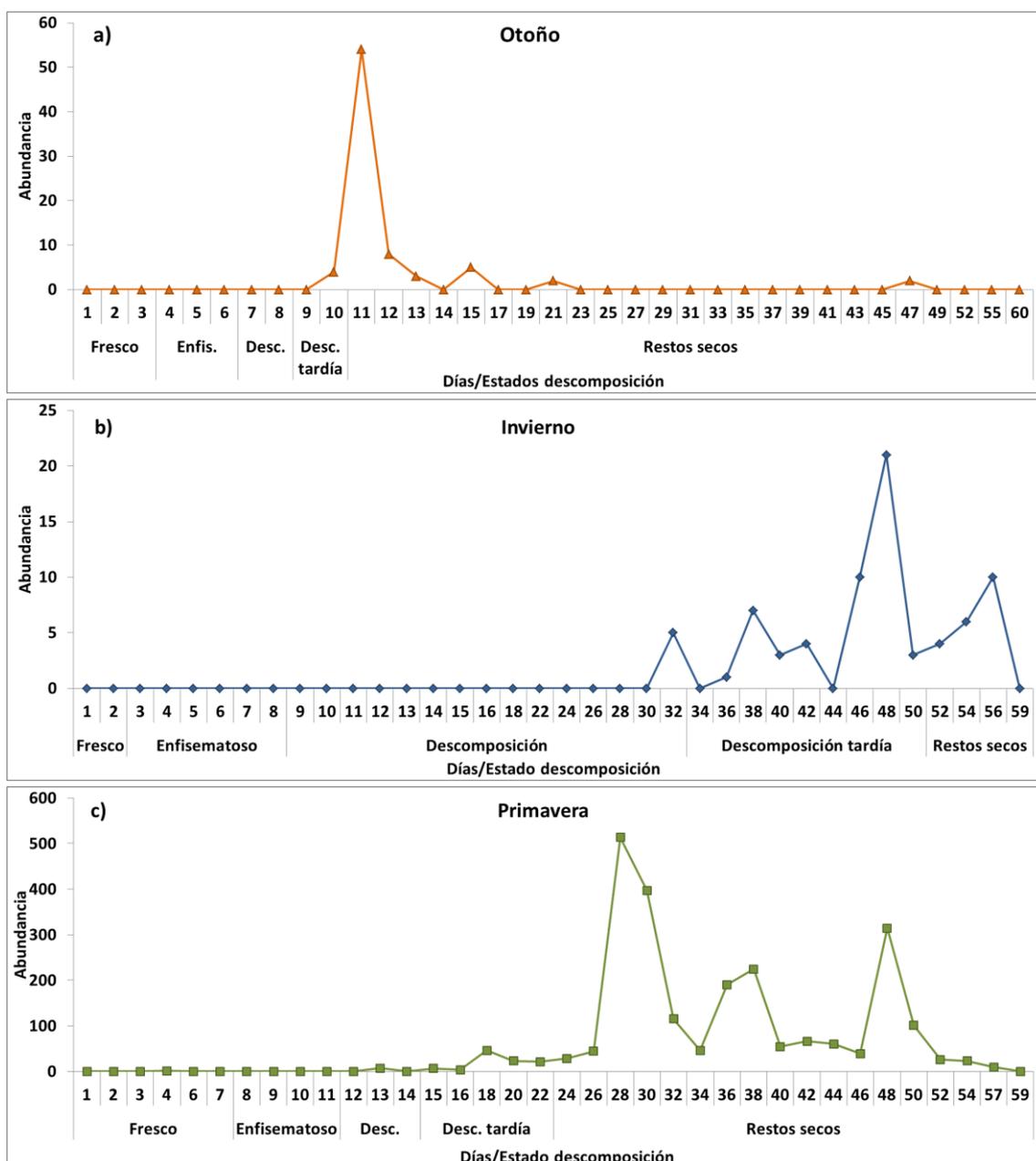


Figura 3.4.14. Abundancia y dinámica de la familia Sphaeroceridae para las cuatro estaciones de muestreo, excepto el verano en el que solo aparecieron individuos aislados en días puntuales.

Durante el otoño se recogió un total de 79 individuos (0,40% de los dípteros en esta estación) (tabla 3.3.1 y figura 3.3.1). Aparecieron a partir de la descomposición tardía con abundancias muy bajas y solo algunos individuos en días puntuales durante los restos secos (figura 3.4.14a).

En invierno se recogieron 76 individuos (5,13% del total). En esta estación aparecieron hacia el final de la fase de descomposición, alcanzando su máximo durante la

descomposición tardía, y manteniéndose presentes hasta el final del muestreo (figura 3.4.14b).

La primavera fue la estación con mayor número de individuos, con un total de 2.353, siendo la segunda familia en abundancia (42,54%). Aunque aparecieron esporádicamente en los primeros días, fue a partir de la fase de descomposición tardía cuando se presentaron de manera continua. Durante la etapa de restos secos, se observaron tres picos de abundancia muy llamativos, separados entre sí por unos diez días (figura 3.4.14c).

Finalmente, la estación menos abundante fue el verano con tan solo 4 individuos.

En los trabajos de Arnaldos Sanabria (2000) y Begoña Gaminde (2015), la máxima abundancia de esta familia se observó, también, durante la primavera, obteniendo abundancias mucho más bajas durante el resto de estaciones. En otras áreas de la Península se ha encontrado a lo largo de prácticamente todo el año (Castillo Miralbé, 2002; Prado e Castro *et al.*, 2012a). Así, nuestros datos son congruentes con los ya existentes.

Respecto al momento de la descomposición en el que aparece este grupo, la literatura científica recoge datos muy dispares; por ejemplo, Mégnin (1894) lo asocia al inicio de la descomposición mientras que Tantawi *et al.* (1996) lo relacionan con la fase de descomposición, una vez que han desaparecido los califóridos. En nuestro trabajo aparecieron a partir de la descomposición. En primavera se mantuvieron presentes durante todo el muestreo y en el resto de estaciones desaparecieron antes del final del mismo o aparecieron solo en días sueltos. Esto también coincide con lo obtenido por Begoña Gaminde (2015) en El Morrón, pero no con lo obtenido por Arnaldos Sanabria (2000), que los recogió desde las primeras fases de la descomposición.

Familia Sciaridae

Esta familia está englobada dentro del suborden Nematocera. Son dípteros de pequeño tamaño y de difícil identificación al nivel de especie, pero al nivel de familia se les reconoce con facilidad por poseer los ojos compuestos reunidos en la región dorsal de la cabeza, semejando una línea negra claramente visible. Se alimentan generalmente de materia vegetal en descomposición, excrementos animales y hongos.

Podemos encontrar algunas referencias sobre la aparición de esta familia en materia animal en descomposición (Goff *et al.*, 1986; Tantawi *et al.*, 1996; Richards & Goff, 1997; Arnaldos Sanabria, 2000).

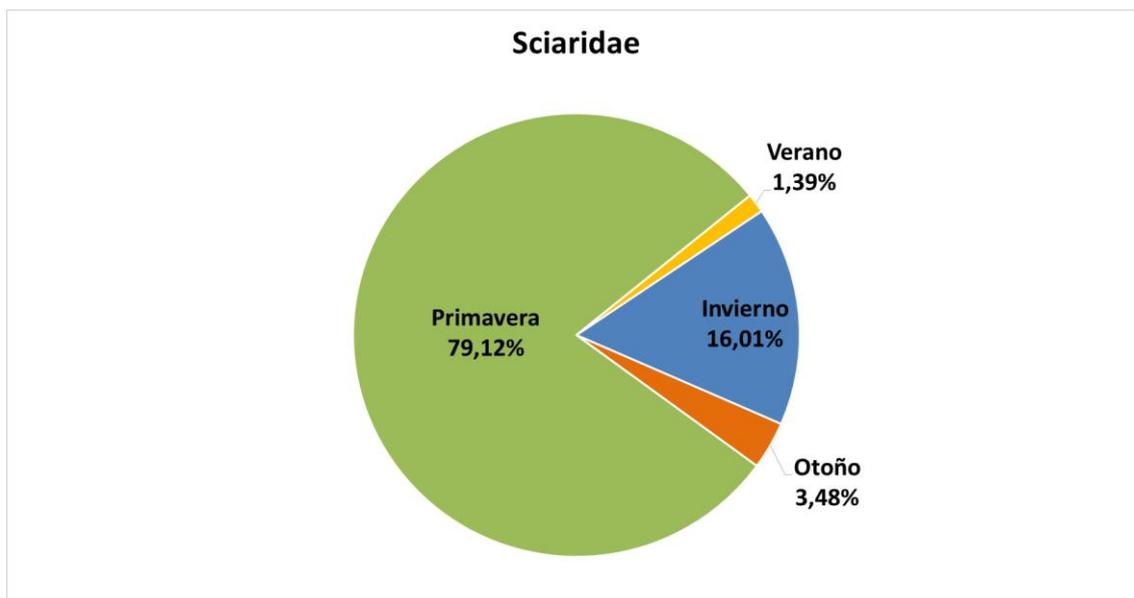


Figura 3.4.15. Porcentaje de abundancia de la familia Sciariidae durante los cuatro periodos de muestreo.

En nuestro trabajo esta familia fue la cuarta en abundancia, habiéndose recogido un total de 431 individuos, lo que representa un 1,11% de los dípteros (tabla 3.3.1 y figura 3.4.3). De las cuatro estaciones estudiadas, los esciáridos se presentaron principalmente durante la primavera (figura 3.4.15).

Durante el otoño, solo se recogieron 15 individuos que aparecieron desde el estadio fresco, manteniéndose hasta el final del muestreo con abundancias de uno o dos individuos en días puntuales (figura 3.4.16a).

En invierno se recolectaron 69 individuos. Éstos aparecieron a partir del estadio enfisematoso y se mantuvieron, con oscilaciones, con valores bajos alcanzando el máximo durante la descomposición tardía (figura 3.4.16b).

En la primavera se recogieron 341 individuos (6,16% de los dípteros). Se presentaron a partir del estadio fresco y mantuvieron su presencia, en mayor o menor número de individuos, durante todo el muestreo. Se observó un primer pico durante la descomposición tardía pero el máximo fue en la fase de restos secos (figura 3.4.16c).

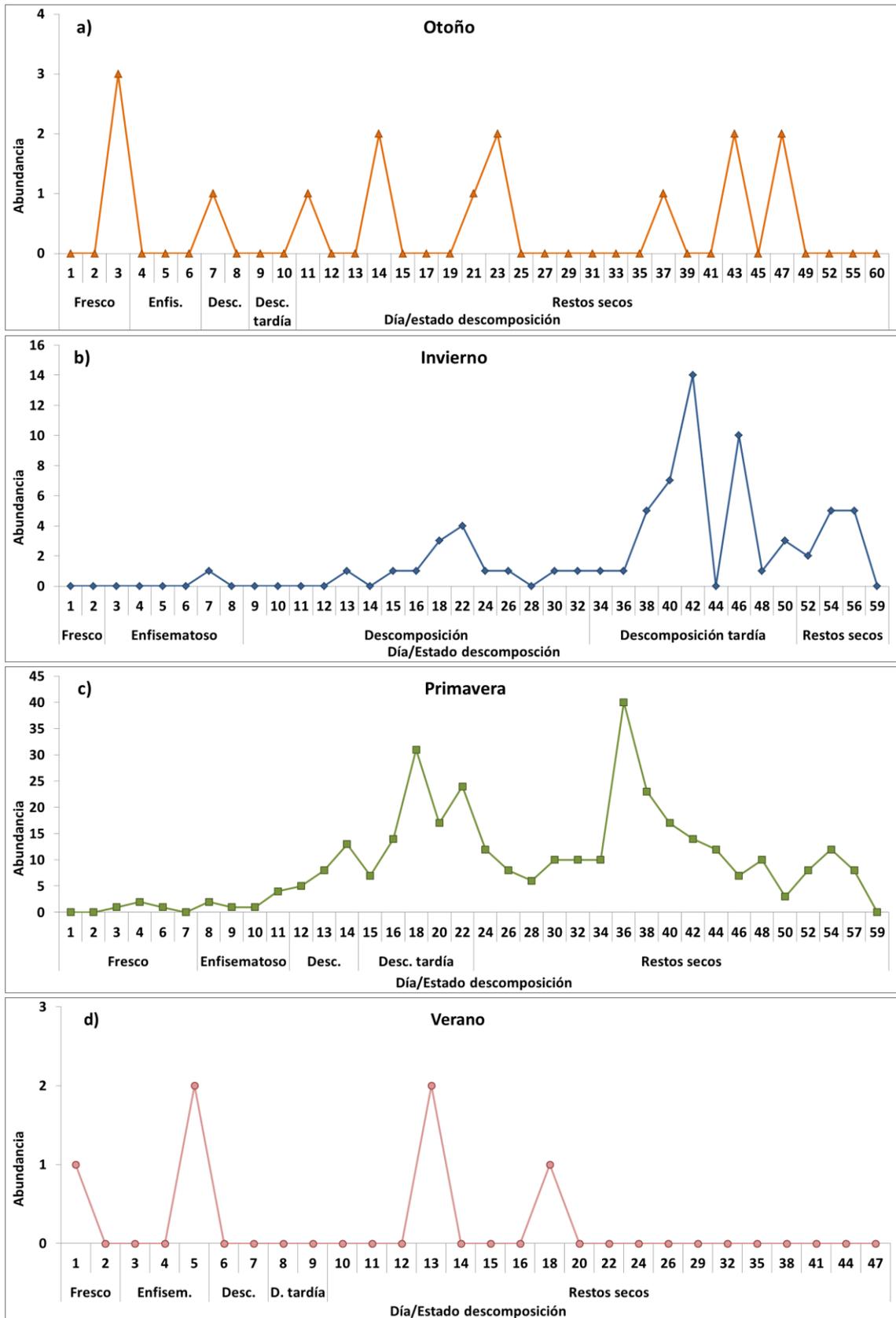


Figura 3.4.16. Abundancia y dinámica de la familia Sciaridae durante las cuatro estaciones de muestreo, excepto el verano en el que aparecieron solo individuos sueltos en días puntuales.

Por último, durante el verano solo se recogieron 6 individuos, en días puntuales a lo largo de todo el muestreo.

Como se ha visto, los esciáridos se recogieron durante las cuatro estaciones, siendo las más abundantes la primavera y el invierno. Esto coincide con los resultados de Arnaldos Sanabria (2000).

Por la biología que presenta esta familia no se la englobaría dentro de la fauna asociada directamente a los restos en descomposición, pudiendo vincularla con la fauna de tipo oportunista.

Familia Phoridae

Los fóridos son una familia de dípteros que se encuentran en lugares húmedos relacionados con toda clase de materia animal o vegetal en descomposición, incluyendo cadáveres animales. (Arnaldos Sanabria, 2000). Algunos son predadores y otros parásitos; también se encuentran algunos frugívoros e, incluso, se pueden encontrar como comensales de hormigueros y termiteros (Byrd & Castner, 2010; Mongiardino Koch *et al.*, 2013). Las larvas también presentan hábitos alimenticios muy diversos, pudiendo ser predadoras, parasitoides o parásitas de diversos insectos, arañas, milpiés o lombrices de tierra (Peterson, 1987).

Esta familia se ha encontrado en numerosas ocasiones relacionada con la fauna sarcosaprófaga (Fuller 1934; Reed, 1958; Early & Goff, 1986, Goff *et al.*, 1986; Hewadikaram & Goff, 1991), en algunos casos, formando parte importante de la fauna de cadáveres enterrados (Mégnin, 1894; Smith, 1986; Schroeder *et al.*, 2003; Campobasso *et al.*, 2004; Oliva, 2007; Anderson, 2010). En concreto, en la Península Ibérica, ha sido citada en los trabajos de Castillo Miralbés (2001), García Rojo (2004), López Dos Santos (2008), Pérez Bote *et al.* (2012) y Prado e Castro *et al.* (2011a, 2012a) y más concretamente en relación con restos humanos en los trabajos de Arnaldos *et al.* (2005) y García Rojo *et al.* (2009).

Desde el punto de vista forense, esta familia es un importante indicador (Disney, 1998). Sus especies suelen actuar como indicadoras primarias en situaciones en las que los califóridos no pueden acceder al cadáver (habitaciones cerradas, ataúdes, etc.) (Turchetto *et al.*, 2001), aunque otros autores señalan que podrían estar relacionadas con restos en descomposición ya en estadio avanzado, considerándolas, en este caso, como secundarias (Greenberg & Wells, 1998; Campobasso *et al.*, 2004).

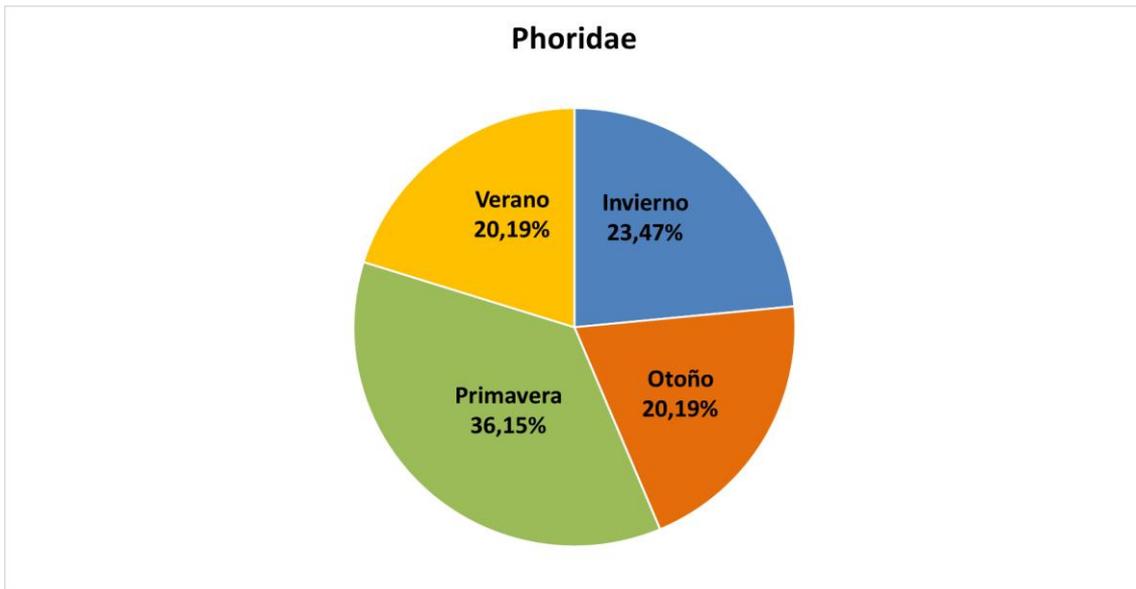


Figura 3.4.17. Porcentaje de abundancia de la familia Phoridae durante los cuatro periodos de muestreo.

La familia Phoridae fue la quinta en abundancia del total de dípteros recogidos, con 426 individuos que representaron un 1,10% (tabla 3.3.1, figura 3.4.3). Mostraron abundancias muy similares en las cuatro estaciones muestreadas, siendo ligeramente más abundantes durante la primavera, con un 36,15%, seguida del invierno, con un 23,47% y por último, con igual porcentaje, el otoño y el verano, con un 20,19% (figura 3.4.17).

En otoño se recogieron 86 individuos. Aparecieron, puntualmente, durante los estadios fresco y de descomposición tardía, y fue a partir de la fase de restos secos cuando se registraron con abundancias algo más altas, pero siempre con oscilaciones. El máximo se alcanzó al final de esta fase (figura 3.4.18a).

En invierno, los fóridos representaron el 6,75% del total, con 100 individuos recolectados. Se recogieron, igualmente con oscilaciones, a lo largo de todo el periodo de muestreo, desde el estadio fresco hasta los restos secos. Los máximos se alcanzaron a lo largo de la fase de descomposición (figura 3.4.18b).

La primavera fue la estación en la que se obtuvo el máximo de abundancia para esta familia, con 154 individuos (2,78% del total). En esta estación también se encontraron a lo largo de todo el periodo de muestreo, desde el estadio fresco hasta su máximo durante los restos secos (figura 3.4.18c).

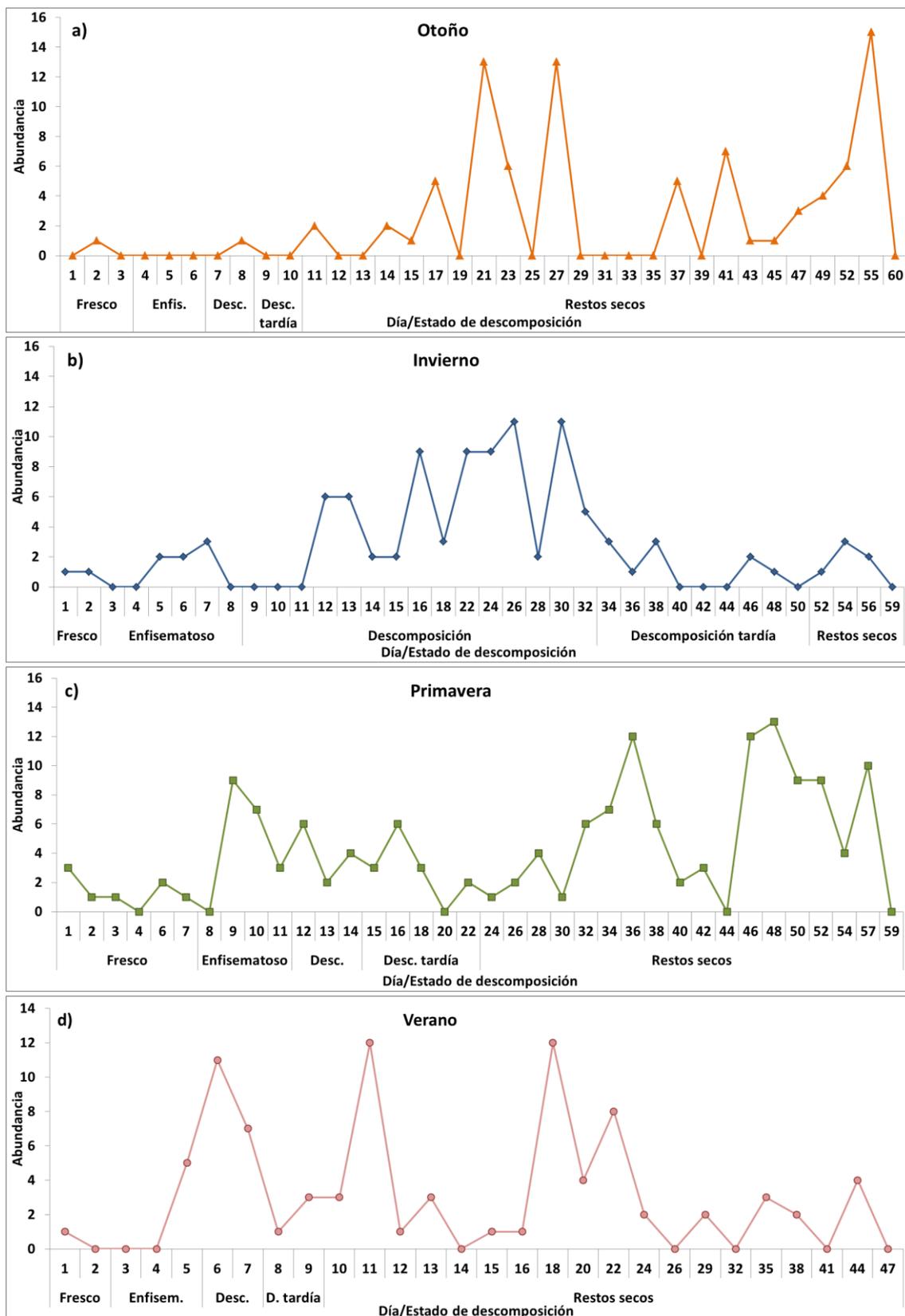


Figura 3.4.18. Abundancias y dinámicas de la familia Phoridae para las cuatro estaciones de muestreo.

Por último, durante el verano se recogieron solo 86 individuos. También estuvieron presentes, como en el resto de estaciones, a lo largo de todo el periodo de muestreo con dos máximos durante la fase de los restos secos (figura 3.4.18d).

La presencia de la familia Phoridae en nuestro trabajo en todas las fases de la descomposición coincide con lo observado por Arnaldos *et al.* (2004a), Prado e Castro *et al.* (2011) y Begoña Gaminde (2015). Sus mayores abundancias las alcanzó en otoño en los restos secos, en invierno durante la descomposición, y en verano y primavera, desde el estadio enfisematoso hasta el final del muestreo. Al igual que en Begoña Gaminde (2015), esta familia aparece junto con otros dípteros, incluidos los califóridos, lo que reforzaría su papel como indicador secundario.

Podríamos destacar que durante el invierno la familia Phoridae fue la segunda en abundancia, y esto podría ser relevante en la práctica forense, dado que esta estación es la que presenta, en general, menores abundancias y diversidad. De hecho, en el trabajo realizado por Anton *et al.* (2011) se sitúa a los fóridos como indicadores típicos del invierno.

Familia Sarcophagidae

Esta familia de dípteros suele presentar el abdomen con un dibujo a modo de mosaico por lo que se las conoce comúnmente como “moscas ajedrezadas”. Los adultos tienen hábitos muy diversos, desde parásitos o parasitoides a carroñeros (Pape, 1997). Los sarcófágidos son vivíparos u ovovivíparos (Shewell, 1987), las hembras incuban los huevos en el interior de su cuerpo depositándolos con larvas de primer estadio ya maduras y preparadas para eclosionar o larvas de primer estadio recién eclosionadas. Las larvas, dispuestas individualmente en lugares diferentes, son sarcosaprófagas, desarrollándose sobre cadáveres animales (Peterson, 1951; Shewell, 1987; Pape, 1997).

Resultan ser un elemento muy común de la fauna relacionada con la materia orgánica en descomposición puesto que muchas de sus especies se desarrollan en excrementos, cadáveres, etc. (Reed, 1958; Schoenly, 1981; Early & Goff, 1986; Goff *et al.*, 1986; Smith, 1986; Tantawi *et al.*, 1996; Arnaldos Sanabria, 2000; Prado e Castro *et al.*, 2010a; Begoña Gaminde, 2015). Relacionándolos con cadáveres, pueden aparecer tanto en fases tempranas de la descomposición como en fases avanzadas (Byrd & Castner, 2010). Suelen llegar al cadáver junto con los Calliphoridae o poco después. Se consideran moscas primarias en climas templados y regiones tropicales (Payne, 1965; Early & Goff, 1986), mientras que en regiones frías se les suele incluir dentro de las especies secundarias (Fuller, 1934; Rodríguez & Bass, 1983).

Los Sarcophagidae han sido mencionados previamente en diversos estudios estacionales relacionados con fauna sarcosaprófaga (Battán-Horenstein *et al.*, 2010, 2012; Bonacci *et al.*, 2010; Moretti *et al.*, 2011; Charabidze *et al.*, 2012; Amat *et al.*, 2013). En la Península Ibérica han sido citados en los trabajos de Arnaldos *et al.* (2001, 2004a, 2013), García Rojo (2004), Martínez Sánchez *et al.* (2005), López Dos Santos (2008), Prado e Castro *et al.* (2010a, 2011, 2012a), Carles-Tolrá *et al.* (2012), Pérez Bote (2012) y Martín-Vega & Baz (2013a, b).

En la mayoría de los estudios realizados, esta familia se considera una de las más importantes de entre los Diptera asociados a cadáveres. No obstante, podemos encontrar algunos autores que consideran arriesgada esta afirmación debido a la escasa abundancia de la especie en algunos casos (Matuszewski *et al.*, 2008; Battán-Horenstein *et al.*, 2010).

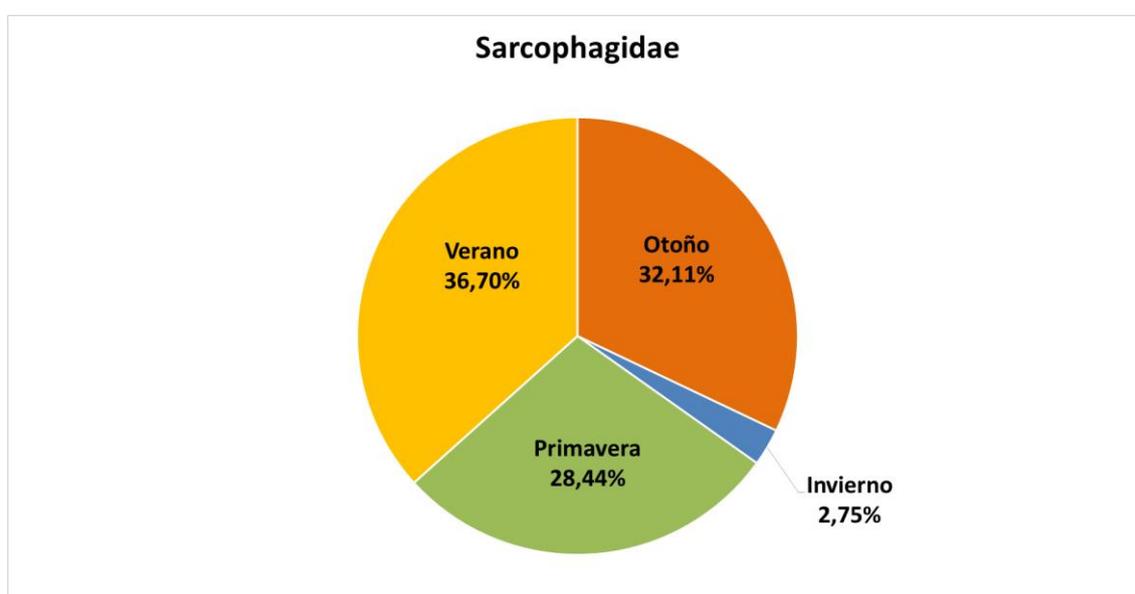


Figura 3.4.19. Porcentaje de abundancia de la familia Sarcophagidae durante los cuatro periodos de muestreo.

La familia Sarcophagidae fue la sexta en abundancia del total de dípteros, con 218 individuos que representan el 0,56% (tabla 3.3.1, figura 3.4.3). Presentaron números de individuos similares para las estaciones de verano, otoño y primavera (36,70%, 32,11% y 28,44% respectivamente), siendo mucho menos abundante en el invierno, con solo un 2,75% (figura 3.4.19).

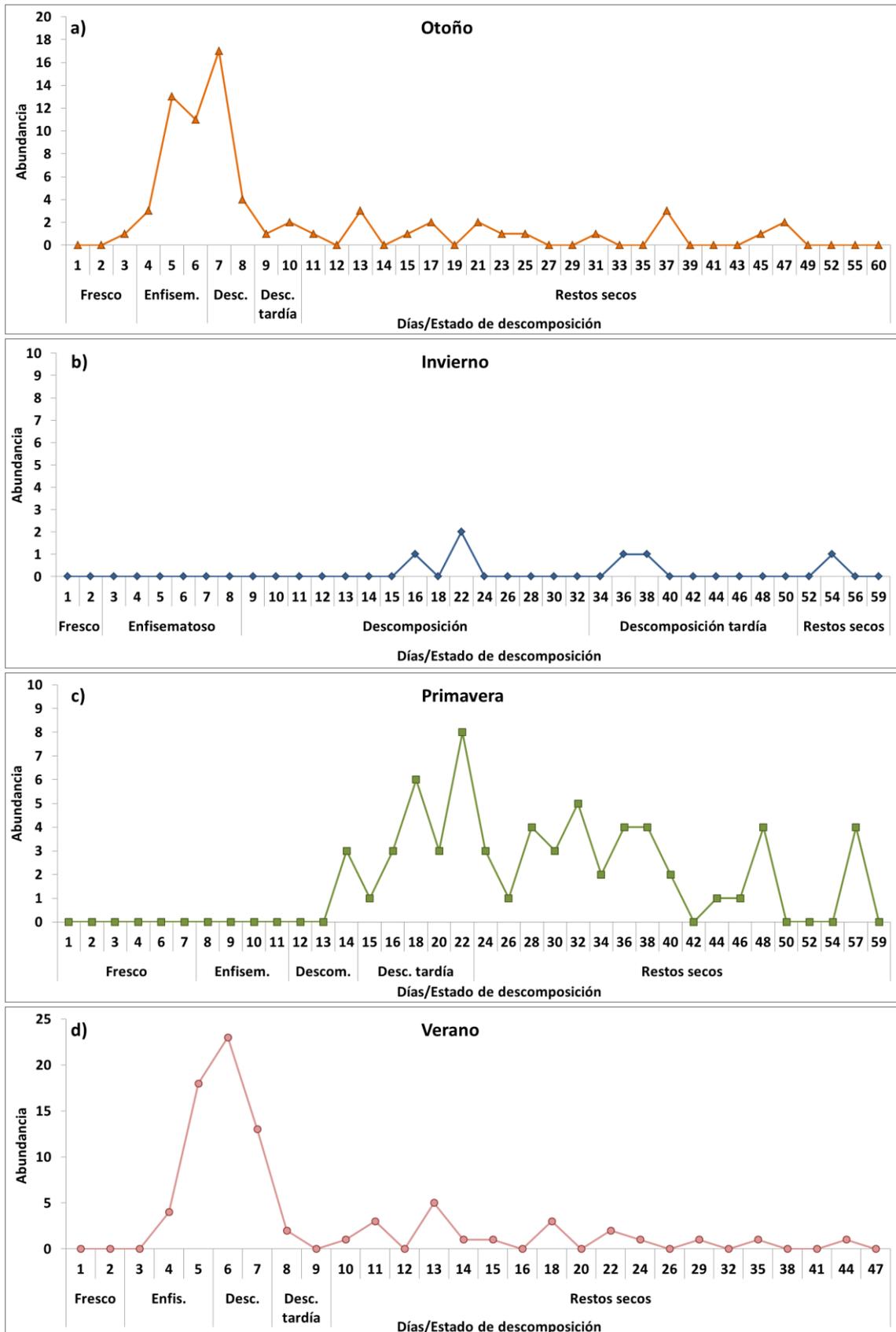


Figura 3.4.20. Abundancias de la familia Sarcophagidae durante las cuatro estaciones muestreadas.

En otoño se recogieron 70 individuos repartidos a lo largo de todo el periodo con abundancias bajas, aunque mostrando un máximo, casi en meseta, en la etapa final de la fase enfisematosa e inicio de la descomposición (figura 3.4.20a).

Durante el muestreo de invierno solo se recogieron 6 individuos, que aparecieron en días aislados (figura 3.4.20b).

En primavera se recogieron 62 individuos a partir de la fase de descomposición, pero con abundancias bajas y manteniéndose hasta el final del muestreo con ausencias puntuales (figura 3.4.20c).

Por último, en verano se recogieron 80 individuos, apareciendo en la fase enfisematosa y alcanzando el máximo al inicio de la descomposición. A partir de este día se mantuvieron presentes hasta el final del muestreo con abundancias muy bajas (figura 3.4.20d).

Aunque la familia Sarcophagidae fue la sexta en abundancia, creemos adecuado mencionarla por estar considerada una pieza importante dentro de la comunidad sarcosaprófaga (Smith, 1986). En el trabajo de Begoña Gaminde (2015), la abundancia de los Sarcophagidae tampoco fue muy alta, coincidiendo con nuestros resultados. En el mencionado trabajo estuvo completamente ausente en invierno y primavera y fue especialmente abundante en el verano, al igual que en el medio periurbano en Murcia (Arnaldos *et al.*, 2001), en la Sierra de Guadarrama (Martín-Vega & Baz, 2013a) y en Lisboa (Prado e Castro *et al.*, 2012a). En cambio en nuestra altitud, estuvo presente en todas las estaciones con bajas abundancias durante el invierno, y unos valores relativamente semejantes en el resto. Esto podría justificarse ya que en el ambiente prospectado en nuestro trabajo las temperaturas fueron más elevadas que en el resto de localidades para la misma estación.

Durante el verano y el otoño, al igual que en Begoña Gaminde (2015), los individuos empezaron a capturarse durante la fase enfisematosa, alcanzándose un máximo durante la fase de descomposición, manteniéndose los ejemplares presentes hasta el final de los muestreos aunque con oscilaciones. Estos resultados también coinciden con los obtenidos previamente en distintas zonas de la Península Ibérica (Arnaldos *et al.*, 2004a; Prado e Castro *et al.*, 2012a).

Todo esto es coherente con lo que se sabe de la familia. No aparecen en el estadio fresco, pues su estrategia vital los anima a poner, en cadáveres con cierta envergadura, cuando ya hay otras moscas, a lo que ayuda su carácter ovovivíparo. Su distribución anual también es la habitual; son muy termófilas, y esto es congruente con su aparición mayoritaria en verano y otoño, estaciones que, en nuestro caso, fueron

muy similares y cálidas. En épocas frías son casi testimoniales. En primavera aparecieron muy retrasadas, y es que durante los primeros días de esa estación las temperaturas resultaron ser muy bajas.

Otras familias de dípteros

Como se observa en la tabla 3.4.1 y en la figura 3.4.3, hay familias que estuvieron representadas por menos del 2% de todos los dípteros recogidos. Algunas de estas familias fueron Heleomyzidae, con 95 individuos, Drosophilidae, con 76, Fanniidae con 61, Piophilidae, con 33, y Anthomyiidae con 22. El resto de familias que se encontraron durante los muestreos estuvieron representadas por menos de 5 individuos (Carnidae, Odiniidae, Dolichopodidae, Lauxaniidae, Asilidae, Dryomyzidae, Tanypezidae y Chloropidae).

En el muestreo realizado en otoño se observó que estas familias se recogieron desde el principio, durante el estadio fresco, siendo los grupos más abundantes Heleomyzidae, Drosophilidae y Piophilidae. Los picos de máxima abundancia de las familias Heleomyzidae y Piophilidae ocurrieron al final de la fase de descomposición, mientras que el de la familia Drosophilidae se situó en la fase de restos secos (figura 3.4.21a).

En invierno solo aparecieron heleomícidos, nematóceros y fánidos, con unas abundancias muy bajas que nunca superaron los 3 individuos por día. Dichos grupos aparecieron a partir de la mitad de la fase de descomposición y se mantuvieron presentes hasta los restos secos (figura 3.4.21b).

En primavera, Heleomyzidae, Anthomyiidae y Fanniidae fueron las familias más abundantes. Aparecieron a partir del estadio enfisematoso y, con mayores o menores abundancias, se mantuvieron hasta el final del muestreo (figura 3.4.21c).

Por último, durante el verano los grupos más abundantes fueron Drosophilidae y Fanniidae, estando las otras tres familias representadas por solo uno o dos individuos. Aparecieron a partir del estadio enfisematoso y obtuvieron sus máximos durante la fase de la descomposición (figura 3.4.21d).

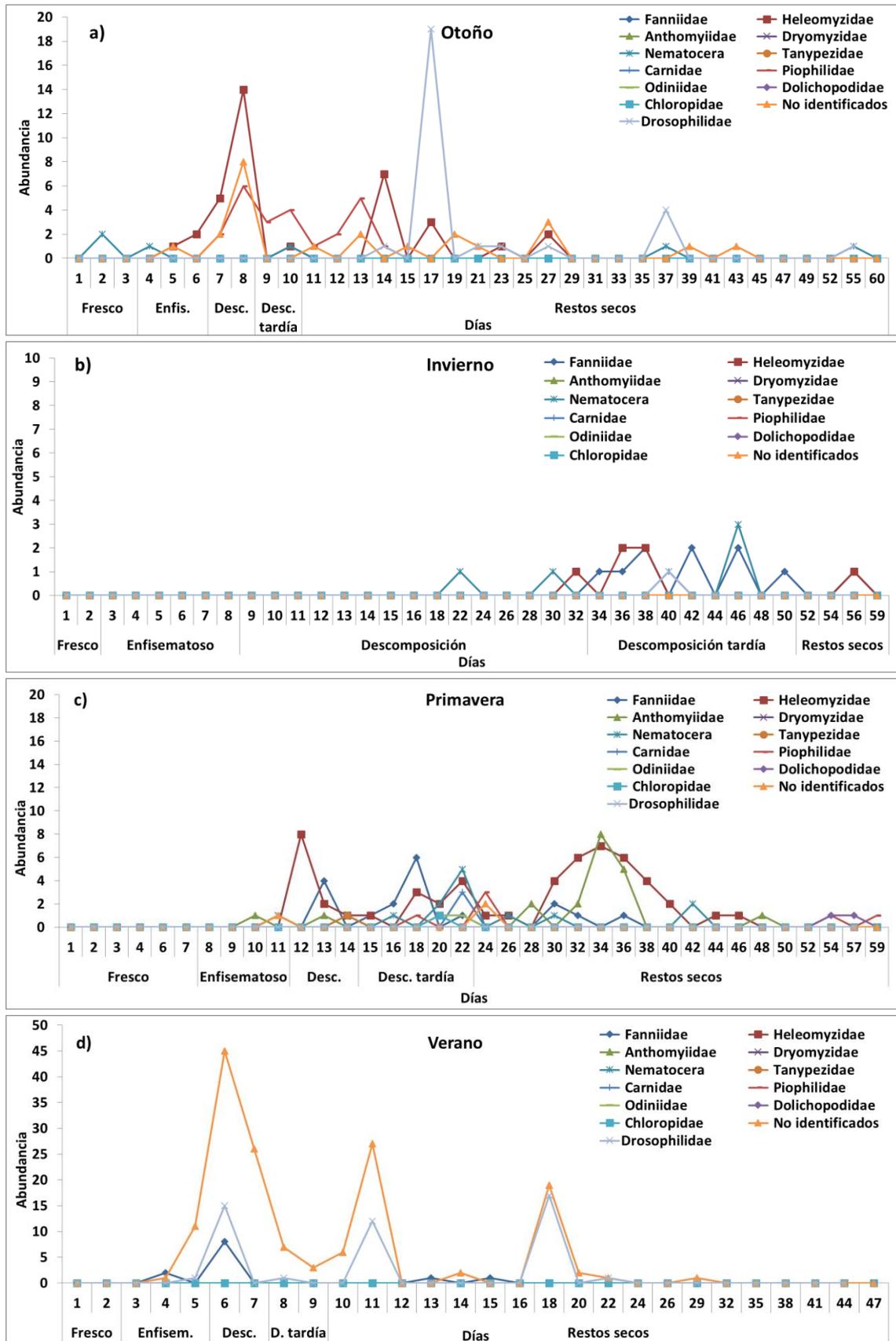


Figura 3.4.21. Abundancia y dinámica de las familias de dípteros menos abundantes encontradas en los cuatro muestreos realizados.

La familia Heleomyzidae, como se ha expuesto, estuvo presente en todas las estaciones a excepción del verano, siendo más abundante en primavera, seguida por el otoño y con una abundancia muy baja en invierno. En El Morrón (Begoña Gaminde, 2015) se recogió a lo largo de todo el estudio, siendo más abundante en verano y otoño, con una abundancia muy alta, lo cual no concuerda con nuestros resultados. En los trabajos realizados en Lisboa (Prado e Castro *et al.*, 2012a) y Madrid (Martín-Vega & Baz, 2013a), esta familia se capturó en todas las estaciones y fue más abundante durante el otoño en ambas localidades, seguido de la primavera en Lisboa y el invierno en Madrid, resultados que están más próximos a los nuestros. La biología de esta familia está poco estudiada.

La familia Fanniidae se recogió durante las cuatro estaciones, con mayor abundancia durante el invierno, seguido de la primavera. En El Morrón (Begoña Gaminde, 2015) se recolectó en las estaciones más cálidas, estando ausente durante el invierno. Nuestros resultados serían afines a los observados por Aballay *et al.* (2012), quienes consideraron a esta familia como buena indicadora del IPM durante el invierno, así como con los datos de Arnaldos Sanabria (2000), quien la recogió también en todas las estaciones prospectadas, aunque con mayor abundancia en otoño, y con Prado e Castro (2011), quien la recogió con mayor abundancia en primavera.

La familia Piophilidae se recolectó durante las cuatro estaciones, siendo más abundantes durante otoño y con abundancias muy bajas en las tres restantes. En El Morrón (Begoña Gaminde, 2015) se capturó en todas las estaciones excepto en invierno. Nuestros resultados coinciden con los observados en Lisboa (Prado e Castro *et al.*, 2012a) y en un medio natural de Madrid (Martín-Vega & Baz, 2013a), donde esta familia fue más abundante en las estaciones cálidas. Aunque hacen falta estudios posteriores, parece que las escasas abundancias de esta familia se deben en todos los casos a temperaturas extremas, tanto altas como bajas.

3.4.2. Orden Coleoptera

Este orden constituye el grupo animal más diverso del planeta. Se encuentran en todos los hábitats terrestres, pero hay algunos que viven también en el agua. Tienen un régimen alimentario muy variado pudiendo ser depredadores, fitófagos, parásitos, detritívoros o carroñeros (Chinery, 1998).

Aunque existen varios grupos de importancia forense, en general no se asocian a una fase de la descomposición determinada, pues dependen del régimen alimenticio de la especie y, por tanto, del lugar que ocupen en la cadena trófica de la comunidad sarcosaprófaga. Las formas depredadoras pueden encontrarse desde las pocas horas tras la muerte hasta los últimos estadios de la descomposición. Por otro lado, los necrófagos son característicos de los estadios más avanzados, los secos (Goff & Catts, 1990). Una de las familias más representativas es Dermestidae, sobre todo en sus estadios preimaginales que se alimentan activamente de las masas musculares del cadáver en la fase de restos secos.

En nuestro estudio, el orden Coleoptera fue el segundo en abundancia, con 1.404 individuos adultos y 1.991 en estadio preimaginal (tabla 3.3.1).

Tabla 3.4.4. Abundancia del número de adultos de las diferentes familias de Coleoptera encontradas en este estudio.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Dermestidae	65	228	117	178	588
Histeridae	13	218	197	47	475
Staphylinidae	52	28	45	20	145
Silphidae	9	25	26	5	65
Cleridae	29	3	12	10	54
Nitidulidae	18	6	9	0	33
Tenebrionidae	4	3	4	5	16
Carabidae	0	0	2	0	2
Anthicidae	1	0	0	0	1
Cerambycidae	1	0	0	0	1
Scarabaeidae	0	0	0	1	1
No identificados	13	3	7	0	23
Total	205	514	419	266	1.404

Tabla 3.4.5. Abundancia de los estadios preimaginales de las familias de Coleoptera encontradas para cada estación en este estudio.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Larvas Dermestidae	225	3	344	990	1.562
Larvas Staphylinidae	207	26	96	0	329
Larvas Coleoptera	0	100	0	0	100
Total	432	129	440	990	1.991

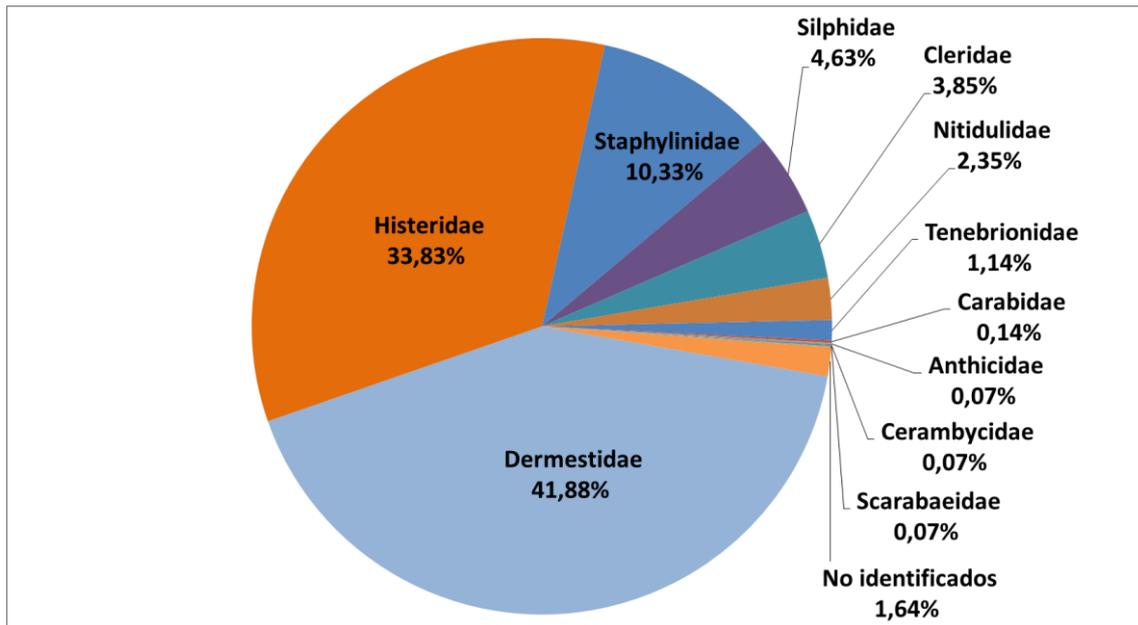


Figura 3.4.22. Porcentajes de abundancia de las familias de Coleoptera para todo el muestreo.

Dentro de este orden, la familia más abundante fue Dermestidae, con 588 individuos adultos (41,88% del total). La segunda familia en abundancia fue Histeridae (475 individuos, 33,83%), siguiéndole en orden de importancia la familia Staphylinidae (145 individuos, 10,33%). El resto de familias aparecieron con menos de un 5% de abundancia, como Silphidae (4,63%), Cleridae (3,85%) y Nitidulidae (2,35%) (tablas 3.3.1 y 3.4.4, figura 3.4.22).

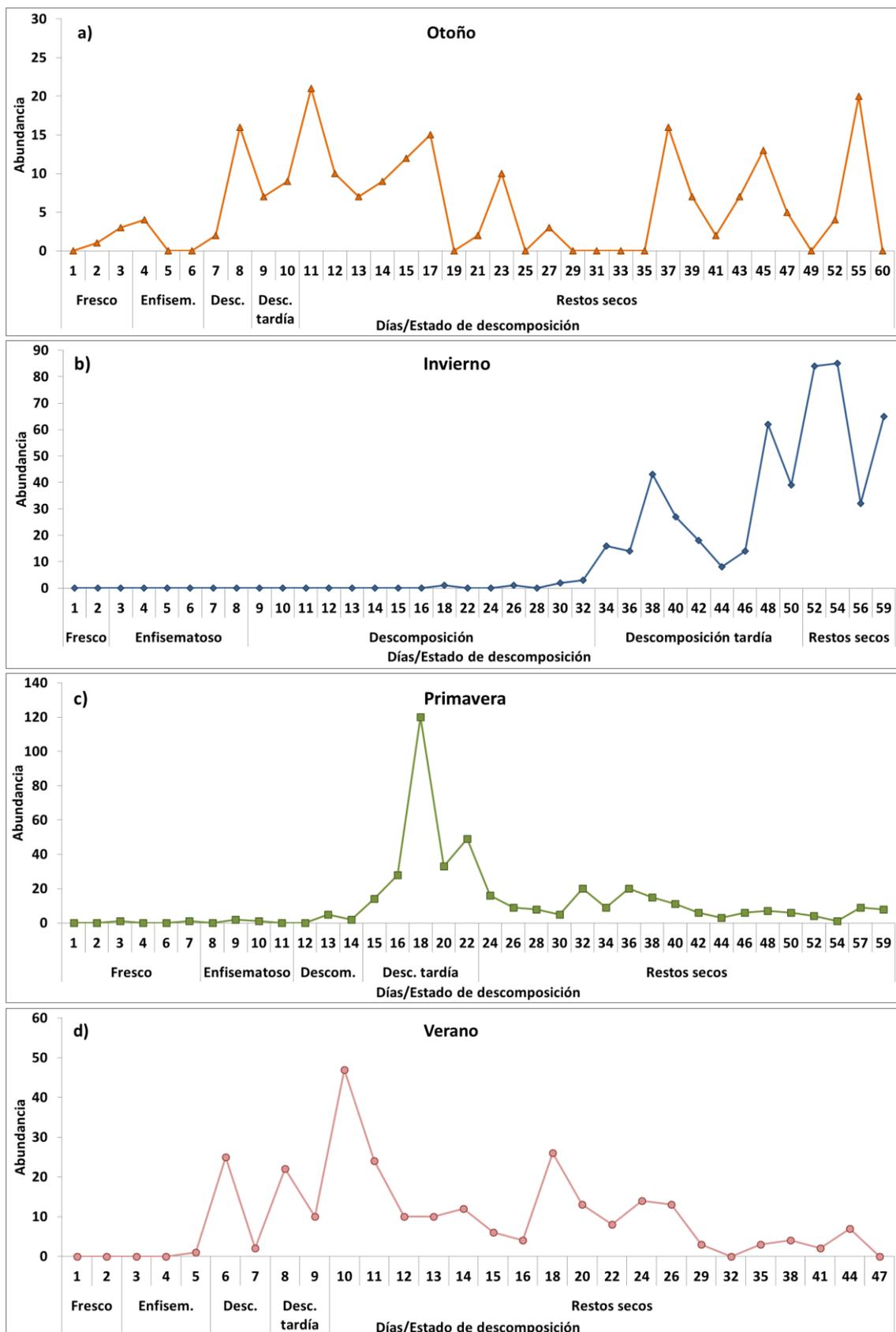


Figura 3.4.23. Abundancia de adultos del orden Coleoptera durante los cuatro periodos de muestreo.

En otoño, los coleópteros se capturaron desde el estadio fresco, manteniéndose con oscilaciones hasta el final del muestreo. Las abundancias no fueron muy altas, no sobrepasándose los 25 individuos ningún día (figura 3.4.23a). La familia Dermestidae fue la más abundante para esta estación, con un 31,71% del total, seguida de Staphylinidae (25,37%), Cleridae (14,15%), Nitidulidae (8,78%) e Histeridae (6,34%). El resto de familias aparecieron con menos de un 5% de abundancia (figura 3.4.24).

Durante los primeros días del invierno no se apreció actividad por parte de los coleópteros, y hasta bien entrada la fase de la descomposición no se empezaron a recoger algunos individuos, aunque sin continuidad. En la fase de descomposición tardía se presentaron con cierta abundancia, alcanzando su máximo en las últimas fechas del periodo de muestreo (figura 3.4.23b). Durante esta estación las dos familias más abundantes fueron Dermestidae, con un 44,36%, e Histeridae, con un 42,41%. Staphylinidae (5,45%) y Silphidae (4,86%) se recogieron con abundancias mucho más bajas, y el resto de familias aparecieron con menos del 2% de abundancia (figura 3.4.24).

En primavera solo se recogieron 1 o 2 individuos adultos en el estadio fresco. A partir de la fase de descomposición fue cuando se empezó a observar un mayor número de individuos, alcanzando el máximo en la fase de la descomposición tardía, con un total de 129 individuos. A partir de ese momento, aun habiendo descendido su abundancia, estuvieron siempre presentes hasta el último día de muestreo (figura 3.4.23c). La familia Histeridae fue la más abundante, representando el 47,02% del total, seguida por Dermestidae, con un 27,92%, Staphylinidae, con un 10,74% y Silphidae, con un 6,21%. El resto de familias alcanzó, cada una de ellas, menos del 5% de abundancia (figura 3.4.24).

Por último, durante el verano, se observó actividad a partir del inicio de la fase de la descomposición. El máximo de abundancia se obtuvo en la fase de descomposición tardía, con 47 individuos. A partir de entonces, las abundancias bajaron pero se mantuvo la presencia de individuos hasta el final del muestreo (figura 3.4.23d). De nuevo, la familia Dermestidae fue la más abundante (66,92%), seguida por Histeridae (17,67%) y Staphylinidae (7,52%). El resto de familias aparecieron con menos del 5% de abundancia cada una (figura 3.4.24).

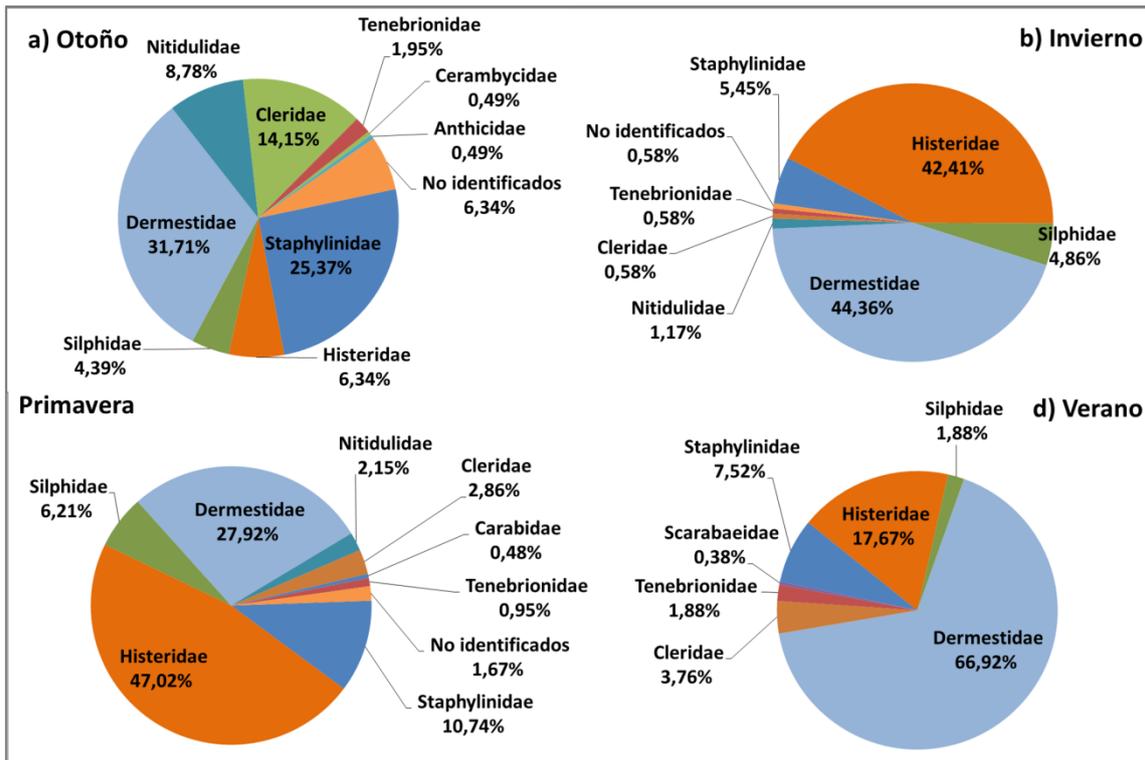


Figura 3.4.24. Porcentajes de abundancia de las distintas familias pertenecientes al orden Coleoptera para cada una de las estaciones.

Todas las familias capturadas son habituales como evidencias entomológicas en casos forenses (Amendt *et al.*, 2004). Como ya se ha indicado, para todo el periodo de muestreo, la familia más abundante fue Dermestidae, seguida muy de cerca por Histeridae y Staphylinidae, cambiando los porcentajes de abundancias y el orden dependiendo de la estación. Cabe destacar que en otoño las familias Cleridae y Nitidulidae fueron la cuarta y quinta en abundancia y, en este caso, estuvieron por delante de la familia Histeridae. Si lo comparamos con lo obtenido en El Morrón (Begoña Gaminde, 2015), las familias más abundantes fueron diferentes. En este caso, dominó la familia Staphylinidae, seguida de Silphidae y Dermestidae. La familia Histeridae, que en nuestro trabajo fue la segunda en abundancia, en El Morrón apareció con solo el 1% de abundancia.

Según el trabajo de Arnaldos Sanabria (2000), la familia más numerosa para todo el muestreo fue también Dermestidae, predominando en primavera y verano. En otoño e invierno, las familias más abundantes fueron Nitidulidae y Staphylinidae. En el caso del otoño nuestros resultados coinciden con los de Arnaldos Sanabria (2000) ya que las dos familias (Nitidulidae y Staphylinidae) tuvieron en ambos casos unas abundancias particularmente altas para esta estación.

Familia Dermestidae

Se trata de una familia de coleópteros polívoros con aproximadamente unas 1.300 especies descritas (Háva, 2003). Su distribución es muy amplia, en Europa, Asia, África, Madagascar y Norteamérica (Hinton, 1945). Tienen gran importancia económica y muchas de sus especies han sido estudiadas como plagas de productos almacenados (Arnaldos Sanabria, 2000) y como causantes de daños en muebles, piel, cueros y otros productos textiles (Bahillo de la Puebla & López-Colón, 2006; Ciro Díaz *et al.*, 2008). Además de los daños que producen, prácticamente todas las especies pertenecientes a esta familia son capaces de alimentarse de tejidos animales secos (Byrd & Castner, 2010). Por ello se les considera una familia característica de la comunidad sarcosaprófaga en sus fases más avanzadas, habiendo sido referenciada en numerosos trabajos sobre cadáveres animales y casos forenses en general (Fuller, 1934; Early & Goff, 1986; Tantawi *et al.*, 1996; Arnaldos Sanabria, 2000; Turchetto *et al.*, 2001; Schroeder *et al.*, 2003; Arnaldos *et al.*, 2004b, 2005; Tabor *et al.*, 2004; García-Rojo *et al.*, 2009; Matuszewski *et al.*, 2010; Battán-Horenstein *et al.*, 2012; Pérez Bote *et al.*, 2012; Prado e Castro *et al.*, 2012b, 2013; Baz *et al.*, 2014).

Schoeder *et al.* (2002) apuntan a que, en ciertas condiciones, esta familia podría resultar un factor de aceleración de la descomposición de un cadáver, por lo que su interés en todos los aspectos forenses es muy grande.

Como se observa en la tabla 3.4.6, la especie más abundante, con gran diferencia con respecto las demás, fue *Dermestes frischii*, con un total de 550 individuos repartidos entre las cuatro estaciones. A continuación se recogió *Dermestes undulatus* con solo 28 individuos, mientras que los restantes ejemplares de esta familia se recogieron con una abundancia muy baja.

Tabla 3.4.6. Abundancias de las especies de la familia Dermestidae para cada una de las estaciones de muestreo.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
<i>Dermestes frischii</i>	64	208	104	174	550
<i>Dermestes undulatus</i>	1	20	4	3	28
<i>Dermestes pardalis</i>	0	0	1	0	1
<i>Attagenus trifasciatus</i>	0	0	8	0	8
<i>Dermestes sp.</i>	0	0	0	1	1
Total	65	228	117	178	588

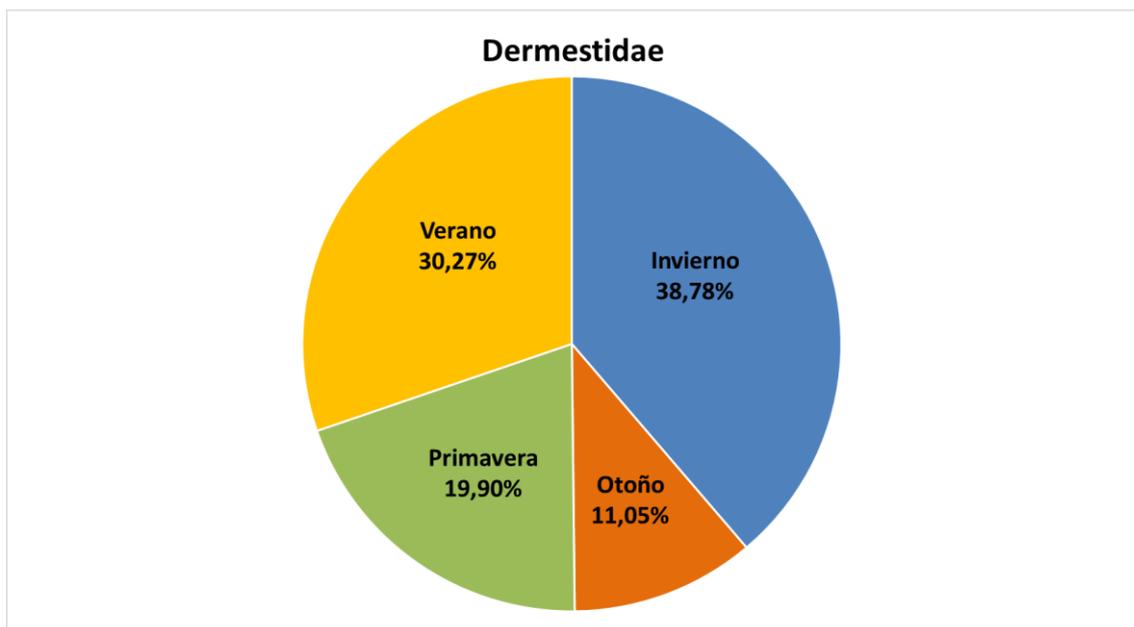


Figura 3.4.25. Abundancia en porcentaje de la familia Dermestidae durante los muestreos en las cuatro estaciones.

La estación con mayor abundancia de derméstidos fue invierno, con 228 individuos (38,78%), seguida del verano, con 178 individuos (30,27%), primavera, con 117 individuos (19,90%) y, por último, otoño con 65 individuos (11,05%) (tabla 3.4.6, figura 3.4.25).

Durante el otoño las especies que aparecieron fueron *Dermestes frischii* y un ejemplar de *Dermestes undulatus*. La primera se presentó desde la fase de descomposición con una distribución irregular a lo largo de todo el periodo. Sus abundancias fueron, en términos generales, bajas, alcanzando el máximo durante los restos secos. El único ejemplar de *D. undulatus* apareció en los restos secos (tabla 3.4.6, figura3.4.26a).

En invierno, los derméstidos se recogieron a partir de la fase de descomposición. *Dermestes frischii* presentó sus máximas abundancias en esta estación, apareciendo también, pero mucho menos abundante, *D. undulatus*. Esta última especie fue la primera en recolectarse, mientras que *D. frischii* se presentó más retrasada y su abundancia fue aumentando progresivamente hasta obtener su máximo durante los restos secos (tabla 3.4.6, figura3.4.26b).

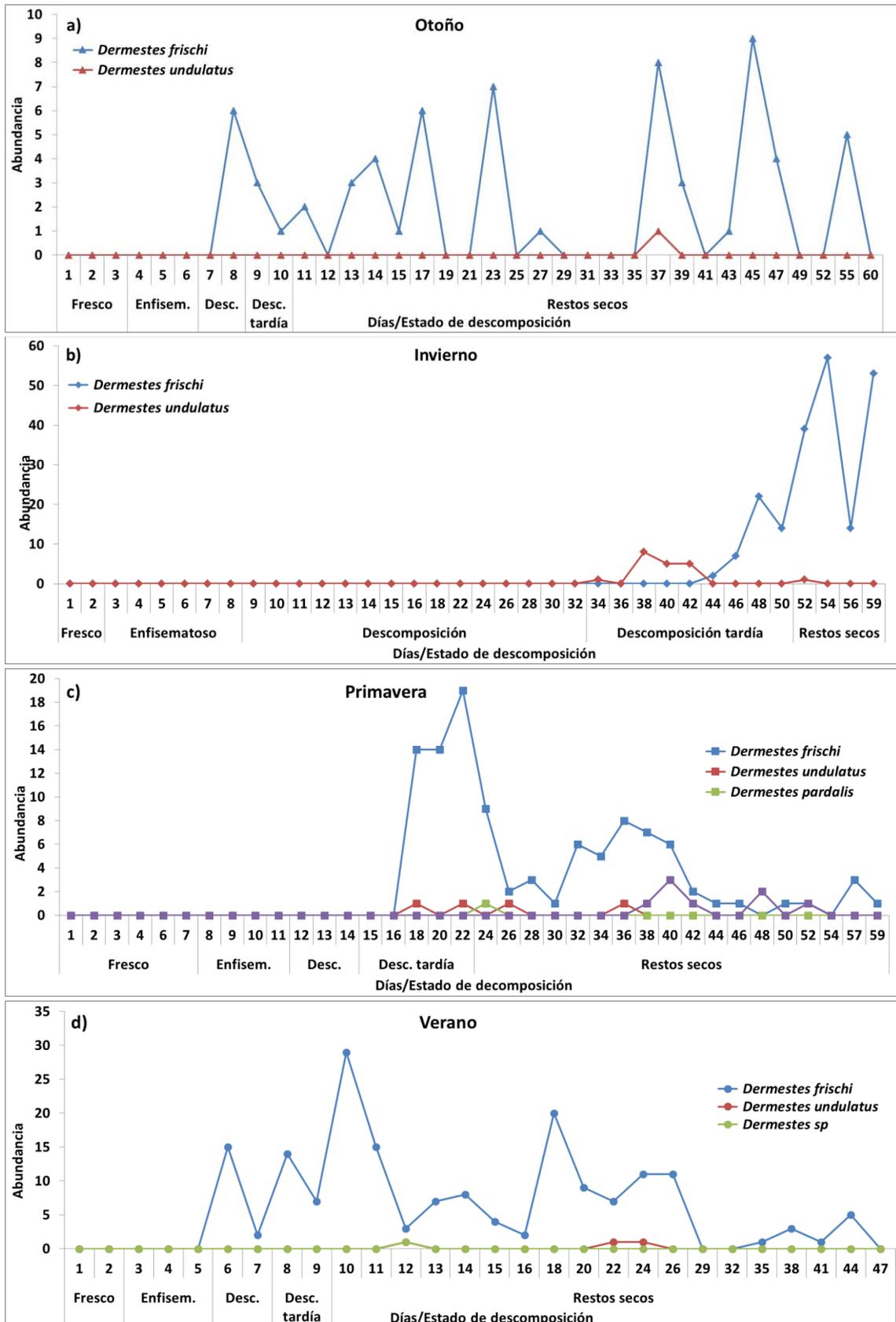


Figura 3.4.26. Dinámica y abundancia de las especies de Derméstidos durante las cuatro estaciones muestreadas.

Durante la primavera, este grupo apareció a partir de la descomposición tardía. La especie más abundante fue nuevamente *Dermestes frischii*, que se mantuvo, con ausencias puntuales, hasta el final del muestreo. Su máximo de abundancia lo alcanzó al inicio de los restos secos. En esta estación también aparecieron *D. pardalis* y *Attagenus trifasciatus* que, junto a *D. undulatus*, se recogieron solo puntualmente en algunos de los días del muestreo (tabla 3.4.6, figura 3.4.26c).

Por último, en verano este grupo se encontró a partir de la fase de descomposición. Como en las estaciones anteriores, la especie más abundante fue *Dermestes frischii* que, desde el momento en el que apareció, se mantuvo presente, aunque con oscilaciones, hasta el final del muestreo. Su máximo de abundancia lo presentó al inicio de los restos secos, fase en la que también se presentó puntualmente *D. undulatus* (tabla 3.4.6, figura 3.4.26d).

La familia Dermestidae se suele asociar con las últimas etapas de la descomposición (Fuller, 1934; Reed, 1958; Payne, 1965; Rodríguez & Bass, 1983; Early & Goff, 1986; Byrd & Castner, 2010). Lo obtenido en nuestro trabajo coincide con esta premisa, ya que en otoño y verano estuvieron presentes, principalmente, a partir de la fase de descomposición, y en invierno y primavera desde la descomposición tardía en adelante. No obstante, numerosos trabajos encuentran este grupo en estadios más iniciales de la descomposición, como son el enfisematoso o incluso la fase fresca (Tantawi *et al.* 1996; Arnaldos Sanabria, 2000; Castillo Miralbés, 2002; Arnaldos *et al.*, 2004a; García Rojo, 2004; López Dos Santos, 2008; Pérez Bote *et al.*, 2012; Prado e Castro *et al.*, 2013; Begoña Gaminde, 2015), lo que pone en duda la generalización de la premisa inicial.

Según Báguena (1952), los individuos de este grupo acuden a los cadáveres todavía enteros y la mayoría de ellos solo se alimentan una vez lo han hecho las larvas de dípteros. Esta familia, en su etapa larvaria principalmente, forma parte muy importante del componente necrófago de la comunidad sarcosaprófaga; en nuestro caso los adultos aparecieron desde los estadios intermedios de la descomposición y aumentaron su importancia en la comunidad a medida que los restos fueron secándose.

Familia Histeridae

Esta familia vive en medios muy diversos: sobre cadáveres, excrementos, en hongos, bajo cortezas de árboles, en nidos de insectos, aves y mamíferos (Zahradník, 1990). Son muy comunes sobre materia orgánica en descomposición, tanto animal como vegetal, hongos y excrementos. Tanto los adultos como las larvas son predadores y, en

los cadáveres, se alimentan activamente de larvas y pupas de dípteros y larvas de Dermestidae (Byrd & Castner, 2010). Los géneros *Saprinus*, *Hister* y *Margarinotus* son los más habituales en los cadáveres, apareciendo en torno a los primeros días de la descomposición (Yélamos, 2002).

Los histéridos han sido relacionados con restos animales (Fuller, 1934; Tullis & Goff, 1987; Tantawi *et al.*, 1996; Camacho Cortés, 2005; Matuszewski *et al.*, 2010; Battán-Horenstein *et al.*, 2012), aunque también alimentándose de presas vivas (Sánchez Piñero, 1997), de larvas de dípteros (Goff & Catts, 1990; Tantawi *et al.*, 1996) e incluso de otros coleópteros (Hinton, 1945), pudiendo tener gran importancia al reducir significativamente la población de larvas de dípteros de un cadáver (Nuorteva, 1970). También se han encontrado relacionados con casos forenses (Rodríguez & Bass, 1983; Turchetto *et al.*, 2001). En la Península Ibérica han sido citados dentro de la fauna sarcosaprófaga en los trabajos de Castillo Miralbés (2002), en Huesca, Arnaldos *et al.*, (2004a), en Murcia, Romero Palanco *et al.* (2006), en Cádiz, López Dos Santos (2008), en Huelva, Pérez Bote *et al.*, (2012), en Badajoz, Prado e Castro *et al.* (2013), en Lisboa, y Baz *et al.* (2014) en Madrid.

Presentaron sus mayores abundancias en invierno, con 218 individuos (45,70%), y primavera, con 197 (41,30%), seguidas por el verano, con 49 (10,27%) y, por último, el otoño con 13 individuos (2,73%) (figura 3.4.27, tabla 3.4.7).

La especie predominante de esta familia fue *Saprinus detersus*, con un total de 261 individuos, siendo la estación en la que fue más abundante el invierno seguida muy de cerca por la primavera. Las siguientes especies en orden de abundancia fueron: *Saprinus melas* (50 individuos), *Saprinus cf. furvus* (46), *Saprinus lugens* (39) y *Saprinus politus* (31). *Margarinotus marginatus*, *Saprinus tenuistrius* y *Saprinus subnitescens* tuvieron 14, 11 y 9 individuos, respectivamente. El resto de especies tuvieron menos de 5 individuos, apareciendo algunas representadas solo por un único ejemplar (tabla 3.4.7).

Tabla 3.4.7. Abundancia de las especies de la familia Histeridae para las cuatro estaciones de muestreo. Las abundancias de las especies *S. maculatus* y *S. georgicus* aparecen en rojo ya que solo se recogieron en la trampa de caída.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
<i>Saprinus detersus</i>	3	135	118	5	261
<i>Saprinus melas</i>	1	20	27	2	50
<i>Saprinus furvus</i> cf.	4	0	22	20	46
<i>Saprinus lugens</i>	0	34	4	1	39
<i>Saprinus politus</i>	2	23	6	0	31
<i>Margarinotus marginatus</i>	0	4	10	0	14
<i>Saprinus tenuistrius</i>	0	0	4	7	11
<i>Saprinus subnitescens</i>	2	1	3	3	9
<i>Saprinus algericus</i>	0	0	0	5	5
<i>Saprinus acuminatus</i>	0	0	1	0	1
<i>Saprinus caerulescens</i>	0	0	1	0	1
<i>Saprinus maculatus</i>	0	0	0	1	1
<i>Saprinus georgicus</i>	0	0	0	1	1
<i>Saprinus semistriatus</i>	1	0	0	0	1
<i>Carcinops pumilio</i>	0	0	0	1	1
<i>Hister grandicollis</i>	0	0	1	0	1
Histeridae sin id.	0	1	0	3	4
Total	13	218	197	49	477

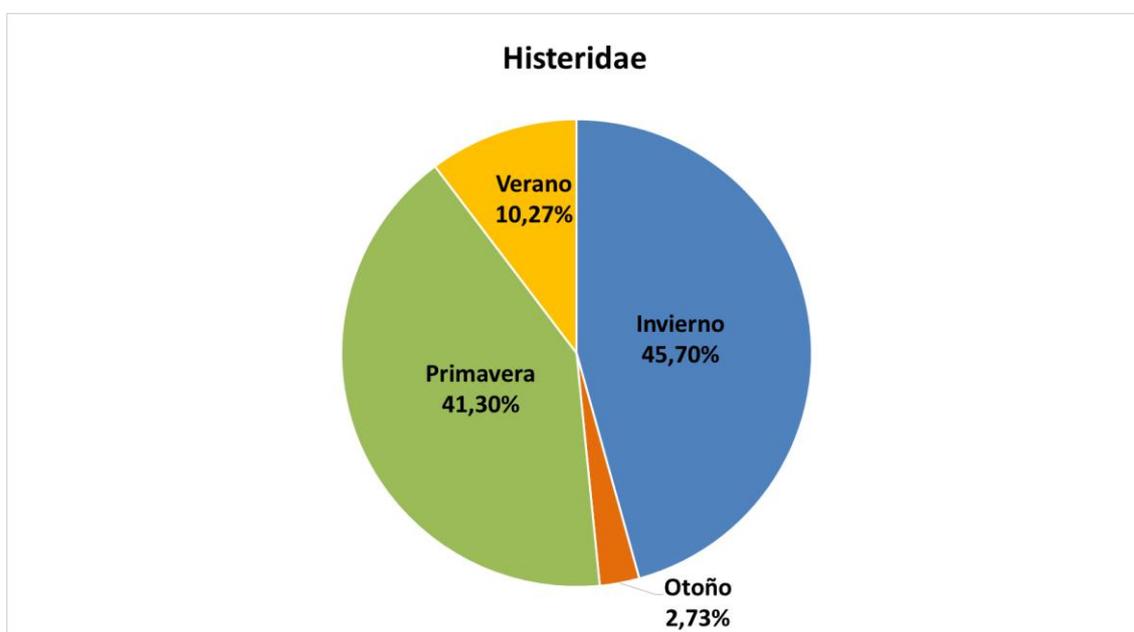


Figura 3.4.27. Porcentaje de abundancia del total de la familia Histeridae para cada estación.

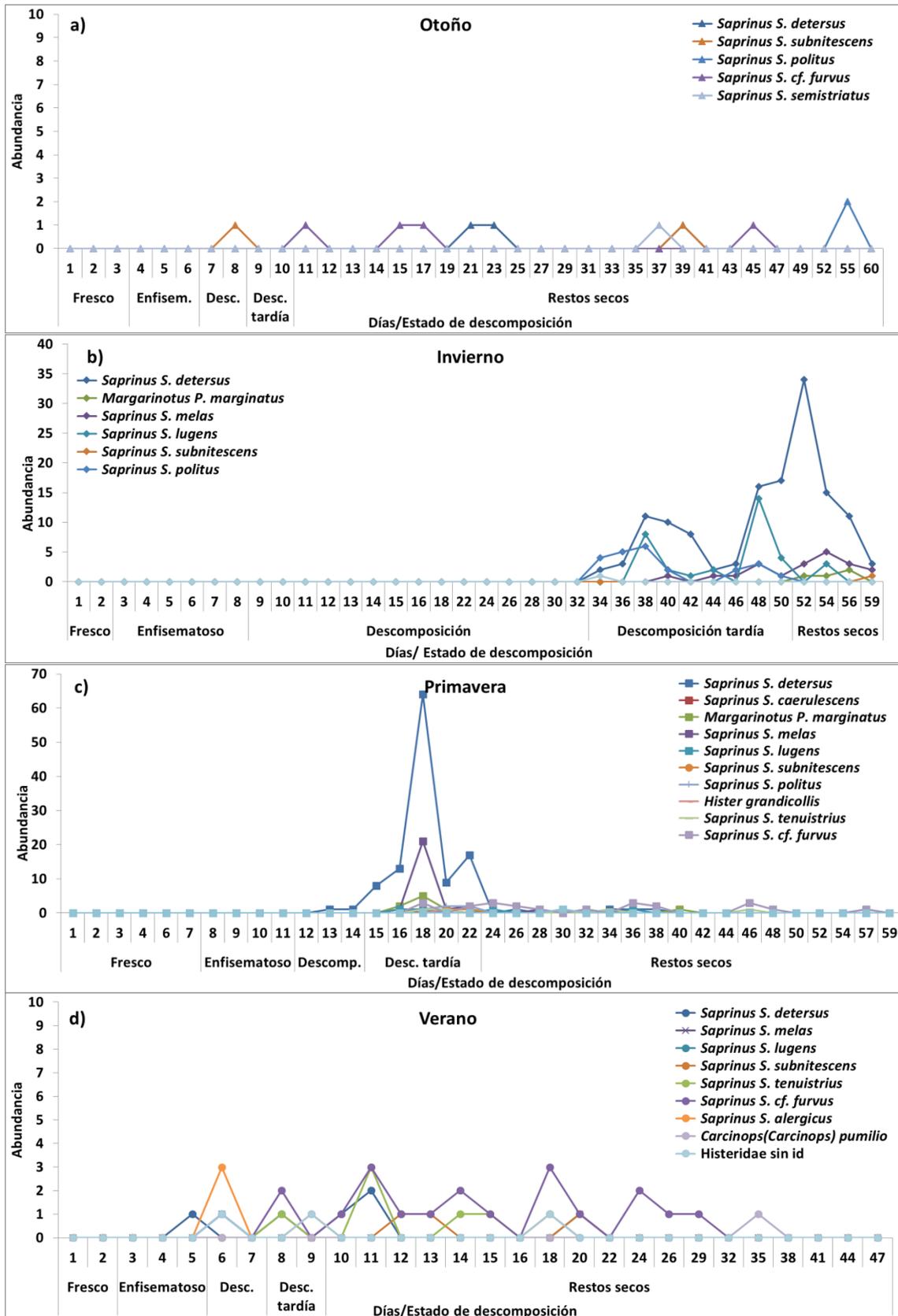


Figura 3.4.28. Dinámica y abundancia de las especies de la familia Histeridae durante los muestreo en las cuatro estaciones.

Como se ha mencionado anteriormente, durante el otoño las abundancias fueron muy bajas. Solo se recogieron uno o dos ejemplares, en días puntuales, de las especies *S. detersus*, *S. subnitescens*, *S. politus*, *S. furvus* y *S. semistriatus* (tabla 3.4.7, figura 3.4.28a).

En invierno no hubo actividad de esta familia hasta el final del muestreo, apareciendo al inicio de la descomposición tardía. A partir de ese momento, las distintas especies, con más o menos oscilaciones en las abundancias, se mantuvieron presentes hasta el final. La especie más abundante fue *Saprinus detersus*, que obtuvo su máximo durante los restos secos. Las siguientes especies fueron *S. lugens*, que obtuvo el máximo durante la descomposición tardía, *S. politus*, que permaneció presente hasta el final de la fase de descomposición tardía, y *S. melas*, que se mantuvo hasta el final del muestreo. El resto de especies fueron *Margarinotus marginatus* y *S. subnitescens* que se recogieron en días puntuales (tabla 3.4.7, figura 3.4.28b).

En primavera, la especie *Saprinus detersus* fue la primera en aparecer y la más abundante, obteniendo su máximo durante la descomposición tardía y desapareciendo durante los restos secos. Las demás especies aparecieron a partir de la descomposición tardía. *Saprinus melas*, que fue la segunda en abundancia, obtuvo su máximo en esta misma fase y desapareció también durante los restos secos. Las especies *S. furvus*, *M. marginatus*, *S. politus*, *S. lugens*, *S. tenuistrius*, *S. subnitescens*, *S. acuminatus*, *S. caerulescens* e *Hister grandicollis* aparecieron en días puntuales (no superando en ningún caso los 3 individuos por día), aunque algunas de ellas se mantuvieron presentes hasta casi el final del muestreo (tabla 3.4.7, figura 3.4.28c).

Al igual que en otoño, en verano se recogieron abundancias muy bajas. Los histéridos se recolectaron a partir del final de la fase enfisematosa, también con pocos individuos por día, manteniéndose hasta los últimos días de los restos secos. La especie más abundante fue *S. furvus*, recogándose también *S. tenuistrius*, *S. detersus*, *S. algericus*, *S. subnitescens*, *S. melas*, *S. lugens* y *Carcinops pumilio* (tabla 3.4.7, figura 3.4.28d).

Como ya se ha comentado, en nuestro trabajo el invierno y la primavera fueron las estaciones en las que los histéridos aparecieron con mayor abundancia, seguidas por el verano y el otoño. Esto no coincide con lo obtenido en El Morrón (Begoña Gaminde, 2015), ni en Murcia (Arnaldos Sanabria, 2000), donde se recogieron con mayor frecuencia durante el verano, seguido de la primavera, y ya con abundancias más bajas en otoño e invierno. Sin embargo, en el estudio realizado por Prado e Castro *et al.* (2013) en Lisboa, los histéridos estuvieron presentes con la misma distribución que en nuestro trabajo.

Coincidiendo con nuestros datos, en El Morrón (Begoña Gaminde, 2015), la especie más abundante fue *Saprinus detersus*. Sin embargo, en el medio periurbano de Murcia (Arnaldos Sanabria, 2000), la especie más abundante fue *Saprinus furvus* (cuarta en nuestro resultados), y en Lisboa (Prado e Castro *et al.*, 2013) fue *Margarinotus brunneus* (Fabricius, 1775), especie que no se encontró en nuestra zona de muestreo pero si en El Morrón. Esto podría apuntar al posible interés de *Saprinus detersus* como especie indicadora de hábitats.

Los histéridos encontrados en este trabajo se recogieron principalmente entre la fase de descomposición y los restos secos, a excepción de en verano cuando se recogieron desde el estadio enfisematoso. Todo esto se debe a su carácter necrófilo (Aballay *et al.*, 2013; Zanetti *et al.*, 2015), coincidiendo con la aparición tanto de adultos como de larvas de dípteros. Resultados semejantes obtuvieron Arnaldos Sanabria (2000) y Arnaldos *et al.* (2004a) en un ambiente periurbano de Murcia, y Begoña Gaminde (2015) en El Morrón. Sin embargo, en otras áreas de la Península Ibérica (Castillo Miralbés, 2002; Prado e Castro *et al.*, 2013), se capturaron desde las etapas más tempranas de la descomposición.

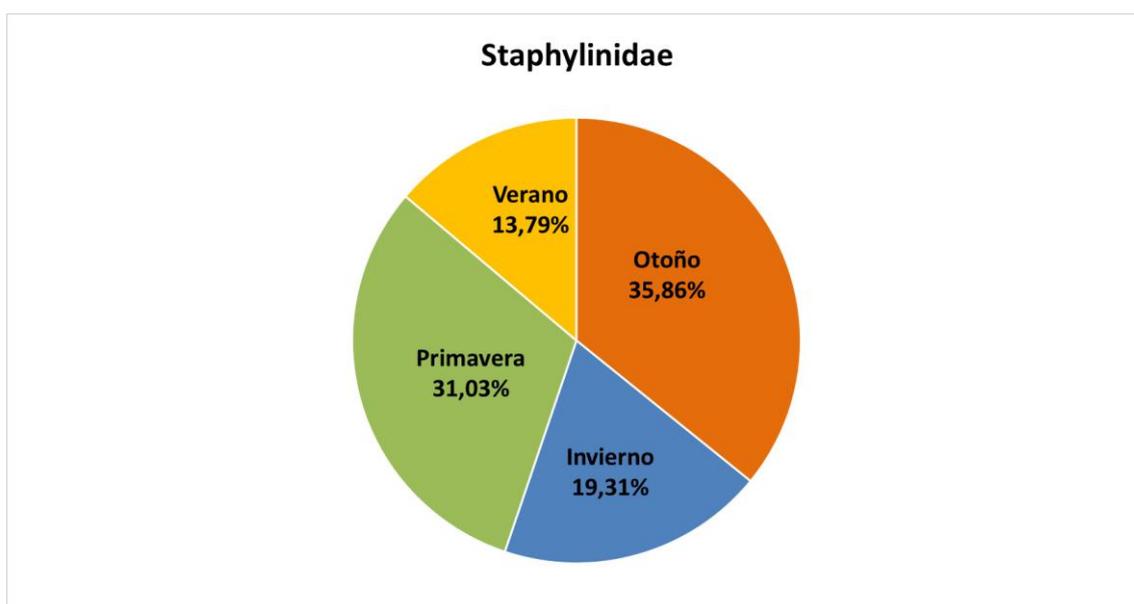
Familia Staphylinidae

Los estafilínidos están presentes en una amplia diversidad de hábitats, donde actúan como depredadores o se alimentan de materia animal en descomposición, restos vegetales y hongos (Byrd & Castner, 2010). Así, pueden incluirse dentro de todas las categorías ecológicas de la comunidad, necrófaga, necrófila, omnívora, oportunista y accidental (Smith, 1986). Aun así, es habitual considerar a esta familia como uno de los principales grupos necrófilos (Battán-Horenstein & Linhares, 2011) ya que algunas de sus especies depredan la fauna instalada en el cadáver.

Por tanto, la familia Staphylinidae aparece citada en numerosos trabajos relacionados con la fauna sarcosaprófaga (Tullis & Goff, 1987; Richards & Goff, 1997; Arnaldos Sanabria, 2000; Castillo Miralbés, 2001; Romero Palanco, 2006; Prado e Castro *et al.*, 2010b, 2013; Battán-Horenstein *et al.*, 2012; Baz *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2014a), y algunos en particular con restos humanos (Rodríguez & Bass, 1983; Turchetto *et al.*, 2001; Arnaldos *et al.*, 2005).

Tabla 3.4.8. Abundancias de los distintos taxones de la familia Staphylinidae para cada estación de muestreo.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
<i>Creophilus maxilloxus</i>	41	21	25	3	90
<i>Ocypus</i> sp.	1	0	1	0	2
Aleocharinae	10	7	16	16	49
Otros estafilínidos	0	0	3	1	4
Total	52	28	45	20	145

**Figura 3.4.29.** Porcentaje de abundancia de la familia Staphylinidae para cada estación.

Este grupo se recogió en las cuatro estaciones del año con valores muy similares, siendo la más abundante el otoño, con 52 individuos (35,86%), seguida de la primavera, con 45 (31,03%), el invierno, con 28 (19,31%) y finalmente el verano, con 20 individuos (13,79%) (tabla 3.4.8, figura 3.4.29).

En otoño aparecieron a partir de la fase descomposición. La abundancia de *Creophilus maxilloxus*, la especie más abundante, fue aumentando progresivamente hasta obtener su máximo durante los restos secos. La subfamilia Aleocharinae y *Ocypus* sp. aparecieron con abundancias de uno a tres individuos en días puntuales (figura 3.4.30a).

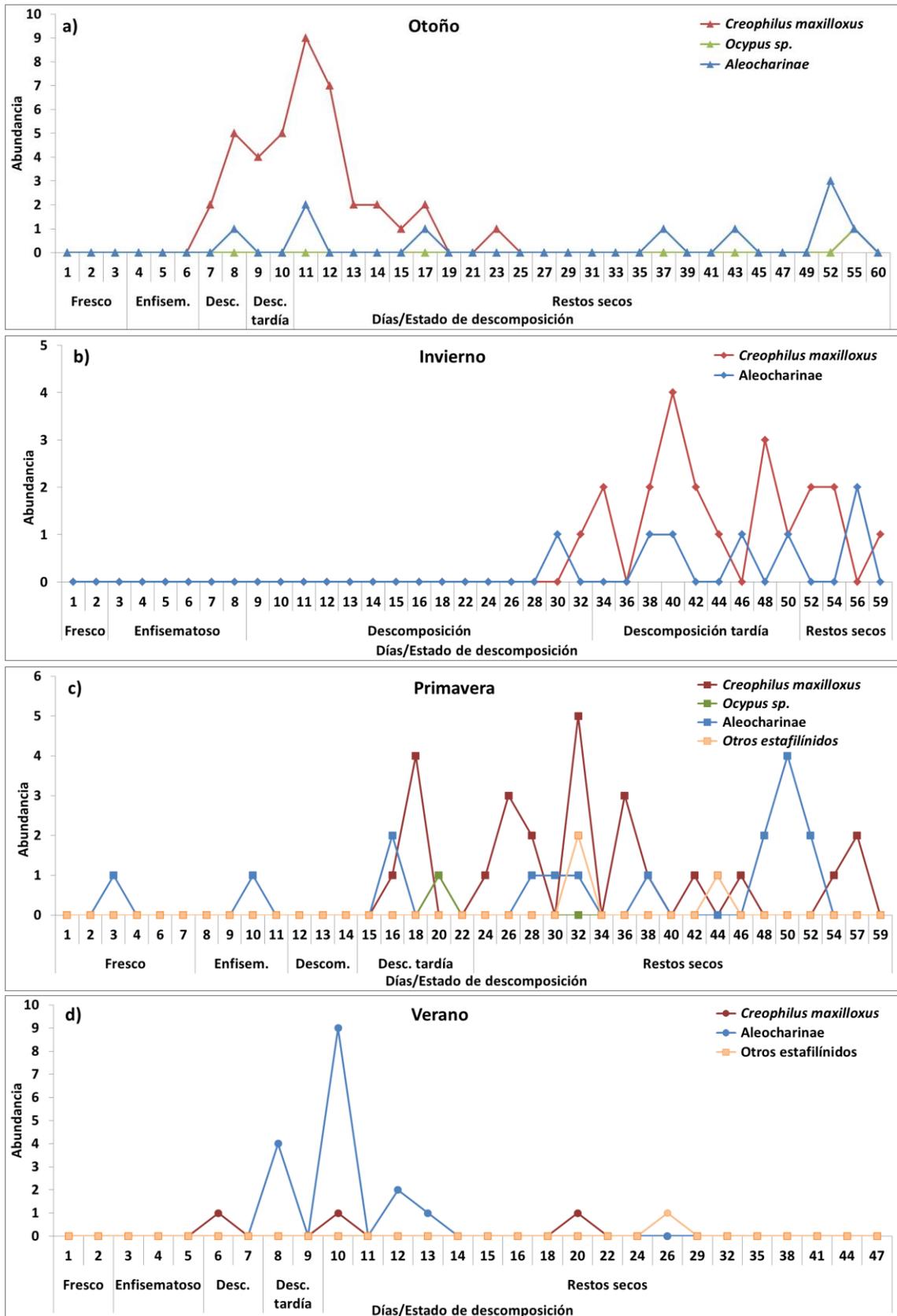


Figura 3.4.30. Dinámica y abundancia y dinámica de las especies de la familia Staphylinidae durante las cuatro estaciones muestreadas.

Durante el invierno, aparecieron hacia el final de la descomposición con un número de individuos, en términos generales, bajo. *Creophilus maxilloxus* y los aleocarinos se mantuvieron hasta el final, con oscilaciones en sus abundancias (figura 3.4.30b).

En primavera, *Creophilus maxilloxus* fue de nuevo la especie más numerosa, apareciendo en la descomposición tardía y manteniéndose, con fluctuaciones, hasta el final del muestreo. Los aleocarinos se recogieron en días puntuales en la fase fresca y enfisematosa y se mantuvieron a lo largo del periodo con apariciones también discontinuas (figura 3.4.30c).

Por último, en verano, *Creophilus maxillosus* apareció desde la fase de descomposición en días puntuales, con abundancias diarias nunca superiores a un ejemplar, y son los aleocarinos los que aparecieron con el mayor número de individuos. Estos se recolectaron en la descomposición tardía alcanzando su máximo en los restos secos (figura 3.4.30d).

Nuestros resultados sitúan a la familia Staphylinidae como la tercera en importancia dentro de los coleópteros, similar a lo obtenido por Arnaldos Sanabria (2000), donde esta familia no es la dominante. Sin embargo, en el trabajo realizado en El Morrón (Begoña Gaminde, 2015), esta familia fue la que presentó una mayor abundancia dentro de los coleópteros con valores superiores a 4.000 individuos. Viendo además que la distribución estacional no mantiene ninguna pauta, podemos pensar que esta especie no es específica para ninguna de las épocas del año y que sus abundancias pueden depender de la comunidad que se encuentra en la zona.

Según Goff & Catts (1990), esta familia pertenece al componente predador de la comunidad pudiendo presentarse a lo largo de todas las fases de la descomposición, lo cual coincide con lo observado en nuestro trabajo, donde se vio que no están asociados a ninguna fase de la descomposición en concreto.

La especie más abundante, *Creophilus maxillosus*, a pesar de ser bien conocida, con una amplia distribución en la Península Ibérica (Gamarra & Outerelo, 2008, 2013; Prado e Castro *et al.*, 2010b), no había sido citada en la Región de Murcia hasta el trabajo de Begoña Gaminde (2015) en El Morrón (Sierra Espuña). En nuestro estudio, se recolectaron 90 ejemplares repartidos entre las cuatro estaciones, siendo la más abundante el otoño, y la menos abundante el verano. Esto no coincide con los datos de El Morrón donde se recogió principalmente en los meses estivales. En El Abuznel se recolectó principalmente a partir de la fase de descomposición, lo que concuerda con lo observado por Prado e Castro *et al.* (2013) y Begoña Gaminde (2015), aunque en los estudios realizados en Huesca (Castillo Miralbés, 2002) y Cádiz (Romero Palanco *et al.*, 2006) se encontró en estadios más tempranos.

Familia Silphidae

Se trata de una gran familia de distribución prácticamente cosmopolita. Las larvas y los adultos viven principalmente en cadáveres de animales, pero también pueden encontrarse en plantas en descomposición y excrementos (Arnaldos Sanabria, 2000). Sus larvas se presentan en los estadios avanzados de la descomposición, pero los adultos pueden llegar a un cadáver al poco tiempo después de la muerte, alimentándose de huevos y larvas de dípteros (Byrd & Castner, 2010).

Numerosos trabajos hacen referencia a su aparición en dichos restos en descomposición (Fuller, 1934; Byrd & Castner, 2010; Matuszewski *et al.*, 2010; Prado e Castro *et al.*, 2013; Baz *et al.*, 2014). Esta familia tiene interés forense al pertenecer al grupo necrófago (Castillo Miralbés, 2002) y podría ser indicadora del IPM en cuerpos humanos (Rodríguez & Bass, 1983).

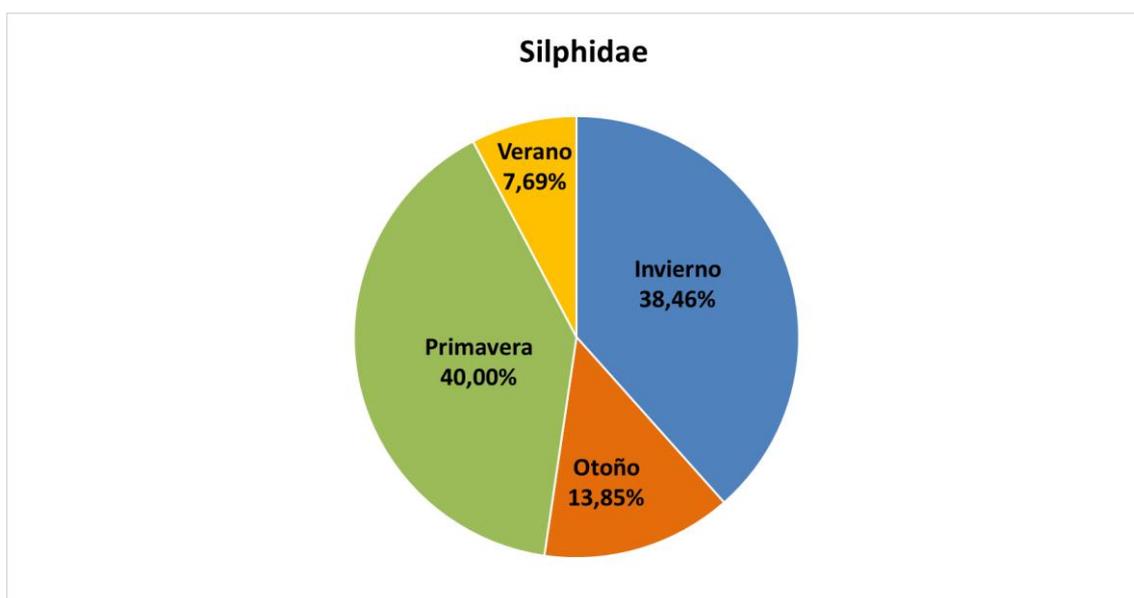


Figura 3.4.31. Porcentaje de abundancia de la familia Silphidae para cada estación del año.

Esta familia fue la cuarta en abundancia de todos los coleópteros, significando un 4,63% del total. Solo estuvo representada por la especie *Thanatophilus ruficornis* que se recolectó en todas las estaciones muestreadas pero con abundancias muy bajas, en especial durante el otoño y el verano donde solo se recogieron 9 y 5 individuos respectivamente. Las estaciones más abundantes fueron primavera e invierno con 26 y 25 individuos respectivamente (tabla 3.4.4, figura 3.4.22).

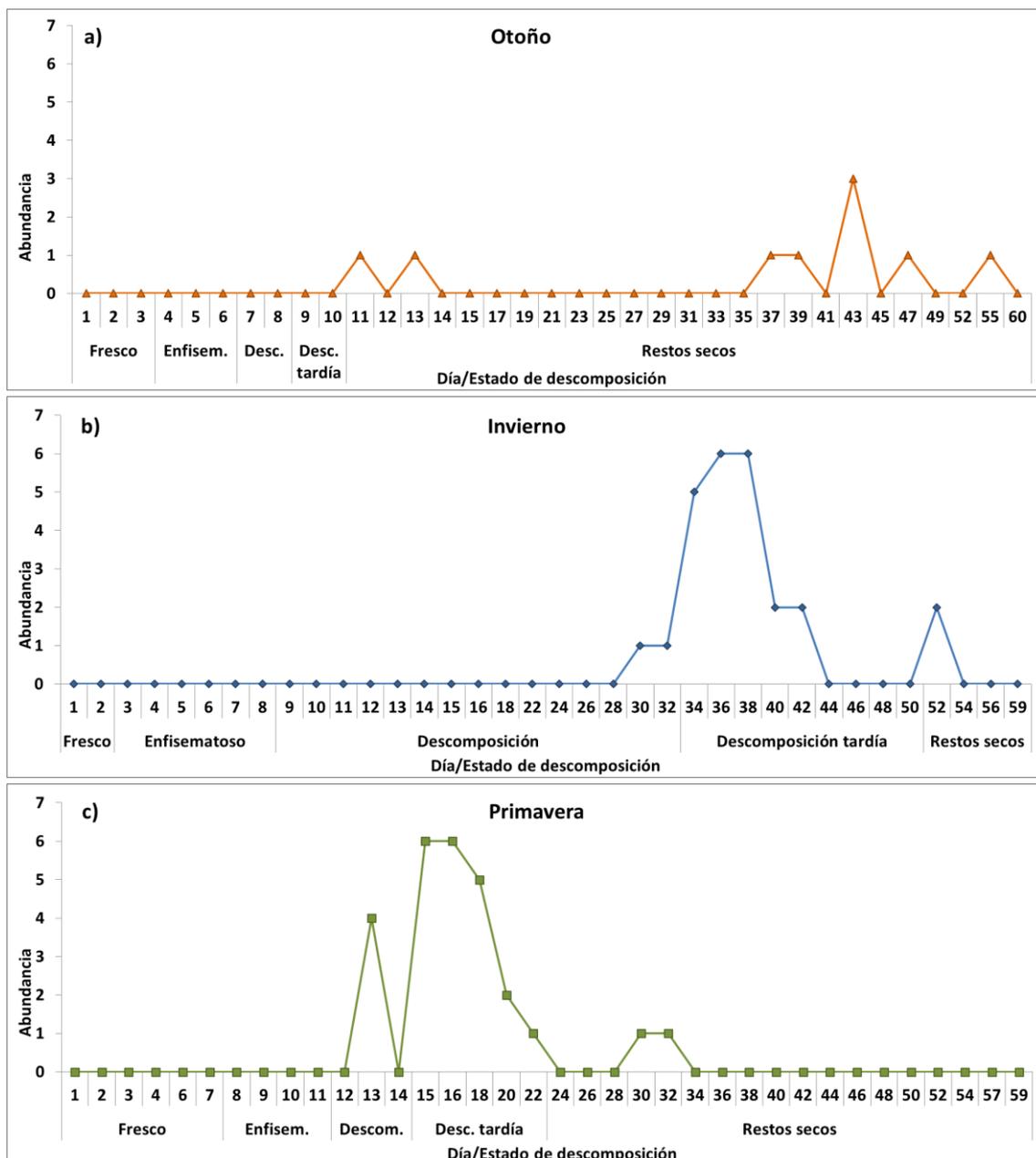


Figura 3.4.32. Dinámica y abundancia de la especie *Thanatophilus ruficornis* para las cuatro estaciones de muestreo, excepto el verano en el que solo aparecieron individuos aislados en días puntuales.

En otoño apareció puntualmente al principio de la fase de restos secos, desapareciendo en los días posteriores, para volver a aparecer en los días del final de esta fase (figura 3.4.32a).

Durante el invierno se recogió al inicio de la descomposición tardía y se mantuvo con algún individuo en los primeros días de los restos secos (figura 3.4.32b).

En primavera apareció durante la fase de descomposición, alcanzando su máximo en la descomposición tardía, a partir de la cual la abundancia fue bajando llegando a desaparecer. Durante los restos secos solo apareció puntualmente en días aislados (figura 3.4.32c).

Por último, en verano, solo se recogieron cinco individuos repartidos en dos días puntuales en las fases de descomposición y descomposición tardía (figura 3.4.32d).

Como se ha visto, *Thanatophilus ruficornis* estuvo presente en todas las estaciones del año pero con abundancias muy bajas durante el otoño y el verano. El hecho de ser recogida en las cuatro estaciones coincide con lo obtenido por Begoña Gaminde (2015) en El Morrón. En Huesca (Castillo Miralbés, 2001) y en Lisboa (Prado e Castro *et al.*, 2013), esta especie estuvo ausente durante el verano y en un medio periurbano en Murcia (Arnaldos *et al.*, 2004a) los sílfidos fueron considerados accidentales debido a que solo se recogió un ejemplar.

Fuller (1934) relaciona esta familia con los restos en el estadio de descomposición, lo cual coincide con nuestros resultados.

Otras Familias

Al menos siete familias de coleópteros aparecieron en nuestro trabajo con una abundancia muy baja, encontrándose principalmente durante las fases más avanzadas de la descomposición (tabla 3.4.9).

La mayoría de las especies de la familia Cleridae, de distribución cosmopolita, son depredadoras, tanto en estadio adulto como en larva, alimentándose de estadios preimaginales de otros insectos. Se suelen encontrar en materia animal en descomposición, en particular en las fases más tardías, cuando los restos están secos (Byrd & Castner, 2010). Ha sido referida en muchos de los trabajos realizados con cadáveres (Fuller, 1934; Goff *et al.*, 1986; Hewadikaram & Goff, 1991; Tantawi *et al.*, 1996; Arnaldos Sanabria, 2000).

En nuestro trabajo, los ejemplares recolectados pertenecieron a las especies *Necrobia rufipes*, con 35 individuos repartidos entre el otoño, primavera y verano, considerada por algunos autores tanto predadora de huevos y larvas (Goff & Catts, 1990) como carroñera (Fuller, 1934), *N. ruficollis*, recogida solo en verano con 5 individuos, y *N. violacea* con 3 individuos en invierno (tabla 3.4.9).

Tabla 3.4.9. Abundancia de las familias de coleópteros menos representativas durante las cuatro estaciones de muestreo.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	TOTAL
Cleridae					54
<i>Necrobia rufipes</i>	29	0	12	4	
<i>Necrobia ruficollis</i>	0	0	0	5	
<i>Necrobia violacea</i>	0	3	0	0	
Otros cléridos	0	0	0	1	
Nitidulidae					33
<i>Nitidula bipunctata</i>	18	5	8	0	
<i>Nitidula carnaria</i> cf.	0	1	0	0	
Otros nitidúlidos	0	0	1	0	
Tenebrionidae	4	3	4	5	16
Carabidae	0	0	2	0	2
Anthicidae	1	0	0	0	1
Cerambycidae	1	0	0	0	1
Scarabaeidae	0	0	0	2	2
No identificados	13	3	7	0	23

Respecto a la estacionalidad de los cléridos, en los trabajos realizados en una zona periurbana de Murcia (Arnaldos Sanabria, 2000) y en El Morrón (Begoña Gaminde, 2015) también se recogieron durante las cuatro estaciones.

En nuestro trabajo encontramos a la familia Cleridae durante las fases de descomposición tardía y restos secos. Charabidze *et al.* (2013) la encontraron en restos humanos localizados en espacios abiertos en la fase de descomposición, y suele ir asociada a la presencia de la familia Dermestidae. La importancia de esta familia, dentro de la comunidad sarcosaprófaga, todavía está por establecer. En el trabajo de Arnaldos Sanabria (2000) se incluyó dentro del componente omnívoro de la comunidad, y en el de Begoña Gaminde (2015) dentro del grupo necrófilo. En nuestros resultados la hemos considerado, al igual que en el último caso, dentro del componente necrófilo.

La especie *N. rufipes* se recogió en las épocas más cálidas, lo cual coincide con los trabajos de Tantawi *et al.* (1996), Arnaldos *et al.* (2004a), Grassberger & Frank (2004), Battán-Horenstein (2008) y Begoña Gaminde (2015), quienes la consideran como especie adaptada a los meses más cálidos. En el trabajo realizado en El Morrón la especie *N. violacea* fue capturada en las estaciones más frías, lo que también coincide con nuestros resultados.

El papel de la familia Nitidulidae en la comunidad sarcosaprófaga aún no está claro. Algunos de los miembros de esta familia se sienten atraídos por materia vegetal en descomposición, algunos son florícolas y unas pocas especies se asocian con cadáveres y restos animales, en especial en las fases más avanzadas de la descomposición (Byrd & Castner, 2010), formando parte del componente omnívoro de la comunidad (Zanetti *et al.*, 2015). Aparecen referidos con frecuencia en estudios sobre fauna sarcosaprófaga por todo el mundo (Arnaldos Sanabria, 2000; Castillo Miralbés, 2002; Arnaldos *et al.*, 2004a; García Rojo, 2004; López Dos Santos, 2008; Matuszewski *et al.*, 2010; Battán-Horenstein *et al.*, 2012; Prado e Castro *et al.*, 2013; Baz *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2014a) y en relación con casos forenses (Rodríguez & Bass, 1983; Goff *et al.*, 1986; Arnaldos *et al.*, 2005; García-Rojo & Honorato, 2006). En nuestro trabajo solo se recogieron 33 individuos a lo largo de las cuatro estaciones muestreadas, faltando únicamente en verano (tabla 3.4.9).

La caracterización de Arnaldos Sanabria (2000), Byrd & Castner (2010) y Zanetti *et al.* (2015) con respecto a sus hábitos alimenticios coincide con nuestros resultados, ya que se recogieron desde la fase de descomposición en el otoño, la descomposición tardía en la primavera y los restos secos en el invierno.

La familia Tenebrionidae ha sido catalogada como oportunista e incluso como accidental, existiendo claras discrepancias a la hora de situarla dentro de la fauna sarcosaprófaga (Arnaldos Sanabria, 2000). En nuestro estudio, se recogió en las cuatro estaciones en la fase de restos secos, excepto en invierno cuando se recogió en la fase de descomposición. Esto discrepa con lo observado por Arnaldos Sanabria (2000) que la recogió desde las etapas tempranas de la descomposición. En nuestro trabajo se la ha considerado en el grupo omnívoro dentro de la comunidad sarcosaprófaga.

Los dos ejemplares que se recogieron de la familia Scarabaeidae pertenecieron a los géneros *Tropinota* y *Onthophagus*. Debido a estas bajas abundancias se les ha clasificado dentro del grupo de los accidentales al igual que a los dos ejemplares de la familia Carabidae.

Por último, las familias Anthicidae y Cerambycidae estuvieron representadas solo por un ejemplar por lo que, en nuestro caso, no se ha podido establecer relación con los restos, más allá de considerarlas meramente accidentales.

Estadios preimaginales

Respecto a los estadios preimaginales, se han encontrado larvas pertenecientes a las familias Dermestidae y Staphylinidae. Las larvas de derméstidos son principalmente

necrófagas, ya que se alimentan directamente del cadáver, y se encuentran asociadas con la etapa de restos secos (Arnaldos Sanabria, 2000).

Tabla 3.4.10. Abundancia de los estadios preimaginales del orden Coleoptera para las cuatro estaciones muestreadas.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Larvas Dermestidae	225	3	344	990	1.562
Larvas Staphylinidae	207	26	96	0	329
Larvas Coleoptera	0	100	0	0	100
Total	432	129	440	990	1.991

La estación en la que se recogió un mayor número de larvas fue el otoño, con un total de 432 ejemplares. Dichas larvas pertenecieron a las familias Dermestidae (225 ejemplares) y Staphylinidae (207 ejemplares) (tabla 3.4.10). Las larvas de estafilínidos se recogieron a partir del inicio de los restos secos, aumentando su abundancia rápidamente durante tres días para, posteriormente, disminuir progresivamente hasta desaparecer, aunque en los últimos días se encontraron algunos individuos sueltos. Las larvas de derméstidos aparecieron, también, durante los restos secos, pero más retrasados que las de los estafilínidos. Este grupo obtuvo su máximo hacia el final de esta fase y a partir de ese momento la abundancia disminuyó drásticamente hasta llegar a cero el último día de muestreo (figura 3.4.33a). Se observa una clara sustitución, ya que en el momento en el que se recogieron las larvas de estafilínidos todavía quedaban restos de los que alimentarse pero, cuando apareció la mayor parte de los derméstidos, era cuando ya solo quedaban restos secos, que es de lo que se alimenta principalmente este grupo.

En invierno no se observaron abundancias significativas de las larvas de los coleópteros hasta finales de la descomposición tardía, momento a partir del cual la abundancia aumentó paulatinamente hasta alcanzar los valores máximos durante la fase de restos secos (figura 3.4.33b).

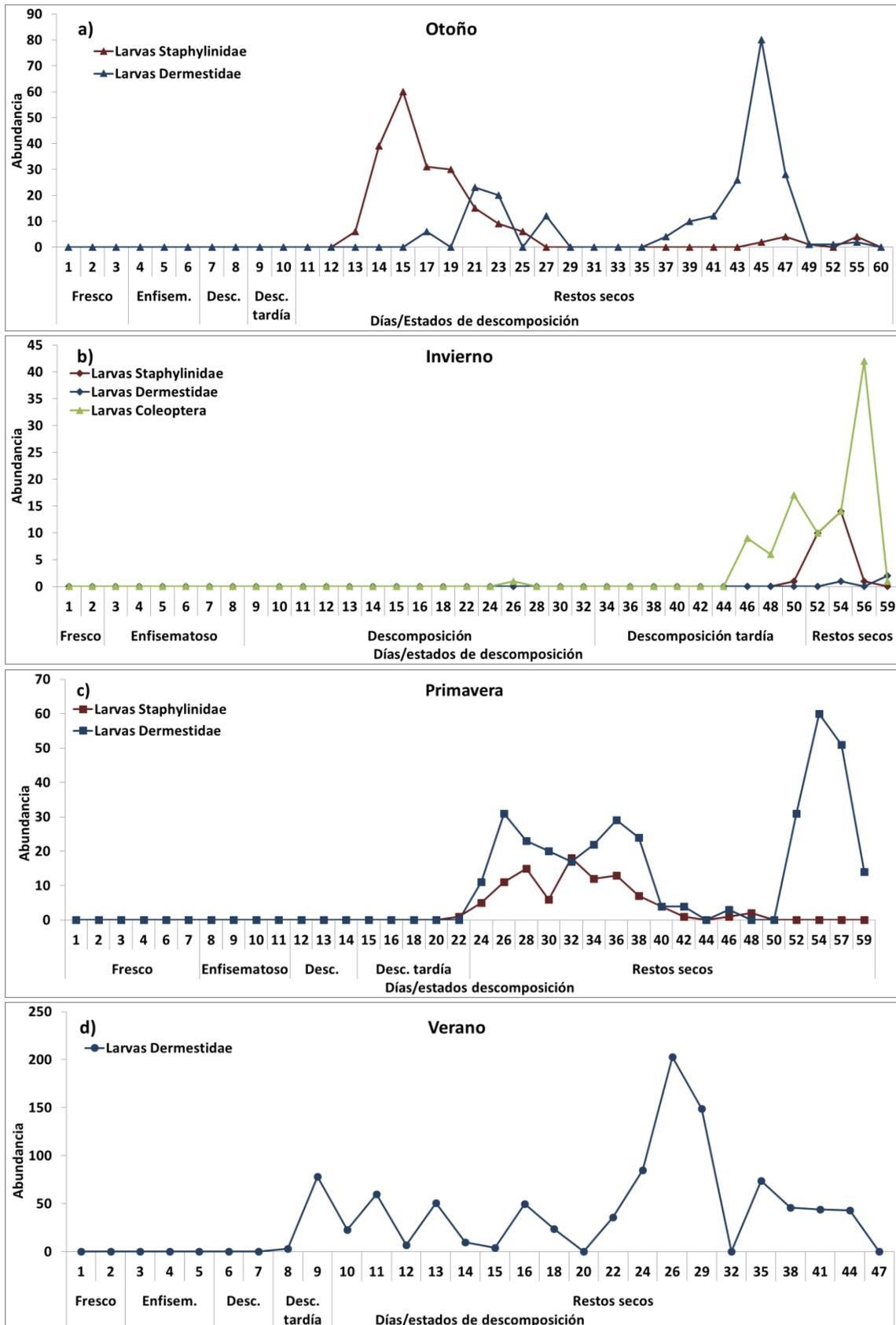


Figura 3.4.33. Dinámica y abundancia de larvas del orden Coleoptera durante las cuatro estaciones de muestreo.

En primavera, las larvas de este grupo se recogieron a partir del inicio de la fase de restos secos. Las larvas de los derméstidos fueron las más abundantes, con 344 ejemplares, frente a los 96 de estafilínidos (tabla 3.4.10). Dichas larvas alcanzaron un primer máximo al principio de la fase de restos secos y un segundo pico, el máximo de la familia, al final de la misma. La abundancia de las larvas de estafilínidos fue aumentando, con oscilaciones, hasta obtener su máximo a mitad de la fase de restos secos y desaparecieron pocos días después (figura 3.4.33c).

Por último, en verano solo aparecieron larvas de la familia Dermestidae (tabla 3.4.10) a partir de la descomposición tardía y, con grandes oscilaciones de abundancia, obtuvieron su máximo en la fase de los restos secos, manteniéndose con oscilaciones hasta el final del muestreo (figura 3.4.33d).

La estacionalidad de las larvas de la familia Dermestidae, observada en nuestro trabajo coincide con la obtenida en los trabajos de Arnaldos Sanabria (2000) y Begoña Gaminde (2015). Además, nuestros resultados también coinciden con ambos trabajos en que las larvas de esta familia se recogieron en las últimas fases de la descomposición.

En cuanto a los ejemplares en estadio preimaginal pertenecientes a los estafilínidos, en el trabajo de Begoña Gaminde (2015) también se recogieron principalmente durante el otoño y la primavera, coincidiendo también con lo obtenido por Zanetti *et al.* (2015).

3.4.3. Orden Hymenoptera

Este orden, notablemente diverso, incluye formas fitófagas, predadoras, nectarívoras y también parásitas (McGavin, 2006). Los grupos encontrados en nuestro muestreo fueron la superfamilia Chalcidoidea, con un 63,48%, la subfamilia Formicidae, con un 30,65%, seguidas en menor abundancia por las familias Vespidae y Apidae, con 4,38% y 0,08% respectivamente.

El orden Hymenoptera fue el tercero en abundancia, con 2.623 individuos recogidos a lo largo de los cuatro muestreos realizados, lo que representa un 4,99% del total. La estación que registró mayor abundancia fue el otoño, con 1.864 individuos (7,95%), seguida del verano, con 509 individuos (3,55%), primavera, con 246 (2,46%) y, por último, el invierno con solo cuatro individuos pertenecientes a la misma especie (tabla 3.4.1, figuras 3.3.2 y 3.4.1).

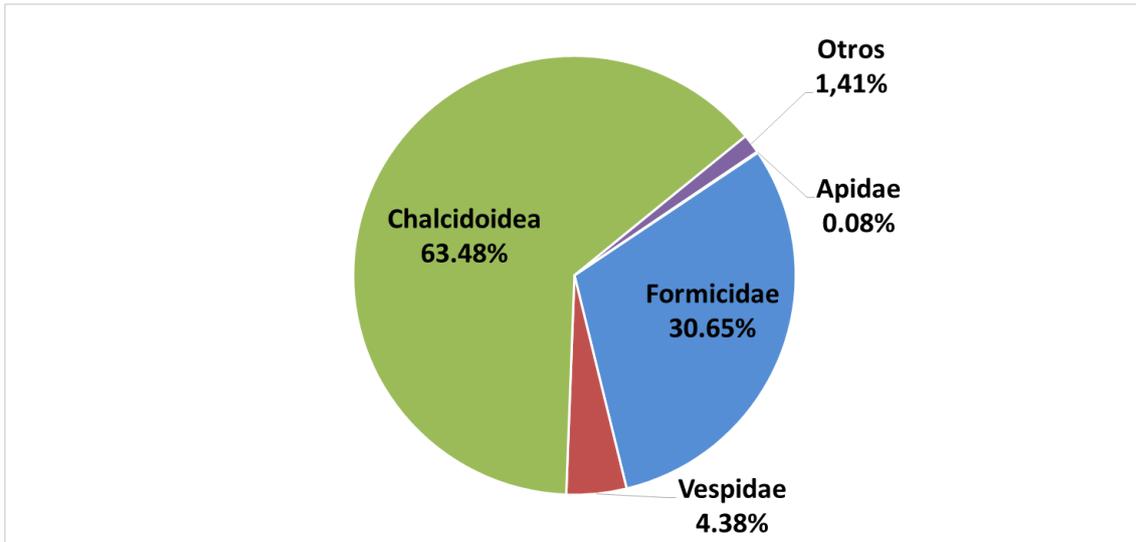


Figura 3.4.35. Porcentaje de los distintos grupos de himenópteros que aparecieron en el muestreo.

Tabla 3.4.11. Abundancia de los distintos taxones del orden Hymenoptera encontrados durante los muestreos en las cuatro estaciones.

Taxón/Estación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
<i>Camponotus sylvaticus</i>	289	4	104	91	488
<i>Camponotus pilicornis</i>	1	0	0	0	1
<i>Camponotus</i> sp.	0	0	6	0	6
<i>Solenopsis</i> sp.	0	0	2	2	4
<i>Formica subrufa</i>	97	0	58	30	185
<i>Hypoponera punctatissima</i>	0	0	0	1	1
<i>Pheidole pallidula</i>	7	0	10	46	63
<i>Plagiolepis grassei</i>	0	0	1	0	1
<i>Plagiolepis</i> sp.	0	0	0	1	1
<i>Tetramorium semilaeve</i>	32	0	16	0	48
Formicidae sin id	6	0	0	0	6
<i>Vespula vulgaris</i>	46	0	0	69	115
Chalcidoidea	1.384	0	22	259	1.665
Himenóptero sin id.	1	0	26	10	37
<i>Apis mellifera</i>	1	0	1	0	2
Total	1.864	4	246	509	2.623

En otoño, los himenópteros aparecieron durante todo el periodo de muestreo (figura 3.4.35a). Como se observa en la figura 3.4.36a la superfamilia Chalcidoidea fue la más abundante con un 74,25% del total de esta estación. Le siguieron los formícidos con un 23%, siendo la especie más abundante *Camponotus sylvaticus* (15,50%) seguida de *Formica subrufa* (5,20%). El resto de especies tuvieron abundancias inferiores al 2%.

También se recogieron *Vespula vulgaris*, con un 2,47%, y *Apis mellifera*, con un 0,05% (figura 3.4.36a).

En invierno solo se recogieron 4 individuos pertenecientes a la especie *Camponotus sylvaticus* el día 8. No se recogió ningún ejemplar más perteneciente al orden Hymenoptera (tablas 3.3.1 y 3.4.11, figuras 3.4.1 y 3.4.35b).

En primavera aparecieron desde los primeros días de muestreo con unas abundancias relativamente bajas, pero con un aumento progresivo de la abundancia conforme avanzaban los días, manteniéndose hasta el final. Los formícidos fueron el grupo más abundante, con un 80,09% del total. Las especies más abundantes fueron *Camponotus sylvaticus* (42,28%), seguida de *Formica subrufa* (23,58%). Durante esta estación también aparecieron las especies *Tetramorium semilaeve* (6,50%) y *Pheidole pallidula* (4,07%). El resto de himenópteros que aparecieron fueron Chalcidoidea (8,94%) (tabla 3.4.11, figuras 3.4.35c y 3.4.36b).

Durante los primeros días del verano las abundancias fueron prácticamente nulas, apareciendo individuos de este orden a partir de la fase enfisematosa. Las abundancias se mantuvieron muy bajas a lo largo del muestreo y alcanzaron su máximo durante la fase de restos secos. El grupo más numeroso volvió a ser Chalcidoidea (50,88%), seguido por las especies *Camponotus sylvaticus* (17,88%), *Pheidole pallidula* (9,04%) y *Formica subrufa* (5,89%). El resto de especies de formícidos estuvieron por debajo del 1%. En esta estación también apareció *Vespula vulgaris* (13,56%) (tabla 3.4.11, figuras 3.4.35d y 3.4.36c).

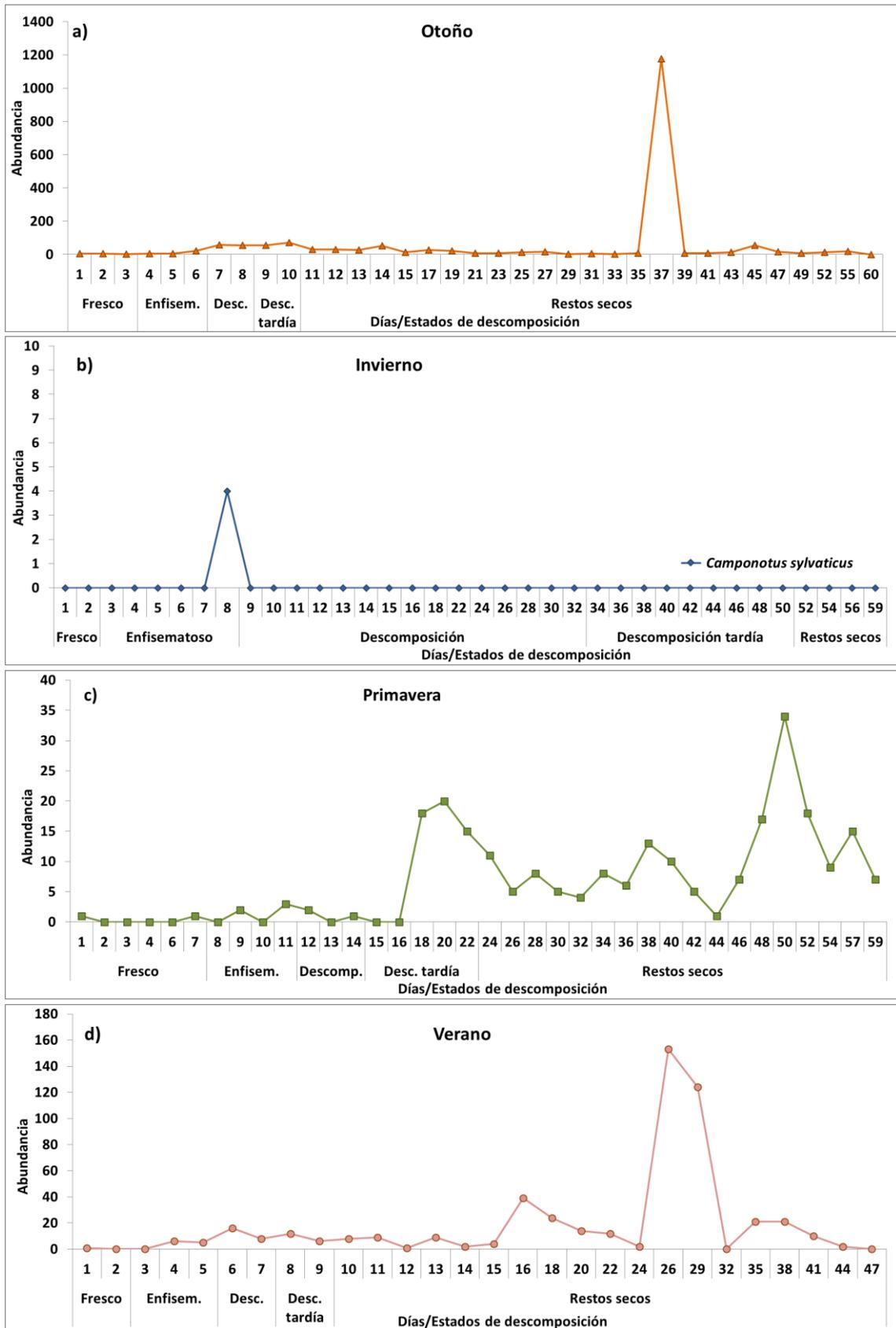


Figura 3.4.35. Abundancias del orden Hymenoptera para las cuatro estaciones muestreadas.

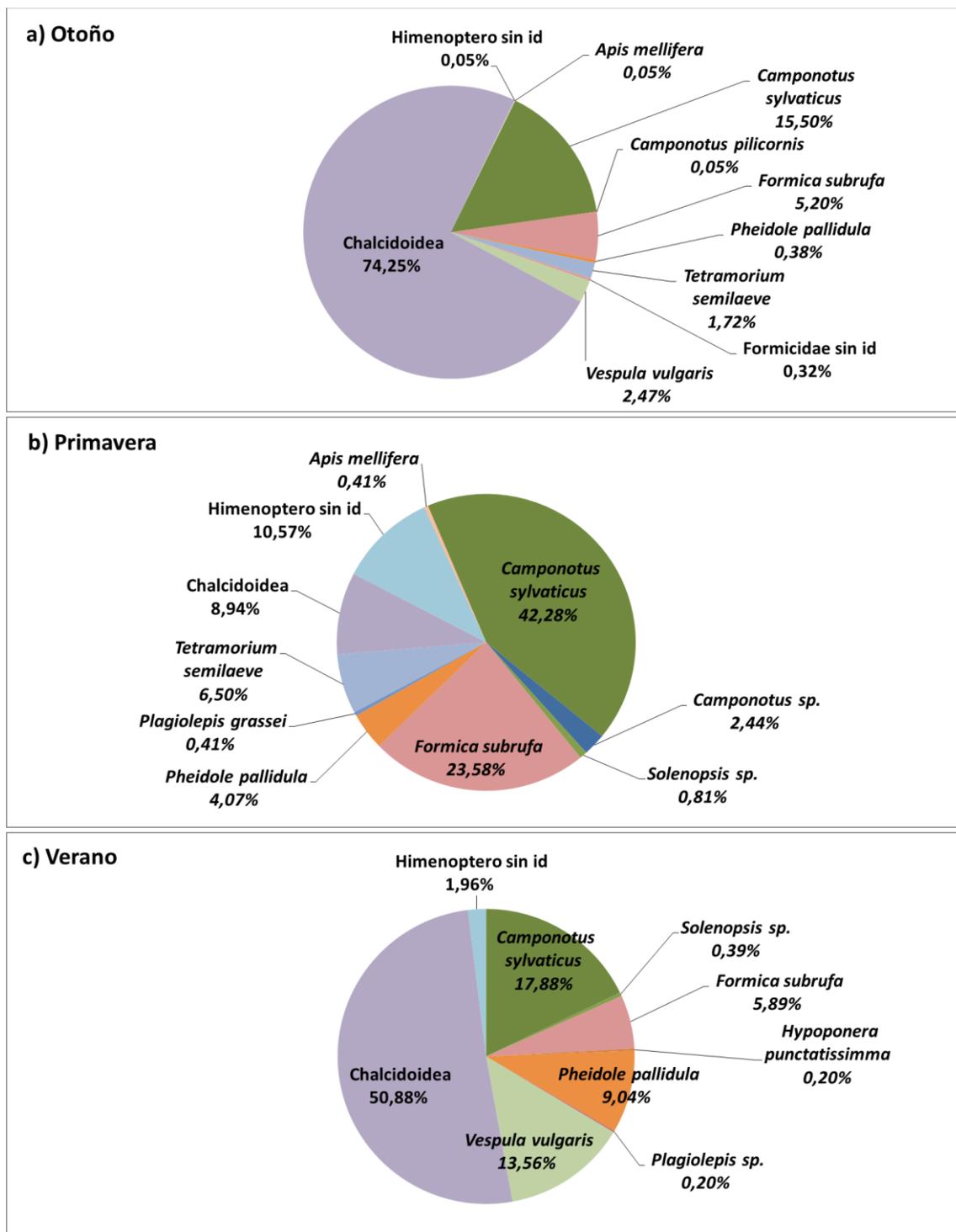


Figura 3.4.36. Porcentaje de las abundancias de los distintos taxones del orden Hymenoptera para cada una de las estaciones muestreadas.

Familia Formicidae

La importancia de la familia Formicidae dentro de la fauna entomosarcosaprófaga aparece reflejada en varios trabajos (Early & Goff, 1986; Hewadikaram & Goff, 1991; Tantawi *et al.*, 1996; Martínez *et al.*, 2002). Son considerados omnívoros y, cuando son muy abundantes, pueden afectar a la población de necrófagos, llegando a alterar el proceso natural de la descomposición. Pueden actuar como indicadores ambientales y estacionales (López Gallego *et al.*, 2011; Prado e Castro *et al.*, 2014).

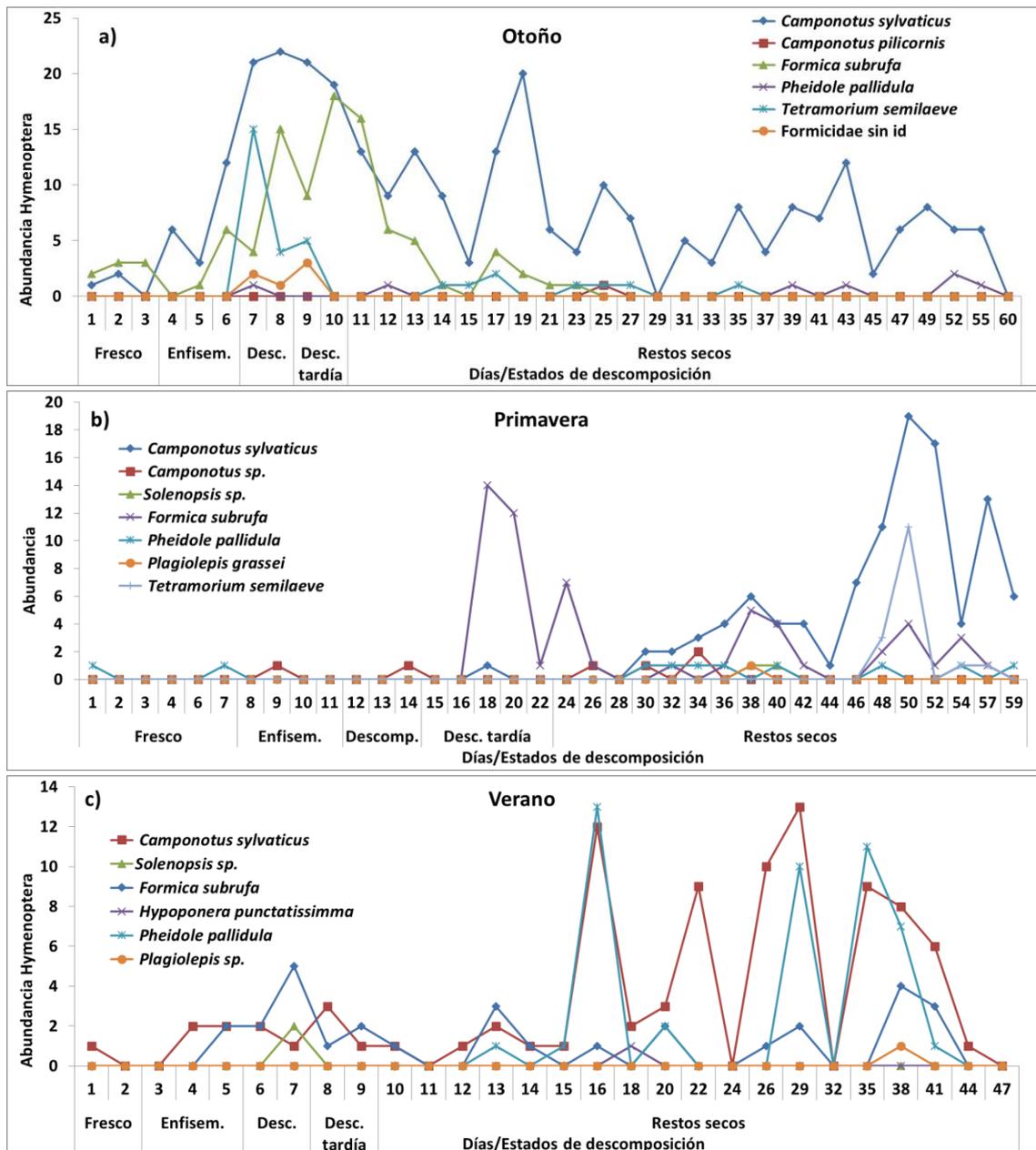


Figura 3.4.37. Abundancia y dinámica de las especies de Formicidae del orden Hymenoptera durante las cuatro estaciones muestreadas, excepto el invierno en el que solo aparecieron cuatro individuos aislados en un día puntual.

En otoño, *Camponotus sylvaticus* apareció desde el primer día, manteniéndose con oscilaciones hasta el final del muestreo y obteniendo su máximo durante la fase de descomposición. Le siguió en abundancia *Formica subrufa*, que se recogió también desde el primer día, con unas abundancias no muy altas y con su máximo durante la fase de descomposición tardía. La tercera especie fue *Tetramorium semilaeve*, que fue encontrada a partir de la fase de restos secos, manteniendo unas abundancias muy bajas y desapareciendo antes del final del muestreo. El resto de especies aparecieron sobre todo durante los primeros días, aunque se encontraron ejemplares en todas las fases de la descomposición (figuras 3.4.37b, 3.4.38b).

Durante el invierno, como ya se ha comentado previamente, solo se recogieron cuatro ejemplares de *Camponotus sylvaticus* durante el estadio enfisematoso, sin encontrarse ningún himenóptero más a lo largo de todo el periodo de muestreo (figura 3.4.35b).

En primavera, *Camponotus sylvaticus* fue, de nuevo, la especie con mayor abundancia. Apareció al principio de manera esporádica y no fue hasta la fase de restos secos cuando su abundancia aumentó hasta alcanzar su máximo. Le sigue, en orden de abundancia, *Formica subrufa* que se detectó en la fase de la descomposición tardía y se mantuvo hasta el final del muestreo con un número bastante bajo y con oscilaciones (figuras 3.4.37b, 3.4.38b).

En verano, la especie más abundante, como en las demás estaciones, fue *Camponotus sylvaticus*. Se recolectó desde los primeros días del muestreo y se mantuvo presente, normalmente con abundancias bajas, hasta el final del mismo. *Formica subrufa* también estuvo presente durante todo el periodo de muestreo con unas abundancias siempre bajas. La especie *Pheidole pallidula* apareció a partir de los restos secos.

El resto de especies, *Solenopsis* sp., *Camponotus pilicornis*, *Hypoponera punctatissima* y *Plagiolepis grassei* se recolectaron en muy bajo número, entre un individuo y seis repartidos en las distintas estaciones (figuras 3.4.37c, 3.4.38c).

Del total de individuos recogidos dentro del orden Hymenoptera, la familia Formicidae fue la más abundante, lo que coincide con lo obtenido por Arnaldos Sanabria (2000) y Begoña Gaminde (2015). Sin embargo, aun coincidiendo en ser la familia más abundante, encontramos diferencias en cuanto a la estacionalidad con la que aparece. En ambos estudios, así como en nuestro trabajo, la estación con menor abundancia fue el invierno, pero tanto para Arnaldos Sanabria como para Begoña Gaminde, el verano fue la estación más abundante, mientras que en nuestro caso fue el otoño, con más del doble de individuos que en verano.

Camponotus sylvaticus, la especie más abundante en nuestro trabajo, también fue recogida por Arnaldos Sanabria (2000) y Begoña Gaminde (2015) pero, en estos casos, con unas abundancias muy bajas. En los trabajos realizados por Castillo Miralbés (2002), en Huesca, y Prado e Castro *et al.* (2014,) en Coímbra, no apareció.

Formica subrufa, segunda especie en abundancia para nuestro trabajo, no apareció en los trabajos de Martínez *et al.* (2002), en Murcia, ni Castillo Miralbés (2002) en Aragón, Prado e Castro *et al.* (2014), en Lisboa, o Begoña Gaminde (2015) en El Morrón (Sierra Espuña). Esto le confiere valor desde el punto de vista de indicador geográfico y ambiental, lo cual presenta una utilidad potencial en la práctica forense.

Si consideramos trabajos realizados en la misma área (Martínez *et al.*, 2002; Arnaldos *et al.*, 2004), la especie más abundante fue *Pheidole pallidula* que, en nuestro caso, fue la tercera en abundancia, mientras que en El Morrón (Begoña Gaminde, 2015) no se presentó. En esta última localidad la especie más abundante fue *Crematogaster auberti*, que no fue recogida en nuestro trabajo. De estos datos se puede deducir la gran variabilidad existente en la composición de la comunidad de formícidos.

Tetramorium semilaeve fue la especie con una distribución más amplia, apareciendo en las comunidades encontradas en Coímbra (Prado e Castro *et al.*, 2014), Huesca (Castillo Miralbés, 2002), El Morrón (Begoña Gaminde, 2015) y en nuestro propio estudio, aunque en todos los casos con abundancias poco importantes. Aun así, esta especie está citada en la Península Ibérica en relación con restos animales en descomposición (Martínez *et al.*, 1997), por lo que la consideramos una especie con potencial interés forense.

Pheidole pallidula y *Tetramorium semilaeve* son similares en muchos de los aspectos de su ecología, ya que comparten hábitos alimenticios, el modo de forrajeo y el hábitat. Esto indicaría que puede haber competencia entre ellas pero, sin embargo, estas dos especies coexisten sin mostrar signos evidentes de competencia ni de desplazamiento de una especie por la otra (Retana *et al.*, 1992). Este último aspecto sería, sin duda, interesante de profundizar.

Como señalan Prado e Castro *et al.* (2014), las comunidades de Formicidae sarcosaprófagas asociadas a cadáveres son únicas para cada área de estudio; por lo tanto, presentan una utilidad potencial en la práctica forense como indicadores geográficos y ambientales. En nuestro caso, *Formica subrufa* resultó la especie indicadora en nuestra altura por ser exclusiva de su comunidad de formícidos.

Superfamilia Chalcidoidea y otros himenópteros

La superfamilia Chalcidoidea es mayoritariamente ectoparásitoide de larvas y pupas de coleópteros, dípteros (Verdú, 1991), lepidópteros y otros himenópteros (Pujade-Villar & Fernández-Gayubo, 2004). Han sido previamente citados en relación con cadáveres de diversos animales (Hewadikaram & Goff, 1991; Tantawi *et al.*, 1996; Richards & Goff, 1997; Castillo Miralbés, 2002; Anderson, 2011) y en investigaciones forenses con cadáveres humanos (Anderson, 1995; Amendt *et al.*, 2000). Se les podría considerar dentro del componente necrófilo de la comunidad sarcosaprófaga debido a su carácter parasitoide.

Por otro lado, la familia Vespidae ha sido observada por algunos autores (Reed, 1958; Payne, 1965; Goff & Catts, 1990; Richards & Goff, 1997) alimentándose directamente de tejidos de cadáveres y de los fluidos que rezuman durante los primeros estadios de la descomposición, siendo también frecuentes predadores de larvas y adultos de dípteros presentes en los restos.

Durante el otoño, como se ha mencionado antes, los calcidoideos fueron el grupo más abundante, apareciendo a partir de la fase de descomposición y manteniéndose presentes, con oscilaciones y siempre con abundancias muy bajas, hasta el final del muestreo. Cabe destacar que durante la fase de restos secos (día 37), se recolectaron, puntualmente, 1.172 individuos (figuras 3.4.37a, 3.4.38a). Por otro parte, la especie *Vespula vulgaris*, perteneciente a la familia Vespidae, estuvo presente desde los primeros días del muestreo obteniendo su máximo en la fase de descomposición.

En primavera, la superfamilia Chalcidoidea apareció, puntualmente, durante el estadio enfisematoso, y obtuvo su máximo durante la descomposición tardía, para desaparecer posteriormente durante los restos secos (figuras 3.4.37b, 3.4.38b).

Por último, durante el verano, este grupo se recolectó a partir de los restos secos. Por otra parte, *Vespula vulgaris*, apareció durante la fase enfisematosa y se mantuvo, con oscilaciones, hasta el final del muestreo (figuras 3.4.37c, 3.4.38c).

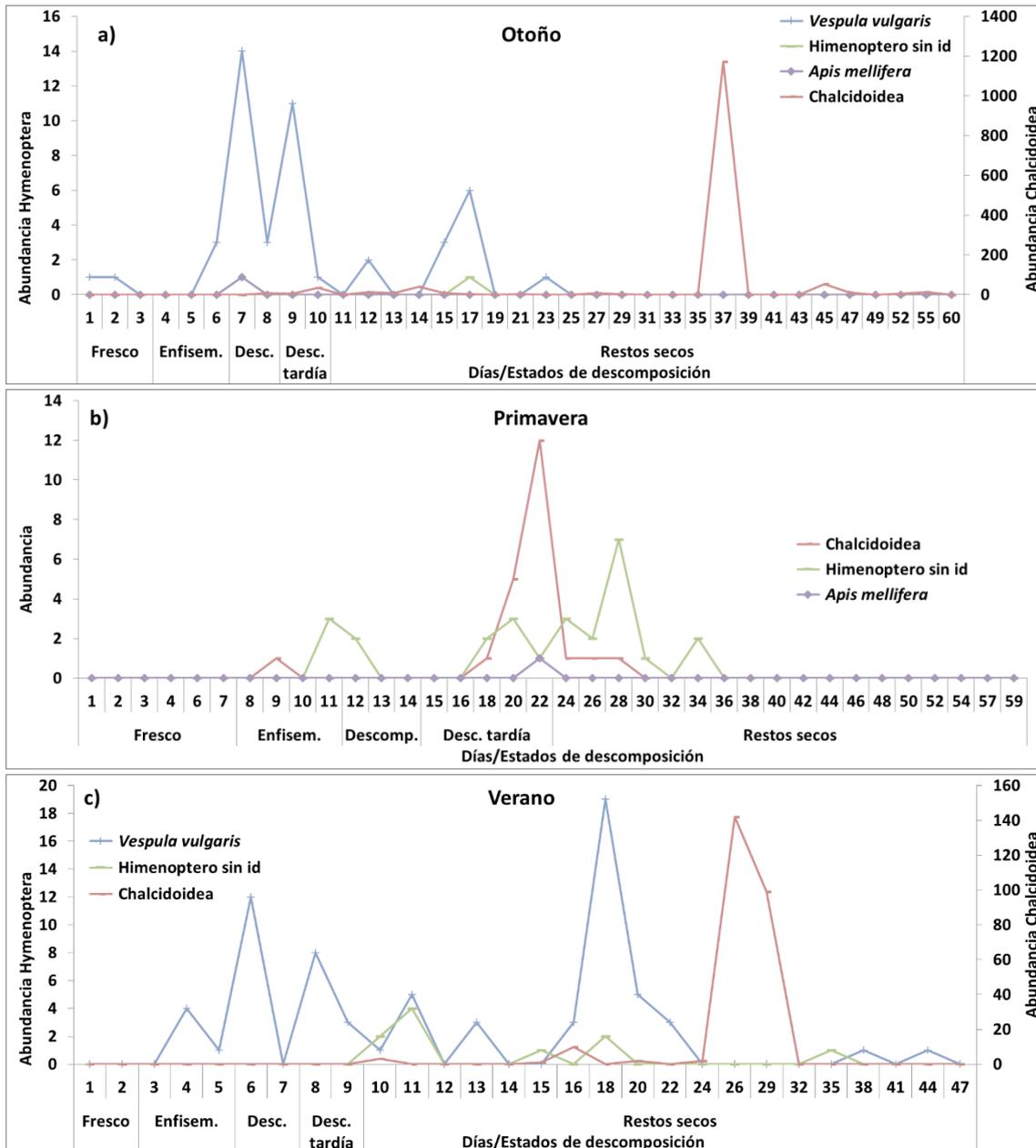


Figura 3.4.38. Abundancia y dinámica de la superfamilia Chalcidoidea y del resto de taxones del orden Hymenoptera durante las estaciones muestreadas, excepto el invierno en el que no apareció ningún individuo de estos grupos. Las abundancias de la familia Chalcidoidea en otoño y verano se representan en el eje secundario.

Cabe resaltar la abundancia obtenida por la superfamilia Chalcidoidea y el hecho de que, al ser parasitoides de algunos de los componentes de la fauna sarcosaprófaga, sean considerados dentro del grupo necrófilo de la comunidad (Smith, 1986). Los depredadores de la fauna que hay sobre el cadáver afectan a la población sarcosaprófaga normalmente de manera aleatoria; sin embargo, los parasitoides afectan de manera más selectiva, pudiendo alterar la abundancia de algunas poblaciones. Según Meskin (1986), son las poblaciones de *Chrysomya albiceps* las que tienen una mayor tasa de parasitismo, debido a que esta especie pupa debajo del

cadáver, haciéndose así más vulnerable a los parasitoides, que vienen atraídos, posiblemente, por el olor a descomposición.

Vespula vulgaris también se podría incluir dentro del grupo necrófilo ya que se alimenta de la fauna que está sobre el cadáver (Reed, 1958; Payne, 1965; Goff & Catts, 1990; Richards & Goff, 1997). En nuestro trabajo, se recogieron solo durante el otoño y el verano, siendo más abundantes durante esta última estación, lo cual no coincide con lo observado por Arnaldos Sanabria (2000), quien la recogió en todas las estaciones menos en invierno, siendo más abundante en otoño. Tampoco coincide con el trabajo de Tantawi *et al.* (1996) quienes la recolectaron solo durante el otoño.

En cuanto a *Apis mellifera*, perteneciente a la familia Apidae, se detectó solo en las estaciones de otoño y primavera, con dos ejemplares en total. Esta escasísima presencia llama la atención dada la existencia de colmenas en las proximidades del lugar donde se realizó el muestreo y que se ha señalado que las abejas pueden emplear, en la construcción y sellado de sus colmenas, diversos materiales, entre los que se encuentran heces, exudados de cadáveres y restos de los propios cadáveres (Santos *et al.*, 2014b). Existen referencias de la presencia de distintas especies de apoideos en cadáveres (Payne & Mason, 1971; Wolff *et al.*, 2001; Gu *et al.*, 2014), habiéndose constatado actividad de forrajeo en ellos (Baumgartner & Roubik, 1989; Wolff *et al.*, 2001; Gu *et al.*, 2014) en busca de agua, grasas y sales (Santos *et al.*, 2014b).

CAPÍTULO 4. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

4. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

Para el estudio de la estructura de la comunidad se ha atendido a varios índices biológicos, como el número de individuos (N), la riqueza taxonómica (S), expresada como el número de taxones presentes en cada día de muestreo, la diversidad, medida con los índices de Shannon (H') y de Margalef (d), y el valor de equitatividad, medida con el índice de Pielou (J'), para cada uno de los muestreos realizados en cada estación del año. Las figuras 4.1-4.4 y las tablas 1-4 del anexo II muestran la evolución de dichos descriptores de la comunidad a lo largo del proceso de descomposición del cadáver.

El índice de diversidad de Shannon tiene en cuenta sobre todo la diversidad y las abundancias relativas que existen en la comunidad, de manera que si hay un grupo muy abundante, H' será más bajo. Sin embargo, las abundancias relativas pesan menos en el índice de Margalef, de manera que éste puede ser alto aunque haya un grupo predominante.

Tabla 4.1. Índices biológicos calculados para las distintas fases de descomposición para cada estación, siendo N (evolución del número de individuos), S (número de taxones), d (índice de biodiversidad de Margalef), J' (equitatividad de Pielou) y H' (diversidad de Shannon). Los ** indican que para ese estado no se pudo calcular el índice correspondiente.

Estación	Estadio de descomposición	S	N	d	J'	H'(log2)
Otoño	Fresco	10	25	2,796	0,889	2,953
	Enfisematoso	16	2.742	1,895	0,2279	0,9116
	Descomposición	34	10.677	3,558	0,2197	1,118
	Descomposición tardía	22	1.876	2,786	0,4145	1,849
	Restos secos	48	8.134	5,22	0,3116	1,74
Invierno	Fresco	1	2	0	****	0
	Enfisematoso	4	14	1,137	0,8447	1,689
	Descomposición	22	1.044	3,021	0,4878	2,176
	Descomposición tardía	30	2.975	3,626	0,3846	1,887
	Restos secos	29	731	4,246	0,5926	2,879
Primavera	Fresco	8	81	1,593	0,5243	1,573
	Enfisematoso	15	422	2,316	0,3882	1,517
	Descomposición	24	737	3,483	0,4888	2,241
	Descomposición tardía	48	4.838	5,54	0,3866	2,159
	Restos secos	52	3.912	6,166	0,4684	2,67
Verano	Fresco	5	5	2,485	1	2,322
	Enfisematoso	20	2.712	2,403	0,3362	1,453
	Descomposición	25	7.419	2,693	0,282	1,31
	Descomposición tardía	26	682	3,831	0,4915	2,31
	Restos secos	41	3.539	4,895	0,4742	2,54

4.1. Estructura de la comunidad en otoño

En relación con el número de individuos, en otoño se observaron algunos ya desde el primer día, aumentando la abundancia rápidamente hasta alcanzar el máximo al inicio de la fase de descomposición, en el séptimo día. A partir de este momento las abundancias disminuyeron rápidamente, aunque se observaron dos picos durante la fase de restos secos, los días 17 y 37. A partir de ese día las abundancias se mantuvieron muy bajas hasta el último día del muestreo (figura 4.1a).

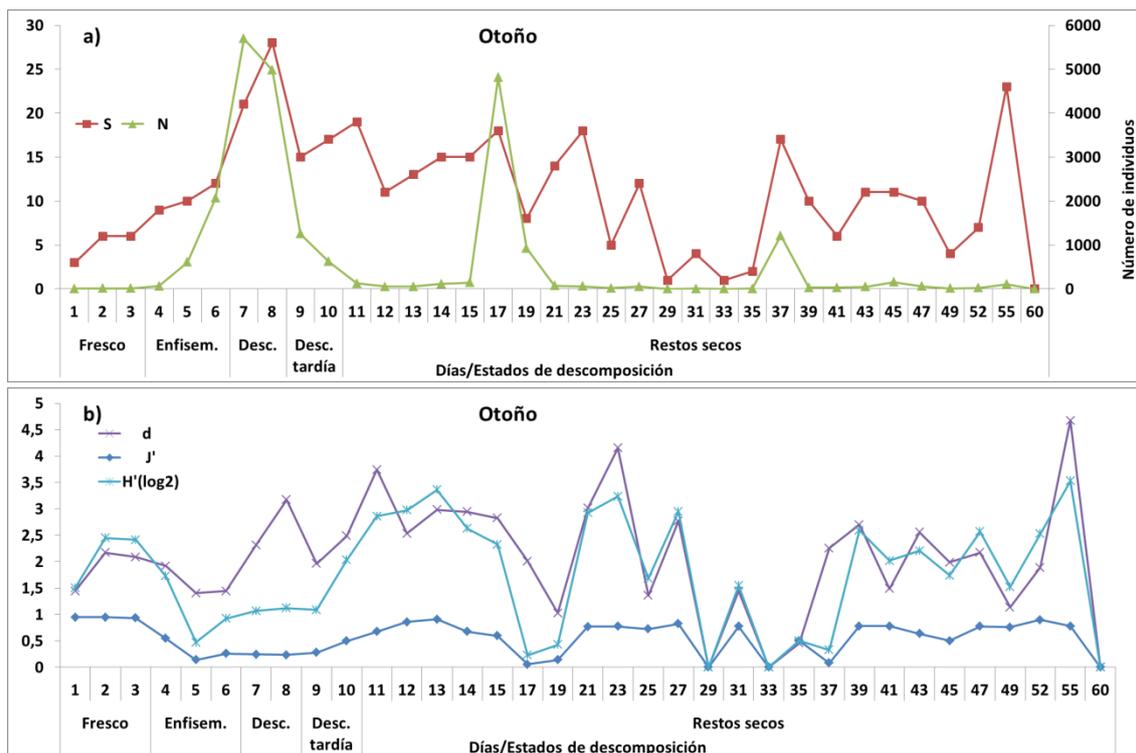


Figura 4.1. a) Evolución del número de individuos (N) y número de taxones (S); **b)** Evolución de la biodiversidad de Margalef (d) diversidad de Shannon (H') y equitatividad de Pielou (J') durante el proceso de descomposición del cadáver en otoño.

En cuanto al número de taxones recogidos por día de muestreo, en el primer día aparecieron tres taxones diferentes. Dicho número fue aumentando paulatinamente hasta obtener su máximo durante la fase de descomposición con 28 taxones diferentes. A partir de ese momento, el número fue disminuyendo progresivamente hasta presentar solo 1 taxón a mitad del periodo de restos secos, para, después, volver a obtener 23 taxones diferentes al final de los mismos (figura 4.1a).

Los índices de Margalef y de Shannon, medidos diariamente, mostraron que la estructura de la comunidad aumentó lentamente, aunque sufriendo grandes oscilaciones. Al final del muestreo se obtuvieron los valores más altos, con 4,67 para el índice de Margalef y 3,53 bits/individuo para el de Shannon (figura 4.1b).

Durante los primeros días la equitatividad fue alta, consecuencia de la codominancia de todos los taxones. A medida que avanzó el proceso de descomposición del cadáver, dicha equitatividad fue disminuyendo, debido a que en esos días aumentaron las poblaciones de algunas especies dominantes y, como consecuencia, en esos días los índices de Margalef y de Shannon también disminuyeron. En los últimos días se observó que la equitatividad volvió a aumentar alcanzando valores por encima de 0,70 (figura 4.1b).

Teniendo en cuenta las fases de la descomposición en su conjunto (tabla 4.1), durante el otoño los valores más altos para los índices se encontraron, en el caso del índice de Margalef, en los restos secos, y para el índice de Shannon en la fase fresca. Esto se justifica porque en el primer caso vemos como la comunidad se fue estructurando progresivamente, mientras que el segundo índice es sensible a las abundancias relativas de las especies, lo que viene confirmado por el valor de equitatividad, que también fue más alto en la fase fresca. Por su parte, los valores mínimos de los índices de Margalef y Shannon se obtuvieron durante la fase enfisematosa, lo que coincidió con una dominancia de la especie *Chrysomya albiceps*.

4.2. Estructura de la comunidad en invierno

Durante el invierno, aunque en los primeros días se recogió algún individuo suelto, no fue hasta la fase de la descomposición cuando empezaron a recogerse más de 10 individuos en el mismo día. La abundancia fue aumentando, muy poco a poco, hasta alcanzar su máximo a mitad de la descomposición tardía. A partir de este momento, las abundancias disminuyeron pero se mantuvieron en un número más menos constante hasta el final del muestreo (figura 4.2a).

En cuanto al número de taxones recogidos en esta estación, se observó que los primeros días hubo entre uno y tres taxones distintos y, conforme fueron pasando los días, la riqueza fue aumentando progresivamente, aunque con oscilaciones, hasta alcanzar el máximo al inicio de la descomposición tardía con 21 taxones diferentes. A partir de ese momento, disminuyó sensiblemente, manteniéndose con un número más o menos constante hasta el final del muestreo (figura 4.2a).

Los índices biológicos mostraron valores muy bajos los primeros días. Conforme avanzó el proceso de la descomposición dichos valores fueron aumentando, con altibajos, alcanzándose resultados por encima de 3 bits/individuo para el índice de Shannon al inicio de la descomposición tardía y en la fase de restos secos (figura 4.2b).

En cuanto al índice de Pielou en esta estación, empezó con valores relativamente altos y, conforme avanzó la descomposición, fue oscilando teniendo una caída muy brusca el día 44, coincidiendo con la mayor abundancia de larvas de califóridos. A partir de este momento los valores volvieron a recuperarse (figura 4.2b).

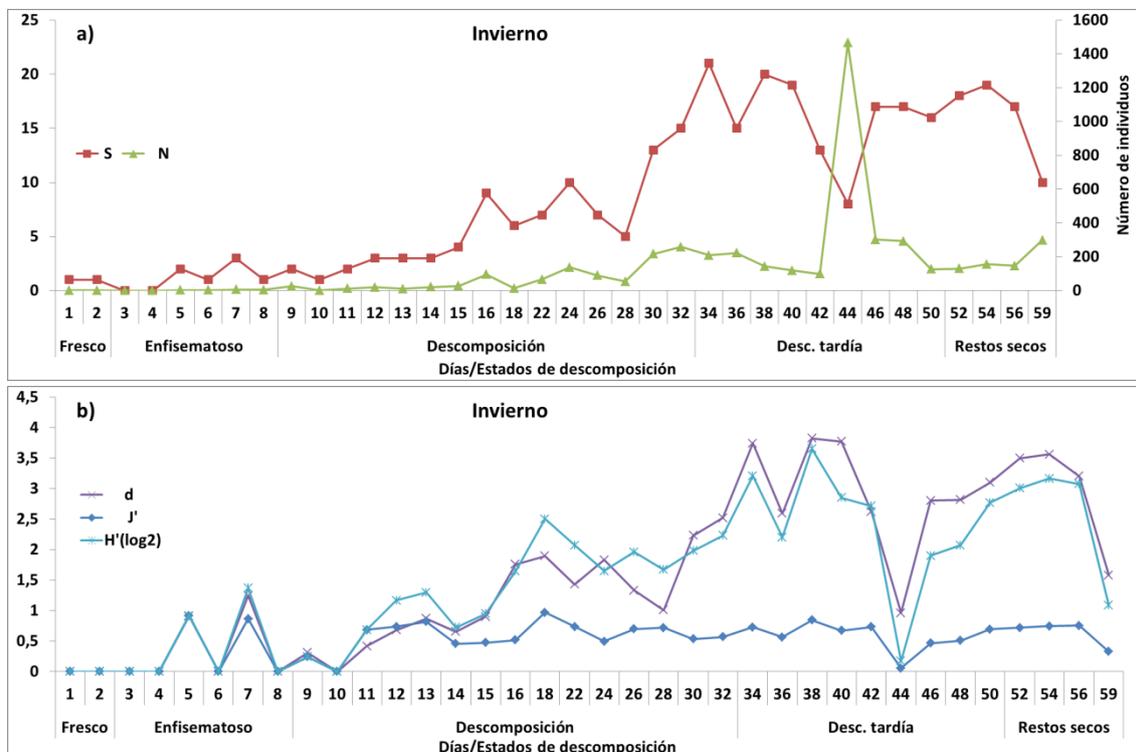


Figura 4.2. a) Evolución del número de individuos (N) y número de taxones (S); **b)** Evolución de la biodiversidad de Margalef (d) diversidad de Shannon (H') y equitatividad de Pielou (J') durante el proceso de descomposición del cadáver en invierno.

Desde el punto de vista de las fases de la descomposición, tenemos que señalar que en el estadio fresco no hubo individuos suficientes para calcular los índices. Para los demás estadios, los valores máximos de los índices de Margalef y Shannon se obtuvieron en la fase de restos secos, con 4,25 y 2,88 bits/individuo, respectivamente. Los valores mínimos se registraron, también en ambos índices, en el estadio enfisematoso (tabla 4.1). Para el índice de Pielou, el valor más alto se dio en la fase enfisematosa, con 0,84, mientras que el mínimo se registró en la fase de descomposición tardía, con 0,38 (tabla 4.1).

4.3. Estructura de la comunidad en primavera

Durante la primavera, el número de individuos aumentó exponencialmente durante los primeros veinte días, alcanzando su máximo a mediados de la descomposición tardía. A partir de ese momento, hubo un gran descenso en el número de individuos

observando tres repuntes menos acusados durante la fase de restos secos (figura 4.3a).

En cuanto a la riqueza, el cadáver fue colonizado desde el primer día por un mínimo de 3-5 taxones, cuyo número aumentó progresivamente, con ligeras oscilaciones, llegando a coexistir durante la fase de descomposición tardía hasta 33 taxones distintos. A partir de ese momento, el número descendió progresivamente, también con oscilaciones, manteniéndose por encima de los 8 taxones diferentes hasta el último día (figura 4.3a).

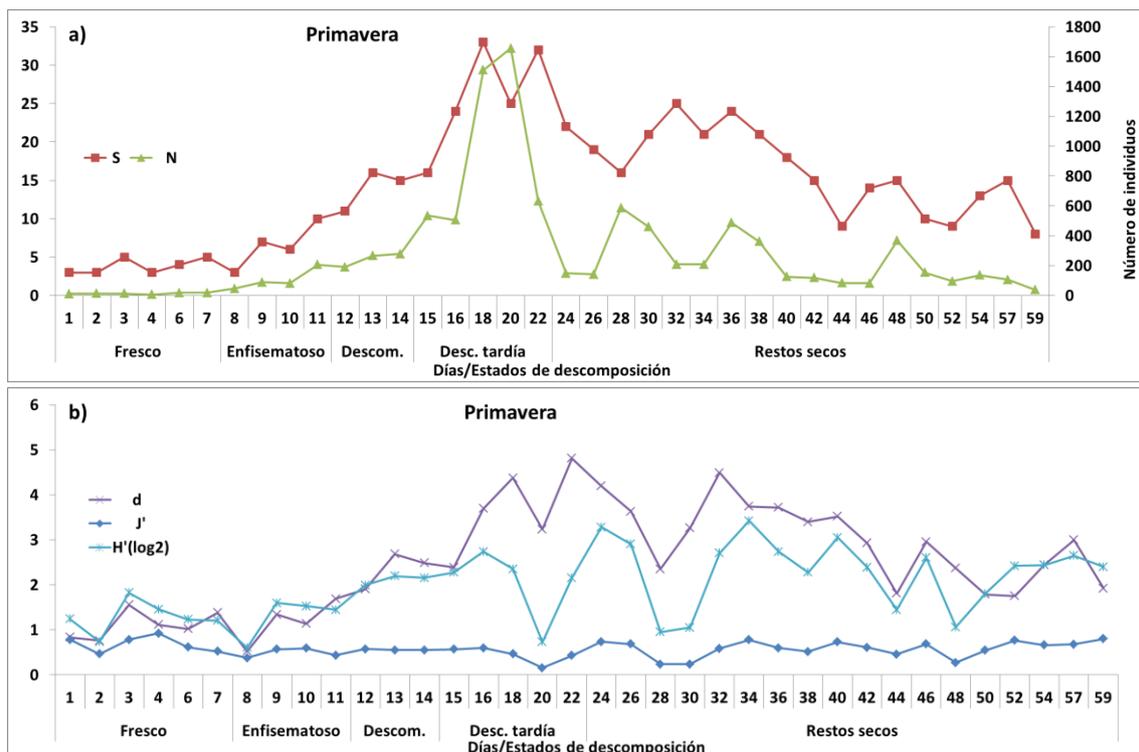


Figura 4.3. a) Evolución del número de individuos (N) y número de taxones (S); **b)** Evolución de la biodiversidad de Margalef (d) diversidad de Shannon (H') y equitatividad de Pielou (J') durante el proceso de descomposición del cadáver en primavera.

En este caso, y como cabe esperar en una sucesión ecológica, se ve con más claridad como los índices de Shannon y Margalef aumentaron progresivamente a lo largo de todo el proceso de la descomposición. Aun así, el sistema mostró ligeras fluctuaciones que se explican por la fauna entomosarcosaprófaga propia y particular asociada a las distintas fases de la descomposición (figura 4.3b). Los valores más bajos para el índice de Margalef se obtuvieron en la fase fresca, con 1,59, para alcanzar su máximo en la fase de restos secos, con 6,17. En el caso del índice de Shannon, los valores oscilaron entre 1,52 bits/individuo en la fase enfisematoso y 2,67 bits/individuo, igualmente, en los restos secos. La equitatividad fue muy próxima en todas las estaciones, siendo la fase fresca la que tiene el valor más alto, con 0,52, y oscilando el resto de estaciones

entre 0,39 para el estadio enfisematoso y la descomposición tardía y 0,49 para la fase de descomposición (tabla 4.1).

4.4. Estructura de la comunidad en verano

En la última estación muestreada, se encontraron unos pocos individuos ya desde el primer día del muestreo, y fue a partir de la fase enfisematosa cuando la abundancia aumentó bruscamente para alcanzar, en este momento, el valor máximo de abundancia. Posteriormente, los valores disminuyeron bruscamente. Durante la fase de restos secos, salvo un pequeño pico de abundancia, se recogió un número similar de individuos prácticamente todos los días hasta el final del muestreo (figura 4.4a).

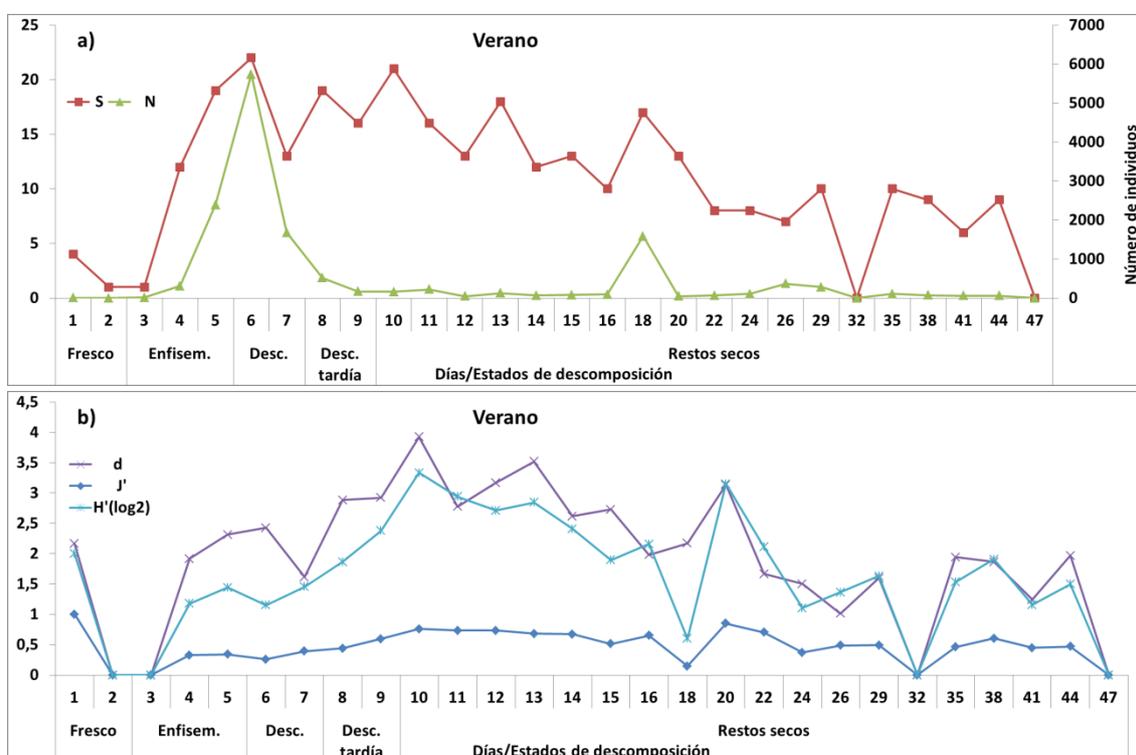


Figura 4.4. a) Evolución del número de individuos (N) y número de taxones (S); **b)** Evolución de la biodiversidad de Margalef (d) diversidad de Shannon (H') y equitatividad de Pielou (J') durante el proceso de descomposición del cadáver en verano.

En cuanto a la riqueza registrada, los primeros días hubo valores muy bajos, que fueron aumentando progresivamente hasta recogerse, durante la fase de descomposición, 22 taxones diferentes. A partir de ese momento el número fue disminuyendo paulatinamente, siempre con oscilaciones, hasta el final del muestreo (figura 4.4a).

Igualmente, los valores de los índices de Margalef y Shannon fueron aumentando progresivamente desde los primeros días, hasta alcanzar un valor por encima de 3 al inicio de los restos secos (figura 4.4b). En el caso del primer índice, los valores oscilaron entre un mínimo de 2,40 en la fase enfisematosa y 4,90 en los restos secos. El índice de Shannon osciló entre 1,31 bits/individuo en el estadio de descomposición y 2,54 bits/individuo en los restos secos. Ambos índices mostrando nuevamente el proceso progresivo de estructuración de la comunidad estudiada (tabla 4.1).

El índice de Pielou mostró su valor más alto durante la fase fresca aunque el número de individuos fue muy bajo en ese momento (4 individuos pertenecientes a 4 taxones diferentes) (figura 4.4b).

4.5. Evolución de la estructura funcional de la comunidad

Como ya se ha mencionado anteriormente, la fauna entomosarcosaprófaga se puede clasificar en cinco grupos ecológicos o categorías tróficas: necrófagos, las especies que se alimentan directamente del cadáver; necrófilos, las especies que se alimentan o parasitan a los necrófagos; omnívoros, aquellos que se alimentan tanto del cadáver como de la fauna que se encuentra sobre éste; oportunistas, sin relación directa con el cadáver, que aprovechan los cambios producidos por éste en el ambiente; y accidentales que, como su nombre indica, aparecen fortuitamente en el lugar (Arnaldos Sanabria *et al.*, 2005; Goff, 2009). La tabla 4.2 muestra la asignación de los taxones encontrados en nuestros muestreos a cada uno de los distintos grupos ecológicos mencionados.

Tabla 4.2. Clasificación de los distintos taxones encontrados durante el muestreo según los distintos grupos ecológicos. NC: necrófago, NF: necrófilo, OM: omnívoro, OP: oportunista, AC: accidental, ni: no identificado.

Orden	Familia/Subfamilia	Especie	NC	NF	OM	OP	AC	ni	
Coleoptera	Anthicidae					■			
	Carabidae					■			
	Cerambycidae						■		
	Cleridae	<i>Necrobia ruficollis</i>			■				
		<i>Necrobia rufipes</i>			■				
		<i>Necrobia violacea</i>			■				
	Dermestidae	<i>Attagenus trifasciatus</i>		■					
		<i>Dermestes frischii</i>		■					
		<i>Dermestes undulatus</i>		■					
		<i>Dermestes pardalis</i>		■					
		<i>Dermestes sp.</i>		■					
Histeridae	<i>Carcinops (C.) pumilio</i>		■						

		<i>Hister grandicollis</i>		■				
		<i>M. (P.) marginatus</i>		■				
		<i>S. (S.) acuminatus</i>		■				
		<i>S. (S.) algericus</i>		■				
		<i>S. (S.) caerulescens</i>		■				
		<i>S. (S.) deterusus</i>		■				
		<i>S. (S.) cf. furvus</i>		■				
		<i>S.(S.) georgicus</i>		■				
		<i>S. (S.) lugens</i>		■				
		<i>S. (S.) melas</i>		■				
		<i>S.(S.) maculatus</i>		■				
		<i>S. (S.) politus</i>		■				
		<i>S. (S.) semistriatus</i>		■				
		<i>S. (S.) subnitescens</i>		■				
		<i>S. (S.) tenuistrius</i>		■				
	Nitidulidae	<i>Nitidula bipunctata</i>			■			
		<i>Nitidula carnaria</i>			■			
		Otros nitidúlidos			■			
	Scarabaeidae	<i>Onthophagus</i> sp.					■	
		<i>Tropinota</i> sp.					■	
	Silphidae	<i>Thanatophilus ruficornis</i>	■					
	Staphylinidae	<i>Creophilus maxilloxus</i>		■				
		<i>Ocyopus</i> sp.					■	
		Aleocharinae	■	■			■	
	Tenebrionidae				■			
	Diptera	Anthomyiidae		■				
		Asilidae						■
Calliphoridae		<i>Calliphora vicina</i>	■					
		<i>Calliphora vomitoria</i>	■					
		<i>Chrysomya albiceps</i>	■	■				
		<i>Lucilia</i> sp.	■					
		<i>Lucilia caesar</i>	■					
		<i>Lucilia sericata</i>	■					
		<i>Pollenia</i> sp.					■	
Carnidae			■					
Chloropidae						■		
Dolichopodidae				■				
Drosophilidae						■		
Dryomyzidae			■					
Fanniidae			■					
Heleomyzidae			■					
Lauxaniidae							■	
Muscidae		<i>Hydrotaea meridionalis</i>	■					
		<i>Musca domestica</i>	■					
		<i>Muscina levida</i>	■					
	<i>Muscina prolapsa</i>	■						
	<i>Muscina stabulans</i>	■	■					

	Odiniidae					■		
	Piophilidae		■					
	Phoridae		■					
	Sarcophagidae		■					
	Sciaridae					■		
	Sphaeroceridae		■					
	Tanypezidae					■		
	Otros Nematocera							■
Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus pilicornis</i>				■		
		<i>Camponotus sylvaticus</i>				■		
		<i>Camponotus</i> sp.					■	
		<i>Formica subrufa</i>					■	
		<i>Hypoponera punctatissima</i>					■	
		<i>Pheidole pallidula</i>					■	
		<i>Plagiolepis grassei</i>					■	
		<i>Plagiolepis</i> sp.					■	
		<i>Solenopsis</i> sp.					■	
		<i>Tetramorium semilaeve</i>					■	
		Formicidae ni.					■	
	Vespidae	<i>Vespula vulgaris</i>				■		
	Chalcidoidea					■		
	Apidae	<i>Apis mellifera</i>						■

Tabla 4.3. Análisis multivariante permutacional de la varianza utilizando matrices de distancias Euclideas.

Adonis (formula = Euclid ~ Edescomposicion, data = table, permutations = 999)						
Permutation: free						
Number of permutations: 999						
Terms added sequentially (first to last)						
	Df	SumsOfSqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr(>F)
Edescomposicion	4	20,122	5,0305	6,7364	0,17169	0.001***
Residuals	130	97,078	0,7468	0,82831		
Total	134	117,2	1			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Como se observa en la tabla 4.2, en la comunidad estudiada en nuestros cadáveres se encontraron los cinco grupos ecológicos determinados según sus comportamientos tróficos. La estrategia más generalizada fue la necrófaga, representada por los dípteros en general y los derméstidos, con un 31,76% de los taxones determinados. Le siguieron en orden de importancia los necrófilos, caracterizados principalmente por los histéricidos y los cléridos, con un 30,59% del total de taxones, seguidos de los

en las estaciones de invierno (62,42%) y primavera (48,53%). Les siguen las fases de restos secos y enfisematosa. El estadio fresco fue el que tuvo una menor abundancia de fauna asociada, oscilando entre el 0,03% del total recogido en verano y el 0,81% en primavera.

Estos resultados son lógicos ya que la fase fresca tuvo una corta duración y, normalmente, presentó temperaturas más bajas que el resto de fases. Los estadios de descomposición y descomposición tardía fueron los que mantuvieron un periodo más largo, coincidiendo también con que en estas etapas la temperatura ambiental ascendió, en términos generales, favoreciendo el desarrollo de la fauna sobre el cadáver.

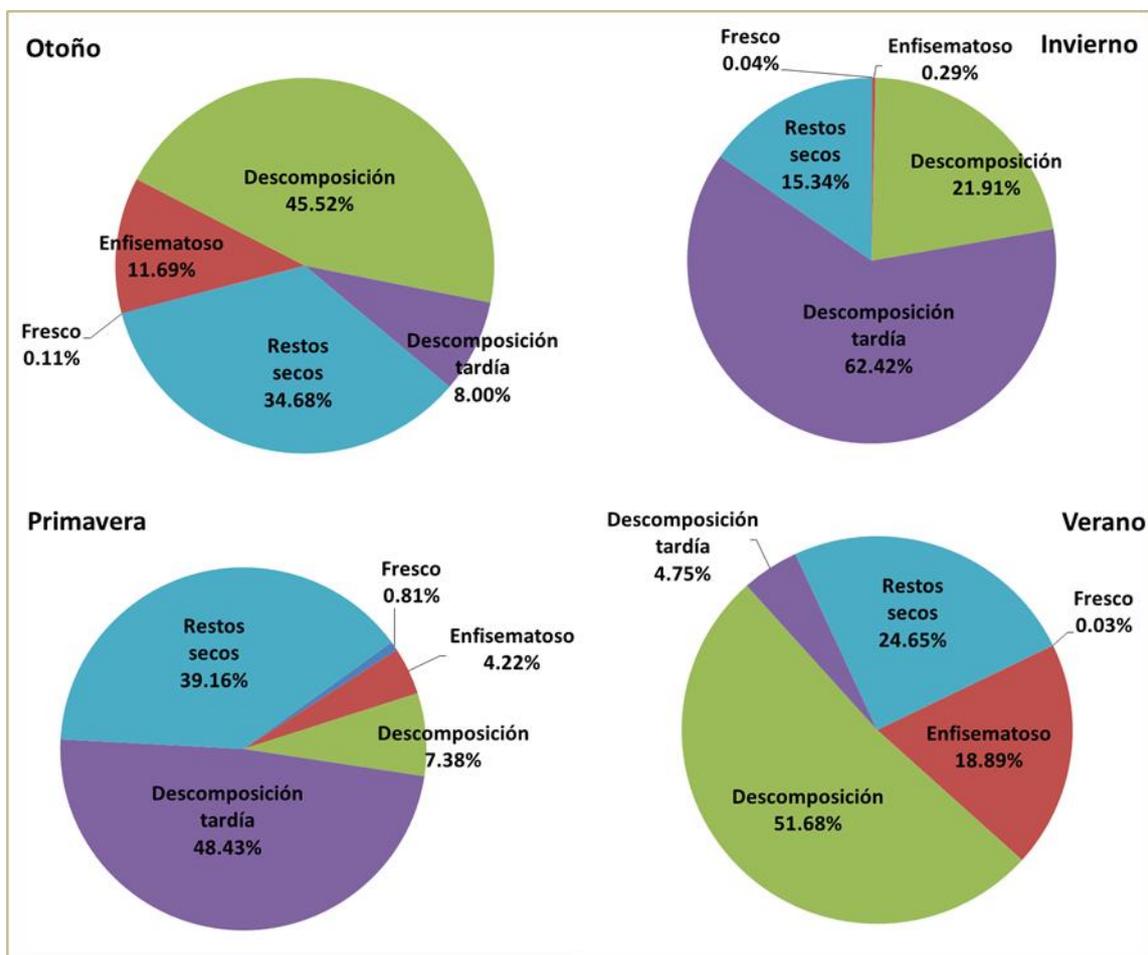


Figura 4.6. Porcentaje de la fauna capturada según la fase de descomposición para cada una de las estaciones muestreadas.

Los análisis (*Pairwise-test*, MDS y SIMPER) para relacionar las fases de la descomposición con la fauna entomosarcosaprófaga asociada se han llevado a cabo considerando las generaciones que emergen de las larvas criadas en el cadáver y se han repetido eliminando dicha generación con el fin de valorar su importancia en la

sucesión. Los resultados obtenidos demuestran que no hay diferencias significativas entre un análisis y otro, indicando que la segunda generación no modifica la secuencia estudiada.

En el anexo III se observan los resultados del análisis SIMPER (tabla 2) en el cual se muestran las especies que marcan las diferencias para cada fase de la descomposición según las estaciones muestreadas. En estos resultados se muestran los taxones que diferencian los pares de estadios de la descomposición comparados, aunque puede ocurrir que en algunos casos estos no tengan el peso suficiente para hacer que esas diferencias sean significativas.

Finalmente, la representación gráfica del análisis MDS, realizado a partir de las matrices de datos de la fauna asociada al cadáver para cada día de muestreo, indica que la secuencia temporal de la sucesión ecológica responde a un ciclo más o menos definido dependiendo de la estación del año.

4.6.1. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en otoño

En otoño, *Chrysomya albiceps* fue la especie que definió casi todos los estadios de la descomposición, teniendo más del 50% de contribución en la caracterización de cada una de las fases.

El *pairwise-test* mostró que, en esta estación, solo hubo diferencias significativas entre las fases fresca y enfisematosa y entre la descomposición tardía y los restos secos. En el primer caso esas diferencias se debieron al inicio de la migración de las larvas de dípteros durante la fase enfisematosa, a la mayor abundancia de *Camponotus sylvaticus* en esta misma fase, y a que durante el estadio fresco no se recogió ningún individuo de *Ch. albiceps*. En el segundo caso se debió a la desaparición de las larvas de dípteros y de los adultos de *Musca domestica* en los restos secos (tablas 1 y 2 del Anexo III).

En las comparaciones realizadas para el resto de estadios de la descomposición no se encontraron diferencias significativas. Esto se debe a que cada par de estos estadios tuvo una fauna similar, en muchos casos constituida por especies que no están asociadas a ninguna fase concreta. Para diferenciar estos estadios tenemos que fijarnos en la segunda especie o taxón del análisis SIMPER (tabla 2 del Anexo III). La diferencia entre la fase enfisematosa y la descomposición se justifica por la aparición de *Musca domestica*. Entre la descomposición y la descomposición tardía observamos

que el grupo más característico de ambas fue de nuevo *Ch. albiceps* (tabla 2 del Anexo III).

La figura 4.7 representa la ordenación de los días muestreados en otoño respecto al espacio bidimensional definido por los ejes del análisis MDS, confirmando la ordenación explicada anteriormente, donde las fases fresca y enfisematosa y descomposición tardía y restos secos, representan estadios bien diferenciados.

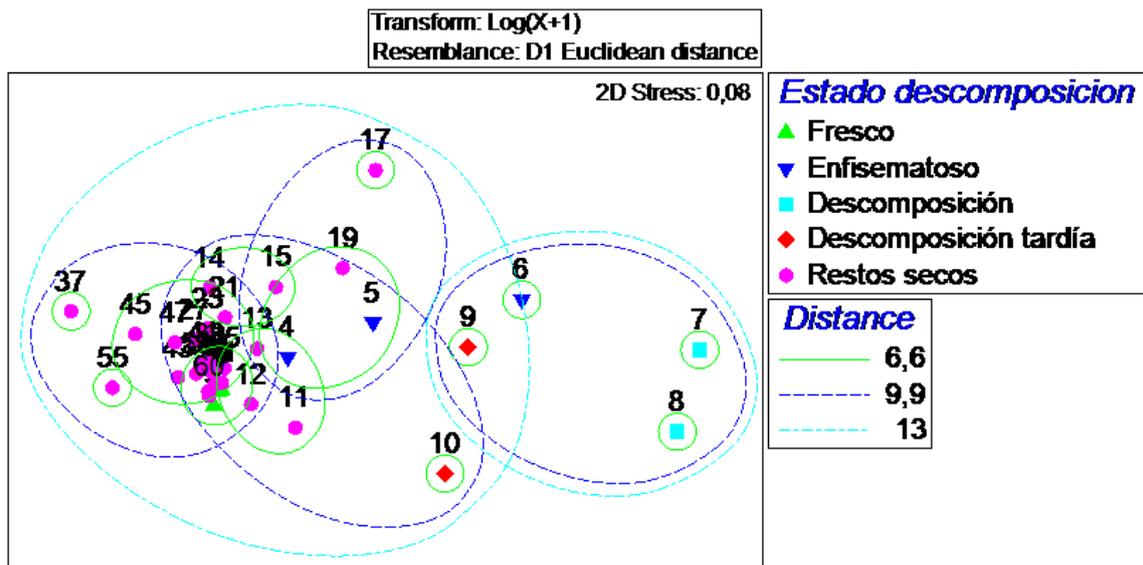


Figura 4.7. Ordenación de los días de muestreo en el espacio bidimensional definido por los ejes del análisis MDS (*metric Multi-Dimensional Scaling*) realizado sobre la matriz de abundancia de los distintos taxones para el muestreo realizado en otoño.

4.6.2. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en invierno

Durante el invierno, hay diferencias significativas entre todas las fases de la descomposición comparadas por pares, excepto entre el estadio fresco y el enfisematoso. Esto se debe a que en esta estación las diferencias entre ambas fases fueron muy poco aparentes, no apareciendo ningún ejemplar de la familia Calliphoridae y recogiendo los fóridos en ambas fases con abundancias muy similares. Es de destacar esta aparición temprana de los fóridos que puede ser una circunstancia relevante en la aplicación forense (tabla 1 y 2 del Anexo III).

El análisis SIMPER nos indica que las diferencias entre la fase enfisematosa y la descomposición se deben fundamentalmente a la presencia de *Calliphora vicina*, las larvas de califóridos, los fóridos y *C. vomitoria* en el estadio de la descomposición. Entre la descomposición y la descomposición tardía las diferencias fueron debidas a las larvas de los califóridos, los poleninos y *Saprinus detersus*, entre otros, que

aparecieron en la descomposición tardía y a *C. vicina* y *C. vomitoria* que empezaron a bajar sus abundancias notablemente durante esta fase. Por último, entre la descomposición tardía y los restos secos, las diferencias fueron marcadas por la abundancia de las larvas de los califóridos en la descomposición tardía y el aumento de las abundancias de *Dermestes frischi* y las larvas de los coleópteros y la desaparición de *C. vomitoria* durante los restos secos (tabla 2 del Anexo III).

La ordenación de los días muestreados en invierno, realizada mediante un análisis MDS y representada en la figura 4.8, confirma las relaciones explicadas anteriormente y el solapamiento entre las dos primeras fases de la descomposición, pudiendo verse una secuencia bien delimitada entre el resto.

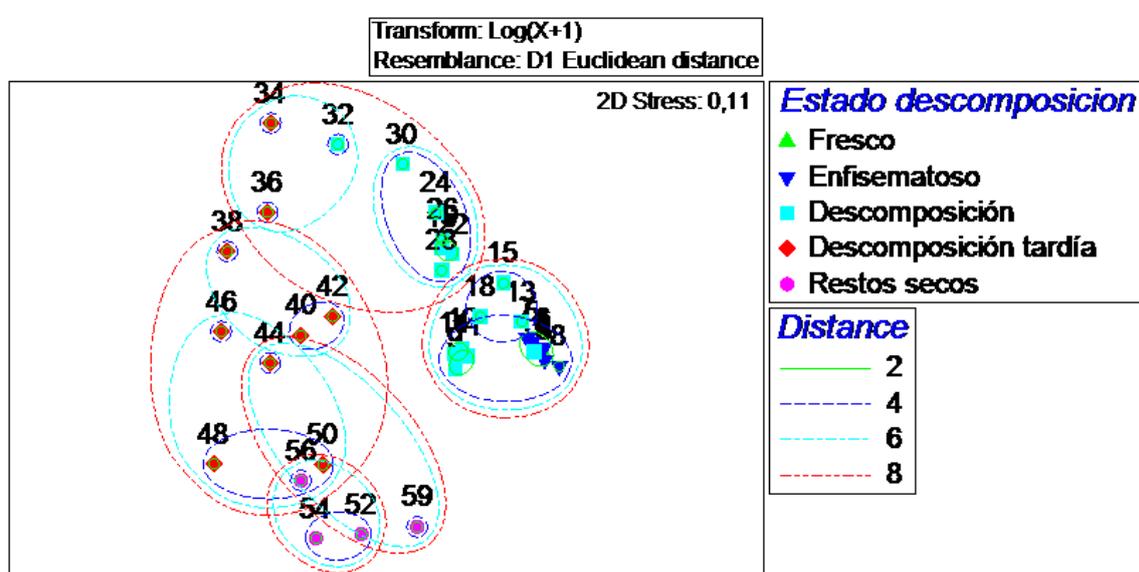


Figura 4.8. Ordenación de los días de muestreo en el espacio bidimensional definido por los ejes del análisis MDS (*metric Multi-Dimensional Scaling*) realizado sobre la matriz de abundancia de los distintos taxones para el muestreo realizado en invierno.

4.6.3. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en primavera

En la primavera se observaron diferencias significativas entre todos los estadios de la descomposición (tabla 1 del Anexo III).

La diferencia entre los dos primeros estadios se debe al aumento de la abundancia de *C. vicina* y *C. vomitoria* durante el estadio enfisematoso. Entre el estadio enfisematoso y la descomposición, las diferencias vuelven a marcarse por el aumento de la abundancia de *C. vomitoria* y *C. vicina* y la aparición de *Ch. albiceps*, los heleomícidos y los poleninos durante la descomposición. Entre el estadio de la descomposición y la descomposición tardía, las diferencias son consecuencia básicamente de la migración

de las larvas de los califóridos, la disminución en la abundancia de *C. vomitoria* y *C. vicina*, el aumento de *Ch. albiceps*, y de la aparición de *S. deterrentus* durante la descomposición tardía. Por último, la descomposición tardía y los restos secos se diferencian por la desaparición de las larvas de los califóridos y los adultos de *C. vicina* y *C. vomitoria*, el aumento en la abundancia de los esferocéridos y la aparición de las larvas de derméstidos durante los restos secos (tabla 2 del Anexo III).

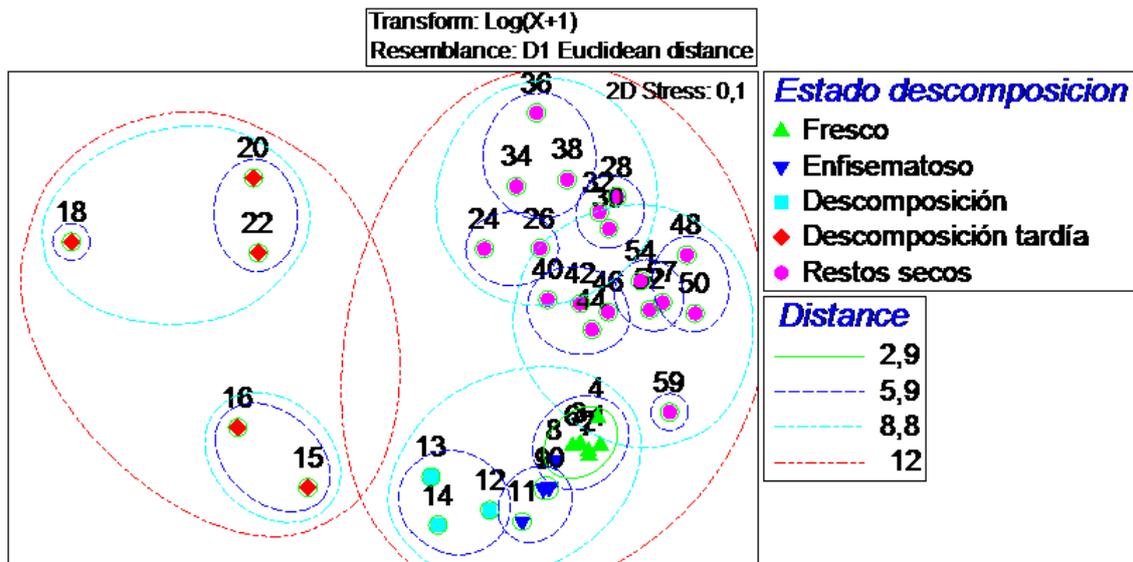


Figura 4.9. Ordenación de los días de muestreo en el espacio bidimensional definido por los ejes del análisis MDS (*metric Multi-Dimensional Scaling*) realizado sobre la matriz de abundancia de los distintos taxones para el muestreo realizado en primavera.

El análisis MDS (figura 4.9) representa la ordenación de los días muestreados en primavera, agrupando por las líneas de proximidad cada uno de los estadios de la descomposición correspondientes, confirmando que todos ellos mostraron diferencias significativas entre sí. Cabe destacar que en esta estación es donde, con mayor claridad, se han observado estas diferencias entre estadios, lo que la hace más interesante desde el punto de vista experimental.

4.6.4. Correspondencia de las fases de descomposición del cadáver con la comunidad faunística entomosarcosaprófaga en verano

En esta estación, no hay diferencias significativas entre los distintos estadios de la descomposición, a excepción de entre la descomposición tardía y los restos secos. Esta diferencia vino determinada por la desaparición de los múscidos, el aumento paulatino de las larvas de derméstidos y por la aparición de un pico de los calcidoideos, durante los restos secos (tabla 1 y 2 del Anexo III, figura 4.10).

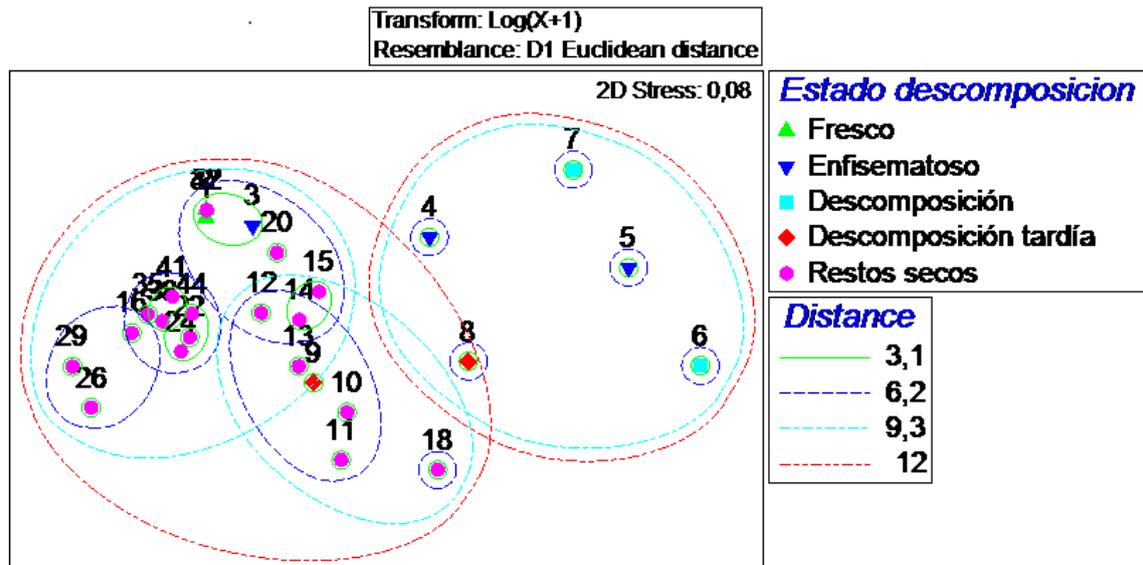


Figura 4.10. Ordenación de los días de muestreo en el espacio bidimensional definido por los ejes del análisis MDS (*metric Multi-Dimensional Scaling*) realizado sobre la matriz de abundancia de los distintos taxones para el muestreo realizado en verano.

Aunque no fueron significativas, las principales diferencias que se observaron durante el verano fueron, por un lado, entre el estadio fresco y el enfisematoso dada la aparición de *Ch. albiceps* y *M. domestica* durante el estadio enfisematoso; entre el estadio enfisematoso y la descomposición, por el aumento pronunciado de *M. domestica* en la descomposición, entre la descomposición y la descomposición tardía, la caída en la abundancia de esta misma especie en la última fase; y, por último, entre la descomposición tardía y los restos secos porque aparecieron las larvas de los derméstidos, los calcidoideos, y *M. domestica* prácticamente desapareció durante los restos secos (tabla 2 del Anexo III).

4.7. Caracterización global de la comunidad según las fases de la descomposición

Haciendo un análisis global de la comunidad (tabla 4.4), los datos señalan a *Calliphora vicina* como un indicador de la fase fresca en las cuatro estaciones, aunque en otoño y verano apareció con abundancias bajas dado su carácter termófilo. En el caso concreto del invierno, cabe destacar la aparición en esta fase de la familia Phoridae, representando el segundo grupo más abundante. De hecho, Anton *et al.* (2011) califican a los fóridos como indicadores típicos del invierno.

El estadio enfisematoso estuvo caracterizado, en general, por la dominancia de *Chrysomya albiceps* y *Musca domestica* en otoño y verano. A su vez, *Chrysomya albiceps* caracterizó la fase de la descomposición para los periodos más fríos, invierno y primavera, destacando también la familia Heleomyzidae en esta última estación.

La descomposición tardía se diferenció fundamentalmente por ser el momento de la migración de las larvas de los dípteros. Es de destacar que las larvas de *Chrysomya* pupan debajo del cadáver mientras que las de *Calliphora* se alejan del mismo. Además, en las estaciones frías, invierno y primavera, esta fase también se caracterizó por la presencia de *Saprinus detersus*.

Por último, la fase de restos secos estuvo definida, principalmente, por la presencia de *Dermestes frichi* y las larvas de coleópteros, en las cuatro estaciones, y la superfamilia Chalcidoidea, en otoño y verano.

Tabla 4.4. Principales taxones indicadores de los diferentes estadios de la descomposición.

Estado de descomposición /Estación	Fresco	Enfisematoso	Descomposición	Descomposición tardía	Restos secos
Otoño					
		- <i>Chrysomya albiceps</i> - <i>Musca domestica</i>	- <i>Creophilus maxilloxus</i>	- Larvas Diptera	- <i>Dermestes frichi</i> - Superfamilia Chalcidoidea - Larvas Dermestidae
Invierno					
	- <i>Calliphora vicina</i> - <i>Calliphora vomitoria</i> - Familia Phoridae		- <i>Chrysomya albiceps</i>	- Larvas Diptera - <i>Saprinus detersus</i>	- <i>Dermestes frichi</i> - Larvas Coleoptera
Primavera					
	- <i>Calliphora vicina</i> - <i>Calliphora vomitoria</i>		- <i>Chrysomya albiceps</i> - Familia Heleomyzidae	- Larvas Diptera - <i>Saprinus detersus</i>	- <i>Dermestes frichi</i> - Larvas Dermestidae
Verano					
		- <i>Chrysomya albiceps</i> - <i>Musca domestica</i> - Familia Sarcophagidae		- Larvas Diptera	- <i>Dermestes frichi</i> - Superfamilia Chalcidoidea - Larvas Dermestidae

**CAPÍTULO 5. PAPEL DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN LA
SUCESIÓN ENTOMOSARCOSAPRÓFAGA ESTUDIADA**

CAPÍTULO 5. PAPEL DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN LA SUCESIÓN ENTOMOSARCOSAPRÓFAGA ESTUDIADA

Como se ha observado, hay grupos que caracterizan las distintas fases de la descomposición en las diferentes estaciones del año lo que, por otro lado, ha sido comentado también por distintos autores (Méglin, 1894; Goff, 1993; Tantawi *et al.*, 1996; Matuszewski *et al.*, 2010; Charabidze, 2012). Estos grupos se ven afectados por las condiciones ambientales y por la localización del propio cadáver, puesto que estas variables influyen en su fenología e, incluso, en su presencia o ausencia. El presente capítulo trata de comprobar la influencia de las variables ambientales en la fauna entomosarcosaprófaga estudiada y la eventual aparición de especies que puedan actuar como indicadores ambientales. Estas especies serían las de mayor interés por aportar, en su caso, información de utilidad en la práctica forense.

Como ya hemos mencionado en los capítulos anteriores, la distribución y la abundancia de los insectos que podemos encontrar en un cadáver dependen de la zona biogeoclimática o región geográfica, la cual define el hábitat, el tipo de vegetación, el tipo de suelo, la meteorología, o la duración de las estaciones del año y, por tanto, la sucesión de especies en un cuerpo sigue un orden determinado dependiendo de las condiciones de dicho cadáver y de las variables ambientales y geográficas del lugar (Smith, 1986; Camacho Cortés, 2005; Anderson, 2010; Anton *et al.*, 2011; Brundage *et al.*, 2011; Moretti *et al.*, 2011). Es de esperar, por ello, que la sucesión entomosarcosaprófaga y el ritmo al que se produce dependan íntimamente de las condiciones ambientales que afectan a la velocidad de los procesos biológicos, tanto en lo referente a los ciclos de vida de los insectos y otros organismos (como bacterias) que intervienen en la descomposición y degradación de un cadáver, como a las propias reacciones químicas implicadas en dicha descomposición.

5.1. Papel de las variables ambientales en la sucesión faunística

En este capítulo se analiza si la sucesión faunística en el cadáver estuvo correlacionada o no, en nuestro caso, con las variables ambientales correspondientes para cada época del año o si, por el contrario, ha sido un proceso regulado biológicamente, en el que las condiciones organolépticas del cadáver y las especies presentes en cada momento fueron las determinantes. Como hipótesis de partida cabría pensar que las variables ambientales marcan, más que la sucesión faunística en sí misma, la duración de las fases de la descomposición y, en determinados casos, la presencia/ausencia de ciertas especies que, por tener valencias ecológicas más amplias, aparecen o, por ser más restrictivas, están ausentes o retrasadas si los parámetros ambientales les son desfavorables.

En nuestro estudio, a lo largo del periodo de exposición del cadáver se sucedieron distintos eventos de lluvia y subidas y bajadas de temperatura y de humedad relativa, tanto en el aire como en la interfaz cebo-suelo, lo que nos ha permitido analizar sus efectos en el curso de la descomposición. El análisis de correspondencias canónicas (DCCA) realizado sobre la matriz de abundancia de las especies, utilizando la matriz de datos ambientales como variables explicativas, nos permite visualizar la posible influencia de dichos cambios y conocer qué variables pueden resultar más relevantes en la colonización del cadáver.

5.1.1. Variaciones estacionales de la sucesión en el cadáver

Cuando analizamos la distribución de las especies a lo largo de la sucesión estudiada, los dos primeros ejes de los análisis DCCA, realizados sobre la matriz de especies de las cuatro estaciones del año, utilizando como covariables las variables ambientales y la secuencia de días de la sucesión, explican tan solo entre el 18,3%, en invierno, y el 25,1%, en primavera (tabla 3 del Anexo III).

Por otra parte, cuando analizamos la relación de dichas especies con las variables ambientales, los dos primeros ejes de dichos análisis explican entre el 54,6%, en otoño, y el 60,8%, en invierno. Dicha varianza explicada, aunque es mayor que la de la mayoría de los estudios ecológicos (Zuur *et al.*, 2007) es aun relativamente baja, indicando que la sucesión ecológica presenta una dinámica no estrictamente marcada por las condiciones ambientales, pudiendo haber otros factores, como el azar en la colonización de algunas especies y las propias relaciones inter e intraespecíficas, que afecten a dicho proceso.

El primer eje, por sí solo, explica entre el 41%, en otoño, y el 49,2%, en verano, de la relación de las especies con las variables ambientales (tabla 3 del Anexo III). En todos los casos dicho eje viene determinado por la sucesión de días como principal variable explicativa, jugando un papel distinto las variables ambientales. Mientras que en el otoño la sucesión ecológica está correlacionada negativamente con la temperatura ambiental mínima, en las otras tres estaciones dicha sucesión está correlacionada negativamente con la humedad relativa en la interfaz. Por su parte, las temperaturas máximas y el rango de temperatura determinan la distribución de las muestras de cada fase a lo largo del eje 2 en las estaciones más cálidas, verano y otoño. Mientras que, en invierno y primavera, este papel lo juega la temperatura en la interfaz.

En la figura 5.1 se muestran las especies asociadas a los dos primeros ejes de los respectivos análisis DCCA. Para la representación gráfica se han incluido únicamente las especies que suponen más del 20% del peso sobre el eje.

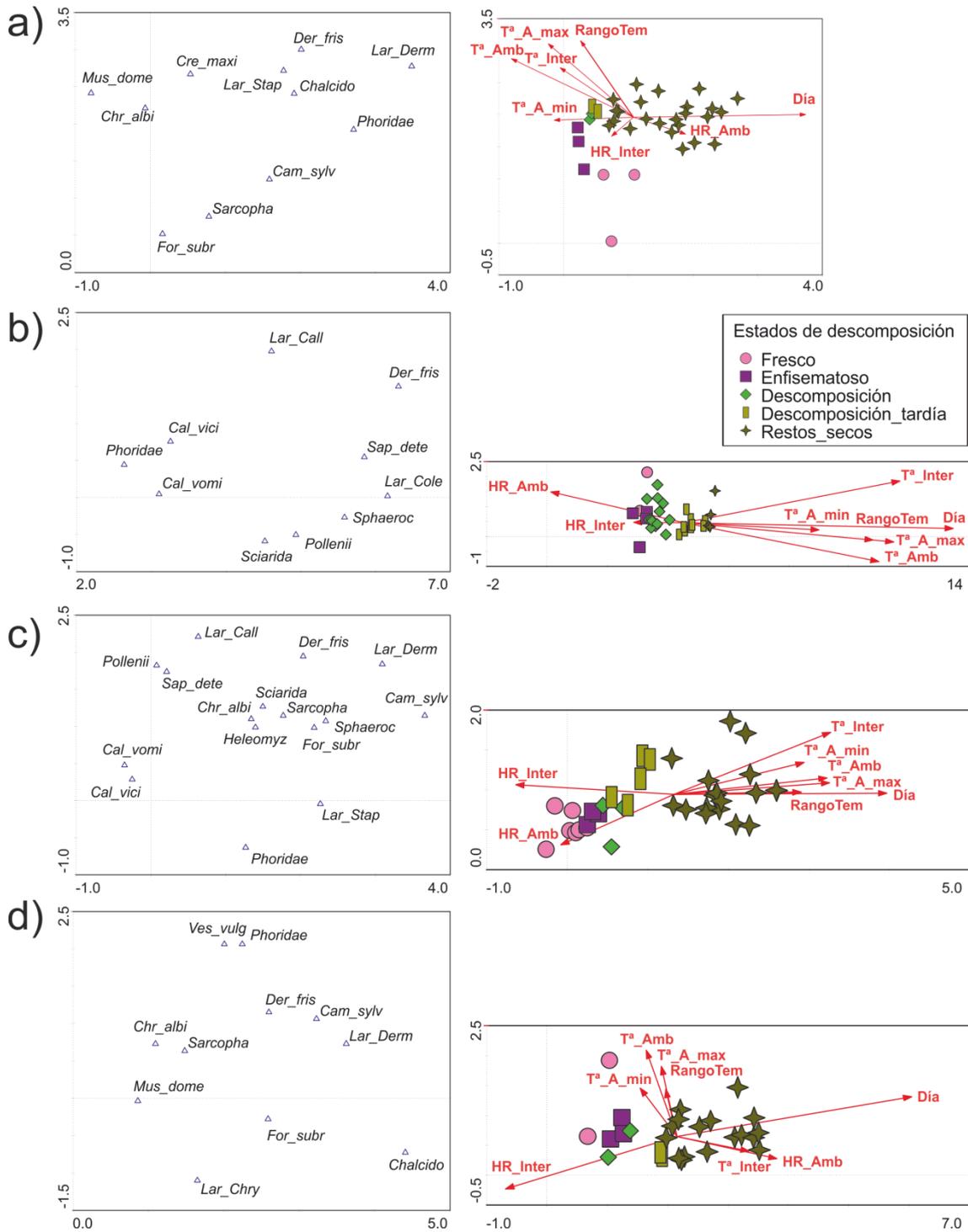


Figura 5.1. A la izquierda se encuentran los DCCA realizados para cada estación del año mostrando la distribución de las especies. A la derecha están los DCCA realizados para cada una de las estaciones del año para las distintas fases de la descomposición según la influencia de las variables ambientales. Las claves de abreviaturas se encuentran en la tabla 5 del Anexo III.

En las estaciones del año más cálidas, las especies *Musca domestica* y *Chrysomya albiceps* caracterizan principalmente la fase enfisematosa. En las estaciones más frías, primavera e invierno, las especies dominantes en las primeras fases (fresco y enfisematoso) fueron *Calliphora vicina* y *C. vomitoria*. Los estadios avanzados, a su vez, se vieron caracterizados por *Dermestes frichi* y las larvas de los coleópteros en las cuatro estaciones, *Camponotus sylvaticus* en todas las estaciones excepto el invierno y los calcidoideos en otoño y verano.

Los resultados del análisis DCCA realizado para la matriz que incluye todas las estaciones del año se muestran en la figura 5.2. El primer eje explica el 43,5% de la relación existente entre las especies y las variables ambientales. Éste viene determinado principalmente por las temperaturas, correlacionadas negativamente con la humedad relativa. El segundo eje, que explica un 19,6% adicional de la relación especies-ambiente, viene marcado por la secuencia de días. Como es esperable, las temperaturas marcan las diferencias entre estaciones del año, mientras que la humedad de la interfaz, el rango de temperatura y el transcurso de los días determinan principalmente el progreso de las fases de la descomposición dentro de cada estación climática.

Cuando se representan los estadios de la descomposición conjuntamente para todas las estaciones se cumple el mismo patrón; el estadio fresco está relacionado con humedades más altas, y conforme progresa el proceso de la descomposición y va disminuyendo la humedad relativa, se van sucediendo los distintos estadios. En el caso del invierno y la primavera los distintos estadios son más largos, teniendo una mayor duración de las fases. Sin embargo, en las estaciones más cálidas, otoño y verano, se observa que todo está más comprimido, durando las cuatro primeras fases, juntas, menos que los restos secos (figura 5.2).

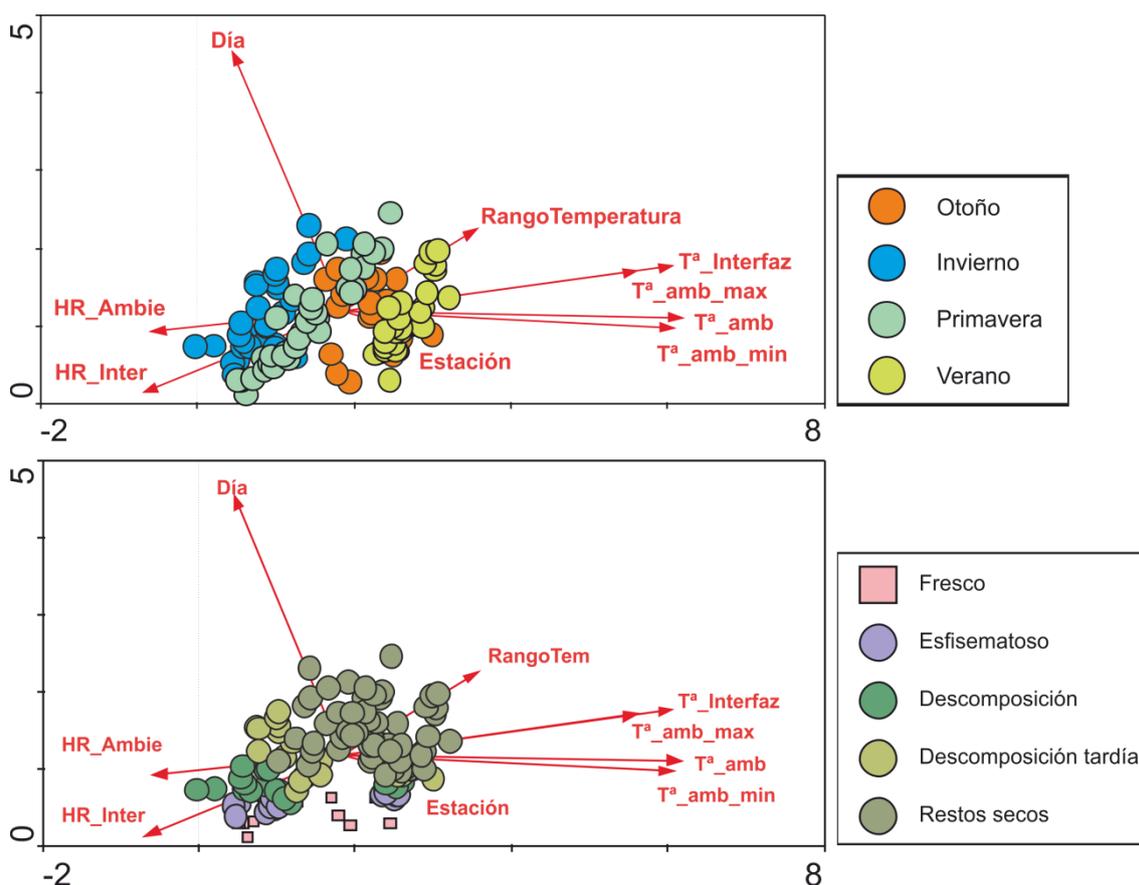


Figura 5.2. DCCA realizado para todas las muestras indicando, en el gráfico superior, como se distribuyen las cuatro estaciones del año muestreadas y en el inferior, las distintas fases de la descomposición. En ambos gráficos las flechas se corresponden con las variables ambientales que afectan a dicha distribución.

En la tabla 4 del anexo III se presentan los resultados de realizar regresiones lineales multivariantes con selección de variables. Se han analizado las especies más relevantes para cada orden y se ha visto qué variables ambientales son las que explican sus abundancias. En todos los casos la *p* calculada para cada uno de los modelos es significativa, indicando la estrecha correlación que hubo entre la especie y las variables. Los coeficientes calculados para cada variable seleccionada para cada una de los taxones pueden ser positivos, indicándonos que cuanto más alto es, mayor abundancia tendremos de la especie. Si son negativos, cuanto más alto sea su valor menor será la abundancia de la especie.

Podemos observar que, para los dípteros, la abundancia de los sarcófágidos y la especie *C. vicina* se explica en un 20% por las variables ambientales. Para los sarcófágidos la humedad relativa en la interfaz no tiene un valor significativo, lo que indica que la abundancia de este grupo no está bien correlacionada con ella ya que, al ser un grupo termófilo, es la temperatura la que mayor influencia tiene, pero es seleccionada porque, junto a las demás, sí que influye en la abundancia de este grupo.

En el caso de *C. vicina*, todas las variables seleccionadas son significativas. Para las especies *C. vomitoria*, *Ch. albiceps* y *M. domestica* el porcentaje de los datos que se explican por las variables ambientales son el 10% para la primera especie y el 8% para las otras dos (tabla 4 del Anexo III). Estas especies presentan una cierta estacionalidad lo que hace que los resultados del análisis muestren una baja relación de su abundancia con las condiciones climáticas estacionales en conjunto.

En las especies de coleópteros analizadas, la abundancia de *Dermestes frischi* se explica en un 24% por las variables ambientales, teniendo buena correlación con todas de manera significativa. Para la especie *Saprinus detersus* explican el 13% de su abundancia y, en este caso, la humedad relativa en la interfaz no es significativa.

Por último, en el caso de los himenópteros, la especie *Camponotus sylvaticus* tiene un 22% de su variabilidad explicada por las variables ambientales pero, de entre todas, la temperatura ambiental mínima es la única que no tiene un peso significativo. Las otras dos especies de este orden, *Formica subrufa* y *Pheidole pallidula*, presentan un 16% y un 14% de sus abundancias explicados por las variables ambientales, respectivamente. Todas las variables seleccionadas tienen una correlación significativa salvo, en el caso de *F. subrufa*, la temperatura ambiental, la temperatura mínima y los grados días acumulados (tabla 4 del Anexo III).

El análisis de la dinámica de las abundancias de las especies dominantes *Calliphora vicina*, *Calliphora vomitoria*, *Lucilia sericata*, *Chrysomya albiceps* y *Musca domestica* y los grados día acumulados (GDA) no dio ninguna relación significativa. Esto es quizás esperable si se tienen en cuenta las condiciones experimentales, dado que lo que se captura con la trampa son los adultos que acceden al cadáver. Por tanto, la influencia de los GDA en el desarrollo preimaginal de esas especies no se puede analizar en su conjunto pues solo se conoce el momento de la migración larvaria previa a la pupación. Por otro lado, los valores de temperatura umbral utilizados, obtenidos de la literatura y calculados en condiciones de laboratorio, pueden no ser adecuados en nuestra región (Donovan *et al.*, 2006) y quizás podrían ser distintos, si bien comprobar esto requeriría experimentos específicos.

Por otro lado, considerando la comunidad en su conjunto, la riqueza viene explicada por las variables ambientales en un 38%, contribuyendo todas ellas de manera significativa a excepción de los grados día acumulados. En el caso de la abundancia, las variables ambientales solo explican el 9% de los datos, siendo significativa solo la temperatura ambiental. Por último, la diversidad, medida con el índice de Shannon, se explica en un 21%, con todas las variables, incluida los GDA, influyendo de manera significativa (tabla 4 del Anexo III).

Esto quiere decir que, en lo que se refiere tanto a la riqueza como a la diversidad de la comunidad, la colonización del cadáver viene marcada por las condiciones climáticas. Sin embargo, la abundancia total no viene determinada por las variables ambientales consideradas, estándolo solo ligeramente las abundancias de cada especie.

El que, en términos generales, los modelos de regresión expliquen un bajo porcentaje de la variabilidad de los datos de abundancia puede ser debido a que esta última, aparte de por las condiciones ambientales consideradas, esté influenciada, también, por otras variables que no se han tenido en cuenta, por ejemplo, la propia abundancia de la población en el entorno de la trampa, la predación o la competencia interespecífica, la cantidad de recursos que aporta el cadáver o las tasas de reproducción de las especies. Además, hay que considerar que el análisis se hizo para las cuatro estaciones del año agrupadas, de manera que si hay especies con ciclos anuales distintos la relación de la abundancia total con las condiciones climáticas estacionales se pierde.

Aun así, como ya se ha mencionado, la temperatura marca, más que el orden en el que llegan las especies y sus abundancias, la duración de las fases de la descomposición, siendo éstas las que, a su vez, determinan los ritmos de la sucesión faunística. Por ello las distintas especies que acuden al cadáver lo hacen atraídas por el estado del mismo, es decir por la fase en la que se encuentra (Ament *et al.*, 2010; Anderson, 2010), más que por las variables ambientales que lo rodean.

Por su parte, las temperaturas extremas, especialmente las mínimas, condicionarán la aparición de ciertas especies que por ser menos termoconformistas o por ser más termófilas, están ausentes o retrasadas cuando las temperaturas son bajas.

Para futuros trabajos podría ser interesante intentar controlar otros factores, sobre todo los biológicos, que pueden interferir o modificar la composición y la dinámica de las poblaciones que acuden al cadáver.

5.2. Papel de la temperatura mínima en la sucesión

Al analizar el papel que ha tenido la temperatura en la sucesión faunística de nuestro estudio y en las fases de la descomposición del cadáver, podemos observar cómo temperaturas ambientales y temperaturas en la interfaz cebo-suelo más altas implicaron una menor duración de los diferentes estadios de descomposición (figuras 5.3 y 5.4). En un análisis de regresión entre la duración de las fases de la descomposición y las temperaturas ambientales y en la interfaz cebo-suelo, se observa

cómo estos parámetros explicaron el 51% y el 53% de la variabilidad de los datos, respectivamente (figuras 5.3 y 5.4).

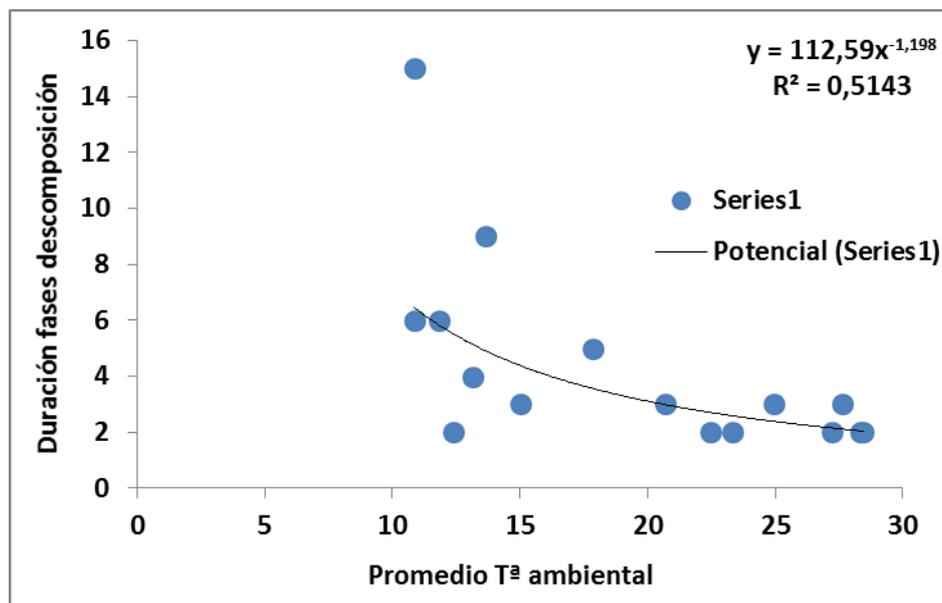


Figura 5.3. Duración de las fases de descomposición del cadáver frente al valor promedio de la Tª ambiental.

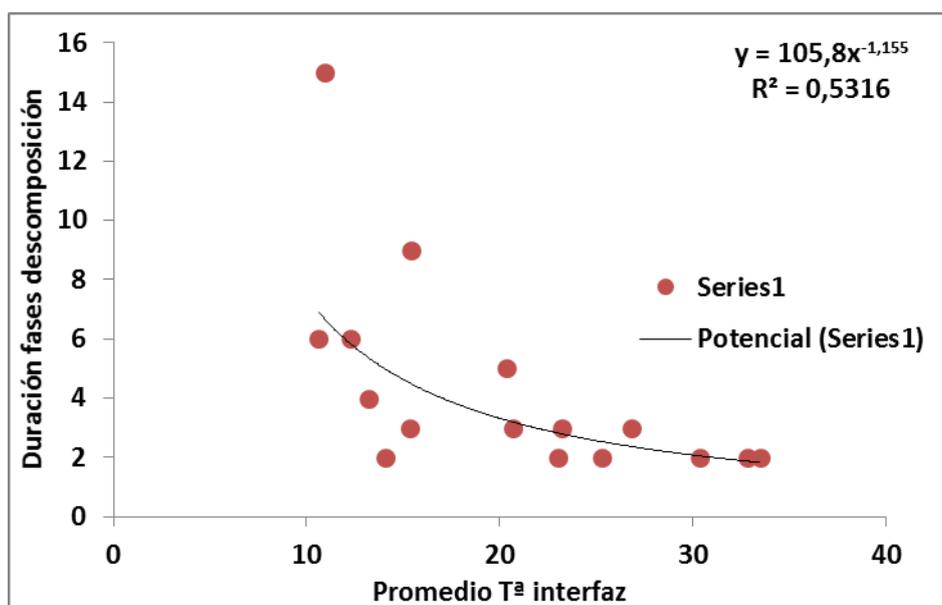


Figura 5.4. Duración de las fases de la descomposición del cadáver frente al valor de la Tª media de la interfaz cadáver-suelo.

Si tenemos en cuenta solamente la temperatura mínima, se observa que la relación con la duración de las fases de la descomposición mejora considerablemente, explicando el 66% en el caso de la Tª mínima ambiental (figura 5.5) y el 70% cuando consideramos la Tª mínima en la interfaz (figura 5.6). Por tanto, puede decirse que la duración de las fases de la descomposición está altamente relacionada con las

temperaturas mínimas que se registraron en la zona de muestreo, explicando este parámetro más de un 66% de nuestros datos. Por eso, la duración de las distintas fases de la descomposición fue más larga en aquellas estaciones con temperaturas mínimas más bajas, mientras que en las estaciones con mayores temperaturas tuvieron una duración más corta. Esto coincide con los resultados obtenidos anteriormente en el DCCA, donde se observó que las fases de la descomposición de las estaciones de otoño y verano presentaron una duración más corta con respecto al invierno y la primavera.

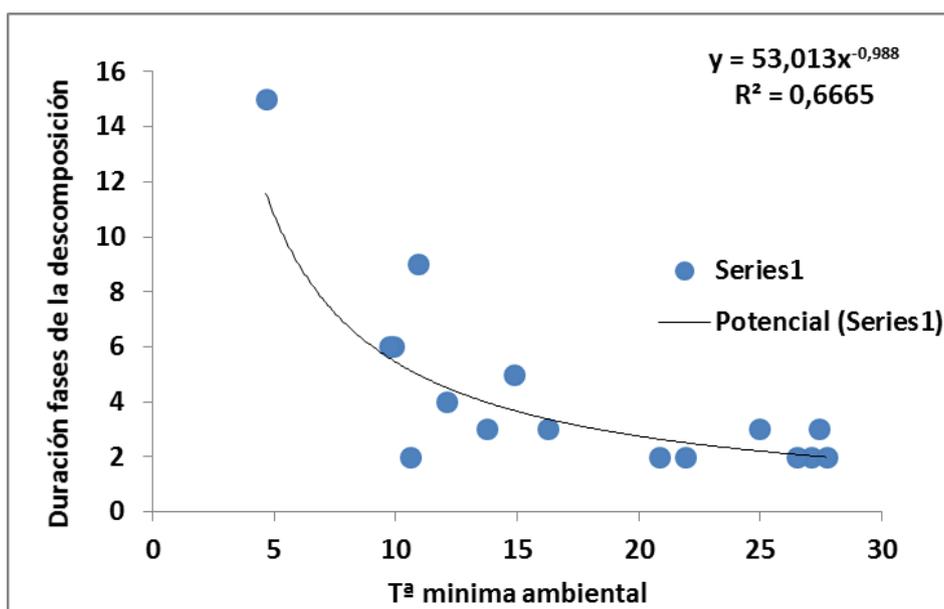


Figura 5.5. Duración e las fases de descomposición del cadáver frente a los valores de Tª mínima ambiental registrados.

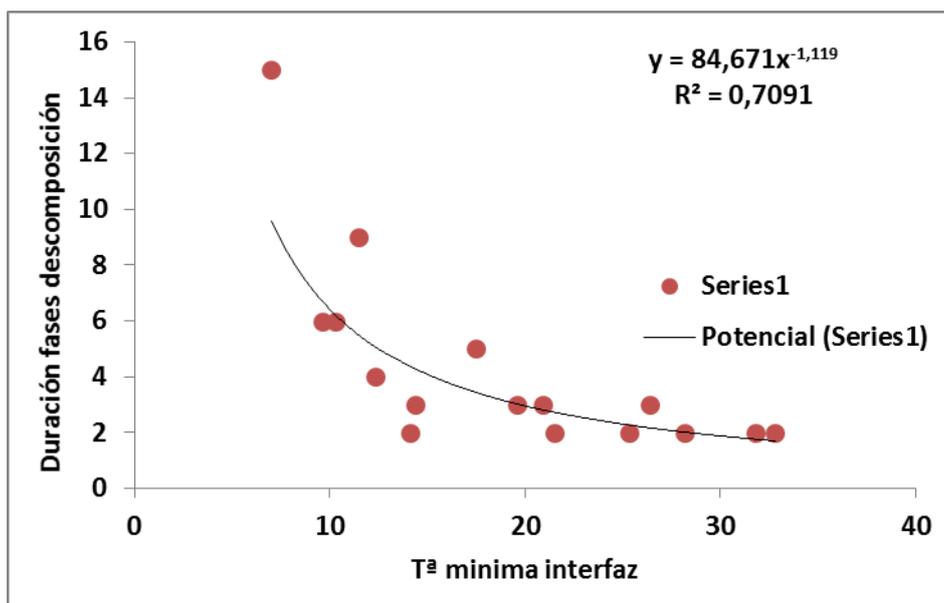


Figura 5.6. Duración de las fases de descomposición frente a los valores de Tª mínima registrados en la interfaz cadáver-suelo.

De hecho, como se ha comentado anteriormente, debido a que las tasas de desarrollo de los insectos dependen esencialmente de la temperatura ambiente, la edad de los especímenes inmaduros se puede correlacionar directamente con el calor acumulado durante el crecimiento.

Aun así, en los trabajos realizados por Myskowiak & Doums (2002) y Ames & Turner (2003) se sugiere que se debe tener cuidado cuando estos indicadores se aplican para la estimación de dicho IPM, ya que, si durante el desarrollo de las larvas o las pupas de las moscas ha habido un periodo de frío, no se puede presuponer que se ha producido actividad o crecimiento durante este periodo. De esta manera, en casos en los que haya ocurrido episodios prolongados de frío, se podría subestimar el tiempo real transcurrido, siendo el IPM más largo (Ames & Turner, 2003).

Esto coincide con nuestros resultados. Mientras que la riqueza de especies de todas las estaciones frente a los grados día medios acumulados explica solo un 37% de la variabilidad de los datos (figura 5.7), la regresión mejora sensiblemente cuando el cálculo de los grados día acumulados se realiza a partir de las temperaturas mínimas diarias, alcanzándose una $R^2=0,5$ (figura 5.8), confirmándose que la temperatura mínima condiciona, en cierta medida, el número de especies que colonizan el cadáver.

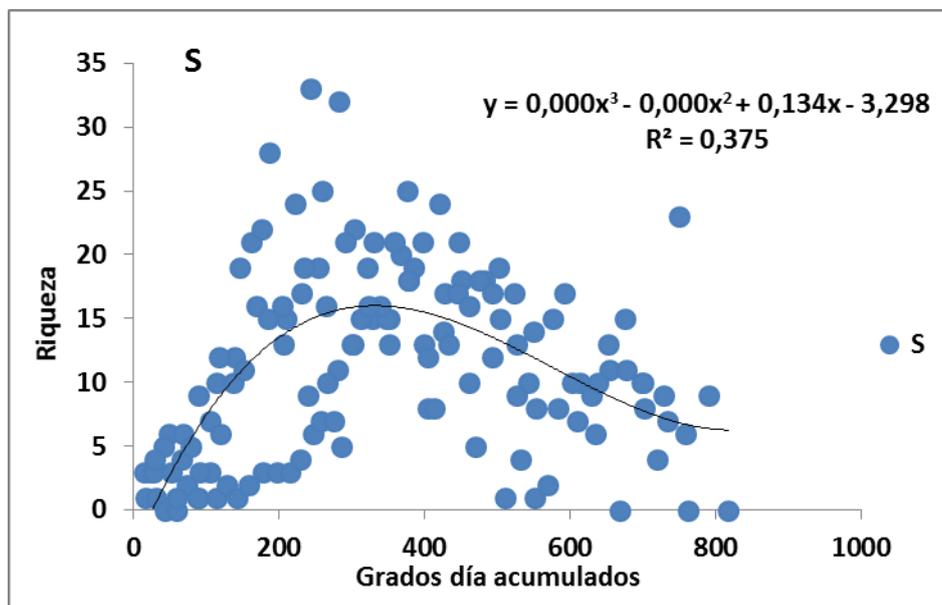


Figura 5.7. Relación entre la riqueza de especies frente a los grados día acumulados para cada estación, con la línea de tendencia de la regresión.

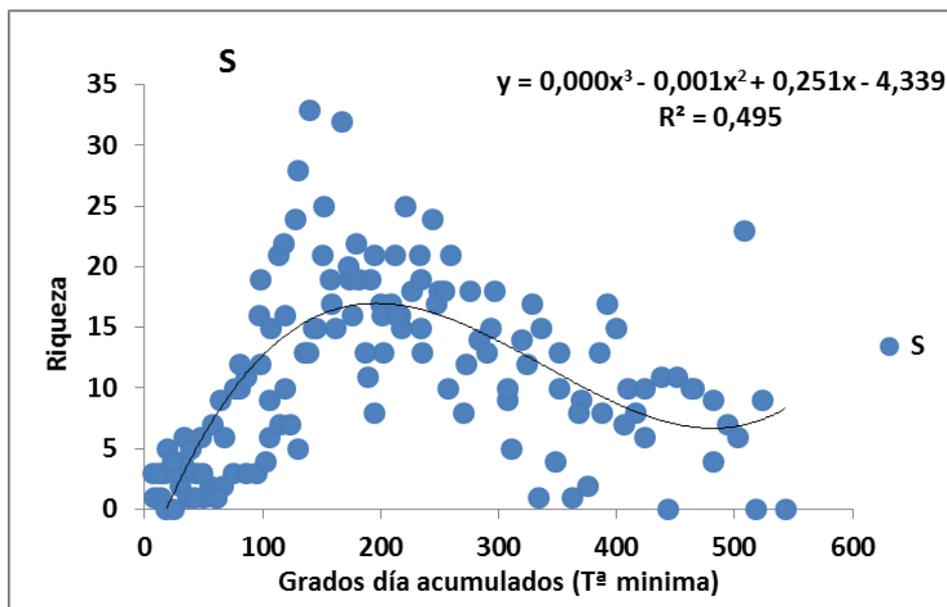


Figura 5.8. Relación entre la riqueza de especies frente a los grados día acumulados calculados a partir de los valores de la Tª mínima para cada estación, con la línea de tendencia de la regresión.

Por otro lado, cuando se analizan la riqueza, el número de individuos y la diversidad de Shannon, en las diferentes estaciones del año, frente a los grados día acumulados calculados con las temperaturas medias o las temperaturas mínimas, se observa cómo las tendencias generales se matizan, encontrándose que en algunas épocas del año las temperaturas mínimas son más limitantes (figura 5.9). Éste sería el caso del invierno, donde los estadios iniciales se ajustan mejor teniendo en cuenta esta temperatura.

La riqueza máxima de especies se alcanzó entre los 200-400 GDA para la temperatura media en todas las estaciones, excepto el invierno, que obtuvo un mejor ajuste cuando se realizó el análisis con las temperaturas mínimas, como ya se ha indicado (figura 5.9).

Las temperaturas medias explican los datos de riqueza específica en un 36% en otoño, 83% en invierno, un 72% en primavera y un 62% en verano. En el caso de la abundancia, estos valores son el 20% en otoño, 27% en invierno, 35% en primavera y 16% en verano, Por último, la diversidad viene explicada por las temperaturas medias por un 2% en otoño, 65% en invierno, 30% en primavera y 38% en verano.

Esto quiere decir que las temperaturas condicionan de una manera más importante la riqueza de especies que el resto de índices.

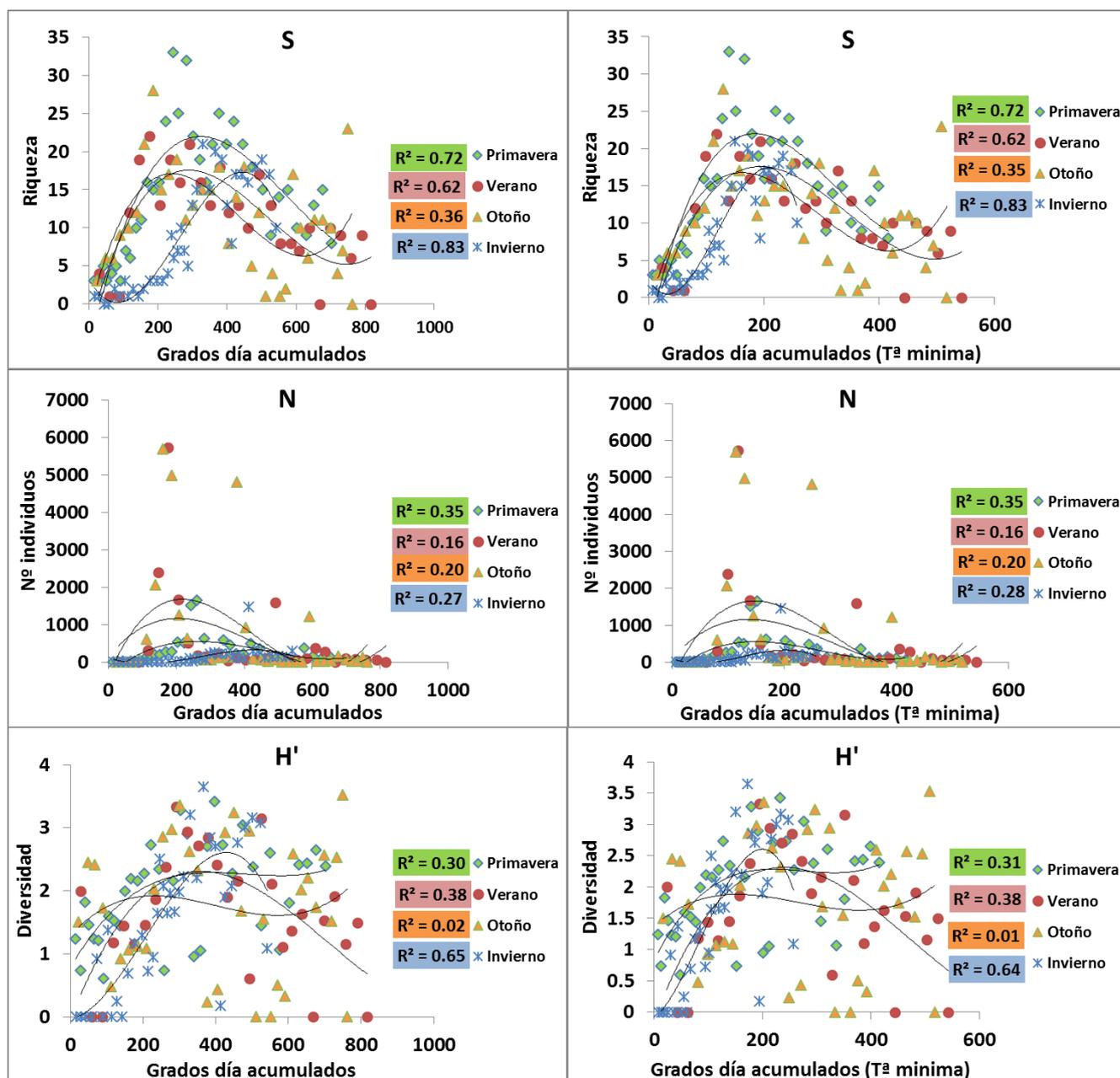


Figura 5.9. Representación de la riqueza, número de individuos y diversidad de Shannon frente a los grados día acumulados y frente a los grados día acumulados (a partir de la temperatura mínima) para cada estación, con sus respectivos coeficientes de regresión.

**CAPÍTULO 6. LOS PROCESOS DE SUCESIÓN
ENTOMOSARCOSAPRÓFAGA Y DESCOMPOSICIÓN
DEL CADÁVER A DIFERENTES ALTITUDES.
COMPARACIÓN DE EL ABUZNEL CON
EL MORRÓN, EN SIERRA ESPUÑA**

6. LOS PROCESOS DE SUCESIÓN ENTOMOSARCOSAPRÓFAGA Y DESCOMPOSICIÓN DEL CADÁVER A DIFERENTES ALTITUDES. COMPARACIÓN DE EL ABUZNEL CON EL MORRÓN, EN SIERRA ESPUÑA

Como ya se ha indicado anteriormente, la composición, distribución y abundancia de la fauna que acude a un cadáver dependen de la región geográfica en la que éste se encuentre, la cual define, como caracteres más importantes, el hábitat, el tipo de vegetación, el tipo de suelo y la meteorología (Smith, 1986; Anderson, 2010; Brundage *et al.*, 2011; Moretti *et al.*, 2011). Además, la sucesión de especies que colonizan un cadáver sigue un orden determinado dependiendo de las condiciones en las que se encuentre dicho cadáver y de las variables ambientales y geográficas que se producen en el lugar (Anderson, 2001; Camacho Cortés, 2005; Anton *et al.*, 2011). Anderson (2010) justifica, por tanto, la necesidad de estudiar la comunidad sarcosaprófaga en diferentes microambientes, incluso si estos están próximos unos a otros.

Una de las aproximaciones del presente trabajo ha consistido en comparar los procesos de colonización observados en cadáveres situados a diferentes altitudes, con el fin de evidenciar las posibles diferencias entre las variables ambientales y sus efectos en la sucesión entomosarcosaprófaga. La comunidad más importante desde el punto de vista de la descomposición de un cadáver es la necrófaga, siendo el orden principal, dentro de ésta, el orden Diptera, ya que algunos de ellos son los primeros en llegar al cadáver. Dentro de estos, la familia Calliphoridae es uno de los mejores indicadores *postmortem*, por lo que hemos elegido esta familia para este análisis.

Se ha comparado, mediante un análisis de correspondencias, la comunidad de los califóridos presente en dos altitudes diferentes de Sierra Espuña, El Abuznel, a 400 m (zona de estudio del presente trabajo) y El Morrón, a 1.500 m (Begoña Gaminde, 2015). La metodología de estudio y las fechas de muestreo fueron las mismas, en ambos casos, y se encuentran explicadas en el capítulo 2 del presente trabajo.

Como cabría esperar, los resultados que hemos obtenido han confirmado que el ritmo de la sucesión fue diferente dependiendo de la altitud debido a que las condiciones ambientales no fueron las mismas para ambos lugares.

Calliphora vicina fue la especie más abundante en El Morrón, apareciendo en todas las estaciones, y siendo la especie dominante durante el otoño. Le siguió *Calliphora vomitoria* que apareció también en todas las estaciones siendo dominante durante la primavera. Por último, *Chrysomya albiceps* estuvo presente en todas las estaciones, con la excepción del invierno, no siendo especialmente abundante en ninguna de ellas (tabla 6.1, figura 6.1).

Sin embargo, en El Abuznel la especie más abundante fue *Chrysomya albiceps* que apareció dominando la comunidad en otoño y verano. *Calliphora vicina* y *Calliphora vomitoria* presentaron abundancias muy parecidas entre sí, estando presentes en todas las estaciones, a excepción del verano para el caso de la última especie.

Tabla 6.1. Abundancias de las especies de la familia Calliphoridae recogidas en las altitudes de El Morrón y de El Abuznel.

	El Morrón (1.500 m)				El Abuznel (400 m)			
	I	O	P	V	I	O	P	V
<i>Chrysomya albiceps</i>	0	1.651	36	647	56	17.765	587	6.473
<i>Calliphora vicina</i>	869	3.336	781	266	668	45	987	2
<i>Calliphora vomitoria</i>	603	139	2.195	262	304	15	671	0
Polleniinae	18	43	16	3	98	1	133	2
<i>Lucilia sericata</i>	0	12	7	53	2	22	28	14
<i>Chrysomya megacephala</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Lucilia caesar</i>	0	0	0	1	0	4	1	5
<i>Lucilia sp.</i>	0	0	0	0	0	4	7	0

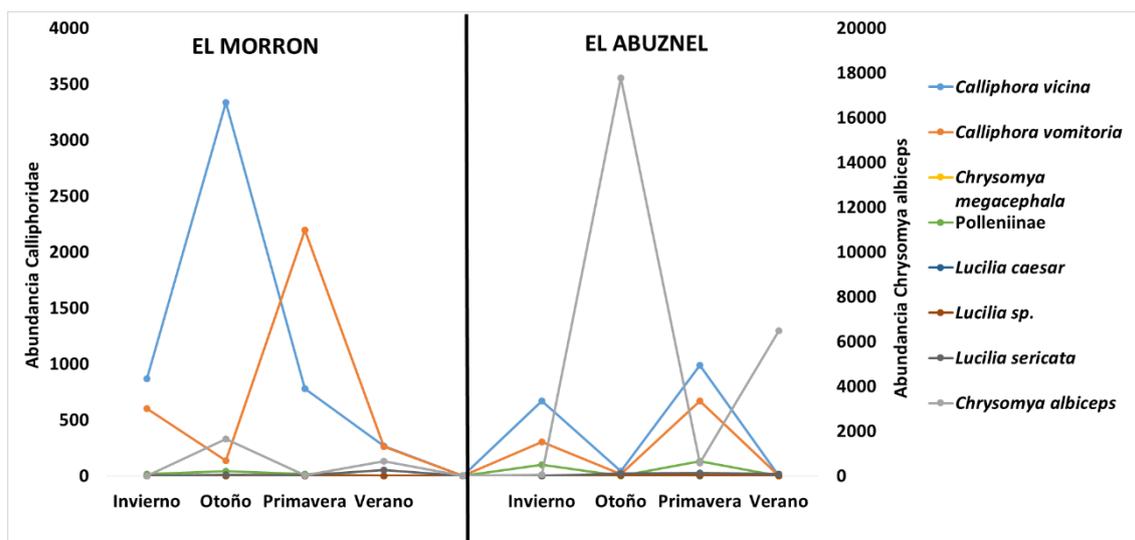


Figura 6.1. Abundancias de las principales especies de la familia Calliphoridae en las dos zonas consideradas, para las cuatro estaciones muestreadas. En el eje secundario se miden las abundancias de la especie *Chrysomya albiceps* y en el eje principal las del resto de especies de la familia. Representadas en el lado izquierdo están las abundancias de El Morrón y, a la derecha, las de El Abuznel.

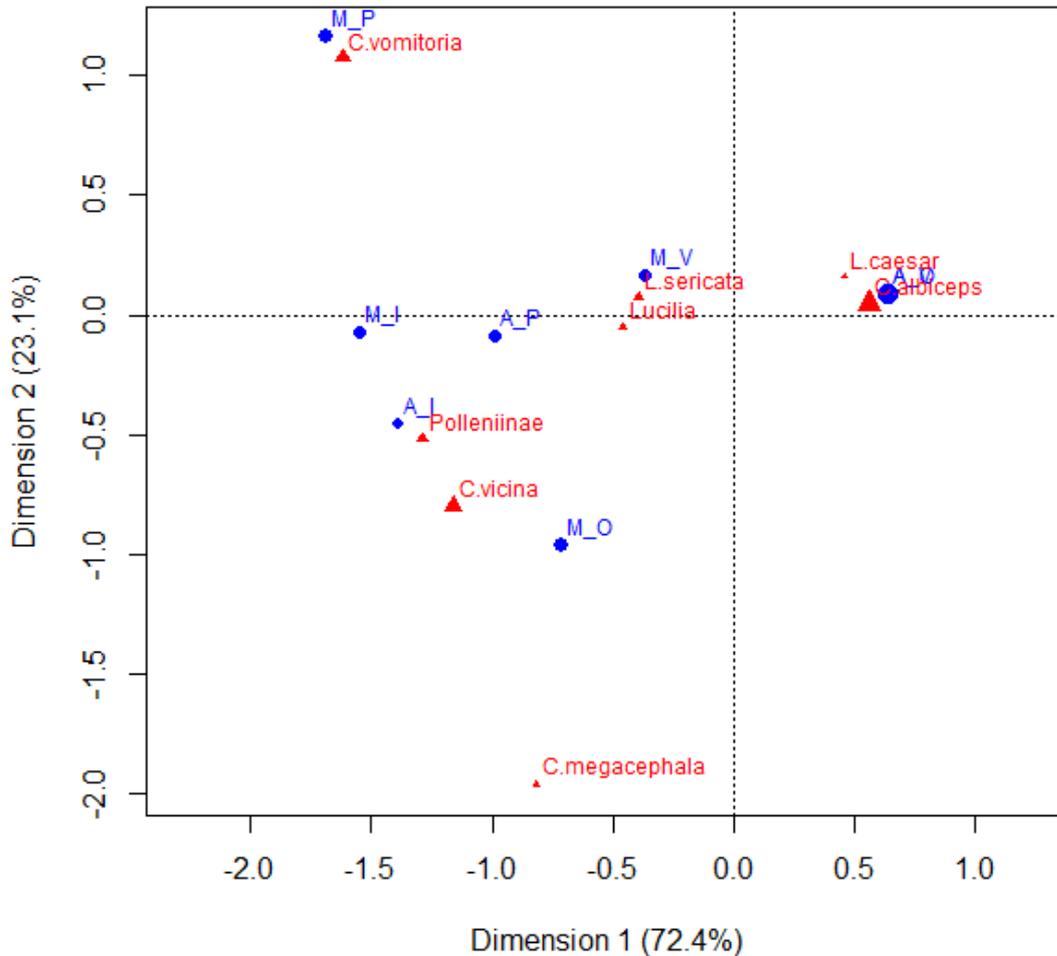


Figura 6.2. Resultado del análisis de correspondencias para las distintas estaciones muestreadas en las dos localidades y las especies de califóridos que aparecieron en las mismas. M= El Morrón, A= El Abuznel, O= Otoño, I= Invierno, P= Primavera, V=Verano.

El análisis de correspondencias (figura 6.2) muestra como el otoño y el verano de El Abuznel están caracterizados principalmente por la presencia de *Chrysomya albiceps*, la primavera de El Morrón por *Calliphora vomitória*, y el otoño de El Morrón y el invierno de El Abuznel por *Calliphora vicina*. Las especies de *Lucilia*, aunque aparecen en las dos altitudes, fueron más abundantes en el verano de El Morrón, mientras que en El Abuznel presentaron abundancias parecidas en todas las estaciones excepto en invierno, cuando fueron muy bajas. Por último, la subfamilia Polleniinae se presentó en todas las estaciones en ambas altitudes, siendo más abundante en El Abuznel.

Se observa claramente que hay una sustitución altitudinal de especies, donde la dominancia de *Chrysomya albiceps* de El Abuznel se sustituye por las dominancias de *Calliphora vicina* y *Calliphora vomitória*, a mayor altitud, en El Morrón (figura 6.3). También podemos destacar que la altitud condiciona la abundancia de cada una de las especies (tabla 6.1).

Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Arnaldos *et al.* (2001), para un área periurbana de la misma región, y por Martínez Sánchez (2003), en Alicante, vemos que la especie más representativa de estos dos ambientes, situados a muy poca altura sobre el nivel del mar, fue *Lucilia sericata*, considerablemente escasa en las dos localidades de Sierra Espuña. Esto nos permitiría establecer un gradiente altitudinal de sustitución de especies desde el nivel del mar hasta los 1.500 m de altitud (figura 6.3).

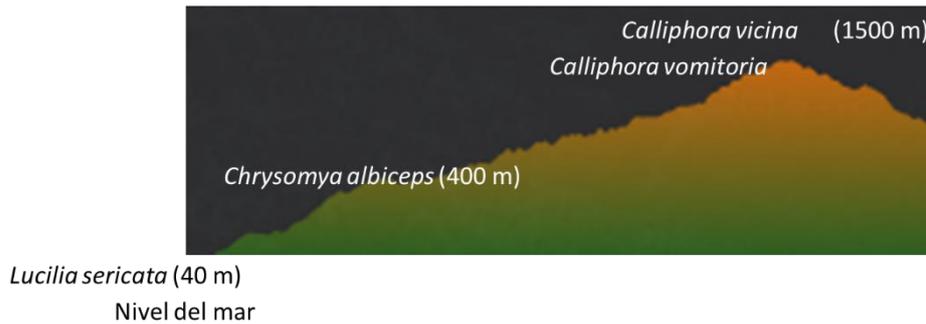


Figura 6.3. Representación de la sustitución de especies de la familia Calliphoridae dependiendo de la altitud.

Los resultados confirman la importancia de estos taxones como indicadores, no solo estacionales sino, también altitudinales y ambientales, lo cual es de gran interés para su aplicación en la investigación forense. Además, las diferencias que se han encontrado al nivel específico justifican la importancia de realizar estudios de la fauna sarcosaprófaga en diferentes ambientes microclimáticos incluso aunque éstos estén próximos entre sí.

CAPÍTULO 7. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

CAPÍTULO 7. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- En el presente trabajo se ha procedido a la identificación de la fauna entomosarcosaprófaga asociada a un cadáver de cerdo (*Sus scrofa*, L.) en un enclave natural montañoso, situado a 400 m de altitud, denominado El Abuznel, en Sierra Espuña (Murcia) durante las distintas estaciones climáticas.
- Las variables ambientales medidas mostraron una lógica evolución directamente relacionada con cada una de las épocas del año y el lugar geográfico donde se ha realizado el estudio. Las temperaturas oscilaron en otoño entre 12 y 27°C, en invierno entre 4 y 19°C, en primavera entre 9 y 26°C, y en verano entre 22 y 31°C. Por su parte, la humedad relativa del ambiente estuvo siempre por encima del 30%, alcanzando en verano el 75% de máxima y el 100% en el resto de estaciones.
- Se recolectó un total de 58.762 ejemplares pertenecientes a los órdenes de mayor relevancia forense, Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. De este total, 45.168 lo fueron en estadio adulto y 13.594 en estadio preimaginal. Asimismo, del total recolectado, 52.567 fueron recogidos por una trampa de Schoenly y 6.195 por una trampa de caída. La fauna recogida por este último dispositivo no aportó información adicional en cuanto a la composición o abundancia de la fauna, por lo que se trabajó únicamente con los datos proporcionados por el primer dispositivo.
- El orden Diptera fue el más abundante, constituyendo un 88,55% del total de la fauna estudiada. Nuestro estudio confirma, de este modo, su dominancia tanto numérica como en diversidad en los restos en descomposición y su importancia en los estudios forenses. Le siguen los órdenes Coleoptera, con un 6,46%, e Hymenoptera, con un 4,99%.
- Dentro de los dípteros, y coincidiendo con numerosos trabajos sobre fauna sarcosaprófaga en la Península Ibérica, la familia Calliphoridae fue siempre la más capturada, con un 71,96% del total del grupo, siendo *Chrysomya albiceps* la especie más atraída por el cadáver con un total de 24.881 individuos adultos. Le suceden, dentro de esta familia, las especies *Calliphora vicina* y *Calliphora vomitoria* con 1.702 y 990 adultos respectivamente. Las siguientes familias de dípteros fueron Muscidae (17,74%) y Sphaeroceridae (6,49%).

- También dentro de los dípteros, durante el invierno, la familia Phoridae, aunque con una abundancia lejana a la de familia predominante, fue la segunda en abundancia, dato que puede ser relevante en su aplicación forense.
- Dentro de los coleópteros, la familia Dermestidae fue la más abundante, seguida muy de cerca por Histeridae y Staphylinidae.
- En el caso del orden Hymenoptera la subfamilia Chalcidoidea fue la más abundante seguida por la familia Formicidae. La especie *Formica subrufa* muestra una utilidad potencial en la práctica forense como indicador geográfico de nuestra localidad.
- Para toda la comunidad entomosarcosaprófaga estudiada, en otoño y verano el taxón más abundante fue la especie *Chrysomya albiceps*, seguida de *Musca domestica*. En el invierno dominó *Calliphora vicina*, seguida por *Calliphora vomitoria*, en ambas estaciones, y por último, en primavera, los individuos más abundantes pertenecieron igualmente a la familia Calliphoridae seguidos muy de cerca por la familia Sphaeroceridae.
- Se han confirmado y determinado cinco estadios de descomposición en nuestros cadáveres: fresco, enfisematoso, descomposición, descomposición tardía y restos secos, que han tenido diferentes duraciones dependiendo de la época del año.
- El estadio fresco duró entre 2 y 8 días, el enfisematoso entre 3 y 6 días, la fase de descomposición entre 2 y 24 días, la descomposición tardía entre 2 y 17 y, por último, la fase de restos secos se presentó entre el día 10 y el 52, alargándose hasta el final del proceso. La tendencia observada ha sido una aceleración de los procesos de la descomposición en las estaciones más cálidas, alcanzándose la fase de restos secos más rápidamente.
- En las estaciones del año más cálidas, las especies *Musca domestica* y *Chrysomya albiceps* caracterizaron principalmente la fase enfisematosa. En las estaciones más frías, primavera e invierno, las especies dominantes en las primeras fases fueron *Calliphora vicina* y *C. vomitoria*. Los estadios avanzados, a su vez, se vieron caracterizados por *Dermestes frichi* y las larvas de los coleópteros en las cuatro estaciones, *Camponotus sylvaticus* en todas las estaciones, excepto el invierno, y los calcidoideos en otoño y verano.
- El número de individuos y la riqueza de especies de la comunidad sarcosaprófaga estudiada fueron aumentando progresivamente conforme avanzó la descomposición, de manera que los máximos se encontraron en la

- fase de descomposición en otoño y en la descomposición tardía en invierno y primavera mientras que, en verano, la riqueza tuvo su máximo en el estadio de la descomposición y el número de individuos en el estadio enfisematoso.
- Como en toda sucesión ecológica, los índices de diversidad de Shannon y Margalef, aunque con fluctuaciones, aumentaron progresivamente a lo largo de todo el proceso, mostrando la conformación de una comunidad estructurada y bien equilibrada.
 - En dicha comunidad, se han encontrado los cinco grupos ecológicos descritos para la fauna entomosarcosaprófaga según sus comportamientos tróficos (necrófago, necrófilo, omnívoro, oportunista y accidental). La estrategia más generalizada fue la necrófaga, representada por los dípteros en general y los derméstidos, con un 31,76% de los taxones determinados. Le siguieron los necrófilos, caracterizados principalmente por los histéridos y los cléridos, con un 30,59% del total de taxones, los omnívoros, representado principalmente por los formícidos y en menor abundancia por los nitidúlidos (17,65%), los oportunistas (10,59%) y los accidentales (8,24%).
 - La estrategia necrófaga se asoció principalmente con los estadios enfisematoso y de descomposición, mientras que los necrófilos, omnívoros y accidentales se relacionaron mayoritariamente con la fase de los restos secos, y los oportunistas con el estadio fresco.
 - La distribución de las especies a lo largo de la sucesión estudiada viene determinada por la propia evolución de la descomposición a lo largo del tiempo como principal variable explicativa, jugando un papel distinto las variables ambientales. Mientras que en el otoño la sucesión ecológica está correlacionada negativamente con la temperatura ambiental mínima, en las otras tres estaciones dicha sucesión está correlacionada negativamente con la humedad relativa en la interfaz.
 - La duración de las fases de la descomposición está altamente relacionada con las temperaturas mínimas registradas, explicando este parámetro más de un 66% de nuestros datos.
 - El tiempo fisiológico, o grados días acumulados, calculados para las temperaturas medias, solo explica un 37% de la variabilidad de la riqueza de especies presentes, mejorando sensiblemente el ajuste (50%) cuando los cálculos se realizan a partir de las temperaturas mínimas diarias. Dicha limitación impuesta por las temperaturas mínimas es más evidente en el caso

del invierno, ajustándose mejor los estadios iniciales de esta estación cuando se tiene en cuenta dicha temperatura.

- Con respecto a la altitud, para la familia Calliphoridae se observó un gradiente de sustitución altitudinal donde la dominancia de *Chrysomya albiceps* en El Abuznel se sustituye por las dominancias de *Calliphora vicina* y *Calliphora vomitoria*, a mayor altitud, en El Morrón, mientras que a muy poca altura sobre el nivel del mar podemos situar a *Lucilia sericata*, considerablemente escasa en las dos localidades de Sierra Espuña. Esto nos permite establecer un gradiente altitudinal de sustitución de especies desde el nivel del mar hasta los 1.500 m de altitud y confirma la importancia de estos taxones como indicadores no solo estacionales, sino también altitudinales y ambientales, lo cual es de gran interés para su aplicación en la investigación forense.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aballay, F.H., Domínguez, M.C. & Fernández Campón, F., 2012. Adult Fanniidae associated to pig carcasses during the winter season in a semiarid environment: Initial examination of their potential as complementary PMI indicators. *Forensic Science International* 219: 284.e1-284.e4.
- Aballay, F.H., Arriagada, G., Flores, G.E. & Centeno, N.D., 2013. An illustrated key to and diagnoses of the species of Histeridae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *Zookeys* 261: 61-84.
- Al-Mesbah, H., Moffatt, C., El-Azazy, O.M.E. & Majeed, Q.A.H., 2012. The decomposition of rabbit carcasses and associates necrophagous Diptera in Kuwait. *Forensic Science International* 217: 27-31.
- Amat, E., Ramírez-Mora, M.A., Buenaventura, E. & Gómez-Piñerez, L.M., 2013. Variación temporal de la abundancia en familias de moscas carroñeras (Diptera, Calyptratae) en un valle andino antropizado de Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* 29(3): 463-472.
- Amendt, J., Krettek, R., Niess, C., Zehner, R. & Bratzke, H., 2000. Forensic entomology in Germany. *Forensic Science International* 113: 309-314.
- Amendt, J., Krettek, C. & Zehner, R., 2004. *Forensic entomology. Naturwissenschaften* 91: 51-65.
- Amendt, J., Campobasso, C.P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H.N. & Hall, M.J.R., 2007. Best practice in forensic entomology-Standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine* 121: 90-104.
- Amendt, J., Richards, C.S., Campobasso, C.P., Zehner, R. & Hall, M.J.R., 2011. Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science, Medicine Pathology* 7: 379-392.
- Ames, C. & Turner, B., 2003. Low temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation. *Medical and Veterinary Entomology* 17: 178-186.
- Anderson, G.S., 1995. The use of insects in death investigations: An analysis of cases in British Columbia over a five years period. *The Canadian Society of Forensic Science Journal* 28(4): 277-292.
- Anderson, G.S., 2010. Factors that influence insect succession on carrion. En: Byrd, J.H. & Castner, J.L. (Eds.), *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations. 2nd Ed.*: CRC Press, Boca Raton: 201-250.
- Anderson, G.S., 2011. Comparison of decomposition rates and faunal colonization of carrion in indoor and outdoor environments. *Journal of Forensic Sciences*, 56: 136-142.
- Anderson, G.S. & VanLaerhoven, S.L., 1996. Initial Studies on Insect Succession on Carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Science* 41 (4): 617-625.
- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.

- Anderson, M.J., 2005. *PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance*. New Zealand: University of Auckland, Department of Statistic.
- Anton, E., Niederegger, S. & Beutel, R.G., 2011. Beetles and flies collected on pig carrion in an experimental setting in Thuringia and their forensic implications. *Medical and Veterinary Entomology* 25: 353-364.
- Arnaldos Sanabria, M.I., 2000. *Estudio de la fauna sarcosaprófaga de la Región de Murcia. Su aplicación a la Medicina Legal*. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- Arnaldos Sanabria, M.I., Romera, E., García, M.D. & Luna, A., 2001. An initial study of the succession of sarcosaprophagous Diptera (Insecta) on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Legal Medicine* 114: 156-162.
- Arnaldos, I., García, M.D., Romera, E. & Baquero, E., 2003. New data on the Mymaridae fauna in the Iberian Peninsula (Hymenoptera, Chalcidoidea) from a carrion community. *Boletín de la Asociación española de Entomología* 27 (1-4): 225-228.
- Arnaldos, M.I., Romera, E., Presa, J.J., Luna, A. & García, M.D., 2004a. Studies on seasonal arthropod succession on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Legal Medicine* 118: 197-205.
- Arnaldos, M.I., Sánchez, F., Álvarez, P. & García, M.D., 2004b. A forensic entomology case from the Southeastern Iberian Peninsula. *Anil Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1): 22-25.
- Arnaldos, M.I., García, M.D., Romera, E., Presa, J.J. & Luna, A., 2005. Estimation of post-mortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science International* 149: 57-65.
- Arnaldos, M.I., Prado e Castro, C., Presa, J.J., López-Gallego, E. & García, M.D., 2006. Importancia de los estudios regionales de fauna sarcosaprófaga. Aplicación a la práctica forense. *Ciencia Forense*, 8: 63-82.
- Arnaldos, M.I., Prieto Gambín, J., Ramírez Durán, M. & García, M.D., 2013. Entomological evidence as seasonal indicator: a forensic case in Southeastern Spain. *10th Meeting of the European Association for Forensic Entomology* Coimbra: 43.
- Arnaldos, M.I., Ubero-Pascal, N., García, R., Carles-Tolrá, M., Presa, J.J. & García, M.D., 2014. The first report of *Telomerina flavipes* (Meigen, 1830) (Diptera, Sphaeroceridae) in a forensic case, with redescription of its pupa. *Forensic Science International* 242: e22-e30.
- Arnaldos, M.I., Khedre, A., Begoña, I., Presa, J.J., Clemente, M.E., López-Gallego, E., Martínez, A.B., Pérez-Marcos, M. & García, M.D., 2015. Diptera succession during early decomposition stages in a Mediterranean pinewood umbrage. *Austin Journal of Forensic Science and Criminology*, August 12, 2015.

- Báguena, L., 1952. Entomología Médica. Algunas notas sobre entomología médico-legal. *Graellsia*, Tomo X: 67-101.
- Bahílo de la Puebla, P. & López-Colón, J.I., 2006. La familia Dermestidae Latreille, 1807 en la Comunidad Autónoma Vasca y áreas limítrofes. I: Subfamilia Dermestinae Latreille, 1807 (Coleoptera: Dermestidae). *Heteropterus Revista de Entomología* 6: 83-90.
- Bajerlein, D., Konwerski, S. & Madra, A., 2012. European beetles of forensic importance. 9th meeting of the European Association for Forensic Entomology. Torun, Poland.
- Battán-Horenstein, M., 2008. *Estructura y dinámica estacional de la comunidad sarcosaprófaga de una zona hemisintropical de Córdoba (Argentina)*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Battán-Horenstein, M. & Linhares, A.X., 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., Arnaldos, M.I., Rosso, B. & García, M.D., 2005. Estudio preliminar de la comunidad sarcosaprófaga en Córdoba (Argentina): aplicación a la entomología forense. *Anales de Biología* 27: 191-201.
- Battán-Horenstein, M., Xavier Linhares, A., Rosso de Ferradas, B. & García, M.D., 2010. Decomposition and dipteran succession in pig carrion in central Argentina: ecological aspects and their importance in forensic science. *Medical and Veterinary Entomology* 24, 16–25.
- Battán-Horenstein, M., Rosso, B. & García, M.D., 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.
- Baumgartner, D.K. & Roubik, D.W., 1989. Ecology of necrophilous and filth-gathering stingless bees (Apidae: Meliponinae) of Peru. *Journal of Kansas Entomological Society* 62:11-22.
- Baz, A., Cifrián, B., Díaz-Aranda, L.M. & Martín-Vega, D., 2007. The distribution of adult blow-flies (Diptera: Calliphoridae) along an altitudinal gradient in Central Spain. *Annales de la Société Entomologique de France* (n.s.), 43 (3): 289-296.
- Baz, A., Cifrián, B. & Martín-Vega, D., 2014. Patterns of Diversity and Abundance of Carrion Insect Assemblages in the Natural Park “Hoces del Rio Riaza” (Central Spain). *Journal of Insect Science* 14 (162).
- Begoña Gaminde, I., 2015. *Sucesión de la entomofauna cadavérica en un medio montañoso del Sureste de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia

- Benbow, M.E., Lewis, A.J., Tomberlin, J.K. & Pechal, J.L., 2013. Seasonal necrophagous insect community assembly during vertebrate carrion decomposition. *Journal of Medical Entomology* 50 (2): 440-450.
- Benecke, M., 1998. Six forensic entomology cases: description and commentary. *Journal of Forensic Sciences* 43(4): 797-805.
- Benecke, M., 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International* 120: 2-14.
- Benecke, M., 2004. Forensic Entomology: Arthropods and Corpses. En: Tsokos, M. (Ed.) *Forensic Path Rev Vol II*, pp: 207-240. Humana Press, Totowa (NJ, USA).
- Bernard, F., 1968. *Fauna de l'Europe et du Bassin Méditerranéen, 3. Les Fourmis (Hymenoptera Formicidae) D'Europe occidentale et septentrionale*. Masson et Cie Éditeurs, Paris. 411 pp.
- Bonacci, T., Vercillo, V., Brandmayr, P., Fonti, A., Tersaruolo, C. & Brandmayr, T.Z., 2009. A case of *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera, Calliphoridae) breeding in a human corpse in Calabria (Southern Italy). *Legal Medicine* 11: 30-32.
- Bonacci, T., Brandmayr, P., Greco, S., Tersaruolo, C., Vercillo, V., Brandmayr, T.Z., 2010. A preliminary investigation of insect succession on carrion in Calabria (southern Italy). *Terrestrial Arthropod Reviews* 3: 97-110.
- Bonacci, T., Zetto Brandmayr, T., Brandmayr, P., Vercillo, V. & Porcelli, F., 2011. Successional patterns of the insect fauna on a pig carcass in southern Italy and the role of *Crematogaster scutellaris* (Hymenoptera, Formicidae) as a carrion invader. *Entomological science*, 14: 125-132.
- Bonacci, T.; Greco, S.; Cavalcanti, B; Brandmayr, P. & Vercillo, V., 2014. The flesh fly *Sarcophaga* (*Liopygia*) *crassipalpis* Macquart, 1839 as an invader of a corpse in Calabria (Southern Italy). *Journal of Forensic Science, Criminology*, 1(4): 404.
- Brundage, A., Bros, S. & Honda, J.Y., 2011. Seasonal and habitat abundance and distribution of some forensically important blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Central California. *Forensic Science International* 212: 115-120.
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J., 2005. *Invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid. 1005 pp.
- Buck, M., 1997. Sphaeroceridae (Diptera) reared from various types of carrion and other decaying substrates on Southern Germany, including new faunistic data on some rarely collected species. *European Journal of Entomology* 94: 137-151.
- Byrd, J.H. & Butler, J.F., 1996. Effects of Temperature on *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae) Development. *Journal of medical Entomology*, Vol. 3 (3): 353-358.

- Byrd, J.H. & Castner, J.L., 2010. Insects of Forensic Importance. En: Byrd, J.H. & Castner, J.L. (Eds.), *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. 2nd Edition CRC Press, Boca Raton: 36-126.
- Camacho Cortés, G., 2005. Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclo vital de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora, utilizando cerdo blanco (*Sus scrofa*) en Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología* 31 (2): 189-197.
- Campobasso, C.P., Di Vella, G. & Introna, F., 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International* 120: 18-27.
- Campobasso, C.P., Disney, R.H.L. & Introna, F., 2004. A case of *Megaselia scalaris* (Loew) (Diptera, Phoridae) breeding in a human corpse. *Anil Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 5(1): 3-5.
- Carles-Tolrá, M., 2001. Datos taxonómicos y ecológicos de 304 especies de dípteros acalípteros (Diptera, Acalyptrata). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 28: 89-103.
- Carles-Tolrá, M. & Prado e Castro, C., 2011. Some dipterans collected on pig carcasses in Portugal (Diptera: Carnidae, Heleomyzidae, Lauxaniidae and Sphaeroceridae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 48: 233-236.
- Carles-Tolrá, M., Díaz, B. & Saloña, M., 2012. Algunos dípteros necrófilos capturados sobre cadáveres de cerdos en el País Vasco (España) (Insecta: Diptera: Brachycera). *Heteropterus Revista de Entomología* 12 (2): 213-222.
- Carles-Tolrá, M., Arnaldos, M.I, Begoña, I. & García, M.D., 2014. Novedades faunísticas y entomosarcosaprófagas de la Región de Murcia, SE de España (Insecta: Diptera). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biológica* 108: 21-35.
- Castillo Miralbés, M., 2001. Especies de coleópteros necrófagos presentes en carroña de cerdos en la comarca de La Litera (Huesca). *Graellsia* 57(1): 85-90.
- Castillo Miralbés, M., 2002. *Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el alto Aragón (España)*. Monografías de la Sociedad Entomológica Aragonesa, nº6.
- Ciro Díaz, W., Anteparra, M.E. & Hermann, A., 2008. Dermestidae (Coleoptera) en el Perú: revisión y nuevos registros. *Revista Peruana de Biología* 15 (1): 15-20.
- Charabidze, D., 2012. La biologie des insectes necrophages et leur utilisation pour dater le deces en entomologie medico-legale. *Annales de la Societe Entomologique de France (NS)* 48 (3-4): 239-252.
- Charabidze, D., Bourel, B. & Gosset, D., 2011. Larval-mass effect: characterisation of heat emission by necrophageous blowflies (Diptera: Calliphoridae) larval aggregates. *Forensic Science International* 211 (1-3): 61-66.

- Charabidze, D., Hedouin, V. & Gosset, D., 2012. Que font les mouches en hiver? Etude des variations hebdomadaires et saisonnières des populations d'insectes nécrophages. *La revue de médecine légale* 3: 120-126.
- Charabidze, D., Colard, T., Vincent, B., Pasquerault, T. & Hedouin, V., 2013. Involvement of larder beetles (Coleoptera: Dermestidae) on human cadavers: a review of 81 forensic cases. *International Journal of Legal Medicine* 128: 1021-1030.
- Charabidze, D. & Gosseling, M., 2014. *Insectes Cadaves & Scenes de crimes. Principes et applications de l'entomologie medico-légale*. De Boeck, Louvain-la-Neuve. 261pp.
- Chinery, M., 1998. *Guida degli insetti d'Europa*. Franco Muzzio Editore, Roma. 431pp.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M., 2001. *Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth: Primer-E Ltd.
- De Souza, A.M. & Linhares, A.X., 1997. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in Southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. *Medical and Veterinary Entomology* 11: 8-12.
- Disney, R.H.L., 1998. Family Phoridae. En: László Papp, Béla Darvas (Eds.) *Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera. Vol. 3. Higher Brachycera*. Science Herald, Budapest. 880 pp.
- Domínguez Martínez, J. & Gómez Fernández, L., 1963. Momificación cadavérica particularmente rápida, operada bajo la acción de numerosas larvas de *Chrysomya albiceps*, Wiedemann, 1819. *Revista Ibérica de Parasitología* 23 (1-2): 43-62.
- Donovan, S. E., Hall, M.J.R., Turner, B.C. & Moncrieff, C.B., 2006. Larval growth rates of the blowfly, *Calliphora vicina*, over a range of temperatures. *Medical and Veterinary entomology* 20: 106-114.
- Early, M. & Goff, M.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.
- Farinha, A., Dourado, C.G., Centeio, N., Oliveira, A.R., Dias, D. & Rebelo, M.T., 2014. Small bait traps as accurate predictors of dipteran early colonizers in forensic studies. *Journal of Insect Science* 14 (77).
- Figueroa-Roa, L. & Linhares, A.X., 2002. Sinantropia de los Calliphoridae (Diptera) de Valdivia, Chile. *Neotropical Entomology* 31: 233-239.
- Flores-Pérez, L.R., 2009. *Sucesión de entomofauna cadavérica utilizando como biomodelo cerdo blanco Sus scrofa L.* Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados de la Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco, México.
- Fuller, M.E., 1934. *The insect inhabitants of carrion: a study in animal ecology*. Council for Scientific and Industrial Research, Melbourne.

- Gamarra, P. & Outerelo, R., 2008. Catálogo Iberobaleár de los Staphylinidae (Coleoptera: Staphylinidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 42: 197-251.
- Gamarra, P. & Outerelo, R., 2013. Los Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) En: Ruano, F., Tierno de Figueroa, M., Tinaut, A. (Eds.) *Los Insectos de Sierra Nevada. 200 años de Historia, vol. I.* pp: 351-362 GRX servicios gráficos. Granada. 543 pp.
- García, M.D., 1983. *Estudio faunístico y ecológico de los Acridoidea (Orthoptera, Insecta) de Sierra Espuña (Murcia)*. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- García-Rojo, A.M., 2004. Estudio de la sucesión de insectos en cadáveres en Alcalá de Henares (Comunidad Autónoma de Madrid) utilizando cerdos domésticos como modelos animales. *Boletín de la Sociedad Española de Entomología Aplicada* 34: 263-269.
- García Rojo, A.M. & Honorato, L., 2006. La Entomología forense y la práctica policial en España: estimación del intervalo *post-mortem* en un cadáver hallado en el interior de una arqueta en la Comunidad de Madrid. *Ciencia Forense* 8: 57-62.
- García Rojo, A.M., Honorato, L., González, M. & Téllez, A., 2009. Determinación del intervalo postmortem mediante el estudio de la sucesión de insectos en dos cadáveres hallados en el interior de una finca rústica en Madrid. *Cuadernos de Medicina Forense* 15(56): 137-145.
- Goff, M.L., 1993. Estimation of post-mortem interval using arthropod development and successional patterns. *Forensic Science Review* 5: 81.
- Goff, M.L., 2009. Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Springer Science + Business Media B. V. Exp. Appl. Acarol.* 49: 21-36.
- Goff, M.L. & Catts, E.P., 1990. Arthropods basic-structure and biology. En: Catts, E.P. & Haskell, N.H. (Eds.), *Entomology and death: A procedural guide* (Joyce Print Shop, Clemson, S.C: 38-71.
- Goff, M.L., Early, M., Odom, B.O. & Tullis, K., 1986. A preliminary checklist of arthropods associated with exposed carrion in the Hawaiian Islands. *Proceedings Hawaiian Entomological Society* 26: 53-57.
- Gómez, K. & Espadaler, X., 2006. Exotic ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Balearic Islands. *Myrmecologische Nachrichten* 8: 225-233.
- González López, F., 2008. *Mariposas diurnas del Parque Regional de Sierra Espuña*. BioVisual, Murcia. 119 pp.
- González-Mora, D., 1989. Los Calliphoridae de España, II: Calliphorini (Diptera). *Eos t.* 65 (1):39-59.
- González-Mora, D. & Peris, S.V., 1988. Los Calliphoridae de España, I: Rhiniinae y Chrysomyinae (Diptera). *Eos t.* 64: 91-139.

- Grassberger, M. & Frank, C., 2004. Initial study of arthropod succession on pig carrion in a central European urban habitat. *Journal of Medical Entomology*, 41: 511-523.
- Greenberg, B., 1971. *Flies and disease. Vol. 1. Ecology, classification and biotic associations*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 189 pp.
- Greenberg, B. & Wells, J., 1998. Forensic use of *Megaselia abdita* y *M. scalis* (Phoridae: Phoridae): Case Studies, Development Rates and Egg Structure. *Journal of Medical Entomology* 35 (3): 205-209.
- Gu, X., Haelewaters, D., Krawczynski, R., Vanpouche, S., Wagner, H-G- & Wiegleb, G., 2014. Carcass ecology – more than just beetles. *Entomologische Berichten* 74 (1-2): 68-74.
- Háva, J., 2003. World Catalogue of the Dermestidae (Coleoptera). Studie a zprávy Oblastního Muzea Praha-východ v Brandýse nad Labem a Staré Boleslavi, Supplementum 1: 1-196.
- Hinton, H.E., 1945. *Monograph of the beet associated with stored products 1*. British Museum (Nat. Hist.).
- Hewadikaram, K.A. & Goff, M.L., 1991. Effect of carcass size on rate decomposition and arthropod succession patterns. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 12: 235.
- Introna, F., Campobasso, C.P. & Di Fazio, A., 1998. Three case studies in forensic entomology from southern Italy. *Journal of Forensic Sciences* 43 (1): 210-214.
- Johnson, M.D., 1975. Seasonal and Microseral Variations in the Insect Populations on Carrion. *The American Midland Naturalist* 93(1): 79-90.
- Lillo Carpio, M., 1976. Los cambios climáticos en Sierra Espuña (Murcia) entre 1892 y 1970. *Papeles del Departamento de Geografía* 7: 9-20.
- López Bermúdez, F., 1975. Depósitos de ladera en la Sierra de Espuña (Cordilleras Béticas). *Papeles del Departamento de Geografía* 6: 9-27.
- López dos Santos, N., 2008. *Estudio de sucesión faunística en cadáveres expuestos en ambientes silvestres*. Tesis de Fin de Máster, Universidad de Murcia.
- López Gallego, E., Martínez Moñino, A.B., Pérez-Marcos, M., Martínez Ibañez, M.D., Begoña, I., Arnaldos Sanabria, M.I. & García, M.D., 2011. La comunidad de Formícidos sarcosaprófagos a lo largo de un gradiente altitudinal (Hymenoptera: Formicidae). *XXVIII Jornadas de la Asociación Española de Entomología. La importancia económica de los artrópodos*, Murcia (España): 24.
- Magurran, A.E., 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral, Barcelona. 200 pp.
- Mañas-Jordá, S., 2013. *Sucesión sarcosaprófaga en un medio suburbano. Influencia del cebo y comparativa histórica*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Murcia.

- Marchenko, M.I., 2001. Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. *Forensic Science International* 120: 89-109.
- Margalef, R., 1958. Information Theory in Ecology. *General Systematics*, 3: 36-71.
- Margalef, R., 1974. *Ecología*. Omega, Barcelona. 951 pp.
- Martín Vega, D., 2011. *Estudio de los agregados de Dípteros sarcosaprófagos y su relación con los ecosistemas naturales de la comunidad de Madrid*. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá.
- Martín-Vega, D. & Baz, A., 2010. Datos sobre Dermaptera capturados en trampas cebadas con carroña en el centro de la Península Ibérica. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 46: 571-573.
- Martín-Vega, D. & Baz, A., 2013a. Sarcosaprophagous Diptera assemblages in natural habitats in central Spain: spatial and seasonal changes in composition. *Medical and Veterinary Entomology* 27: 64-76.
- Martín-Vega, D., Gómez-Gómez, A., Baz, A. & Díaz-Aranda, L.M., 2011a. The immature stages of the necrophagous fly, *Prochyliza nigrimana*: comparison with *Piophilina casei* and medicolegal considerations (Diptera: Piophilidae). *Parasitology Research* 111(3): 1127-1135.
- Martín-Vega, D., Baz, A. & Díaz-Aranda, L.M., 2011b. New piophilid in town: the first Palaearctic record of *Piophilina megastigmata* and its coexistence with *Piophilina casei* in central Spain. *Medical and Veterinary Entomology* 25: 64-69.
- Martín-Vega, D. & Baz, A., 2013b. Sex-biased captures of sarcosaprophagous Diptera in carrion-baited traps. *Journal of Insect Science* 13: 1-12.
- Martínez, M.A., Arnaldos, M.I., Romera, E. & García, M.D., 2002. Los Formicidae (Hymenoptera) de una comunidad sarcosaprófaga en un ecosistema mediterráneo. *Anales de Biología* 24: 33-44.
- Martínez Moñino, A.B., 2011. *Estructura y dinámica de la comunidad de Hymenoptera (Insecta) sarcosaprófagos de un sistema mediterráneo de montaña*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. 120 pp.
- Martínez Sánchez, A.I., 1997. *Ecología de la comunidad de Califóridos (Diptera, Calliphoridae) asociada a un Agrosistema de Dehesa*. Universidad de Alicante. Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. 146 pp.
- Martínez Sánchez, A.I., 2003. *Biología de la comunidad de Dípteros necrófilos en ecosistemas del sureste de la península ibérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante.
- Martínez-Sánchez, A.I., Rojo, S., Rognes, K. & Marcos-García, M.A., 1998. Califóridos con interés faunístico en agroecosistemas de dehesa y catálogo de las especies ibéricas de Polleniinae (Diptera: Calliphoridae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 22 (1-2): 171-183.

- Martínez-Sánchez, A.I., Rojo, S. & Marcos-García, M.A., 2000. Annual and spatial activity of dung flies and carrion in a Mediterranean holm-oak pasture ecosystem. *Medical and Veterinary Entomology*, 14: 56-63.
- Martínez-Sánchez, A.I., Marcos García, M.A. & Rojo, S., 2005. Biodiversidad de la comunidad de dípteros sarcosaprófagos en ambientes insulares del sudeste Ibérico (Diptera: Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae). *Nouvelle Revue d'Entomologie* 22: 251-265.
- Martínez, M.D., Acosta, F.J. & Ruiz, E., 1985. *Las subfamilias y géneros de las hormigas ibéricas. Claves para la identificación de la fauna española*. Cátedra de Entomología. Facultad de Biología. Universidad Complutense, Madrid.
- Matuszewski, S., 2011. Estimating the pre-appearance interval from temperature in *Necrodes littoralis* L. (Coleoptera: Silphidae). *Forensic Science International* 212: 180–188.
- Matuszewski, S., Bajerlein, D., Konwerski, S. & Szpila, K., 2008. An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Science International* 180: 61-69.
- Matuszewski, S., Bajerlein, D., Konwerski, S. & Szpila, K., 2010. Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 2: Composition and residency patterns of carrion fauna. *Forensic Science International* 195: 42-51.
- Matuszewski, S., Bajerlein, D., Konwerski, S. & Szpila, K., 2011. Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 3: Succession of carrion fauna. *Forensic Science International* 207 (1-3): 150-63.
- Matuszewski, S., Szafałowicz, M. & Grzywacz, A., 2013. Temperature-dependent appearance of forensically useful flies in carcasses. *International Journal of Legal Medicine*, 128 (6): 1013-1020.
- McAlpine, J.F., 1987. *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 1. Research Branch, Agriculture Canada.
- McGavin, G.C., 2006. *Guías de bolsillo. Insectos y Arañas*. Ed. Omega, Barcelona. 224 pp.
- Mégnin, J.P., 1894. *La faune des cadavres: application de l'Entomologie à la Médecine Legale*. Enciclopedia Scientifique des Aide-Memoires. Masson et Gauthiers-Villars, Paris. 224 pp.
- Mendes, J. & Linhares, A.X., 2002. Cattle Dung Breeding Diptera in Pastures in Southesatern Brazil: Diversity, Abundance and Seasonality. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 97 (1): 37-41 .
- Meskin, I., 1986. Factors affecting the coexistence of blowflies (Diptera: Calliphoridae) on the Transvaal Highveld, South Africa. *South African Journal of Science* 82: 244-250.
- Mongiardino Koch, N., Fontanarrosa, P., Padró, J. & Soto, I.M., 2013. First record of *Megaselia scalaris* (Loew) (Diptera: Phoridae) infesting laboratory

- stocks of mantis (*Parastagmatoptera tessellata*, Saussure). *Arthropods* 2 (1): 1-6.
- Moretti, T.C., Bonato, V. & Godoy, W.A.C., 2011. Determining the season of death from the family composition of insect infesting carrion. *European Journal of Entomology* 108: 211-218.
 - Morrill, W.L., 1975. Plastic pitfall trap. *Environmental Entomology* 4: 596.
 - Myskowiak, J.-B. & Doums, C., 2002. Effects of refrigeration on the biometry and development of *Protophormia terraenovae* (Robineau Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae) and its consequences in estimating post-mortem interval in forensic investigations. *Forensic Science International* 125, 254–261.
 - Nuorteva, P., 1974. Age determination of a blood stain in a decaying shirt by entomological means. *Forensic Science* 3: 89-94.
 - Nuorteva, P., 1977. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. En: C. G. Tedeschi (ed.), *Forensic Medicine, a Study in Trauma and Environmental Hazards, Vol. II: Physical Trauma*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, London, Toronto. Pp: 1072-1095.
 - Oliva, A., 1997. Insectos de Interés Forense de Buenos Aires (Argentina). Primera lista ilustrada y datos bionómicos. *Revista de Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*. Entomología VII (2): 13-59.
 - Ordoñez, A., García, M.D. & Fragua, G., 2008. Evaluation of the collection efficiency of the Schoenly trap for collecting adult sarcosaprophagous dipterous. *Journal of Medical Entomology* 45 (3): 522-532.
 - Outerelo, R. & Gamarra, P., 1986. *Las familias y géneros de los estafilínidos de la Península Ibérica*. Universidad Complutense de Madrid.
 - Pape, T., 1997. Sarcophagidae, Rhinophoridae. En: Zappargli, M. (Ed.), 1997. *Gli insetti di Roma*. Comune di Roma, Dip. X Area Risorsa Suolo e Tutela Ambiente, Quaderni dell'Ambiente, 6: 288-290.
 - Payne, J.A., 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa*. *Ecology* 46 (5): 592- 602.
 - Payne, J.A. & Manson, W.E.M., 1971. Hymenoptera associated with pig carrion. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 73: 132-141.
 - Peralta Álvarez, B., Gilarrortua, M. & Saloña Bordas, M.I. 2013. Variabilidad espacial y temporal de Califóridos (Diptera) necrófagos de interés forense capturados en la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias (CAPA). Estudio preliminar. *Boletín de la Asociación española de Entomología* 37: 301-304.
 - Pérez Bote, J.L., Vicente Rivera, V. & Santos Almeida, A. 2012. La comunidad sarcosaprófaga en un entorno periurbano. *Boletín de la Asociación española de Entomología* 36 (3-4): 299-314.

- Pérez-Marcos, M. 2013. *Contribución al conocimiento de la fauna entomosarcosaprófaga en El Abuznel (Sierra Espuña, Murcia)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. 67 pp.
- Peterson, A., 1951. Larvae of insects. Part II. Colimbus, Ohio (USA). 416pp.
- Peterson, B.V., 1987. Phoridae. En: McApine, J.F., Peterson, B.V., Shewell, G.E., Teskey, H.J., Vockeroth, J.R. & Wood, D.M. (Eds.), *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Monograph nº 28. Research Branch Agriculture Canada. 689-712.
- Petersson, E. & Sivinski, J. 2003. Mating Status and Choice of Group Size in the Phoretic Fly *Norrbomia frigipennis* (Spuler) (Diptera: Sphaeroceridae). *Journal of Insect Behaviour* 16 (3): 411-423.
- Plata Negrache, P., 1971. *Revisión de la familia Dermestidae Latr. en la Península Ibérica e Islas Baleares*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Prado e Castro, C., 2005. *Studies on Sarcophagous Diptera (Insecta) in Central Portugal: Application to Forensic Entomology*. Tesis Doctoral, Departamento de Zoología, Universidade de Coimbra.
- Prado e Castro, C. & García, M.D., 2009. First record of *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera, Calliphoridae) from Portugal. *Graellsia* 65 (1): 75-77.
- Prado e Castro, C. & García, M.D., 2010. Additions to the Piophilidae (Diptera) fauna from Portugal, with new records. *Graellsia* 66 (1): 101-105.
- Prado e Castro, C., García, M.D., Arnaldos, M.I. & González-Mora, D. 2010a. Sarcophagidae (Diptera) attracted to piglet carcasses including new records for Portuguese fauna. *Graellsia* 66 (2): 285-294.
- Prado e Castro, C., García, M.D., Serrano, A., Gamarra, P. & Outerelo, R. 2010b. Staphylinid forensic communities from Lisbon with new records for Portugal (Coleoptera: Staphylinidae). *Boletín de la Asociación española de Entomología* 34 (1-2): 87-98.
- Prado e Castro, C., Arnaldos Sanabria, M.I., Sousa, J.P. & García, M.D., 2011a. Preliminary study on a community of sarcosaprophagous Diptera in Central Portugal. *Entomologia Generalis* 33 (3): 183-198.
- Prado e Castro, C., Sousa, J.P., Arnaldos Sanabria, M.I., Gaspar, J. & García, M.D., 2011b. Blowflies (Diptera: Calliphoridae) activity in sun exposed and shaded carrion in Portugal. *Annales de la Société entomologique de France*. 47: 128-139.
- Prado e Castro, C., Serrano, A., Martins da Silva, P. & García, M.D., 2012a. Carrion flies of forensic interest: a study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Medical and Veterinary Entomology* 26: 417-431.
- Prado e Castro, C., Cunha, E., Serrano, A. & García, M.D., 2012b. *Piophila megastigmata* (Diptera: Piophilidae): First records on human corpses. *Forensic Science International* 214: 23-26.

- Prado e Castro, C., García, M.D., Martins da Silva, P., Faria e Silva, I. & Serrano, A., 2013. Coleoptera of forensic interest: A study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Forensic Science International* 232: 73-83.
- Prado e Castro, C., García, M.D., Palma, C., Martínez-Ibáñez, M.D. 2014. First report on sarcosaprophagous Formicidae from Portugal (Insecta: Hymenoptera). *Annales de la Société entomologique de France* (N.S.) Vol. 50 (1): 51-58.
- Pujade-Villar, J. & Fernández-Gayubo, S., 2004. Hymenópteros. En: Barrientos, J.A. (Ed.), 2004. *Curso práctico de Entomología*. Servei de Publicacions, Barcelona: 813-854.
- R Development Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.
- Reed, H.B., 1958. A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects. *The American Midland Naturalist* 59 (1): 213-245.
- Retana, J., Cerdá, X. & Espadaler, X., 1992. Coexistence of two sympatric ant species, *Pheidole pallidula* and *Tetramorium semilaeve* (Hymenoptera: Formicidae). *Entomologia Generalis* 17 (1): 029-040.
- Richards, E.N. & Goff, M.L., 1997. Arthropods succession on exposed carrion in three contrasting habitats on Hawaiian Islands, Hawaii. *Journal of Mededical Entomology* 34 (3): 328-339.
- Rodriguez, W.C & Bass, W.M., 1983. Insect activity and its relationship to decay rates on human cadavers in east Tennessee. *Journal of Forensic Sciences* 28 (2): 423-432.
- Romera, E., Arnaldos, M.I., García, M.D. & González Mora, D., 2003. Los Sarcophagidae (Insecta, Diptera) de un ecosistema cadavérico en el sureste de la Península Ibérica. *Anales de Biología* 25: 49-63.
- Romero Palanco, J.L., Mungía Girón, F. & Gamero Lucas, J., 2006. Entomología cadavérica en la provincia de Cádiz (S. de España). *Ciencia Forense* 8: 83-105.
- Saloña-Bordas, M.I., Moneo, J. & Díaz-Martín, B., 2009. Estudio sobre la distribución de Califóridos (Diptera, Calliphoridae) en la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Boletín de la Sociedad Española de Entomología* 33 (1-2): 63-89.
- Sánchez Piñero, F., 1997. Analysis of spatial and seasonal variability of carrion beetle (Coleoptera) assemblages in two arid zones of Spain. *Environmental Entomology* 26 (4): 805-814.
- Santos, W.E., Alves, A.C.F. & Creao-Duarte, A.J. 2014a. Beetles (Insecta, Coleoptera) associated with pig carcasses exposed in a Caatinga area, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 74 (3): 649-655.

- Santos, W.E., Carneiro, I.T., Alves, A.C.F., Creão-Duarte, A.J. & Martins, C.F., 2014b. Stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meloponini) attracted to animal carcasses in the Brazilian dry forest and implications for Forensic Entomology. *Sociobiology* 61(4): 490-493.
- Schoenly, K., 1981. Demographic bait trap. *Environmental Entomology* 10: 615-617.
- Schoenly, K., Griest, K. & Rhine, S., 1991. An experimental field protocol for investigating the post-mortem interval using multi-disciplinary indicator. *Journal Forensic Sciences* 36 (5): 1395-1415.
- Schnack, J.A., Mariluis, J.C., Centeno, N. & Muzón, J. 1995. Composición específica, ecología y sinantropía de Calliphoridae (Insecta, Diptera) en el gran Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 54 (1-4): 161-171.
- Schroeder, H., Klotzbach, H. & Püschel, K. 2003. Insects' colonization of human corpses in warm and cold season. *Legal Medicine* 5: 372-374.
- Serrano, J. & Gallego, D., 2004. Evaluación de la regeneración y el estado de salud de las masas forestales de Sierra Espuña (Murcia) mediante el análisis de la biomasa media individual en coleópteros carábidos. *Anales de Biología* 26: 191-211.
- Shewell, G.E., 1987. Sarcophagidae. En: McAlpine, J.F., Peterson, B.V., Shewell, G.E., Teskey, H.J., Vockeroth, J.R. & Wood, D.M. (Eds.), *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Monograph n° 28. Research Branch Agriculture Canada: 1159-1186.
- Smith, K.G.V., 1986. *A manual of Forensic Entomology*. Trustees of the British Museum (Natural History), London.
- Szpila, K., 2010. *Key to families of the European Diptera of forensic importance*. Department of Animal Ecology. Nicolaus Copernicus University. Unpublished document.
- Tabor, K.L., Brewster, C.C. & Fell, R.D., 2004. Analysis of the Successional Patterns of Insects on Carrion in Southwest Virginia. *Journal of Medical Entomology* 41 (4): 785-795.
- Tantawi, T.I., El-Kadi, E.M., Greenberg, B. & El-Ghaffar, H.A., 1996. Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria, Egypt. *Journal of Medical Entomology* 33 (4): 566-580.
- Tarone, A.M., Picard, C.J., Spiegelman, C. & Foran, D.R., 2013. Population and Temperature Effects on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) Body Size and Minimum Development Time. *Journal of Medical Entomology* 48(5): 1062-1068.
- Taylor, F., 1981. Ecology and evolution of physiological time in insects. *The American Naturalist* 111 (1): 1-23.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P., 1998. *CANOCO for Windows*. v. 4.5. Computer program. Centre for Biometry, Wageningen, Netherlands.

- Tomberlin, J.K., Benbow, M.E., Tarone, A.M. & Mohr, R.M., 2011. Basic research in evolution and ecology enhances forensics. *Trends in Ecology and Evolution* 26: 53-55.
- Tullis, K. & Goff, M.L., 1987. Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on O'ahu Island, Hawaii. *Journal of Medical Entomology* 24: 332-339.
- Turchetto, M., Lafisca, S. & Costantini, G., 2001. Postmortem interval (PMI) determined by study sarcophagous biocenoses: three cases from the province of Venice (Italy). *Forensic Science International* 120: 28-31.
- Unwin, D.M., 1988. A key to the families of British Coleoptera (and Strepsiptera). *Field Studies* 6: 149-197.
- Vanin, S., Gherardi, M., Bugelli, V. & Di Paolo, M., 2011. Insects found on a human cadaver in central Italy including the blowfly *Calliphora loewi* (Diptera, Calliphoridae), a new species of forensic interest. *Forensic Science International* 207: e30-e33.
- VanLaerhoven, S.L., 2008. Blind validation of postmortem interval estimates using developmental rates of blow flies. *Forensic Science International* 180: 76-80.
- Velásquez, Y., Martínez-Sánchez, A. & Rojo, S., 2011. A preliminary analysis of early colonization of pig carcasses by blowflies (Diptera: Calliphoridae) in the Iberian Peninsula. *Pest Technology*, 5 (1): 23-25.
- Verdú, M.J., 1991. Chalcidoidea (Hym. Apocrita, Tenebrantia) en plantas hortícolas de la Comunidad Valenciana. *Boletín de la Asociación española de Entomología* 15: 245-255.
- Villet, M.H., Richards, C.S. & Midgley, J.M., 2010. Contemporary precision, bias and accuracy of minimum post-mortem intervals estimated using development of carrion-feeding insects. En: Amendt, J., Campobasso, C.P., Goff, M.L., Grassberger, M. (eds.) *Current concepts in forensic entomology*. Chapter 7, pp: 109-137. Springer Science+Business Media B.V.
- Wilson, L.T. & Barnett, W.W., 1983. Degree-days: an aid in crop and pest management. *California Agriculture* 37: 4-7.
- Wolff, M., Uribe, A., Ortiz, A. & Duque, P. 2001. A preliminary study of forensic entomology en Medellín, Colombia. *Forensic Science International* 120: 53-59.
- Yélamos, T., 2002. *Fauna Ibérica (Vol. 17): Coleoptera Histeridae*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Yussef-Vanegas, S.Z., 2006. Entomología Forense: Los insectos en la escena del crimen. *Revista Luna Azul* 23: 42-49.
- Zahradník, J., 1990. *Guía de los Coleópteros de España y Europa*. Omega, Barcelona.

- Zanetti, N.I., Visciarelli, E.C. & Centeno, N.D., 2015. Trophic roles of scavenger beetles in relation to decomposition stages and seasons. *Revista Brasileira de Entomologia* 59: 132-137.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N. & Smith, G.M., 2007. *Analysing Ecological Data*. Springer Science, New York. 672pp.

Páginas web consultadas:

- <http://issuu.com/pipefer/docs/entomologia/1> (consultada el 17 de octubre de 2012)
- http://www.turismo.totana.es/sierra_espuna/camino_bajo_guadalentin.asp (consultada el 23 de octubre de 2012)

9. ANEXOS

ANEXO I. Imágenes de las distintas fases de la descomposición del cadáver durante las cuatro estaciones del año.

Imágenes del estadio fresco de la descomposición para las cuatro estaciones del año.



Figura 1. Otoño



Figura 2. Invierno



Figura 3. Primavera



Figura 4. Verano

Imágenes del estadio enfisematoso para las cuatro estaciones del año.



Figura 5. Otoño



Figura 6. Invierno



Figura 7. Primavera



Figura 8. Verano

Imágenes del estadio de descomposición para las cuatro estaciones del año.



Figura 9. Otoño



Figura 10. Invierno



Figura 11. Primavera



Figura 12. Verano

Imágenes del estadio de descomposición tardía para las cuatro estaciones del año a excepción del otoño.



Figura 13. Invierno



Figura 14. Primavera



Figura 15. Verano

Imágenes del estadio de restos secos para las cuatro estaciones del año.



Figura 16. Otoño



Figura 17. Invierno



Figura 18. Primavera



Figura 19. Verano

Imágenes del final del muestreo para las cuatro estaciones del año.



Figura 20. Otoño



Figura 21. Invierno



Figura 22. Primavera



Figura 23. Verano

ANEXO II. Tablas de Índices Biológicos

Tabla 1. Índices biológicos calculados diariamente para los muestreos realizados en otoño. Los ** indican que para ese día no se pudo calcular el índice correspondiente.

Estadio descomposición	Día	S	N	d	J'	H'(log2)
Fresco	1	3	4	1.443	0.9464	1.5
	2	6	10	2.171	0.9464	2.446
	3	6	11	2.085	0.9335	2.413
Enfisematoso	4	9	65	1.916	0.5438	1.724
	5	10	612	1.403	0.1423	0.4727
	6	12	2065	1.441	0.2569	0.9211
Descomposición	7	21	5696	2.313	0.2428	1.066
	8	28	4981	3.171	0.2333	1.121
Descomposición tardía	9	15	1254	1.962	0.2778	1.085
	10	17	622	2.487	0.4973	2.033
Restos secos	11	19	123	3.741	0.6732	2.86
	12	11	52	2.531	0.8596	2.974
	13	13	56	2.981	0.9078	3.359
	14	15	116	2.945	0.6726	2.628
	15	15	142	2.825	0.5955	2.326
	17	18	4809	2.005	0.05506	0.2296
	19	8	923	1.025	0.1424	0.4271
	21	14	75	3.011	0.7683	2.925
	23	18	60	4.152	0.7765	3.238
	25	5	19	1.358	0.7249	1.683
	27	12	53	2.771	0.8225	2.949
	29	1	2	0	****	0
	31	4	8	1.443	0.7744	1.549
	33	1	3	0	****	0
	35	2	9	0.4551	0.5033	0.5033
	37	17	1212	2.254	0.08021	0.3278
39	10	28	2.701	0.7809	2.594	
41	6	29	1.485	0.7812	2.019	
43	11	50	2.556	0.6371	2.204	
45	11	153	1.988	0.5035	1.742	
47	10	63	2.172	0.7724	2.566	
49	4	14	1.137	0.7608	1.522	
52	7	24	1.888	0.9002	2.527	
55	23	111	4.671	0.7794	3.526	
60	0	0	0	****	****	0

Tabla 2. Índices biológicos calculados diariamente para los muestreos realizados en invierno. Los ** indican que para ese día no se pudo calcular el índice correspondiente.

Estadio descomposición	Día	S	N	d	J'	H'(log2)
Fresco	1	1	1	****	****	0
	2	1	1	****	****	0
Enfisematoso	3	0	0	****	****	0
	4	0	0	****	****	0
Descomposición	5	2	3	0.9102	0.9183	0.9183
	6	1	2	0	****	0
	7	3	5	1.243	0.865	1.371
	8	1	4	0	****	0
	9	2	25	0.3107	0.2423	0.2423
	10	1	1	****	****	0
	11	2	11	0.417	0.684	0.684
	12	3	19	0.6792	0.7366	1.167
	13	3	10	0.8686	0.8173	1.295
	14	3	21	0.6569	0.4561	0.7229
	15	4	28	0.9003	0.4744	0.9487
	16	9	95	1.757	0.5185	1.644
	18	6	14	1.895	0.9682	2.503
	22	7	66	1.432	0.7385	2.073
	24	10	137	1.829	0.4965	1.649
	26	7	90	1.333	0.6985	1.961
28	5	53	1.007	0.7199	1.672	
30	13	216	2.232	0.5354	1.981	
32	15	258	2.521	0.5707	2.23	
Descomposición tardía	34	21	209	3.744	0.7302	3.207
	36	15	222	2.591	0.5639	2.203
	38	20	144	3.823	0.8449	3.651
	40	19	118	3.773	0.6711	2.851
	42	13	98	2.617	0.7329	2.712
	44	8	1465	0.9603	0.05785	0.1735
Restos secos	46	17	301	2.804	0.4651	1.901
	48	17	292	2.819	0.507	2.072
	50	16	126	3.102	0.6923	2.769
	52	18	129	3.498	0.7214	3.008
	54	19	156	3.564	0.7453	3.166
	56	17	147	3.206	0.7526	3.076
	59	10	299	1.579	0.3271	1.087

Tabla 3. Índices biológicos calculados diariamente para los muestreos realizados en primavera. Los ** indican que para ese día no se pudo calcular el índice correspondiente.

Estadio descomposición	Día	S	N	d	J'	H'(log2)
Fresco	1	3	11	0.8341	0.7828	1.241
	2	3	14	0.7578	0.4634	0.7345
	3	5	13	1.559	0.7851	1.823
	4	3	6	1.116	0.9206	1.459
	6	4	19	1.019	0.616	1.232
	7	5	18	1.384	0.5205	1.209
	Enfisematoso	8	3	46	0.5224	0.3795
9		7	88	1.34	0.5695	1.599
10		6	82	1.135	0.5915	1.529
11		10	206	1.689	0.4342	1.443
Descomposición	12	11	191	1.904	0.5755	1.991
	13	16	267	2.685	0.5487	2.195
	14	15	279	2.486	0.5518	2.156
Descomposición tardía	15	16	535	2.388	0.5695	2.278
	16	24	505	3.695	0.5963	2.734
	18	33	1510	4.372	0.4658	2.35
	20	25	1657	3.238	0.158	0.7339
	22	32	631	4.808	0.4309	2.154
	Restos secos	24	22	149	4.197	0.7359
26		19	142	3.632	0.6831	2.902
28		16	588	2.352	0.2383	0.9531
30		21	460	3.262	0.239	1.05
32		25	209	4.492	0.5833	2.709
34		21	209	3.744	0.7788	3.421
36		24	487	3.717	0.5966	2.735
38		21	361	3.396	0.5187	2.278
40		18	125	3.521	0.7311	3.049
42		15	119	2.929	0.6104	2.385
44		9	83	1.81	0.4564	1.447
46		14	81	2.958	0.6836	2.603
48		15	368	2.37	0.2727	1.065
50		10	154	1.787	0.5445	1.809
52		9	96	1.753	0.7635	2.42
54		13	136	2.443	0.659	2.438
57		15	107	2.996	0.678	2.649
59	8	38	1.924	0.7991	2.397	

Tabla 4. Índices biológicos calculados diariamente para los muestreos realizados en verano. Los ** indican que para ese día no se pudo calcular el índice correspondiente.

Estadio descomposición	Día	S	N	d	J'	H'(log2)
Fresco	1	4	4	2.164	1	2
	2	1	1	****	****	0
Enfisematoso	3	1	9	0	****	0
	4	12	311	1.916	0.3286	1.178
	5	19	2392	2.314	0.3397	1.443
Descomposición	6	22	5740	2.426	0.2585	1.153
	7	13	1679	1.616	0.3926	1.453
Descomposición tardía	8	19	513	2.884	0.4395	1.867
	9	16	169	2.924	0.595	2.38
Restos secos	10	21	163	3.926	0.7589	3.333
	11	16	221	2.779	0.735	2.94
	12	13	44	3.171	0.7331	2.713
	13	18	125	3.521	0.6827	2.847
	14	12	67	2.616	0.6723	2.41
	15	13	81	2.731	0.5123	1.896
	16	10	94	1.981	0.6496	2.158
	18	17	1587	2.171	0.147	0.6009
	20	13	46	3.134	0.8523	3.154
	22	8	67	1.665	0.7034	2.11
	24	8	105	1.504	0.3687	1.106
	26	7	369	1.015	0.4866	1.366
	29	10	280	1.597	0.4912	1.632
	32	0	0	****	****	0
	35	10	103	1.942	0.4614	1.533
	38	9	73	1.865	0.6023	1.909
	41	6	56	1.242	0.4472	1.156
44	9	58	1.97	0.4722	1.497	
47	0	0	****	****	0	

ANEXO III. Resultados de los análisis estadísticos

Tabla 1. PAIR-WISE TESTS realizado con las distancias Euclideas sobre la matriz de los datos transformados por log (x+1) para cada estación y para los distintos niveles del factor “Estadios de descomposición”. En negrita se marcan los pares para el nivel “Estadio descomposición” que muestran diferencias significativas.

Term 'EstacxEstad' for pairs of levels of factor 'Estadio descomposicion'				
Within level 'Otoño' of factor 'Estación'				
Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Fresco, Enfisematoso	2,5367	0,0972	10	0,0276
Fresco, Descomposición	5,0423	0,1042	10	0,0041
Fresco, Descomposición tardía	2,909	0,1005	10	0,0222
Fresco, Restos secos	1,2488	0,1272	3087	0,155
Enfisematoso, Descomposición	2,18	0,0972	10	0,0508
Enfisematoso, Descomposición tardía	1,4392	0,0999	10	0,1762
Enfisematoso, Restos secos	2,3722	0,0017	3117	0,0005
Descomposición, Descomposición tardía	1,3372	0,3249	3	0,2655
Descomposición, Restos secos	3,8859	0,0031	351	0,0001
Descomposición tardía, Restos secos	2,4371	0,003	351	0,0003
Within level 'Invierno' of factor 'Estación'				
Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Fresco, Enfisematoso	0,49668	1	12	0,8253
Fresco, Descomposición	1,6453	0,0771	121	0,0795
Fresco, Descomposición tardía	2,2235	0,0182	46	0,0036
Fresco, Restos secos	2,4593	0,0697	11	0,017
Enfisematoso, Descomposición	2,7296	0,0029	8615	0,0035
Enfisematoso, Descomposición tardía	3,8512	0,0003	3364	0,0001
Enfisematoso, Restos secos	4,3715	0,0044	154	0,0001
Descomposición, Descomposición tardía	3,3445	0,0001	9900	0,0001
Descomposición, Restos secos	3,4301	0,0004	3596	0,0001
Descomposición tardía, Restos secos	2,0578	0,0058	715	0,0097
Within level 'Primavera' of factor 'Estación'				
Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Fresco, Enfisematoso	3,033	0,0047	210	0,0026
Fresco, Descomposición	4,3812	0,0111	84	0,0004
Fresco, Descomposición tardía	4,2838	0,0024	462	0,0001
Fresco, Restos secos	3,2973	0,0001	9553	0,0001
Enfisematoso, Descomposición	2,0621	0,029	35	0,0198
Enfisematoso, Descomposición tardía	3,2024	0,0086	126	0,0022
Enfisematoso, Restos secos	3,0911	0,0003	5417	0,0001
Descomposición, Descomposición tardía	2,2844	0,0338	56	0,0143
Descomposición, Restos secos	2,9191	0,0013	1327	0,0001
Descomposición tardía, Restos secos	3,7768	0,0002	8587	0,0001
Within level 'Verano' of factor 'Estación'				

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Fresco, Enfisematoso	1,5545	0,1944	10	0,1954
Fresco, Descomposición	2,9022	0,3357	3	0,0499
Fresco, Descomposición tardía	2,6164	0,3367	2	0,065
Fresco, Restos secos	1,3525	0,0892	191	0,1144
Enfisematoso, Descomposición	1,2145	0,2962	10	0,2797
Enfisematoso, Descomposición tardía	1,0366	0,5059	10	0,4009
Enfisematoso, Restos secos	2,2002	0,0071	1348	0,0039
Descomposición, Descomposición tardía	1,6074	0,336	3	0,1684
Descomposición, Restos secos	3,1222	0,0047	191	0,0002
Descomposición tardía, Restos secos	1,6203	0,0309	191	0,038

Tabla 2. Resultado del análisis SIMPER donde se muestran las distintas fases de la descomposición del cadáver para cada estación y las especies que marcan las diferencias entre ellas con su porcentaje de contribución.

Otoño,F_Otoño,E	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,7919312	0,1402233	5,6476	0	782,3333	0,8175
Lar_Call	0,0340837	0,0511256	0,6667	0	70,6667	0,8527
Cam_sylv	0,0255923	0,0327007	0,7826	1	7	0,8791
Otoño,F_Otoño,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,8051	0,01183	68,0601	0	4308,5	0,8068
Otoño,F_Otoño,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,5178566	0,3031241	1,7084	0	577,5	0,5241
Lar_Chry	0,2736713	0,2997992	0,9128	0	172,5	0,8011
Mus_dome	0,0907332	0,0542081	1,6738	0	101,5	0,8929
Otoño,F_Otoño,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Cam_sylv	0,1318	0,1184	1,113	1	7,58333	0,1431
Lar_Derm	0,1167	0,1673	0,6977	0	9,375	0,2699
Chalcido	0,1165	0,2065	0,5639	0	55,625	0,3963
Chr_albi	0,1078	0,265	0,4068	0	235,25	0,5134
For_subr	0,07126	0,07355	0,9689	2,6667	1,5	0,5908
Lar_Stap	0,06367	0,1083	0,588	0	8,625	0,6599
Phoridae	0,05425	0,07202	0,7533	0,3333	3,5	0,7188
Sphaeroc	0,02819	0,08542	0,33	0	3,08333	0,7494
Sciarida	0,02457	0,04785	0,5136	1	0,45833	0,7761
Col_ni	0,02211	0,03326	0,6647	1	0,20833	0,8001
Der_fris	0,02008	0,02908	0,6906	0	2,25	0,8219
Ves_vulg	0,02	0,03132	0,6385	0,6667	0,5	0,8436
Cal_vici	0,01875	0,05014	0,3738	0,3333	1,29167	0,864
Nematoce	0,01591	0,03448	0,4614	0,6667	0,08333	0,8812
Sarcopha	0,01298	0,02002	0,6486	0,3333	0,75	0,8953
Otoño,E_Otoño,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	5,87E-01	2,01E-01	2,9231	782,3333	4308,5	0,7812
Mus_dome	8,13E-02	3,58E-02	2,2687	28	512,5	0,8893
Otoño,E_Otoño,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,3763512	0,2293286	1,6411	782,3333	577,5	0,5574
Lar_Chry	0,151693	0,2043396	0,7424	0	172,5	0,782
Mus_dome	0,0554084	0,0471967	1,174	28	101,5	0,8641
Lar_Call	0,0237955	0,0371687	0,6402	70,6667	0	0,8993
Otoño,E_Otoño,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	6,65E-01	2,52E-01	2,6461	782,3333	235,25	0,7287
Chalcido	4,48E-02	1,40E-01	0,319	0	55,625	0,7777
Lar_Call	3,17E-02	4,57E-02	0,6934	70,6667	0,08333	0,8124
Lar_Derm	2,67E-02	6,42E-02	0,4165	0	9,375	0,8416
Lar_Stap	1,71E-02	4,57E-02	0,3731	0	8,625	0,8603
Mus_dome	1,52E-02	1,56E-02	0,9732	28	0,20833	0,8769
Sarcopha	1,40E-02	1,10E-02	1,2688	9	0,75	0,8923

Otoño,D_Otoño,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	5,98E-01	1,16E-01	5,1579	4308,5	577,5	0,8206
Otoño,D_Otoño,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	7,49E-01	1,61E-01	4,6652	4308,5	235,25	0,7922
Mus_dome	9,39E-02	3,39E-02	2,7701	512,5	0,20833	0,8914
Otoño,Dt_Otoño,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	4,82E-01	2,78E-01	1,7346	577,5	235,25	0,5189
Lar_Chry	2,33E-01	2,52E-01	0,9272	172,5	0	0,7703
Mus_dome	8,03E-02	5,00E-02	1,6051	101,5	0,20833	0,8569
Invierno,F_Invierno,E	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Phoridae	0,27917	0,06091	4,5831	1	1,75	0,4467
Cam_sylv	0,2	0,37033	0,5401	0	1	0,7667
Invierno,F_Invierno,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Cal_vici	0,3895903	0,2448968	1,5908	0	35,73333	0,4091
Lar_Call	0,2606291	0,3235822	0,8054	0	10,33333	0,6828
Phoridae	0,1326836	0,1494443	0,8878	1	5	0,8222
Invierno,F_Invierno,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,5216083	0,243342	2,1435	0	244,2222	0,5243
Pollenii	0,0583448	0,039822	1,4651	0	9,7778	0,5829
Cal_vomi	0,0571773	0,093473	0,6117	0	11,6667	0,6404
Sap_dete	0,0514938	0,044397	1,1598	0	8	0,6921
Cal_vici	0,0465954	0,045375	1,0269	0	10,4444	0,739
Sciarida	0,0337905	0,043494	0,7769	0	4,6667	0,7729
Sphaeroc	0,0279492	0,022758	1,2281	0	5,5556	0,801
Chr_albi	0,0277474	0,033898	0,8186	0	5,5556	0,8289
Der_fris	0,0233183	0,039757	0,5865	0	5	0,8524
Lar_Cole	0,0204597	0,042645	0,4798	0	3,5556	0,8729
Sap_luge	0,0180802	0,021042	0,8593	0	3,4444	0,8911
Invierno,F_Invierno,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,2833246	0,300974	0,9414	0	71	0,2863
Der_fris	0,2335796	0,11178	2,0896	0	40,75	0,5223
Lar_Cole	0,113303	0,110922	1,0215	0	16,75	0,6368
Sap_dete	0,110351	0,099204	1,1124	0	15,75	0,7483
Cal_vici	0,0603669	0,081526	0,7405	0	9	0,8093
Lar_Stap	0,043213	0,042912	1,007	0	6,25	0,853
Sphaeroc	0,0341383	0,025696	1,3286	0	5	0,8875
Invierno,E_Invierno,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Cal_vici	0,3338128	0,253053	1,3191	0,5	35,73333	0,3789
Lar_Call	0,2347156	0,284356	0,8254	0	10,33333	0,6454
Phoridae	0,1084711	0,136258	0,7961	1,75	5	0,7685
Cal_vomi	0,1082117	0,104976	1,0308	0	13,26667	0,8914
Invierno,E_Invierno,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,5155306	0,240187	2,1464	0	244,2222	0,5234
Pollenii	0,0574008	0,038567	1,4883	0	9,7778	0,5816
Cal_vomi	0,0564284	0,09107	0,6196	0	11,6667	0,6389
Sap_dete	0,0505644	0,042862	1,1797	0	8	0,6903

Cal_vici	0,0432096	0,044121	0,9793	0,5	10,4444	0,7341
Sciarida	0,0317995	0,041376	0,7685	0,25	4,6667	0,7664
Sphaeroc	0,0275316	0,022173	1,2417	0	5,5556	0,7943
Chr_albi	0,0273873	0,032974	0,8306	0	5,5556	0,8222
Der_fris	0,0229909	0,038554	0,5963	0	5	0,8455
Lar_Cole	0,0201273	0,041233	0,4881	0	3,5556	0,8659
Sap_luge	0,0177985	0,020452	0,8702	0	3,4444	0,884
Invierno,E_Invierno,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,2802032	0,288835	0,9701	0	71	0,2862
Der_fris	0,2299956	0,106013	2,1695	0	40,75	0,5211
Lar_Cole	0,1114117	0,105396	1,0571	0	16,75	0,6349
Sap_dete	0,1084204	0,093988	1,1536	0	15,75	0,7456
Cal_vici	0,057237	0,07662	0,747	0,5	9	0,8041
Lar_Stap	0,0424751	0,04076	1,0421	0	6,25	0,8475
Sphaeroc	0,0335648	0,024419	1,3745	0	5	0,8818
Invierno,D_Invierno,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,3882627	0,26626	1,4582	10,33333	244,2222	0,4607
Cal_vici	0,1034793	0,101797	1,0165	35,73333	10,4444	0,5835
Cal_vomi	0,060057	0,072881	0,824	13,26667	11,6667	0,6548
Pollenii	0,0431179	0,032607	1,3223	0,6	9,7778	0,7059
Sap_dete	0,0381585	0,033953	1,1238	0	8	0,7512
Sciarida	0,0218154	0,030119	0,7243	0,93333	4,6667	0,7771
Chr_albi	0,0215729	0,02683	0,8041	0,4	5,5556	0,8027
Sphaeroc	0,0212115	0,019191	1,1053	0,4	5,5556	0,8279
Der_fris	0,0182173	0,030715	0,5931	0	5	0,8495
Phoridae	0,0162014	0,014997	1,0803	5	1,1111	0,8687
Lar_Cole	0,0155903	0,031615	0,4931	0,06667	3,5556	0,8872
Invierno,D_Invierno,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,1982636	0,255926	0,7747	10,33333	71	0,2304
Der_fris	0,1784875	0,091695	1,9465	0	40,75	0,4378
Cal_vici	0,1174547	0,103037	1,1399	35,73333	9	0,5743
Lar_Cole	0,0845562	0,084157	1,0047	0,06667	16,75	0,6726
Sap_dete	0,0818589	0,073908	1,1076	0	15,75	0,7677
Cal_vomi	0,0411814	0,05064	0,8132	13,26667	0	0,8155
Lar_Stap	0,0322033	0,03246	0,9921	0	6,25	0,853
Sphaeroc	0,0249917	0,020191	1,2377	0,4	5	0,882
Invierno,Dt_Invierno,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,2979057	0,2460223	1,2109	244,2222	71	0,4342
Der_fris	0,0930884	0,0596691	1,5601	5	40,75	0,5699
Lar_Cole	0,0430987	0,046917	0,9186	3,5556	16,75	0,6328
Cal_vomi	0,0303972	0,0517338	0,5876	11,6667	0	0,6771
Sap_dete	0,0298706	0,0316701	0,9432	8	15,75	0,7206
Cal_vici	0,0291228	0,0299443	0,9726	10,4444	9	0,7631
Pollenii	0,0274218	0,0188394	1,4556	9,7778	0,25	0,803
Lar_Stap	0,0176947	0,0189625	0,9331	0,1111	6,25	0,8288
Chr_albi	0,0147491	0,0180138	0,8188	5,5556	0	0,8503

Sphaeroc	0,0128579	0,0107259	1,1988	5,5556	5	0,8691
Sciarida	0,0111133	0,011924	0,932	4,6667	3	0,8853
Sap_luge	0,0088372	0,0102781	0,8598	3,4444	0,75	0,8981
Primavera,F_Primavera,E	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Cal_vici	0,471353	0,096566	4,8811	9,5	66,25	0,6273
Cal_vomi	0,194703	0,106296	1,8317	1,1667	29	0,8864
Primavera,F_Primavera,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Cal_vomi	0,377125	0,048491	7,7772	1,1667	100,6667	0,4191
Cal_vici	0,344451	0,050242	6,8558	9,5	97	0,8018
Chr_albi	0,034063	0,010235	3,328	0	9	0,8397
Sciarida	0,029814	0,009663	3,0854	0,6667	8,6667	0,8728
Heleomyz	0,016563	0,016507	1,0034	0	3,6667	0,8912
Primavera,F_Primavera,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,5829361	0,2112627	2,7593	0	647,2	0,6014
Cal_vici	0,0862733	0,0945635	0,9123	9,5	57,8	0,6905
Cal_vomi	0,0813644	0,1180981	0,689	1,1667	47,2	0,7744
Chr_albi	0,054605	0,0632375	0,8635	0	64,4	0,8307
Pollenii	0,026778	0,0121906	2,1966	0	22,2	0,8584
Sap_dete	0,022687	0,0125202	1,812	0	22,2	0,8818
Primavera,F_Primavera,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Sphaeroc	0,4252197	0,2565885	1,6572	0,1667	124,94444	0,4456
Lar_Derm	0,1177215	0,1342793	0,8767	0	19,11111	0,569
Cal_vici	0,0572624	0,0493914	1,1594	9,5	4,72222	0,629
Sciarida	0,0570108	0,0335775	1,6979	0,6667	11,66667	0,6887
Chr_albi	0,0450412	0,0747091	0,6029	0	13,22222	0,7359
Lar_Call	0,0448496	0,089139	0,5031	0	6,16667	0,7829
Cam_sylv	0,0413611	0,0481947	0,8582	0	5,72222	0,8263
Phoridae	0,0281136	0,029969	0,9381	1,3333	5,61111	0,8558
Lar_Stap	0,0206147	0,0244039	0,8447	0	5,27778	0,8774
Der_fris	0,0165895	0,0142345	1,1654	0	3,16667	0,8947
Primavera,E_Primavera,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Cal_vomi	0,2146476	0,109528	1,9598	29	100,6667	0,4415
Cal_vici	0,1353107	0,052457	2,5795	66,25	97	0,7198
Chr_albi	0,0258103	0,009435	2,7357	0	9	0,7729
Sciarida	0,0191591	0,009891	1,9371	2	8,6667	0,8123
Muscidae	0,0123876	0,009426	1,3143	0	4,3333	0,8378
Heleomyz	0,0120417	0,012205	0,9867	0	3,6667	0,8625
Pollenii	0,0108125	0,008225	1,3147	0	4	0,8848
Primavera,E_Primavera,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,5299586	0,2135718	2,4814	0	647,2	0,6225
Cal_vomi	0,0661269	0,0864657	0,7648	29	47,2	0,7001
Cal_vici	0,0570042	0,0540633	1,0544	66,25	57,8	0,7671
Chr_albi	0,0499667	0,0600578	0,832	0	64,4	0,8258
Pollenii	0,023728	0,0104553	2,2695	0	22,2	0,8537
Sap_dete	0,0204177	0,0120124	1,6997	0	22,2	0,8776
Sciarida	0,0169353	0,0088055	1,9233	2	18,6	0,8975

Primavera,E_Primavera,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Sphaeroc	3,11E-01	0,2263283	1,3742	0	124,94444	0,3324
Cal_vici	2,26E-01	0,1176788	1,9162	66,25	4,72222	0,5735
Cal_vomi	9,37E-02	0,0698396	1,3414	29	0,55556	0,6736
Lar_Derm	7,38E-02	0,0837115	0,8818	0	19,11111	0,7525
Sciarida	3,43E-02	0,021914	1,5635	2	11,66667	0,7891
Chr_albi	3,33E-02	0,0604616	0,5502	0	13,22222	0,8247
Lar_Call	2,76E-02	0,0588457	0,4685	0	6,16667	0,8542
Cam_sylv	2,48E-02	0,0288734	0,8593	0	5,72222	0,8807
Primavera,D_Primavera,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	0,4645323	0,2092951	2,2195	0	647,2	0,6233
Cal_vomi	0,0736668	0,0366224	2,0115	100,6667	47,2	0,7221
Cal_vici	0,051698	0,0186213	2,7763	97	57,8	0,7915
Chr_albi	0,0402494	0,0535773	0,7512	9	64,4	0,8455
Sap_dete	0,0170273	0,0112518	1,5133	0,6667	22,2	0,8683
Pollenii	0,0163305	0,0083601	1,9534	4	22,2	0,8903
Primavera,D_Primavera,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Cal_vomi	2,34E-01	0,0757442	3,084	100,6667	0,55556	0,2594
Cal_vici	2,24E-01	0,0746815	2,9934	97	4,72222	0,5077
Sphaeroc	2,14E-01	0,183743	1,163	2,3333	124,94444	0,745
Lar_Derm	4,50E-02	0,0466226	0,9655	0	19,11111	0,795
Chr_albi	3,07E-02	0,0378036	0,8109	9	13,22222	0,829
Lar_Call	1,64E-02	0,0353537	0,4633	0	6,16667	0,8472
Cam_sylv	1,46E-02	0,0157214	0,9268	0	5,72222	0,8634
Sciarida	1,37E-02	0,0121977	1,1211	8,6667	11,66667	0,8786
Lar_Stap	1,02E-02	0,011743	0,8706	0	5,27778	0,8899
Primavera,Dt_Primavera,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Lar_Call	4,78E-01	0,213201	2,2413	647,2	6,16667	0,5289
Sphaeroc	9,71E-02	0,1162179	0,8353	19,8	124,94444	0,6363
Cal_vici	7,04E-02	0,0760061	0,9265	57,8	4,72222	0,7143
Cal_vomi	6,23E-02	0,0903517	0,6895	47,2	0,55556	0,7832
Chr_albi	4,79E-02	0,0540484	0,8859	64,4	13,22222	0,8362
Pollenii	2,07E-02	0,0094978	2,1804	22,2	0,55556	0,8591
Lar_Derm	1,95E-02	0,0213303	0,9152	0	19,11111	0,8807
Verano,F_Verano,E	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,7143156	0,1415186	5,0475	0	527	0,7154
Mus_dome	0,1634263	0,172071	0,9498	0	311,6667	0,879
Cal_vici	0,0172705	0,0405483	0,4259	0,5	0	0,8963
Verano,F_Verano,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Mus_dome	0,4763	0,2004476	2,3762	0	2120,5	0,4767
Verano,F_Verano,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,4211765	0,230471	1,8275	0	179	0,4245
Lar_Derm	0,2303325	0,259265	0,8884	0	40,5	0,6566
Lar_Chry	0,135938	0,01142	11,9031	0	45	0,7936
Mus_dome	0,0912037	0,071647	1,273	0	42	0,8855
Verano,F_Verano,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum

Lar_Derm	0,4024	0,2720186	1,4794	0	53,47059	0,411
Chr_albi	0,1664	0,2681314	0,6207	0	96,76471	0,581
Der_fris	0,06622	0,0544206	1,2168	0	8	0,6486
Lar_Chry	0,06568	0,1272218	0,5163	0	8,35294	0,7157
Chalcido	0,05449	0,1185069	0,4598	0	15,23529	0,7714
Cam_sylv	0,0408	0,0446298	0,9143	0,5	4,64706	0,813
Phe_pall	0,0262	0,0422352	0,6203	0	2,70588	0,8398
Phoridae	0,02556	0,0299733	0,8528	0,5	3,41176	0,8659
Mus_dome	0,02167	0,0388289	0,558	0	2,88235	0,888
Verano,E_Verano,D	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Mus_dome	0,3739	0,2162	1,7295	311,6667	2120,5	0,5267
Verano,E_Verano,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,3552465	0,1979548	1,7946	527	179	0,4689
Mus_dome	0,1545922	0,1332148	1,1605	311,6667	42	0,6729
Lar_Derm	0,10693	0,1736654	0,6157	0	40,5	0,814
Verano,E_Verano,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,4137	0,2334697	1,7722	527	96,76471	0,4484
Lar_Derm	0,1686	0,2165728	0,7787	0	53,47059	0,6311
Mus_dome	0,1485	0,1485704	0,9998	311,6667	2,88235	0,7921
Lar_Chry	0,03739	0,0723452	0,5168	31,3333	8,35294	0,8326
Chalcido	0,02772	0,0783806	0,3537	0	15,23529	0,8627
Der_fris	0,02678	0,0390658	0,6854	0	8	0,8917
Verano,D_Verano,Dt	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Mus_dome	0,421	0,2184462	1,9271	2120,5	42	0,4945
Verano,D_Verano,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Mus_dome	0,4515	0,1829	2,4691	2120,5	2,88235	0,4743
Verano,Dt_Verano,Rs	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum
Chr_albi	0,324	0,2212058	1,4648	179	96,76471	0,4595
Lar_Derm	0,1175	0,0990469	1,1862	40,5	53,47059	0,6261
Lar_Chry	0,08296	0,0343118	2,4179	45	8,35294	0,7437
Mus_dome	0,06707	0,0547898	1,2241	42	2,88235	0,8388
Chalcido	0,02551	0,0650549	0,3921	0	15,23529	0,875
Der_fris	0,01467	0,0116898	1,2547	10,5	8	0,8958

Tabla 3. Resultados del DCCA realizado para las cuatro estaciones en su conjunto y estación a estación, para las distintas fases de la descomposición según la influencia de las variables ambientales mediante el programa Canoco.

**** Summary Allseasons_especies_DCCA ****					
Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues:	0.393	0.131	0.083	0.057	2.897
Lengths of gradient:	3.231	2.335	1.228	1.637	
Species-environment correlations:	0.926	0.825	0.769	0.649	
Cumulative percentage variance					
of species data:	13.6	18.1	20.9	22.9	
of species-environment relation:	43.5	63.1	0	0	
**** Summary Allseasons_especies_DCCA_otoño ****					
Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues:	0.383	0.129	0.048	0.034	2.126
Lengths of gradient:	2.469	2.449	1.201	1.539	
Species-environment correlations:	0.947	0.875	0.789	0.788	
Cumulative percentage variance					
of species data:	18	24.1	26.3	27.9	
of species-environment relation:	41	54.6	0	0	
**** Summary Allseasons_especies_DCCA_invierno ****					
Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues :	0.37	0.072	0.035	0.015	2.411
Lengths of gradient :	2.725	2.505	1.093	0.756	
Species-environment correlations:	0.956	0.831	0.776	0.758	
Cumulative percentage variance					
of species data:	15.3	18.3	19.7	20.3	
of species-environment relation:	47.2	60.8	0	0	
**** Summary Allseasons_especies_DCCA_primavera****					
Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues :	0.373	0.06	0.039	0.017	1.727
Lengths of gradient :	2.861	1.605	1.034	0.77	
Species-environment correlations:	0.965	0.827	0.852	0.777	
Cumulative percentage variance					
of species data:	21.6	25.1	27.4	28.4	
of species-environment relation:	44.7	57.1	0	0	
**** Summary Allseasons_especies_DCCA_verano ****					
Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues :	0.417	0.09	0.046	0.02	2.286
Lengths of gradient :	2.842	1.667	1.154	0.927	
Species-environment correlations:	0.955	0.828	0.795	0.717	
Cumulative percentage variance					
of species data:	18.3	22.2	24.2	25.1	
of species-environment relation:	49.2	59.7	0	0	

Tabla 4. Tabla de regresiones para las especies que se han considerado más relevantes dentro de cada orden, la riqueza, el número de individuos y la diversidad, representando aquellas variables que influyen en cada una de las especies. Los ** indican el nivel de significación: '***' 0.001, '**' 0.01, '*' 0.05.

	R ² ajustada	p-value	Cte	T_Amb	T_Inter	T_Amin	T_Amax	HRAmb	HR_Inter	Dia	GDA	GDminA
Cvicina	0,207	1,33E-06	-3,785	2,734 *			-2,092 *	0,491 *			0,368 **	-0,577 **
Cvomitoria	0,100	0,000349	-27,163**					0,245 *	0,310 *			
Chalbiceps	0,086	0,000990	-243,927	36,378 ***							-0,833 **	
Midomestica	0,08	0,002099	-497,799 *	19,156 ***					4,015		-0,231	
Sarcophagidae	0,202	1,96E-06	-4,171 *	0,308***					0,032	0,137 *	-0,068 *	0,077 *
Larva_Chrys	0,116	0,001207	-55,67		4,847 ***	-3,040		0,681 *		1,603	-1,081 *	1,263 *
Larva_Callip	0,072	0,008091	121,291		14,438 **		-12,603 **				2,127 **	-3,28 **
Ssdetersus	0,133	0,000141	-10,183				0,211 *		0,082	0,217 ***		-0,021 *
Derfrishi	0,249	2,09E-08	-17,840 ***		0,530 ***				0,116 *		0,159 ***	-0,226 ***
Camponotus	0,226	1,44E-07	-0,816	1,236 **		-0,552	-0,477 **					0,008 *
Fsubrufa	0,162	6,34E-05	-3,512	0,460	0,238 **	-0,306	-0,235 *		0,044 *		-0,003	
Pheidole	0,146	5,98E-05	-0,758	0,173 *		-0,223 *				-0,046 *	0,006 ***	
S	0,383	7,45E-13	-19,405 ***	2,039 ***		-1,121 **	-0,376		0,225 ***	0,258 ***	-0,011	
N	0,096	0,001801	-177,386	57,335 ***						29,24	-14,496	16,08
H	0,215	3,42E-07	-1,426 *	0,055 ***					0,023 ***		0,013 **	-0,017 **

Tabla 5. Tabla de abreviaturas.

Abreviatura	Nombre	Abreviatura	Nombre
Ale_	Aleocharinae	Odiniida	Odiniidae
Anthacid	Anthicidae	Ont_sp	<i>Onthophagus</i> sp.
Anthomyi	Anthomyidae	Otr_cler	Otros cleridos
Api_mell	<i>Apis mellifera</i>	Otr_niti	Otros nitidulidos
Asilidae	Asilidae	Otr_stap	Otros staphilinidos
Att_trif	<i>Attagenus trifasciatus</i>	Phe_pall	<i>Pheidole pallidula</i>
Cal_vici	<i>Calliphora vicina</i>	Phoridae	Phoridae
Cal_vomi	<i>Calliphora vomitoria</i>	Piophili	Piophilidae
Cam_sylv	<i>Camponotus sylvaticus</i>	Pla_gras	<i>Plagiolepis grassei</i>
Cam_pili	<i>Camponotus piceus</i>	Pla_sp	<i>Plagiolepis</i> sp.
Cam_sp	<i>Camponotus</i> sp.	Pollenii	Polleniinae
Carabida	Carabidae	Sap_acum	<i>Saprinus S. acuminatus</i>
Car_pumi	<i>Carcinops (Carcinops) pumilio</i>	Sap_alge	<i>Saprinus S. algericus</i>
Carnidae	Carnidae	Sap_caer	<i>Saprinus S. caerulescens</i>
Cerambic	Cerambycidae	Sap_furv	<i>Saprinus S. cf. furvus</i>
Chalcido	Chalcidoidea	Sap_dete	<i>Saprinus S. detersus</i>
Chloropi	Chloropidae	Sap_luge	<i>Saprinus S. lugens</i>
Chr_albi	<i>Chrysomya albiceps</i>	Sap_mela	<i>Saprinus S. melas</i>
Cre_maxi	<i>Creophilus maxilloxus</i>	Sap_poli	<i>Saprinus S. politus</i>
Der_fris	<i>Dermestes frischi</i>	Sap_semi	<i>Saprinus S. semistriatus</i>
Der_pard	<i>Dermestes pardalis</i>	Sap_subn	<i>Saprinus S. subnitescens</i>
Der_sp	<i>Dermestes</i> sp.	Sap_tenu	<i>Saprinus S. tenuistrius</i>
Der_undu	<i>Dermestes undulatus</i>	Sarcopha	Sarcophagidae
Dip_ni	Diptera no identificados	Sciarida	Sciaridae
Dolichop	Dolichopodidae	Dip_(Sol	<i>Solenopsis</i> sp.
Drosophi	Drosophilidae	Sphaeroc	Sphaeroceridae
Dryomyzi	Dryomyzidae	Tan_rugo	<i>Tanathophilus rugosus</i>
Fanniida	Fanniidae	Tanypezi	Tanypezidae
For_subr	<i>Formica subrufa</i>	Tenebrionidae	Tenebrionidae
Formicid	Formicidae sin id	Tet_semi	<i>Tetramorium semilaeve</i>
Heleomyz	Heleomyzidae	Ves_vulg	<i>Vespula vulgaris</i>
Him_ni	Himenoptero sin id	A	El Abuznel
His_gran	<i>Hister grandicollis</i>	AC	Accidental
His_ni	Histeridae no identificados	d	Índice de Margalef
Hyd_meri	<i>Hydrotaea meridionalis</i>	DCCA	Análisis canónico de correspondencias sin tendencias
Hyp_punc	<i>Hypoconera punctatissima</i>	GDA	Grados día acumulados
Lar_Call	Larvas Calliphoridae	GHA	Grados hora acumulados
Lar_Chry	Larvas <i>Chrysomya</i>	H'	Índice de Shannon
Lar_Cole	Larvas Coleoptera	HR_Amb	Humedad relativa ambiental
Lar_Derm	Larvas Dermestidae	HR_Interfaz	Humedad relativa interfaz
Lar_Sarc	Larvas Sarcophagidae	I	Invierno
Lar_Stap	Larvas Staphylinidae	IPM	Intervalo <i>postmortem</i>
Lauxanii	Lauxaniidae	M	El Morrón
Luc_caes	<i>Lucilia caesar</i>	MDS	Multi dimensional scaling
Luc_seri	<i>Lucilia sericata</i>	N	Número de individuos
Luc_sp	<i>Lucilia</i> sp.	NC	Necrófago
Mar_marg	<i>Margarinotus marginatus</i>	ni	No identificados
Mus_dome	<i>Musca domestica</i>	NF	Necrófilo
Muscidae	Muscidae	O	Otoño
Mus_levi	<i>Muscina levida</i>	OM	Omnivoro
Mus_prol	<i>Muscina prolapsa</i>	OP	Oportunista
Mus_stab	<i>Muscina stabulans</i>	P	Primavera

Nec_rufi	<i>Necrobia ruficollis</i>	RangoTemp	Rango de temperaturas
Nec_rufi	<i>Necrobia rufipes</i>	S	Riqueza de especies
Nec_viol	<i>Necrobia violacea</i>	T ^a _Amb	Temperatura media ambiental
Nematoce	Nematocera	T ^a _Interfaz	Temperatura interfaz
Nit_bipu	<i>Nitidula bipunctata</i>	Temp_A_max	Temperatura ambiental máxima
Nit_carn	<i>Nitidula carnaria</i>	Temp_A_Min	Temperatura ambiental mínima
Col_ni	Coleópteros no identificados	V	Verano
Ocy_	<i>Ocypus</i> sp.		

