

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Zoología y Antropología Física



**RELACIONES INTERESPECÍFICAS DE
LOMBRICES DE TIERRA EN UNA PARCELA DE
EL MOLAR (MADRID).**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Marta Ramajo Matesanz

Bajo la dirección de los doctores

Darío J. Díaz Cosín
Juan B. Jesús Lidón

Madrid, 2010

ISBN: 978-84-693-5996-9

© Marta Ramajo Matesanz, 2010

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA**



Relaciones interespecíficas de lombrices de tierra en una parcela de El Molar (Madrid)

Marta Ramajo Matesanz

Diciembre 2009

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BIOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA

Relaciones interespecíficas de lombrices de tierra en una
parcela de El Molar (Madrid)

MARTA RAMAJO MATESANZ

Madrid, Diciembre 2009

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BIOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA

Relaciones interespecíficas de lombrices de tierra en una
parcela de El Molar (Madrid)

Memoria que, para optar al Título
de Doctora en Biología, presenta
MARTA RAMAJO MATESANZ

Madrid, Diciembre 2009

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BIOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA

Relaciones interespecíficas de lombrices de tierra en una
parcela de El Molar (Madrid)

Vº Bº los Directores:

Fdo.: Dr. Darío J. Díaz Cosín

Fdo.: Dr. Juan B. Jesús Lidon

Fdo.: Marta Ramajo Matesanz

**DARÍO J. DÍAZ COSÍN Y JUAN B. JESÚS LIDON, PROFESORES DEL DPTO.
DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA DE LA FACULTAD DE
BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID,**

CERTIFICAN:

Que la presente Memoria titulada “Relaciones interespecíficas de lombrices de tierra en una parcela de El Molar (Madrid)”, que para optar al Título de Doctora en Biología presenta Dña. Marta Ramajo Matesanz, ha sido realizada en el Departamento de Zoología y Antropología Física de la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid bajo nuestra dirección. Y considerando que representa trabajo de Tesis, autorizamos a su presentación a la Junta de Facultad.

Y para que así conste, firmamos el presente certificado en Madrid, a Diciembre de 2009.

Darío J. Díaz Cosín

Juan B. Jesús Lidon

Esta Tesis ha sido financiada por una
beca de Formación de Personal
Universitario (FPU) concedida por el
Ministerio de Educación y Ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría empezar dando las gracias a Darío, Dolores y Juan por darme una oportunidad y confiar en mí. Gracias por vuestro apoyo y cariño en los momentos difíciles y por hacerme sentir en familia.

Gracias a “mis niñas” (Pilar, Mónica y Patricia) y a Rubén por vuestra ayuda para que esta tesis saliera adelante, por tantas horas de pico y pala, por las horas charla y risas, por estar en lo bueno y en lo malo. Pero lo más importante GRACIAS por vuestra amistad.

Gracias a Marta y Rosa que llegasteis al grupo con alegría y fuerza, con una nueva visión de la ciencia y la investigación, y que hicisteis revivir algo que teníamos perdido, nuestras ganas de investigar.

Gracias a Javi por estar siempre ahí, por tu paciencia, por tus buenos consejos y por ser como eres.

Y en general gracias a toda la Cátedra de Invertebrados no Artrópodos, por acogerme desde el primer día.

Gracias a la Dra. Teresa Tejerina por confiar en mí en esta última etapa, por darme fuerzas para seguir, y hacerme sentir como en mi casa.

Gracias a Jorge, Santi, Fer y a la “gente de Medicina” por vuestra acogida y ánimos, y por ese empujoncito que necesitaba en la última etapa.

Gracias a mi familia por su paciencia y comprensión, por estar ahí siempre que les he necesitado y por dárme todo en esta vida.

Gracias a todos mis amigos por acompañarme en los buenos momentos y sobre todo en las crisis de la vida.

Y por último y no menos importante, gracias a Jesús por estar siempre a mi lado y hacerme feliz.

Gracias a todos por vuestro apoyo, confianza y cariño, sin vosotros este trabajo no habría salido adelante.

ÍNDICE

I. Introducción.....	3
II. Especies de estudio.....	9
II. 1. <i>Hormogaster elisae</i>	9
II. 2. <i>Allolobophora caliginosa trapezoides</i>	15
II. 3. <i>Allolobophora rosea</i>	20
III. Zona de estudio	25
III. 1. Clima.....	32
III. 2. Geología.....	34
III. 3. Suelos.....	37
III. 4. Vegetación.....	39
IV. Competencia	45
IV. 1. Introducción.....	45
IV. 2. Material y Métodos.....	51
2.1. Diseño experimental.....	51
2.2.1. <i>Recolección del suelo y de las lombrices</i>	51
2.2.2. <i>Experimento de competencia entre H. elisae, A. c. trapezoides y A. rosea</i>	51
2.2.3. <i>Estudio del efecto de H. elisae sobre el crecimiento de A. c. trapezoides</i>	55
2.2.4. <i>Parámetros estudiados</i>	57
2.2. Análisis estadístico.....	58

IV. 3. Resultados.....	59
3.1. Crecimiento en los tres tipos de suelo (Controles A).....	59
3.2. Competencia entre <i>H. elisae</i>, <i>A. c. trapezoides</i> y <i>A. rosea</i> en suelo de la zona de <i>H. elisae</i>.....	67
3.3. Competencia entre <i>H. elisae</i>, <i>A. c. trapezoides</i> y <i>A. rosea</i> en suelo de la zona de <i>A. c. trapezoides</i>.....	76
3.4. Competencia entre <i>H. elisae</i>, <i>A. c. trapezoides</i> y <i>A. rosea</i> en suelo de la zona de <i>A.rosea</i>.....	84
3.5. Análisis por especies (Resumen).....	92
3.5.1. <i>H. elisae</i>	92
3.5.2. <i>A. c. trapezoides</i>	93
3.5.3. <i>A. rosea</i>	95
3.6. Estudio del efecto de <i>H. elisae</i> sobre el crecimiento de <i>A. c. trapezoides</i>.....	96
IV. 4. Discusión.....	98
4.1. <i>H. elisae</i>.....	98
4.2. <i>A. c. trapezoides</i>.....	102
4.3. <i>A. rosea</i>.....	106
V. Selección.....	113
V. 1. Introducción.....	113
V. 2. Material y Métodos.....	118
2.1. Diseño experimental.....	118
2.2.1. <i>Recolección del suelo y de las lombrices</i>	118
2.2.2. <i>Preparación de microcosmos</i>	118
2.2. Fraccionamiento Químico.....	121
2.3. Fraccionamiento Físico.....	125

2.4. Análisis estadístico.....	129
V. 3. Resultados.....	130
3.1. Carbono, Nitrógeno y relación C/N.....	130
3.2. Fraccionamiento químico	133
3.2.1. <i>Suelos control</i>	133
3.2.2. <i>Heces de H. elisae</i>	137
3.2.3. <i>Heces de A. c. trapezoides</i>	142
3.2.4. <i>Heces de A. rosea</i>	146
3.3. Fraccionamiento físico	151
3.3.1. <i>Heces de H. elisae en suelo de la zona de H. elisae</i>	158
3.3.2. <i>Heces de H. elisae en suelo de la zona de A. c. trapezoides</i>	162
3.3.3. <i>Heces de H. elisae en suelo de la zona de A. rosea</i>	167
3.3.4. <i>Heces de A. c. trapezoides en suelo de la zona de H. elisae</i>	171
3.3.5. <i>Heces de A.c. trapezoides en suelo de la zona de A.c. trapezoides</i>	174
3.3.6. <i>Heces de A. c. trapezoides en suelo de la zona de A. rosea</i>	180
3.3.7. <i>Heces de A. rosea en suelo de la zona de H. elisae</i>	184
3.3.8. <i>Heces de A. rosea en suelo de la zona de A. c. trapezoides</i>	189
3.3.9. <i>Heces de A. rosea en suelo de la zona de A. rosea</i>	193
V. 4. Discusión.....	197
VI. Discusión general.....	217
VI. 1. <i>H. elisae</i>.....	219
VI. 2. <i>A. c. trapezoides</i>.....	222
VI. 3. <i>A. rosea</i>.....	225

VII. Resumen y conclusiones.....	231
VIII. Bibliografía.....	241
XI. Anexos.....	277

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema complejo, resultado de la interacción de muchos elementos, entre los que tiene una especial importancia la fauna edáfica, y más concretamente las lombrices de tierra (Edwards y Bohlen, 1996; Lavelle y Spain, 2001). Las lombrices de tierra contribuyen significativamente al funcionamiento y desarrollo de los ecosistemas terrestres (de Goede y Brussaard, 2002).

La influencia de las lombrices sobre las propiedades del suelo es conocida desde la antigüedad, en tiempos de Cleopatra los egipcios las consideraban como “dioses menores” y Aristóteles las definió como “los intestinos de la tierra”. Pero fue Darwin en 1881 con la publicación del libro “*The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits*”, quién explicó científicamente cual era su verdadero papel en el ecosistema, destacando el importantísimo papel de las lombrices de tierra en la incorporación de la “hojarasca” al suelo y en la mezcla de la materia orgánica con los componentes minerales.

A partir de este estudio de Darwin (1881), son muchos los trabajos que describen la relación entre la actividad de las lombrices y las propiedades del suelo, así como su influencia en los ecosistemas y la fertilidad de los sistemas terrestres (Müller, 1889; Michaelsen, 1900; Bornebusch, 1930; Stephenson, 1930; Bouché, 1972, 1984; Edwards y Lofty, 1977; Lavelle, 1983; Satchell, 1983; Lee, 1985; Shipitalo y Protz, 1989; Basker *et. al.*, 1994; Edwards y Bohlen, 1996; Lavelle y Spain, 2001; Blakemore, 2004; Curry y Schmidt, 2007; etc.).

Debido a su abundancia en la fauna del suelo y a su contribución a la renovación del mismo, las lombrices tienen especial importancia en el ciclo de los nutrientes, en la estructura del suelo y, en los procesos de transporte y descomposición de materia orgánica (Tiunov y Scheu, 1999; Lavelle y Spain, 2001). La actividad de las lombrices de tierra modifica tanto las propiedades físicas como químicas del suelo (Lee, 1985; Lavelle *et al.*, 1997; Oyedele *et al.*, 2006).

Las lombrices son los principales animales descomponedores de la materia orgánica del suelo, toman la hojarasca y otros materiales orgánicos de la superficie y la incorporan a los agregados del suelo mediante un proceso en el cual ingieren la materia orgánica y la mezclan con la materia inorgánica del suelo, la mezcla pasa a través del tubo digestivo de las lombrices y, tras aprovechar parte de ella, el resto es evacuado en forma de heces, lo cual contribuye a la formación de agregados en suelo (Blanchart *et al.*, 1989; Martín, 1991; Bossuyt *et al.*, 2005). También contribuyen a la aireación y a la mejora de la estructura del suelo, mediante la formación de sistemas de galerías (Aina, 1984).

La actividad de las lombrices de tierra acelera la dinámica de la materia orgánica, debido a la producción de heces ricas en materia orgánica y nutrientes (Lavelle y Martín, 1992; Zhang *et al.*, 2003). En algunos trabajos se ha comprobado que las heces de las lombrices presentan unas características físico-químicas diferentes de las del suelo circundante, resultado de los procesos de selección y digestión (Trigo y Díaz Cosín, 1992; Buck *et al.*, 1999), y habitualmente la cantidad de fracciones minerales gruesas en las heces es menor que la presente en el suelo y, por el contrario,

presentan una mayor cantidad de fracciones finas (Oyedele *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2006).

Otro tema de gran interés en estos últimos años en biología del suelo es el estudio de la distribución espacial de los organismos del suelo, ya que se ha visto que la dispersión espacial es un proceso de regulación de la densidad de población en respuesta tanto a factores físico-químicos del suelo (Abbot, 1980; Rossi *et al.*, 1997; Decaëns *et al.*, 1998; Jiménez *et al.*, 2001) como a factores biológicos, incluyendo la competencia por el espacio, los recursos alimenticios o por ambos (Lambin *et al.*, 2001; Hickman *et al.*, 2002; Winsome *et al.*, 2006). El conocimiento de las relaciones intra- e interespecíficas puede contribuir, en algunos casos, a explicar la distribución geográfica de las especies (Abbott, 1980; Connel, 1983; Schoener, 1983; Briones, 1996; Gurevitch *et al.*, 1998; Lowe y Butt, 1999).

En la última década nuestro equipo ha realizado diversos estudios sobre la biología y la ecología de *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 abordando diferentes aspectos, como el efecto en la respiración del suelo (Garvín, 1995); la producción de heces (Díaz Cosín *et al.*, 1996); la dinámica de población en El Molar (Valle *et al.*, 1997); el crecimiento en laboratorio (Valle *et al.*, 1998); la distribución vertical en El Molar (Valle *et al.*, 1999); la existencia de un sistema mutualista (Trigo *et al.*, 1999); la reproducción (Garvín *et al.*, 1999; 2003); la influencia sobre algunos parámetros físicos del suelo (Garvín *et al.*, 2001; Gil *et al.*, 2007); la duración de su tránsito intestinal (Díaz Cosín *et al.*, 2002); la interacción con otras especies de lombrices de tierra en Redueña (Garvín *et al.*, 2002); la distribución horizontal en El Molar (Hernández *et al.*, 2003; 2007); la interacción con microartrópodos del suelo (Gutiérrez *et al.*, 2003; 2006;

2008); el proceso de estivación (Díaz Cosín *et al.*, 2006); el desarrollo de microsatélites (Novo *et al.*, 2008) y la diversidad genética en el Centro de la Península Ibérica (Novo *et al.*, 2009).

Como objetivo principal de esta Tesis se planteó contribuir al conocimiento de algunos aspectos de la biología de *Hormogaster elisae*, mediante el estudio de las relaciones de competencia entre las tres especies presentes mayoritariamente en una parcela de El Molar (Madrid) en la que el grupo de Zoología del Suelo lleva trabajando varios años, estas especies son *H. elisae*, *Allolobophora caliginosa trapezoides* y *Allolobophora rosea*. Como consecuencia de este estudio también nos planteamos profundizar en los procesos de selección de alimento de estas especies, lo que nos podría ayudar a entender las interacciones que se dan entre ellas.

Teniendo todo esto en cuenta, los objetivos concretos de este trabajo son:

1. Contribuir al conocimiento de las posibles causas de la distribución de las lombrices de tierra de El Molar (*H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea*), mediante un estudio en laboratorio de las relaciones de competencia que pueden influir en la misma.
2. Contribuir al conocimiento de los procesos de alimentación de *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea*, como un paso importante para entender las posibles relaciones de competencia que se puedan dar, ya que no hay que olvidar que la competencia por el alimento es una de las interrelaciones más frecuentes en el mundo animal.

II. ESPECIES DE ESTUDIO

II. ESPECIES DE ESTUDIO

II. 1. *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977

Hormogaster elisae Álvarez, 1977 (HE) es una lombriz de tierra perteneciente a la familia Hormogastridae (Michelsen, 1900), descrita por Álvarez (1977) a partir de ejemplares recogidos en Sigüero (Segovia). La familia Hormogastridae se distribuye por el Paleártico Occidental (Omodeo, 1998), casi exclusivamente en el área del Mediterráneo Occidental: España, Francia, Italia, países del Norte de África y varias islas como Sicilia, Córcega y Cerdeña (Díaz Cosín *et al.*, 1989; Cobolli Sbordoni *et al.*, 1992).

Algunos autores como Stephenson (1930) no la consideran como una entidad biológica a nivel de familia, sino que la interpretan como una subfamilia dentro de los Glossoscolecidae.

Para otros como Cobolli Sbordoni *et al.* (1992) los Hormogastridae serían una familia que incluiría tres subfamilias, con cuatro géneros y nueve especies de lombrices de tierra de tamaño medio o grande: la subfamilia Vignysinae, con un sólo género *Vignysa* y una única especie (*V. popi* Bouché, 1972); la subfamilia Xaninae formada por una única especie, *Xana omodeoi*, descrita por Díaz Cosín *et al.* (1989); y por último, la subfamilia Hormogastrinae que incluye el género *Hemigastrodilus* con una única especie, *Hemigastrodilus monicae* Bouché, 1970, y el género *Hormogaster*,

Rosa, 1887, que incluiría seis especies (*H. elisae* Álvarez, 1977; *H. oroeli* Álvarez, 1971; *H. praetiosa* Michaelsen, 1899; *H. pretiosiformis* Zicsi, 1970; *H. redii* Rosa, 1887 y *H. samnitica* Cognetti, 1914).

Rota (1993) describe dos nuevas especies, *Vignysa vedovinii* y *Hormogaster gallica*, y Qiu y Bouché (1998) establecen doce nuevas especies del género *Hormogaster* (*H. arenicola*, *H. castiollana*, *H. catalaunensis*, *H. eserana*, *H. hispanica*, *H. huescana*, *H. ireguana*, *H. lleidana*, *H. multilamella*, *H. najiformis*, *H. riojana* y *H. sylvestris*).

Finalmente Blakemore (2004) elabora una completísima lista de nombres válidos de la familia Hormogastridae, en la que además de las especies ya citadas incluye un nuevo nombre, *V. teres* (Dugès, 1928), como sinónimo de *V. popi*, que según este autor debería ser sustituido por *V. teres*.

Por tanto, actualmente, la familia Hormogastridae incluye tres subfamilias (Vignysinae, Xaninae y Hormogastrinae), cuatro géneros (*Vignysa*, *Xana*, *Hemigastrodilus* y *Hormogaster*) y un total de 23 especies.

Las especies del género *Hormogaster* presentan una distribución parecida y es en la Península Ibérica donde aparece la mayor diversidad de este género con 17 especies localizadas en la zona central y oriental de España, mientras que en la zona central (Madrid y alrededores, como Segovia y Guadalajara) sólo se ha encontrado hasta el momento una única especie, *H. elisae*, aunque esta especie presenta una

elevada variabilidad genética y posiblemente esté dividida en varias especies crípticas (Novo *et al.*, 2009).

H. elisae fue descrita por Álvarez (1977). Externamente se caracteriza por tener un tamaño relativamente grande con una longitud de 120-175 mm y aproximadamente 7-9 mm de diámetro (Álvarez, 1977). Presenta un color gris azulado con tendencia a rosado. El peso medio para los individuos maduros es de 3.29 g, para los semimaduros 1.93 g y para los inmaduros 0.87 g (Valle *et al.*, 1997).

El prostomio es pro-epilóbico y el primer segmento es grande y estriado en su parte anterior. El clitelo presenta una coloración entre blanquecina y ocre, y se sitúa en la parte anterior del animal (segmentos 13-26). Los tubérculos pubertarios se localizan en (21) 22-25 y generalmente son bien patentes (Garvín, 2000). Presenta papilas genitales muy desarrolladas y en posición variable.

Las quetas son pequeñas y estrechamente pareadas, por lo que son difíciles de ver. A partir del segmento 11 algunas quetas se diferencian como quetas sexuales cuya posición es variable y en los segmentos postclitelares son muy finas y difíciles de ver, llegando incluso a desaparecer en algunos pares.

Carece de poros dorsales. Los poros femeninos son visibles y se sitúan en la mitad del segmento 14. Los poros masculinos se encuentran en el surco intersegmentario 15/16, rodeados por labios glandulares poco patentes en forma de corazón irregular y alargado. Los poros de las espermatecas también son visibles y se

localizan en los intersegmentos 9/10 y 10/11 (Moreno, 1981), en posición lateral. Presenta una fuerte producción de mucus cutáneo (Garvín, 2000).

Internamente, se caracteriza por la reducción de la postmolleja y la ausencia de glándulas de Morren. No posee buche y presenta tres mollejas esofágicas relativamente grandes en los segmentos 6, 7 y 8 (Moreno, 1981). Destaca el tiflosol, muy desarrollado como adaptación a los suelos pobres en los que vive (Garvín, 2000). El tiflosol es propio de aquellas especies de lombrices de tierra que ingieren alimentos muy pobres energéticamente, con compuestos orgánicos difíciles de degradar (Hernández, 2005).

H. elisae presenta un conjunto de caracteres muy estables que la separan claramente de todas las demás especies del género *Hormogaster*. Estos caracteres son: clitelo en posición (13)14(15)-26(27)28, tubérculos pubertarios en posición 22(23)-25(26), dos pares de espermatecas de forma alargada en los segmentos 9 y 10, siendo el último par mucho mayor y la existencia de un tiflosol con 5 láminas que se mantienen durante al menos 30-40 segmentos (Novo, 2008).

Respecto a la clasificación ecológica y de acuerdo con los criterios indicados por Bouché (1971, 1972, 1977) y Lavelle (1979, 1981), *H. elisae* puede considerarse como una lombriz de tierra endogea, geófaga y oligohúmica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que realiza desplazamientos verticales a lo largo del año en función de la humedad del suelo (Valle *et al.*, 1999), por lo que podría llegar a utilizar un variado número de recursos en diferentes momentos del año.

Habita en suelos pobres en materia orgánica, sometidos a fuerte erosión y aridez estival. Quizás este ambiente adverso puede explicar el hecho de que aparezca formando poblaciones monoespecíficas en los suelos más pobres o coexistiendo con otras lombrices de tierra en suelos un poco más enriquecidos. Cuando las condiciones ambientales son poco favorables, sobre todo por falta de humedad en el suelo, puede entrar en paradiapausa (Ruíz, 2003; Díaz Cosín *et al.*, 2006) hasta que las condiciones vuelvan a ser las adecuadas.

Es una especie endémica del centro de la Península Ibérica. Encontrándose en Siguero (Segovia) (Álvarez, 1977) y en varias localidades de la Comunidad de Madrid como El Pardo (Moreno, 1981; Díaz Cosín y Moreno, 1985), El Molar (Garvín, 1995; Díaz Cosín *et al.*, 1996), Anchuelo, Aranjuez, Lozoyuela, Las Navas de Buitrago, La Cabrera, Paracuellos del Jarama, Sevilla la Nueva, Venturada (Jesús *et al.*, 2002) y Redueña (Garvín, 2000).

Sin embargo, el análisis de diversidad del ADN mitocondrial de *H. elisae* ha mostrado que existe una diversidad genética muy alta entre las diversas poblaciones, lo que podría estar indicando que *H. elisae* es en realidad un complejo de especies compuesto por al menos cuatro especies crípticas. La primera incluiría las poblaciones de El Molar, Redueña y Lozoyuela, la segunda comprendería individuos de El Pardo y Sevilla la Nueva, la tercera estaría representada por la población de Anchuelo y la cuarta sería la originalmente descrita como *H. elisae*, en Siguero (Novo *et al.*, 2009).



Figura II. 1. Ejemplares de *H. elisae*.

II. 2. *Allolobophora caliginosa trapezoides* (Dugès, 1828)

Allolobophora caliginosa trapezoides (Dugès, 1828) (AT) pertenece a la familia Lumbricidae, familia en la que se incluyen la gran mayoría de lombrices de tierra de la Península Ibérica (Álvarez, 1971).

Es un taxón muy complejo desde el punto de vista taxonómico. El primer problema se presenta al intentar asignarlo a un género, ya que no existe consenso respecto a este aspecto: algunos autores lo asignan al género *Nicodrilus* Bouché 1972, otros al género *Allolobophora* Eisen 1874, y un tercer grupo al género *Aporrectodea* Örley 1885. Por otra parte, se han adscrito, como mínimo, cuatro especies nominales cuyas relaciones no están claras (*A. caliginosa*, *A. trapezoides*, *A. tuberculata*, *A. turgida*) (Gates, 1972). Algunos autores prefieren denominarla *Aporrectodea trapezoides* o *Aporrectodea caliginosa trapezoides*, pero otros siguen utilizando la combinación *Allolobophora caliginosa trapezoides*.

Recientemente se ha realizado un estudio de filogenia basado en técnicas moleculares de este complejo (Pérez-Losada *et al.*, 2009), en el que se postula que *Aporrectodea trapezoides* es una especie diferente de *A. caliginosa*, y que parece mucho más emparentada con *A. longa* y *A. nocturna* que con *A. caliginosa*.

De cualquier forma y hasta que no exista mayor consenso sobre el tema se ha preferido seguir considerando a este taxón como una subespecie del género *Allolobophora*, tal y como hace Briones (1996) en su revisión de este grupo de especies, si bien para la comparación de resultados obtenidos por otros autores se tendrán también en cuenta los trabajos en que haya sido incluido en los otros géneros, siempre y cuando el epíteto específico (o subespecífico) sea *trapezoides*.

Externamente se caracteriza por tener un tamaño medio con una longitud de 60-180 mm y un diámetro de aproximadamente 3.5-7 mm (Sims y Gerard, 1985). Presenta una forma cilíndrica con un aplastamiento en la cola (Bouché, 1972). La coloración es variable, entre gris y parda, sobre todo en el dorso.

El prostomio es epilóbico 1/3. El clitelo presenta una coloración pardusca y se sitúa dorsalmente entre los segmentos 27-35, ocupando unos 7-8 segmentos. En relación a los tubérculos pubertarios *A. c. trapezoides* los presenta en forma de banda en los segmentos 31-33, mientras que *A. c. caliginosa* presenta dos pares en cada lado del individuo en los segmentos 31 y 33 (Álvarez, 1971), aunque existen numerosos individuos con características intermedias.

Las quetas son pareadas. En los segmentos 9, 10 y 11 se observan grandes papilas sobre las que se sitúan las quetas sexuales, que son ligeramente curvas y más largas y delgadas que el resto de las quetas.

Aparecen poros dorsales, situándose el primero en el surco intersegmentario 9/10 o en ocasiones en el 8/9. Los poros masculinos se localizan en surcos transversales en el segmento 15, con labios glandulosos muy abultados que afectan a los segmentos 14 y 16. Presenta dos pares de poros de las espermatecas en los surcos intersegmentarios 9/10 y 10/11 entre las líneas de quetas *cd* (Sims y Gerard, 1985).

Internamente se puede destacar la presencia de dos pares de espermatecas en los segmentos 10 y 11, pequeñas y siempre vacías, sin esperma en su interior, y dos pares de embudos seminales, con idéntica localización y que no son iridiscentes, lo que indica que no tienen espermatozoides maduros anclados a sus paredes. El número de vesículas seminales varía entre 2 y 4 pares, localizándose en los segmentos 9 a 12. En cuanto al aparato femenino, posee un par de ovarios en el segmento 13, y un par de ovisacos en el 14.

A. c. trapezoides se distribuye ampliamente por toda la región mediterránea (Briones, 1996). Esta especie ha sido introducida en América del Norte y Australia (Álvarez, 1971, Mc Credie *et al.*, 1992). En España ha sido citada en Monte Saja, Menorca, Mallorca, Murcia y Granada por Zicsi (1962), en el pantano de Vallvidrera (Barcelona) por Haro (1965), en Portugal por Heitor (1960) y Trigo *et al.* (1990), en Asturias, León, Zamora y Salamanca por Briones (1991), en la Comunidad de Madrid por Moreno (1981), en Galicia por Pérez-Losada *et al.* (2009), en la Comunidad Valenciana por Díaz Cosín *et al.* (1981) y por Pérez Onteniente y Rodríguez Babío (2002), en Albacete por Pérez Onteniente y Rodríguez Babío (2002), en Navarra por Mendivil (1979) y en Vizcaya por López de Molina (1986). También se han

encontrado ejemplares en Lérida, Gerona y Huesca. Hay que destacar que la distribución geográfica de esta especie es muy difícil de determinar con precisión ya que en la mayoría de los trabajos faunísticos que estudian la península Ibérica no se diferencian las dos “subespecies” *A. c. caliginosa* y *A. c. trapezoides*.

Es posible que se distribuya por toda la Península Ibérica, especialmente por la zona mediterránea, y que dadas sus características ecológicas, como la tolerancia a los climas secos, sea una de las especies dominantes en las poblaciones de toda esta zona mediterránea.

Ecológicamente *A. caliginosa* es muy variable, de forma que algunas poblaciones presentan características intermedias entre endogeas y anécicas (Bouché, 1972), y otras son verdaderas endogeas, pero la subespecie más común en las zonas mediterráneas, *A. c. trapezoides*, generalmente se comporta como anécica (Briones, 1996).

En El Molar (Madrid) esta subespecie aparece en capas profundas, por lo que se podría decir que esta “estirpe” de *A. c. trapezoides*, se comporta en esta zona más como una endogea, aunque frecuentemente se puede encontrar bajo las heces de vaca, lo que indicaría que se comporta como una anécica. En la parcela de estudio aparecen ejemplares que por algunos caracteres, como la forma de la cola, podrían considerarse como anécicos, endogeos o intermedios.



Figura II. 2. Ejemplares de *A. c. trapezoides*. A) Ejemplar vivo. B) Ejemplar fijado.

II. 3. *Allolobophora rosea* (Savigny, 1826)

Allolobophora rosea (Savigny, 1826) (AR) pertenece a la familia Lumbricidae.

A. rosea externamente se caracteriza por ser de tamaño pequeño con una longitud media de entre 25 y 85 mm y un grosor de aproximadamente 2 a 6 mm (Sims y Gerard, 1985). Presenta una coloración rosada-anaranjada.

El prostomio es epilábico 1/2. El clitelo, muy mucoso y de coloración entre rosa y naranja, pero justo antes de producir un capullo toma una coloración rosada (Gerard, 1967). Se encuentra situado entre los segmentos 24 y 33, ocupando 7-9 segmentos. Los tubérculos pubertarios aparecen como bandas continuas y casi siempre se sitúan del segmento 29 al 31 (Sims y Gerard, 1985), aunque en ocasiones se localizan en el 30 y 31 (Álvarez, 1971).

Las quetas son muy suaves y estrechamente pareadas. Las quetas dorsales o las laterales de los segmentos 9, 10 y 12 ó 13 se transforman en quetas sexuales, que son ligeramente curvas, de 0.8 mm de largo y 20 mm de grosor (Álvarez, 1971).

El primer poro dorsal se encuentra situado en el surco intersegmentario 4/5. Los poros masculinos aparecen como surcos transversales y desarrollan prominencias glandulosas que no rebasan el segmento 15. Posee dos pares de poros de las

espermatecas en los surcos intersegmentarios 9/10 y 10/11, junto a la línea media dorsal (Gerard, 1967).

Al igual que sucede con la especie anterior algunos autores prefieren denominarla *Aporrectodea rosea*. Manteniendo el criterio seguido con la especie anterior y hasta que no se llegue a un acuerdo seguiremos denominándola *Allolobophora rosea*.

A. c. trapezoides y *A. rosea* junto con *A. chlorotica* forman en España la comunidad de lombrices más frecuente en cultivos de regadío y en terrenos arcillosos (Álvarez, 1971), aunque aparecen en otros muchos ambientes, como lo prueba que esta especie junto con *A. c. trapezoides*, haya mostrado preferencias en Madrid por suelos arenosos y francoarenosos (Moreno, 1981). Es una especie endogea geófaga, que se suele considerar epiendogea o endogea polihúmica (Moreno, 1981; Garvín, 2000).

Los ejemplares que aparecen en El Molar pueden asignarse a la subespecie o forma partenogénica *Allolobophora rosea bimastoides*, aunque en este trabajo seguiremos denominándola *A. rosea*.



Figura II. 3. Ejemplares de *A. rosea*.

III. ZONA DE ESTUDIO

III. ZONA DE ESTUDIO

La parcela donde se recolectaron tanto el suelo como los ejemplares de las tres especies de lombrices de tierra se encuentra a las afueras de El Molar (U.T.M. 30TVL5210). Esta localidad está situada a 42 Km al noreste de Madrid y a una altitud media de 817 m (Figura III. 1).

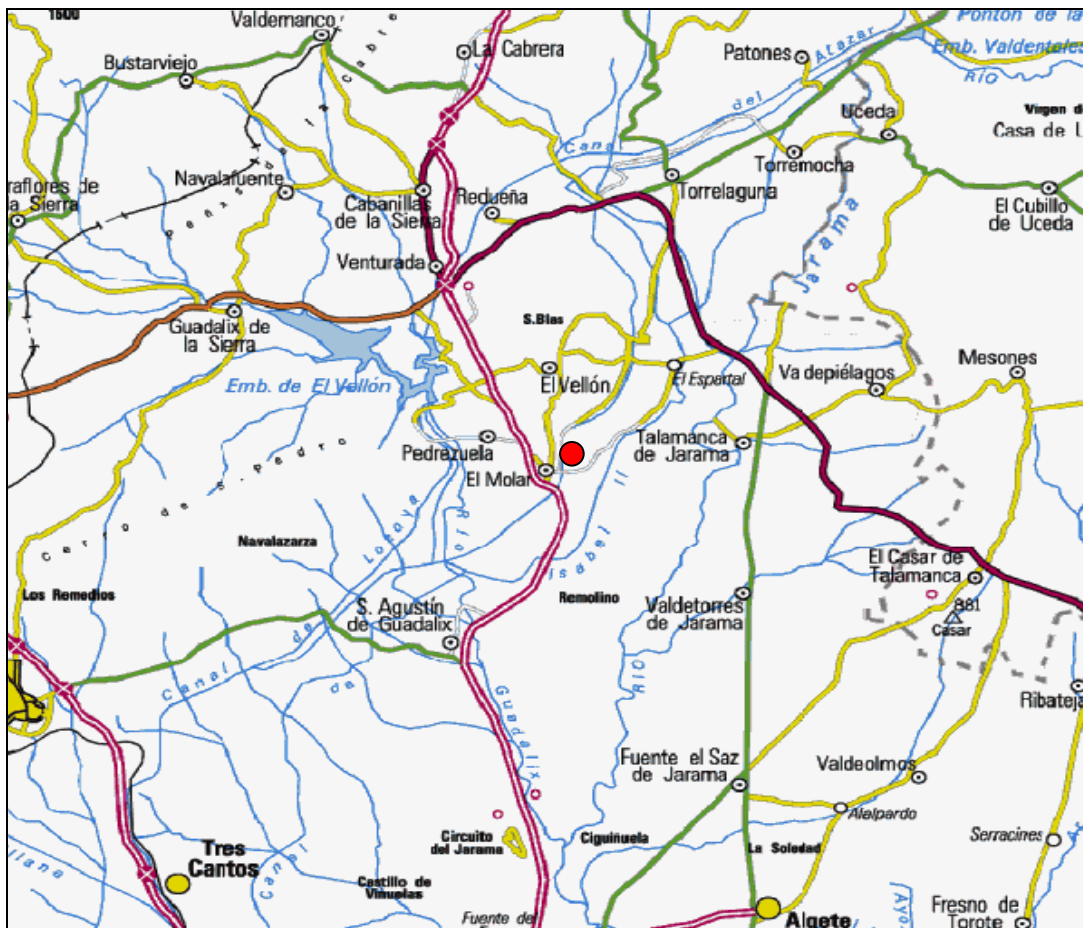


Figura III. 1. Localización de El Molar (Madrid). El círculo rojo señala la situación de la parcela de estudio. www.pueblos-espana.org.



Figura III. 2. Fotos aéreas de la zona de estudio (tomadas de Google Earth).

Se trata de una zona, con unas dimensiones de 112 x 84 m, situada en un pequeño valle rodeado de colinas que van descendiendo gradualmente hacia el Valle del Jarama, sirviendo de transición entre la zona de la sierra y el llano (Garvín, 2000). Es una zona deforestada que se extiende por una ladera con bastante pendiente, lo que implica una gran erosión del terreno (Fig. III.3.). Por el fondo de la ladera aparece un pequeño cauce de desagüe por el que sólo corre agua después de las lluvias, pero que representa una zona de mayor humedad, como lo demuestra la vegetación asociada, en concreto algunas pequeñas manchas de juncos churreros. En la zona más occidental quedan restos de antiguas terrazas dedicadas antiguamente al cultivo de cereales, donde no se da tanta pérdida de partículas finas como en el resto de la parcela.



Figura III. 3. Zona de estudio.

En la parcela aparecen mayoritariamente tres especies de lombrices de tierra, las cuales presentan básicamente una distribución agregada, pudiéndose por tanto distinguir tres zonas atendiendo a la misma (Fig. III. 4.).

En las Fig. III. 5 y Fig. III. 6 se muestran los mapas de distribución de las especies en la parcela durante un muestreo realizado en el año 2002 [tomado de Hernández (2005)]. Las especies realizan pequeños desplazamientos horizontales a lo largo del año, pero manteniendo estos núcleos relativamente aislados entre las diferentes especies. Las mayores densidades de *H. elisae* se sitúan en la mitad derecha de la parcela, que se corresponde con la zona de mayor pendiente y escorrentía, estando los puntos de mayor concentración en las zonas superiores.

A. rosea se localiza en la mitad izquierda de la parcela, en la zona donde quedan vestigios de una serie de antiguas terrazas. Puede aparecer acompañada de *A. c. trapezoides*. La zona de mayor abundancia de *A. c. trapezoides* se localiza en la parte inferior de la parcela en las proximidades del pequeño cauce seco de un arroyo temporal que sólo corre después de las lluvias, pudiendo aparecer acompañada de *A. rosea* (Hernández *et al*, 2003; 2007).

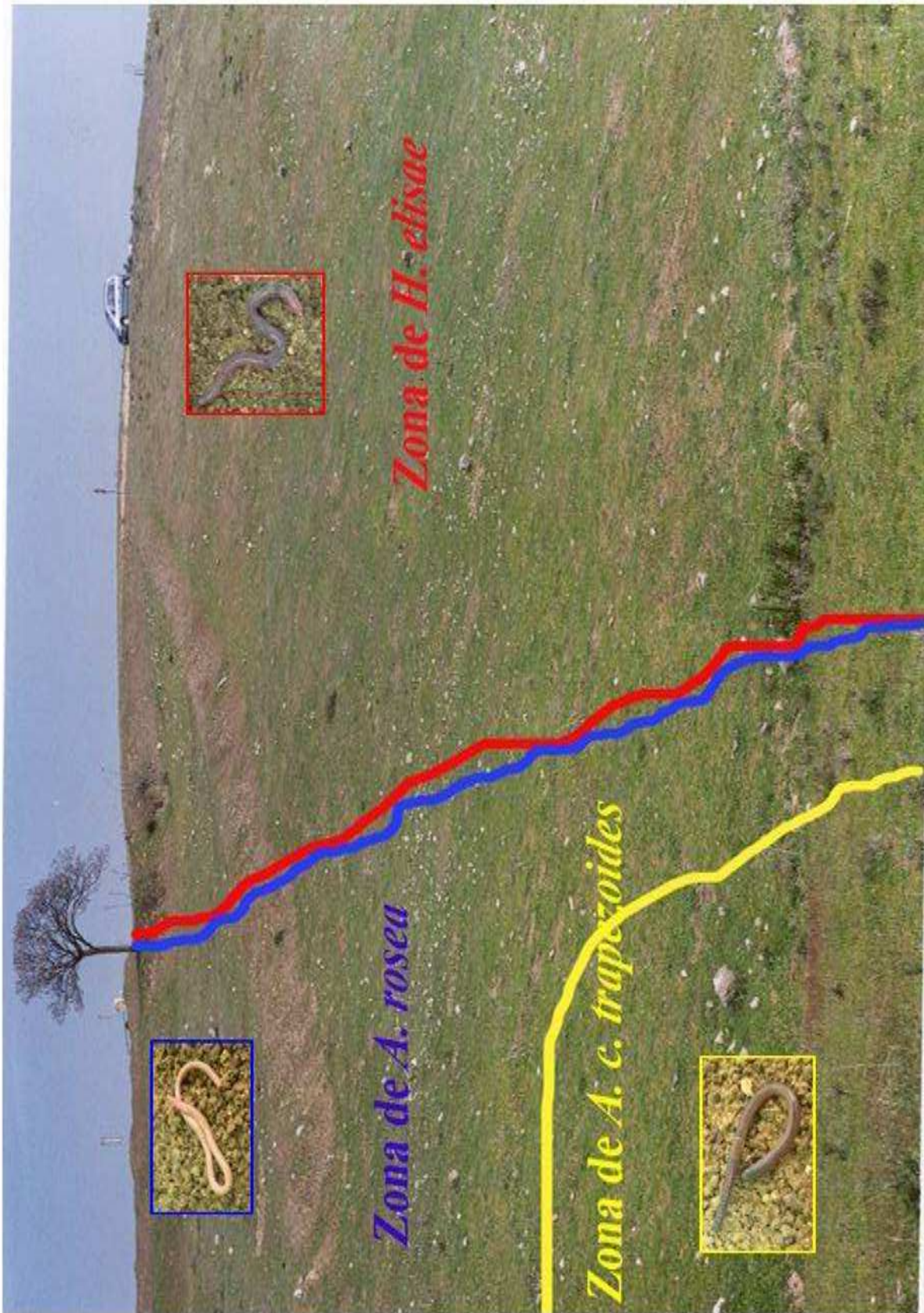


Figura III. 4. Parcela de estudio.

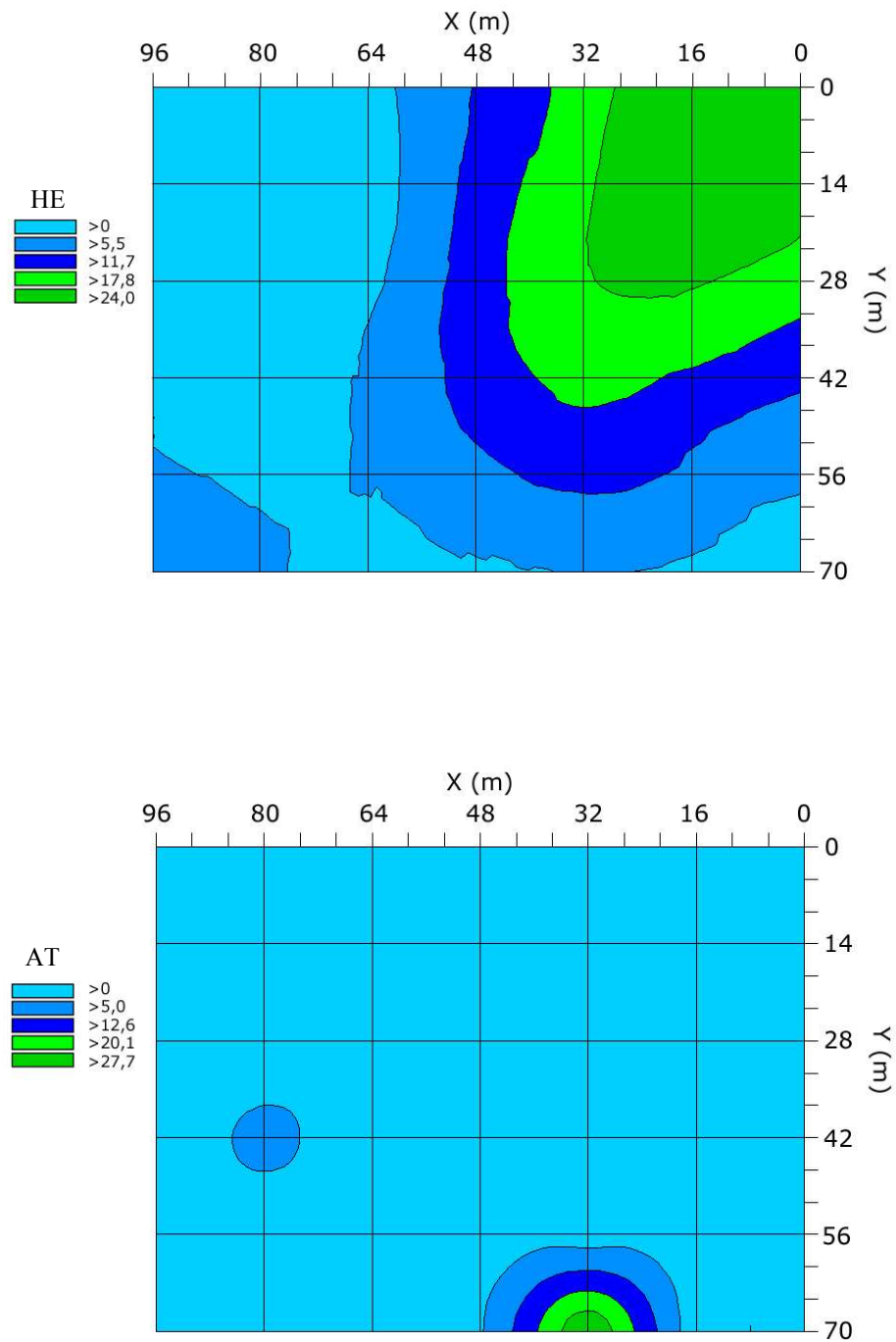


Figura III. 5. Mapas de distribución obtenidos para *H. elisae* (HE) y *A. c. trapezoides* (AT) en El Molar en la campaña 2002 (Hernández, 2005).

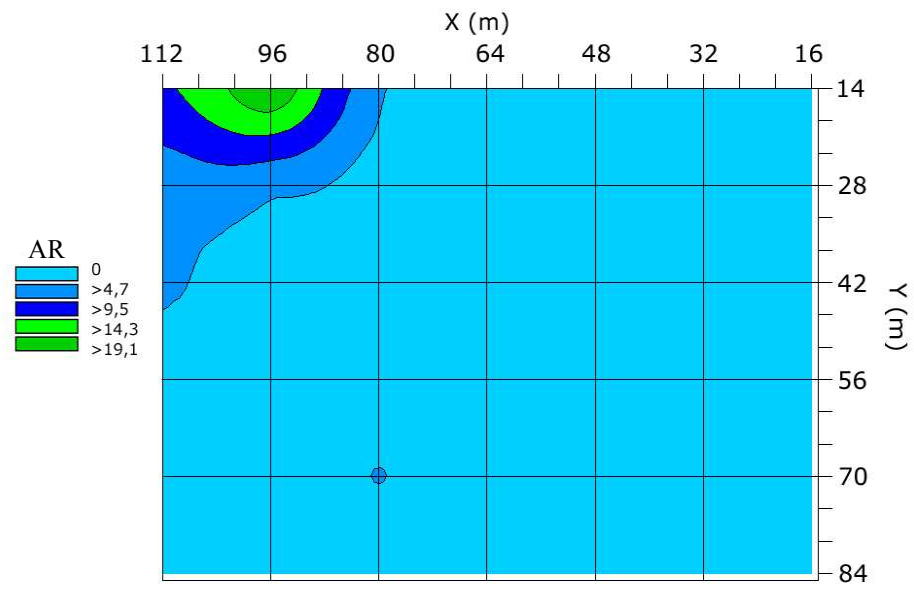


Figura III. 6. Mapa de distribución obtenido para *A. rosea* (AR) en El Molar en la campaña de 2002 (Hernández, 2005).

III. 1. CLIMA

El clima es de tipo mediterráneo templado, típico del área de transición, que se define principalmente por inviernos fríos y veranos secos y calurosos.

Las lluvias son escasas, con una precipitación anual media inferior a 500 mm (la precipitación anual, media de los años 2001, 2002 y 2003, fue de 488,47 mm), repartidas de modo irregular a lo largo del año, con dos periodos húmedos en otoño (octubre-diciembre) y primavera (abril-mayo) y una época árida de junio a septiembre, durante la cual llueve poco y generalmente en forma de tormentas, perdiéndose la mayor parte del agua por escorrentía superficial. La temperatura media anual es de 13-14 °C y la evapotranspiración potencial en la zona es superior a 750 mm (Hernández, 2005).

En el diagrama ombrotérmico de la Fig. III.1.1., se observan los datos de la precipitación total, la temperatura media y las medias de las temperaturas máxima y mínima de los años 2001, 2002 y 2003 tomados en la estación meteorológica de Talamanca del Jarama, con características similares a las de El Molar. Hay que destacar que no se han empleado los datos climatológicos de estos últimos años para caracterizar climatológicamente la zona, debido a la fuerte sequía que ha sufrido el país durante los años 2004, 2005 y 2006.

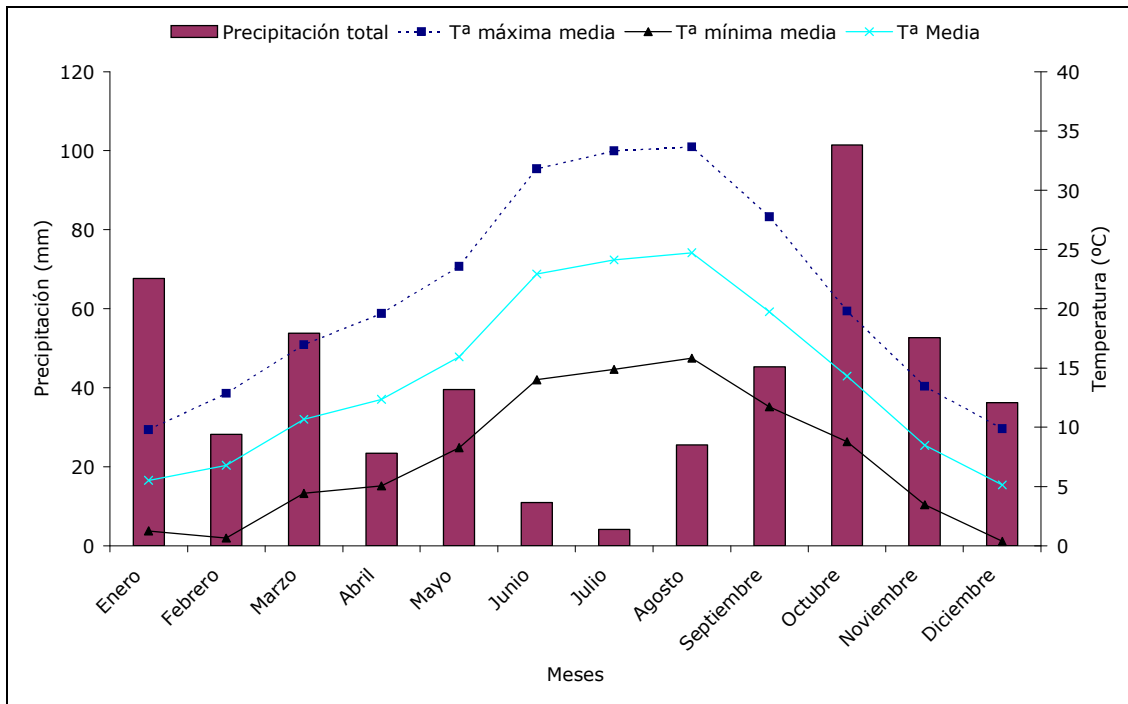


Figura III. 1. 1. Diagrama ombrotérmico realizado a partir de los datos medios de los años 2001, 2002 y 2003 de la estación meteorológica de Talamanca del Jarama.

Atendiendo a las características de temperatura media y precipitación media, y a los índices fitoclimáticos de Lang (P/T), 28-41 (34,36 media de los años 2001, 2002 y 2003), y de Martone ($P/(T+10)$), 17-25, (20,17 media de los años 2001, 2002 y 2003) (Porta *et al.*, 1999), El Molar puede definirse como una zona semiárida similar a las de las regiones esteparias de los países mediterráneos.

III. 2. GEOLOGÍA

Dentro de la Comunidad de Madrid (Atlas Geocientífico del Medio Natural de la Comunidad de Madrid, 1988) se definen dos grandes áreas geológicas, la Sierra, con relieves superiores a 1600m y la Depresión, que abarca dos terceras partes de la Comunidad y se ubica en la cuenca del Tajo (Calvo, 2000). En la Sierra aparecen fundamentalmente rocas plutónicas (granitos) y metamórficas (gneises y esquistos), mientras que la depresión está constituida por materiales sedimentarios detríticos (calizas, conglomerados, arcosas) y evaporíticos (yesos).

El área de muestreo se sitúa en la zona de transición entre ambos dominios, donde se unen el final de las Rampas de la Sierra y el comienzo de las Vertientes de la Depresión (Más Hernández, 1992). En esta zona los materiales geológicos principales son gneises glandulares y esquistosos del Precámbrico-Cámbrico, arcillas arenosas y limos pertenecientes al Mioceno Medio y arcosas, areniscas, microconglomerados, calizas y dolomías del Cretácico.

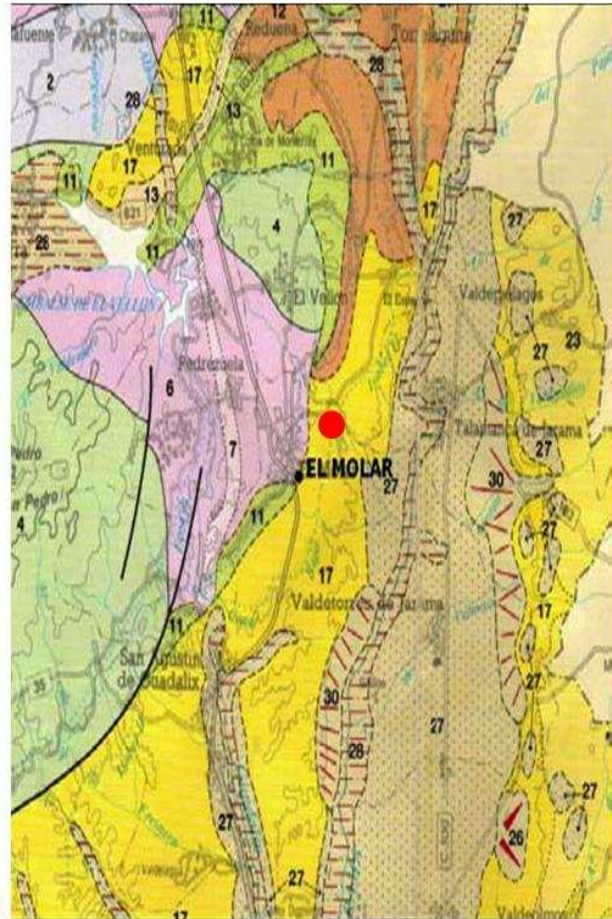
En lo que se refiere a la historia geológica de El Molar, podemos dividirla en las siguientes eras. Durante la Era Primaria, se produjo uno de los más importantes plegamientos del relieve durante el periodo Herciniano, en el cual los movimientos orogénicos levantaron macizos que luego fueron erosionados, aunque quedan restos en formas de llanuras y cerros. Se trata de un suelo metamorfoseado en gneis con emanaciones graníticas al norte del término y en gran parte de la zona edificada de El Molar. Rodeando este suelo primitivo, aparece un arco compuesto de cerros calizos, a

cuyos pies se asienta la villa de El Molar y donde se cavaron sus famosas cuevas. De esta misma época es también, y por efecto de los movimientos orogénicos, que levantaban el terreno y lo rompían, la famosísima Falla de El Molar, visible en el paso de la carretera N-I, que configuró la cubeta sedimentaria del Tajo al sur y la Cordillera Central peninsular al Norte de la misma.

La Era Secundaria fue un periodo de descanso en los movimientos orogénicos, propiciándose por tanto los procesos de erosión y destrucción del relieve levantado en la Era Primaria, que en la Era Terciaria, se sedimentó en la llanura sedimentaria del Tajo.

En la Era Cuaternaria tampoco se produjeron movimientos orogénicos, se observa la formación de las terrazas a lo largo de la ribera del río Jarama y grandes depósitos de cantos rodados que el río ha sedimentado en sus márgenes (www.elmolar.org).

- Leyenda**
- 2. Granitos
 - 3. Gneises no glandulares
 - 4.]
 - 6.] Gneises glandulares
 - 7.]
 - 8. Esquistos
 - 9. Cuarcitas
 - 11. Areniscas, conglomerados, calizas y dolomias
 - 12. Arcillas rojas, yesos y yesos detriticos
 - 13. Arenas y gravas
 - 17. Arcosas, arcillas arenosas y limos
 - 23. Arcosas gruesas y limos
 - 27.]
 - 28.] Arenas, limos y gravas
 - 30.]
- | |
|-----------------|
| Terrazas |
| Fondos de Valle |
| Coluviones |
- Zona de muestreo



Escala 1:200.000

Figura III. 2. 1. Mapa geológico; detalle de los alrededores de El Molar (ATLAS GEOCIENTÍFICO DEL MEDIO NATURAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID, 1988).

III. 3. SUELOS

Atendiendo a la textura, el suelo de la zona de muestreo se clasifica como franco-arenoso, según la nomenclatura U.S.D.A., más próximo a los suelos arenosos y con predominio de fracciones gruesas (Tabla III. 3.1.).

Fracción < 2mm (65.42 %)				
Arena gruesa	Arena fina	Limo grueso	Limo fino	Arcilla
53.00 ± 7.98	14.15 ± 3.13	3.63 ± 2.48	9.46 ± 3.70	19.67 ± 5.35

Tabla III. 3. 1. Características texturales del suelo de El Molar, media y desviación estándar de n = 108 muestras (Hernández, 2005).

En la parcela de estudio se distinguen tres zonas con ligeras diferencias en cuanto a las características del suelo: zona superior derecha (zona de *H. elisae*); zona superior izquierda (zona de *A. rosea*) y zona inferior izquierda (zona de *A. c. trapezoides*).

Zona	Arena gruesa	Arena fina	Limo grueso	Limo fino	Arcilla
Zona de <i>H. elisae</i>	52.47 ± 1.62	19.91 ± 2.08	2.92 ± 0.95	9.61 ± 2.29	15.10 ± 0.48
Zona de <i>A. c. trapezoides</i>	41.62 ± 2.72	20.28 ± 1.15	10.44 ± 0.19	6.28 ± 1.37	21.39 ± 1.10
Zona de <i>A. rosea</i>	42.83 ± 1.41	16.33 ± 1.05	5.97 ± 2.11	8.93 ± 1.36	25.95 ± 0.92

Tabla III. 3. 2. Características texturales del suelo de las diferentes zonas de la parcela, media y desviación estándar de n = 6 muestras.

El suelo de la parcela tiene un pH casi neutro y un contenido en materia orgánica pobre. Los porcentajes de carbono y nitrógeno son especialmente bajos, lo que corresponde a un suelo de secano semiárido.

Las características concretas de los suelos de cada una de las zonas en las que se encuentran las diferentes especies se muestran en la Tabla III.3.3.

Zona	pH	C (%)	N (%)	C/N
Zona de <i>H. elisae</i>	6.43 ± 0.51	0.96 ± 0.09	0.16 ± 0.02	5.92 ± 1.16
Zona de <i>A. c. trapezoides</i>	6.95 ± 0.6	1.70 ± 0.07	0.33 ± 0.01	5.08 ± 1.37
Zona de <i>A. rosea</i>	6.33 ± 0.48	1.49 ± 0.10	0.27 ± 0.03	5.26 ± 1.36

Tabla III. 3. 3. Características químicas: pH, porcentaje de carbono orgánico (C), nitrógeno total (N) y relación carbono / nitrógeno (C/N). Media y desviación estándar de n = 6 muestras.

La relación C/N es indicativa de la relación microbiana del suelo, valores de la relación en torno a 10 son indicativos de una buena relación microbiana, pero cuando la actividad de los microorganismos se ve frenada por alguna causa la relación es superior a 10 (Fuentes Yagüe, 1999), en este caso los valores de C/N son inferiores a 10, lo que indicaría un buen equilibrio entre mineralización y humificación.

III. 4. VEGETACIÓN

La vegetación dominante es típica de una zona de transición, que se caracteriza por presentar poca variedad. Está constituida por un pastizal subnitrófilo con un alto porcentaje de plantas terófitas, es decir, plantas anuales que completan su ciclo en la estación favorable (Rivas-Martínez, 1982; 1987). Abundan las gramíneas, compuestas y labiadas (Garvín, 1995).

La mayor parte de ese pastizal está formado por herbáceas anuales de la familia gramíneas. Destacan *Cynosurus echinatus* L., *Bromus rubens* L., *B. hordeaceus* L., *Koeleria phleoides* (Vill.), *Silene nocturna* L., *Arrhenatherum album* (Vahl) W.D.Clayton, *Dactylis glomerata* L., *Lamarckia aurea* (L.) Moench, *Hordeum murinum subsp. leporinum* L., *Avena sterilis* L. y *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmelin, entre otras.

Hay una buena representación de leguminosas como *Trifolium sylvaticum* Gérard ex Loisel., *T. gemellum* Pourr. Ex Willd., *T. scabrum* L., *T. tomentosum* L., *Medicago minima* L., *M. polymorpha* L., etc. y de compuestas como *Carthamus lanatus* L., *Logfia gallica* (L.) Coss et Germ, *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers., *Leontodon taraxacoides subsp. longirostris* (Vill.) Mérat, *Hypochoeris radicata* L. o *Scolymus hispanicus* L.

También pueden encontrarse ejemplares de familias con menor representación como borragináceas: *Neatostema apulum* (L.) I.J. Johnston; cariofiláceas: *Petrorhagia prolifera* (L.) P.W. Ball & Heywood, *Paronychia argentea* Lam., *Spergularia rubra* (L.) J. Presl et K. Presl; plantagináceas: *Plantago lagopus* L., *P. major* L.; umbelíferas: *Eryngium campestre* L.; poligaláceas: *Polygala vulgaris* L. etc.

Entre las plantas leñosas, abundan especies aromáticas de la familia labiadas como el tomillo *Thymus zygis* L. o el cantueso *Lavandula stoechas* L. subsp. *pedunculata* (Miller). La parcela está completamente desforestada, salvo un único árbol que aparece al lado del camino en la zona superior y que pertenece a la especie introducida *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, de la familia Simaroubaceae.

La abundancia de todas estas plantas varía ligeramente según la zona de la parcela donde nos encontremos. Así, en la parte derecha de la parcela (zona este) dominan *T. sylvaticum*, *T. gemellum* o *P. argentea*. En la zona central de la parcela estas especies dominantes se sustituyen por otras del género *Trifolium* (*T. scabrum* y *T. sylvaticum*) o por gramíneas como *B. rubens*, y en la zona izquierda de la parcela (zona oeste) las especies dominantes son *B. rubens*, *B. hordeaceus* y *P. lagopus* (Hernández, 2005).



Figura III. 4. 1. Vegetación habitual de la parcela de estudio de El Molar (Madrid) en primavera.

IV. COMPETENCIA

IV. COMPETENCIA

IV. 1. INTRODUCCIÓN

Los patrones de distribución espacial de la fauna del suelo dependen tanto de las condiciones bióticas como de las propiedades físicas y químicas del suelo (Phillipson *et al.*, 1976; Ettema y Wardle, 2002).

Nuestro grupo lleva varios años trabajando en una parcela de El Molar (Madrid), en la que las lombrices de tierra *Hormogaster elisae*, *Allolobophora caliginosa trapezoides* (nombrada frecuentemente en la bibliografía como *Aporrectodea trapezoides*) y *Allolobophora rosea* aparecen en tres zonas contiguas bien definidas (Hernández *et al.*, 2003; 2007).

H. elisae (Álvarez, 1977) es la única especie presente en la zona superior derecha de la parcela, que es la zona de mayor pendiente, más arenosa y pobre en materia orgánica; *A. rosea* (Savigny, 1826) aparece en la zona superior izquierda, formada por antiguas terrazas agrícolas abandonadas y *A. c. trapezoides* (Dugès, 1828) aparece en la zona inferior, próxima a un pequeño arroyo de escorrentía, habitando la zona de sedimentación, por tanto de textura más fina y mayor contenido en materia orgánica. La distribución horizontal varía a lo largo del tiempo, modificándose los límites entre las tres zonas, tal y como se muestra en Hernández *et al.* (2007), pero a pesar de estas modificaciones las tres áreas se mantienen relativamente bien diferenciadas. Las condiciones ambientales de la parcela de estudio en los meses más secos son muy limitantes para las lombrices de tierra, que como consecuencia han

desarrollado procesos de estivación del tipo paradiapausa que pueden durar varios meses al año (Díaz Cosín *et al.*, 2006).

H. elisae es una lombriz de tierra que habita en suelos pobres en materia orgánica y sometidos a una fuerte aridez estival (Garvín, 2000); se trata de una especie endogea oligohúmica (Díaz Cosín *et al.*, 1996) que realiza desplazamientos verticales en el suelo a lo largo del año en función de la humedad, consumiendo diferentes recursos en cada momento (Valle *et al.*, 1999). Es una especie muy resistente, por lo que puede llegar a formar poblaciones monoespecíficas en zonas muy deterioradas y pobres en recursos, como pequeños taludes arenosos (Garvín, 2000) o coexistir con otras especies de lombrices de tierra en zonas más ricas.

Las lombrices *A. c. trapezoides* y *A. rosea*, son frecuentes y abundantes en el centro de la Península Ibérica (Álvarez, 1966) donde prefieren los suelos arenosos y franco-arenosos (Moreno, 1981). Como ya hemos dicho, *A. c. trapezoides* es muy variable taxonómica y ecológicamente, y posiblemente bajo este nombre coexistan varias entidades biológicas diferentes, de forma que algunas poblaciones presentan características intermedias entre endogea y anécica, y otras son verdaderas endogea. En general la forma más común en las zonas mediterráneas es *A. c. trapezoides* que es partenogenética y se comporta como anécica. *A. rosea* es una especie endogea geófaga, que se suele considerar epiendogea o endogea polihúmica (Bouché, 1972; Lavelle, 1981).

La distribución que presentan las diferentes especies en una zona concreta puede deberse a varias causas diferentes que actúan aislada o conjuntamente. En el caso concreto de las lombrices de El Molar una primera hipótesis para explicar la distribución de las especies sería que ésta se deba a factores físicos o químicos del suelo, como materia orgánica, propiedades hídricas, textura u otros. Para probar esta hipótesis Hernández *et al.* (2007) utilizaron un análisis de correlaciones canónicas con los valores de los factores del suelo (como variables independientes) y la abundancia de lombrices (como variable dependiente), encontrando que un 45.6 % de la varianza de la distribución de las especies en la parcela podía explicarse por los factores del suelo analizados, por lo que queda una importante parte de la varianza que puede obedecer a otras causas diferentes, abióticas o bióticas y no a los factores del suelo estudiados.

Según varios autores la coexistencia de diferentes especies en un mismo hábitat lleva a interacciones, cuyo efecto sobre cada una de ellas puede ser muy diverso, incluyendo restricciones a su potencial distribución horizontal. En este sentido el conocimiento de las relaciones interespecíficas puede contribuir, en algunos casos, a explicar la distribución geográfica de las especies (Abbott, 1980; Connell, 1983; Schoener, 1983; Briones, 1996; Gurevitch *et al.*, 1998; Lowe y Butt, 1999). Por tanto, cabe la hipótesis de que en nuestra parcela de estudio también se produzcan relaciones de competencia entre las especies en determinados puntos, de forma que las “más eficaces” en un determinado suelo desplacen a las otras. Por último, es posible que estos dos factores (relaciones de competencia y factores del suelo), o incluso alguno más, como depredación o parasitismo, actúen conjuntamente.

En una comunidad es posible que especies diferentes tengan una misma distribución geográfica debido a respuestas ecológicas similares o a relaciones interespecíficas positivas, y que dos especies presenten distribuciones distintas si tienen respuestas ecológicas diferentes a las condiciones ambientales o si tienen relaciones interespecíficas negativas (Jiménez y Rossi, 2006).

De todas las interacciones biológicas posibles (depredación, mutualismo, simbiosis, parasitismo, modificación del hábitat, etc.) una de las más importantes es la de competencia (Margalef, 1974; Hickman *et al.*, 2002). En muchos casos la competencia se centra en el alimento (capacidad para obtenerlo, eficacia en su utilización, resistencia a su falta, etc.), pero también puede ser motivada por la ocupación del espacio o por otros motivos (Margalef, 1974). De forma general se puede decir que dos especies compiten cuando utilizan un mismo recurso y la cantidad de éste es limitada (Begon *et al.*, 1994). En un sentido más estricto se puede decir que dos o más especies compiten cuando se produce una disminución en el crecimiento, la fecundidad o la supervivencia de los individuos de una especie, debido a que otro organismo explota los mismos recursos (alimenticios, espaciales) o dificulta de alguna forma su acceso a ellos (Margalef, 1974; Begon *et al.*, 1994; Dalby *et al.*, 1998a).

Las relaciones de competencia se dan en una gran variedad de organismos y ecosistemas, pudiendo jugar un papel fundamental en la estructura de los ecosistemas (Connel, 1983; Schoener, 1983; Gurevitch *et al.*, 1998). A pesar de su posible importancia es muy poco lo que se sabe sobre las interacciones entre diferentes especies de lombrices de tierra, ya que no se ha estudiado en detalle si se produce

directamente por el alimento, por el espacio, por alguna interferencia mecánica o por otras causas (Abbott, 1980; Butt *et al.*, 1994; Butt, 1998; Curry, 1998; Lowe y Butt, 1999; Winsome *et al.*, 2006).

Garvín *et al.* (2002) encontraron evidencias de interacción negativa entre *H. elisae* y *A. c. trapezoides* en Redueña (Madrid). Estos autores realizaron sus experimentos en el laboratorio utilizando el mismo tipo de suelo para todos los cultivos, sin diferenciar los suelos en los que aparecía mayor densidad de *A. c. trapezoides* (debajo de las encinas), de los suelos en los que había mayor densidad de *H. elisae* (zonas más secas situadas entre las encinas), lo que impidió que pudiera detectarse si el tipo de suelo en el que viven ambas especies tenía alguna influencia sobre esta distribución.

Cuando se estudian relaciones de competencia en fauna edáfica uno de los factores a tener en cuenta es el suelo, ya que dependiendo de sus características se pueden dar o no relaciones de competencia entre las especies, o incluso variar el grado de estas.

Dalby *et al.* (1998a), observaron una reducción del peso de *Allolobophora longa* y *A. caliginosa* cuando se cultivaron juntas, lo que atribuyeron a una relación de competencia por los recursos entre ambas especies. Edwards y Lofty (1982) citaron correlaciones negativas entre *Lumbricus terrestris* y *A. longa* y entre *Allolobophora chlorotica* y *A. caliginosa* en ecosistemas agrícolas.

El objetivo de esta parte del trabajo es profundizar en el conocimiento sobre las causas de la distribución de las tres especies de lombrices de tierra (*H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea*) presentes en la parcela experimental de El Molar (Madrid), prestando especial atención a las posibles relaciones de competencia entre ellas.

Dentro de este objetivo general los objetivos concretos serían los siguientes:

- Comprobar si los tres tipos de suelo (suelo de las zonas donde aparece cada especie) suponen un factor limitante para el desarrollo de alguna de las especies de estudio en cultivos de laboratorio.
- Estudiar la posible existencia de relaciones de competencia entre *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea* cultivadas en suelos de cada una de las zonas (zona de *H. elisae*, zona de *A. c. trapezoides* y zona de *A. rosea*).
- Estudiar si el tipo de suelo puede hacer variar las posibles relaciones de competencia que se den entre las tres especies.

IV. 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

2.1.1. Recolección del suelo y de las lombrices

Los ejemplares de las tres especies se capturaron por extracción manual, se trasladaron al laboratorio en su propio suelo y se mantuvieron durante un mínimo de dos semanas en condiciones similares a las del experimento para su aclimatación.

El suelo se recogió de los 20 cm superficiales de cada una de las tres zonas donde se habían capturado las lombrices: zona de *H. elisae*, zona de *A. c. trapezoides* y zona de *A. rosea*. Se limpió cuidadosamente de raíces, plantas, semillas y piedras. Se dejó secar al aire y se tamizó a 4 mm, utilizando la fracción menor de 4 mm para la preparación de los microcosmos.

2.1.2. Experimento de competencia entre H. elisae, A. c. trapezoides y A. rosea

Este experimento se diseñó con el objetivo de estudiar la existencia de posibles relaciones de competencia entre las tres especies de estudio en cada uno de los suelos presentes en la parcela.

Como medio de cultivo se empleó el suelo de cada una de las tres zonas. En cada microcosmos (recipientes de plástico de 1L de capacidad) se introdujeron 400 g de suelo tamizado a 4 mm y se llevaron a una humedad del 20 %, según el método de Díaz Cosín *et al.* (1996).

Con este experimento se pretende comprobar los objetivos propuestos en la introducción. En primer lugar averiguar si el tipo de suelo influye sobre el crecimiento de las especies, y si representa un factor limitante para alguna de ellas, lo que explicaría parte de la distribución que presentan estas especies en la parcela de estudio. O si por el contrario, el suelo no supone un factor limitante y su distribución puede deberse a otras causas, se trataría de estudiar las posibles relaciones de competencia entre las tres especies de estudio.

Para ello se prepararon nueve tratamientos para cada uno de los tres tipos de suelo, lo que hace un total de veintisiete tratamientos. De cada tratamiento se realizaron seis réplicas. Los nueve tratamientos se pueden agrupar en: **monoespecíficos**, que se usaron para estudiar si los diferentes suelos son un factor limitante para el crecimiento de las especies (para este primer objetivo se emplearon los tratamientos denominados Controles A que se explican a continuación), para comprobar la existencia de interacciones intraespecíficas y como controles para los tratamientos poliespecíficos; y **poliespecíficos**, que se usaron para estudiar las posibles relaciones de competencia entre las tres especies.

Por tanto, los nueve tratamientos montados para cada tipo de suelo fueron:

Monoespecíficos (controles): Cada especie por separado en los diferentes tipos de suelo [*H. elisae* sola (He), *A. c. trapezoides* sola (At) y *A. rosea* sola (Ar)]. Se montaron dos tipos de cultivos, unos simples (Control A) con 2 g de lombrices por microcosmos (2 ejemplares en los cultivos de *H. elisae* y *A. c. trapezoides* y 4 en los cultivos de *A. rosea*) y otros dobles (Control B) con 4 g de lombrices por microcosmos (3 ejemplares en los cultivos de *H. elisae*, 3-4 en los de *A. c. trapezoides* y 9 en los de *A. rosea*). En los controles dobles se introdujo el doble de biomasa inicial que en los controles simples para estudiar la posible existencia de competencia intraespecífica en el proceso. Se trata por tanto de seis tratamientos.

Poliespecíficos: Se montaron tratamientos con las tres especies en grupos de dos: *H. elisae* con *A. c. trapezoides* (He-At); *H. elisae* con *A. rosea* (He-Ar) y *A. c. trapezoides* con *A. rosea* (At-Ar). En los cultivos se introdujo una biomasa media inicial de 2g de cada especie. Las combinaciones dan como resultado tres tratamientos.

En resumen los tratamientos montados en cada tipo de suelo fueron:

Monoespecíficos: Control A (2 g): **He; At; Ar.** (3 tratamientos)

Control B (4 g): **He; At; Ar.** (3 tratamientos)

Poliespecíficos: **He-At; He-Ar; At-Ar.** (3 tratamientos)

La biomasa media inicial de cada especie, tanto en los tratamientos monoespecíficos como en los poliespecíficos, fue similar y se muestra en la Tabla IV.2.1.1. Todos los ejemplares de cada especie se encontraban en el mismo estado de desarrollo al inicio del experimento, estado condicionado por la estructura de la población en el campo en las fechas en las que se recolectaron los ejemplares (*H. elisae* y *A. rosea* inmaduras; *A. c. trapezoides* maduras).

Especie	n	Suelo <i>H. elisae</i>		Suelo <i>A. c. trapezoides</i>		Suelo <i>A. rosea</i>	
		Biomasa (g)	In	Biomasa (g)	In	Biomasa (g)	In
<i>H. elisae</i>							
Control A	6	2.03 ± 0.03	2	2.05 ± 0.08	2	2.03 ± 0.03	2
Control B	6	4.02 ± 0.01	3	4.03 ± 0.02	3	4.02 ± 0.01	3
Con <i>A. c. trapezoides</i>	6	2.03 ± 0.04	2	2.01 ± 0.07	2	2.03 ± 0.04	2
Con <i>A. rosea</i>	6	2.01 ± 0.02	2	2.05 ± 0.06	2	2.02 ± 0.02	2
<i>A. c. trapezoides</i>							
Control A	6	2.02 ± 0.03	2	2.03 ± 0.03	2	2.02 ± 0.03	2
Control B	6	4.04 ± 0.02	3	3.99 ± 0.02	3-4	4.04 ± 0.02	3-4
Con <i>H. elisae</i>	6	2.04 ± 0.02	2	2.01 ± 0.02	2	2.04 ± 0.02	2
Con <i>A. rosea</i>	6	2.03 ± 0.02	2	2.01 ± 0.04	2	2.03 ± 0.02	2
<i>A. rosea</i>							
Control A	6	2.03 ± 0.03	4	1.98 ± 0.01	4	2.03 ± 0.03	4
Control B	6	4.02 ± 0.02	9	3.95 ± 0.01	9	4.04 ± 0.02	9
Con <i>H. elisae</i>	6	2.00 ± 0.02	4	2.00 ± 0.03	4	2.00 ± 0.02	4
Con <i>A. c. trapezoides</i>	6	2.02 ± 0.03	4	1.99 ± 0.02	4	2.02 ± 0.03	4

Tabla IV.2.1.1. Biomasa (media ± E.S) en los cultivos al principio del experimento y número de lombrices. (n: número de réplicas; In: número de lombrices por microcosmos).

El experimento tuvo una duración de 16 semanas y el suelo de los microcosmos se renovó cada 14 días. En cada cambio se pesaron las lombrices y se observó su estado de madurez, así como el número de individuos en estado de

quiescencia y el número de ejemplares muertos. En el caso de hallar algún ejemplar muerto, se introdujo un nuevo ejemplar intentando mantener la misma biomasa media que en resto de réplicas para ese tratamiento. Para separar los capullos, el suelo de los microcosmos se lavó a través de una columna de tamices (2mm y 1mm). Los capullos encontrados se colocaron en placas Petri con papel de filtro humedecido hasta su eclosión. Los microcosmos y los capullos se mantuvieron en cámaras de incubación a 15 ° C.

2.1.3. Estudio del efecto de *H. elisae* sobre el crecimiento de *A. c. trapezoides*

Para estudiar algunos detalles derivados de los resultados obtenidos para *A. c. trapezoides* en el experimento de competencia en suelo de *H. elisae*, que apuntan a un acondicionamiento del suelo por parte de *H. elisae*, se realizó un estudio adicional. Como medio de cultivo se empleó suelo de la zona de *H. elisae*. Se realizaron tres tratamientos con seis réplicas cada uno, cultivando *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae*, *A. c. trapezoides* en suelo no consumido por *H. elisae* y *A. c. trapezoides* en heces de *H. elisae*.

Para obtener las heces de *H. elisae* y el suelo no consumido, se cultivó *H. elisae* en suelo de su propia zona. Cada microcosmos contenía 400 g de suelo tamizado a 2 mm y humedecido al 20 % según el método Díaz Cosín *et al.* (1996). En cada microcosmos se introdujeron dos ejemplares de *H. elisae*. Las heces de superficie se recogieron diariamente, se limpiaron para eliminar partículas adheridas y se

congelaron hasta su utilización. El medio se renovó semanalmente hasta obtener la cantidad de heces necesaria para el estudio.

En cada cambio de medio se separó el suelo no consumido (suelo que ha estado en contacto con la lombriz pero no ha sido ingerido por ella) de las heces de profundidad siguiendo el método de Díaz Cosín *et al.* (1996), las heces de profundidad se desecharon, ya que se desconocía el tiempo que llevaban puestas en el momento de levantar los microcosmos y renovar los suelos.

Con las heces de superficie y el suelo no consumido se prepararon los siguientes tratamientos:

A. c. trapezoides en suelo de *H. elisae* (SN): se cultivó *A. c. trapezoides* en 400 g (100 %) de suelo de la zona de *H. elisae*, tamizado a 2 mm y humedecido al 20%.

A. c. trapezoides en heces de *H. elisae* (HECES): se cultivó *A. c. trapezoides* en un medio formado por un 25 % de heces de *H. elisae* y un 75 % de suelo de la zona de *H. elisae*, tamizado a 2 mm y humedecido al 20 %.

A. c. trapezoides en suelo no consumido (SNC): se cultivó *A. c. trapezoides* en un medio formado por un 25 % de suelo no consumido y un 75 % de suelo de la zona de *H. elisae*, tamizado a 2 mm y humedecido al 20 %.

La biomasa media inicial de cada especie en todos los tratamientos fue similar y se muestra en la Tabla IV.2.1.2.

	SN		HECES		SNC		
	n	Biomasa (g)	In	Biomasa (g)	In	Biomasa (g)	In
<i>A. c. trapezoides</i>	6	2.01 ± 0.01	2	2.01 ± 0.01	2	2.02 ± 0.01	2

Tabla IV.2.1.2. Biomasa (media ± E.S) y número de lombrices en los cultivos al principio del experimento (n: número de réplicas; In: número de lombrices por microcosmos). SN: suelo control; HECEs: heces de *H. elisae*; SNC: suelo no consumido.

Todos los ejemplares de *A. c. trapezoides* empleados para el experimento se encontraban en el mismo estado de madurez sexual (maduros) al inicio del experimento. El experimento tuvo una duración de 2 meses y se realizó en cámaras de incubación a 15 ° C. Se realizaron cambios de suelo cada 14 días y en cada uno de ellos se pesaron las lombrices y se observó su estado de madurez, así como el número de ejemplares muertos y el número de individuos en estado de quiescencia. Para la separación de capullos se procedió como en el experimento anterior.

2.1.4. Parámetros estudiados

La competencia interespecífica puede expresarse de diferentes formas, como disminución de la supervivencia, del crecimiento o de la fecundidad (Begon *et al.*, 1994). De acuerdo con lo indicado por Abbott (1980) y Butt (1998), para detectar las interacciones entre las especies de lombrices de tierra se estudiaron las variaciones de peso y en la medida de lo posible la capacidad reproductora de cada especie, así como

la mortalidad y la quiescencia en cada uno de los microcosmos, comparándolos con los datos obtenidos en los cultivos monoespecíficos utilizados como control.

2. 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La normalidad de las variables se comprobó con el test de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas mediante el test de Levene. Se empleó un ANOVA de una vía para aquellas variables cuyos datos eran normales, considerando el tipo de microcosmos como variable independiente o factor. Los parámetros que no cumplieran la premisa de normalidad se analizaron mediante pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis y U de Man-Whitney). El programa estadístico empleado para realizar los análisis fue SPSS versión 15.0.

IV. 3. RESULTADOS

3.1. Crecimiento en los tres tipos de suelo (Controles A)

Con los datos obtenidos en el experimento de competencia el primer análisis que se plantea es comprobar si el suelo es un factor limitante para alguna de las especies estudiadas, para ello se analizaron por separado los tratamientos denominados Control A de las tres especies en los tres tipos de suelo.

El porcentaje de mortalidad para las tres especies en todos los tratamientos fue prácticamente del 0 %, al igual que el número de individuos que se encontraron en estado de quiescencia, lo que muestra que los cultivos y condiciones experimentales utilizadas son perfectamente adecuados para el estudio de las tres especies abordadas en este trabajo.

H. elisae incrementó su peso en los tres tipos de suelo y mostró diferencias significativas entre los tratamientos, siendo mayor el crecimiento en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, seguido del obtenido en el suelo de la zona de *A. rosea*, aunque el crecimiento de esta especie en estos dos suelos no mostró diferencias significativas entre ellos. Donde el crecimiento fue significativamente menor fue en su propio suelo, suelo de la zona de *H. elisae*, comparado con el crecimiento en las otras dos zonas (ANOVA de una vía, $p < 0.01$).

En la Fig. IV.3.1.1. se muestra la evolución del peso de *H. elisae* a lo largo del experimento. Se puede apreciar que el peso de *H. elisae* en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y en el de la zona de *A. rosea* es muy superior al alcanzado en su propio suelo, donde su crecimiento es claramente inferior, destacando que la ganancia de peso durante el experimento fue de poco más de 1 gramo (peso final 3.38 g), mientras que en los otros dos suelos esta ganancia de peso superó los 4 gramos en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (peso final 6.11 g) y fue de casi 4 gramos en el suelo de la zona de *A. rosea* (peso final de 5.79 g).

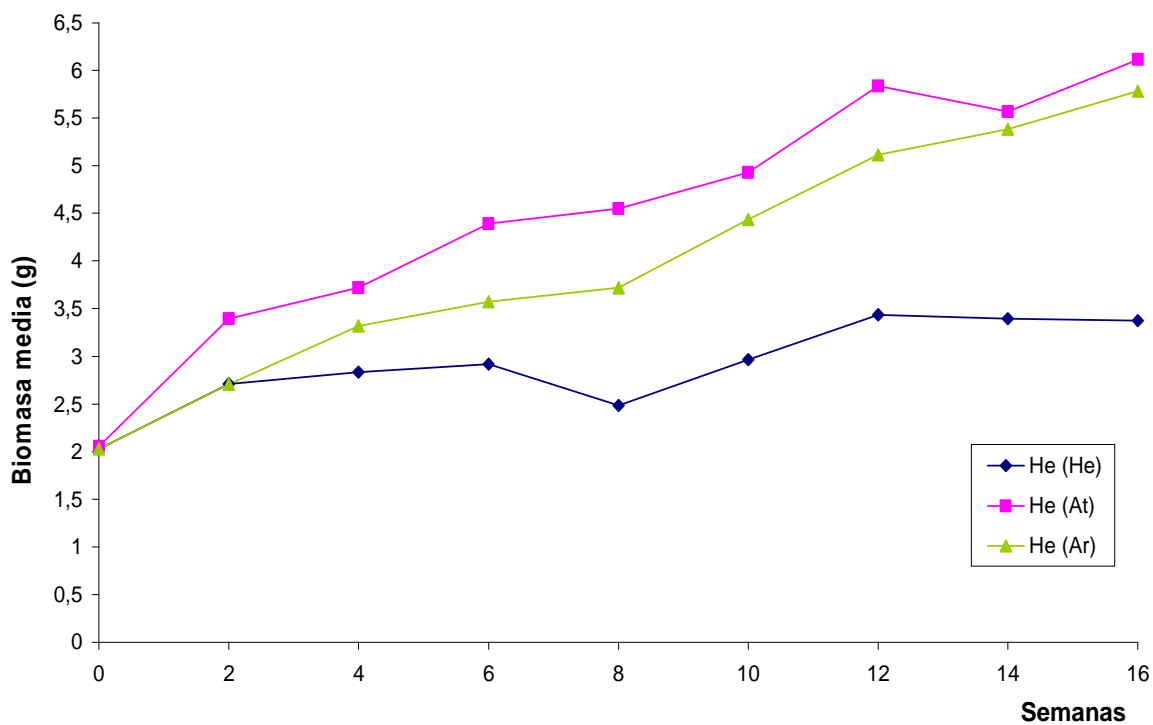


Fig. IV.3.1.1. Representación de la biomasa media de *H. elisae* en cada tipo de cultivo. He (He): *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae*; He (At): *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*; He (Ar): *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea*.

En el caso de *A. c. trapezoides* existen diferencias en su crecimiento en los tres tipos de suelo. En todos los suelos perdió peso, siendo esta pérdida significativamente mayor en el suelo de la zona de *H. elisae*, seguida por el suelo de la zona *A. rosea* y finalmente en el suelo de su propia zona, suelo donde alcanzó un peso final de 2.04 g, es decir, logró mantener su peso inicial a lo largo de todo el experimento (ANOVA de una vía, $p < 0.01$). Se mantiene la tendencia observada para *H. elisae*, el mayor crecimiento se dio en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, seguido por el suelo de la zona de *A. rosea* y el menor crecimiento se produjo en el suelo de la zona de *H. elisae*.

En la Fig. IV.3.1.2. se aprecia que *A. c. trapezoides* en el suelo de la zona de *H. elisae* perdió peso a lo largo del experimento alcanzando un peso final de 1.64 g, por lo que se podría decir que el suelo de esta zona “no es adecuado para el crecimiento de esta especie”. En el suelo de la zona de *A. rosea*, *A. c. trapezoides* sufrió una ligera disminución de peso a lo largo del tiempo, presentando un peso final de 1.82 g. En el único suelo donde se produjo un ligero aumento de peso fue en el suelo de su propia zona, alcanzando un peso de 2.04 g al final del experimento.

A. rosea incrementó su peso en los tres tipos de suelos, existiendo diferencias significativas, el mayor crecimiento se dio en el suelo de la zona de *A. rosea* (ANOVA de una vía, $p < 0.01$), seguido de los suelos de las zonas de *H. elisae* y de *A. c. trapezoides*, donde el crecimiento fue menor, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Fig. IV.3.1.3.)

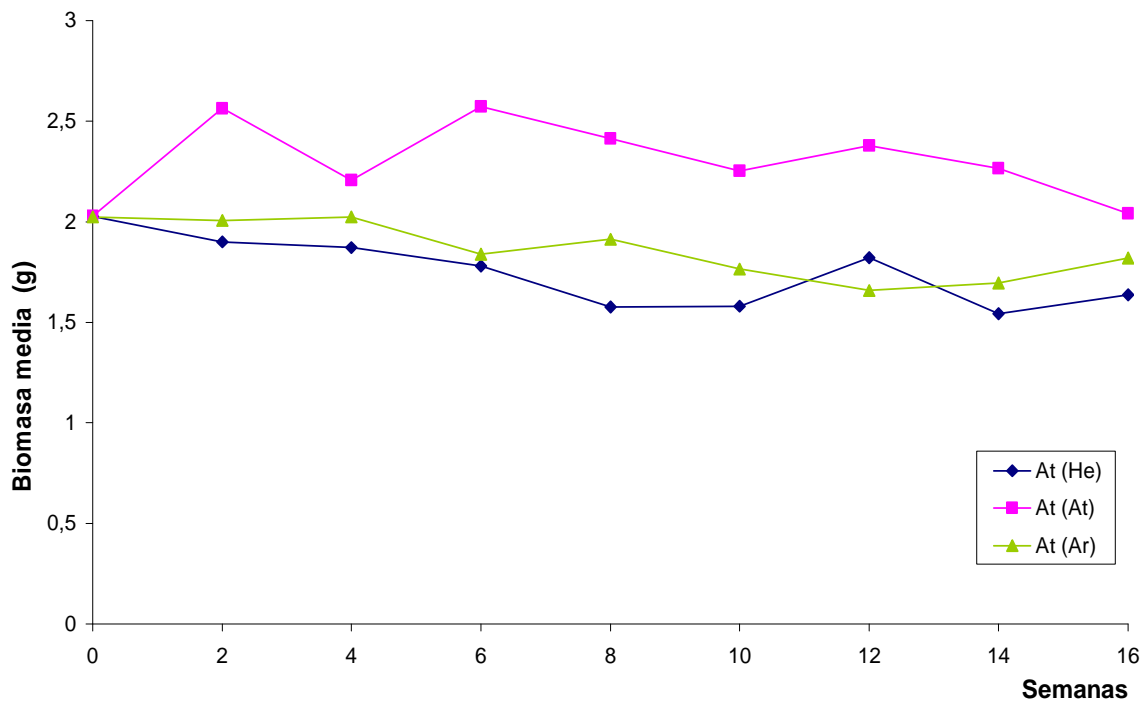


Fig. IV.3.1.2. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo. At (He): *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae*; At (At): *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*; At (Ar): *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea*.

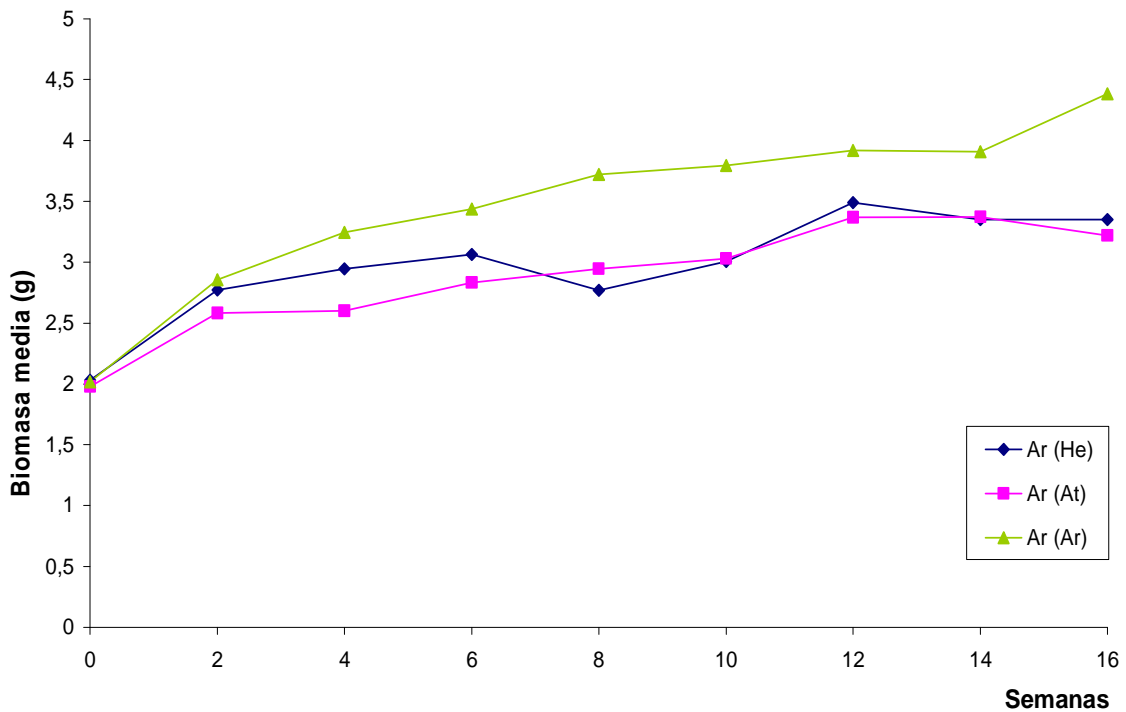


Fig. IV.3.1.3. Representación de la biomasa media de *A. rosea* en cada tipo de cultivo. Ar (He): *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae*; Ar (At): *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*; Ar (Ar): *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea*.

H. elisae no alcanzó la madurez sexual en el tiempo que duró el experimento, por lo que no se pudo analizar el efecto del suelo sobre la producción de capullos de esta especie.

Los ejemplares de *A. c. trapezoides* estaban maduros al principio del experimento y produjeron numerosos capullos. El número total y relativo de capullos, así como su peso y su porcentaje de eclosión se muestran en la Tabla IV.3.1.1. En los tres tipos de suelo se dieron unos porcentajes de eclosión muy altos, superiores al 84 %. El menor porcentaje de eclosión se dio en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, debido posiblemente al gran número de capullos producidos en esa zona.

<i>A. c. trapezoides</i>	N Ct	N Cr (cap. ad. ⁻¹ sem. ⁻¹)	Peso (mg)	Eclosión (%)
Suelo <i>H. elisae</i>	16 a	0.08 ± 0.02	36.37 ± 0.008 a	87.5
Suelo <i>A. c. trapezoides</i>	116 b	0.6 ± 0.03	29.31 ± 0.006 b	84.4
Suelo <i>A. rosea</i>	78 c	0.4 ± 0.03	28.83 ± 0.007 b	94.8

Tabla IV.3.1.1. Producción de capullos de *A. c. trapezoides*. Número total de capullos (N Ct), relativo (N Cr; cap. ad.⁻¹sem.⁻¹: capullos por adulto y semana), peso medio y porcentaje de eclosión en cada tipo de suelo. Las letras en la misma columna indican las diferencias significativas.

La producción de capullos fue significativamente mayor en el suelo de su propia zona, seguido del suelo de la zona de *A. rosea* (χ^2 , $p < 0.01$). En el suelo de la zona de *H. elisae* la producción fue muy baja. Por todo ello se puede decir que, el suelo de la zona *H. elisae* tiene un efecto negativo sobre la producción de capullos, al igual que ocurría para el crecimiento. Los capullos producidos en las zonas de *A. c.*

trapezoides y *A. rosea* presentan pesos muy similares no existiendo diferencias significativas entre ambos, los capullos de mayor peso se producen en la zona de *H. elisae*, existiendo diferencias significativas con los dos anteriores (χ^2 , $p < 0.01$). (Fig. IV.3.1.4.).

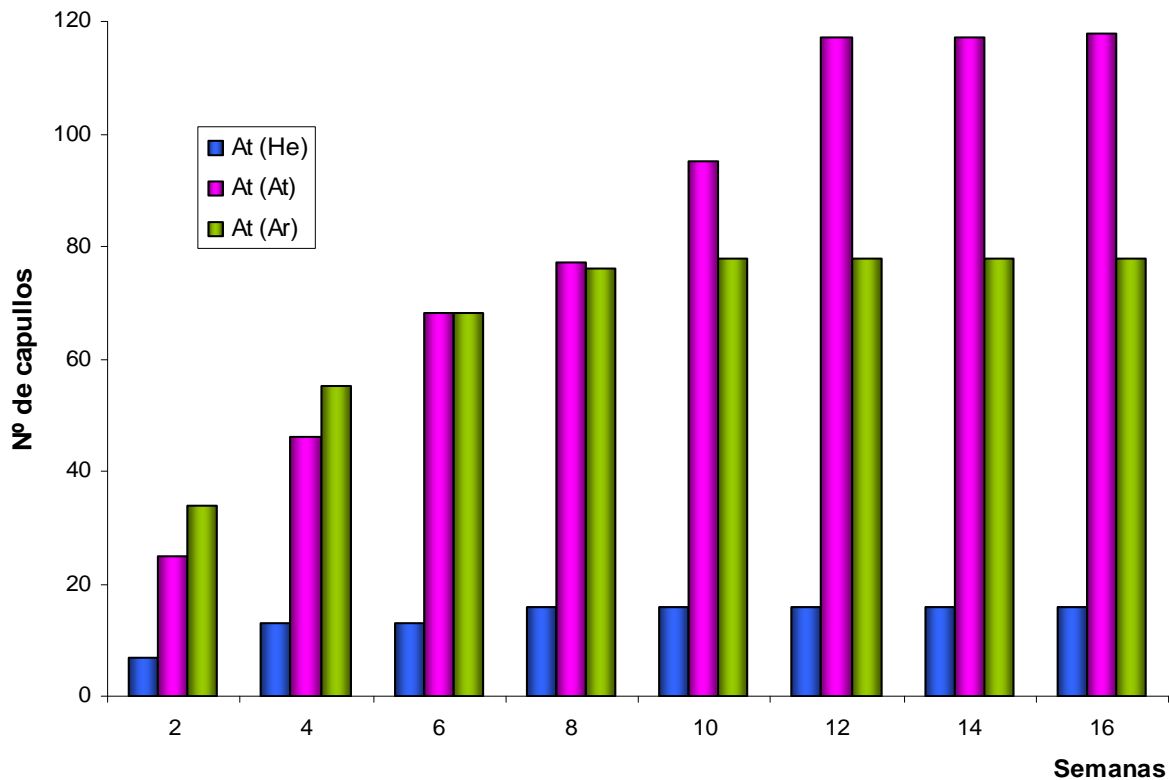


Fig. IV.3.1.4. Producción acumulativa de capullos de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo a lo largo de este experimento.

Los ejemplares de *A. rosea* maduraron mayoritariamente al final del experimento por lo que la producción de capullos fue tan baja que los datos no se pudieron analizar estadísticamente con una mínima fiabilidad. En la Tabla IV.3.1.2. se muestra el número total y relativo de capullos, su peso y su porcentaje de eclosión. Se dieron unos porcentajes de eclosión muy bajos, por debajo del 50 %.

<i>A. rosea</i>	N Ct	N Cr (cap. ad. ⁻¹ sem. ⁻¹)	Peso (mg)	Eclosión (%)
Suelo <i>H. elisae</i>	0 a	---	---	---
Suelo <i>A. c. trapezoides</i>	3 a	0.008	18.86 ± 0.05 a	33.3
Suelo <i>A. rosea</i>	8 b	0.021	18.50 ± 0.05 a	50

Tabla IV.3.1.2. Producción de capullos de *A. rosea*. Número total de capullos (N Ct), relativo (N Cr, cap. ad.⁻¹sem.⁻¹: capullos por adulto y semana), peso medio y porcentaje de eclosión en cada tipo de suelo. Las letras en la misma columna indican las diferencias significativas.

En el suelo de *H. elisae* no se produjeron capullos de *A. rosea* en el tiempo que duró el experimento. En los otros dos suelos la producción fue bastante más baja de lo que cabría esperar, 8 capullos en el suelo de *A. rosea* y 3 capullos en el de *A. c. trapezoides*, posiblemente debido a que la totalidad de los ejemplares alcanzaron la madurez sexual en el último mes del experimento. Para poder analizar plenamente la producción de capullos de *A. rosea* sería necesario realizar nuevos experimentos que se extiendan mucho más en el tiempo, lo que permitiría incluir así todos los meses en los que esta especie está habitualmente clitelada (Fig. IV.3.1.5.).

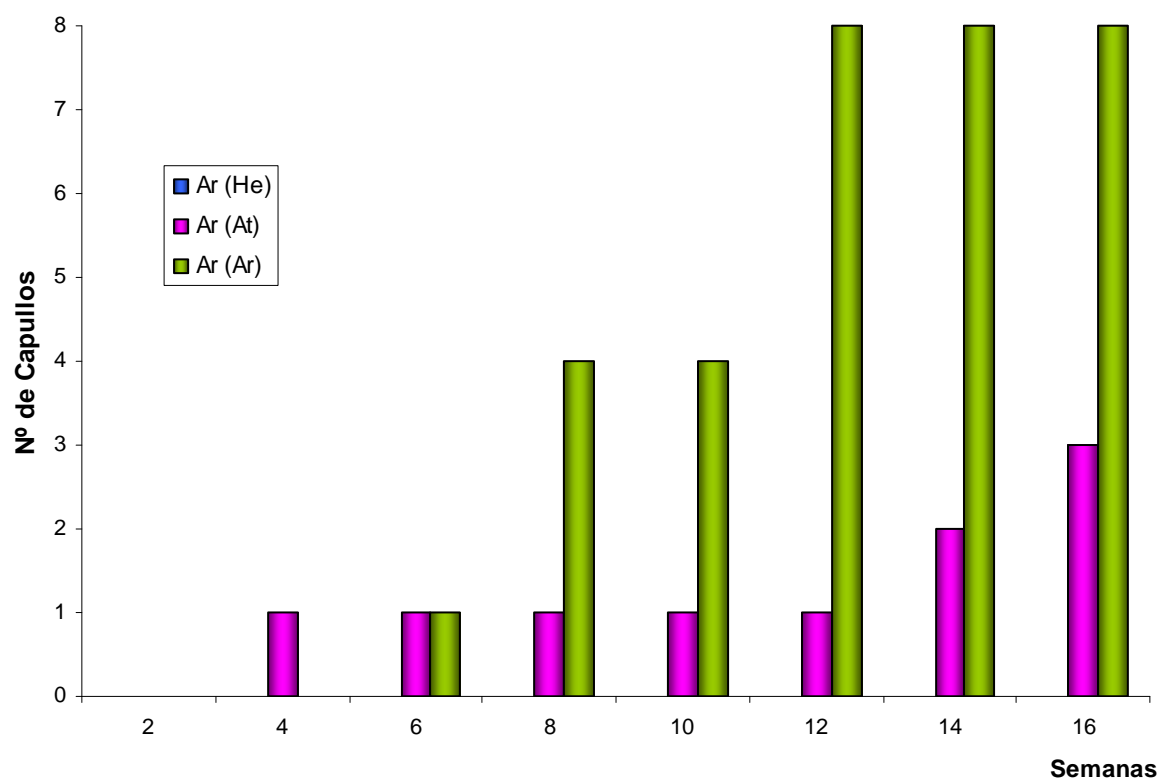


Fig. IV.3.1.5. Producción acumulativa de capullos de *A. rosea* en cada tipo de cultivo a lo largo de este experimento.

3.2. Competencia entre *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae*

El porcentaje de mortalidad para las tres especies tanto en los tratamientos monoespecíficos (Controles B) como en los poliespecíficos fue prácticamente del 0 %, no encontrándose diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. No se encontraron individuos de ninguna especie en estado de quiescencia.

El crecimiento de *H. elisae* mostró diferencias entre los tratamientos monoespecíficos, siendo significativamente mayor en los tratamientos (He A) en los que hay menor densidad (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) que en los de mayor densidad (He B). Al comparar el crecimiento de *H. elisae* cuando se cultiva con las otras especies, se vio que presentó un crecimiento significativamente menor en los cultivos poliespecíficos con *A. rosea* (ANOVA de una vía, $p < 0.01$) que cuando se cultivó sola. Por el contrario, el crecimiento de *H. elisae* no se vio afectado significativamente por la presencia de *A. c. trapezoides*, ya que aunque mostró un crecimiento ligeramente inferior, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Si se observa la Fig. IV.3.2.1. se puede apreciar que el crecimiento de *H. elisae* en los cultivos de menor densidad (He A) se incrementó en el tiempo de forma lineal, alcanzando valores de 3.5 g hacia el final del experimento. Este incremento fue casi paralelo al crecimiento que mostró cuando se cultivó con *A. c. trapezoides*, excepto al final del experimento donde los crecimientos se separaron, siendo menor en los tratamientos poliespecíficos, como si al final del experimento la presencia de *A. c.*

trapezoides empezara a afectar al crecimiento de *H. elisae*, ya que su peso en el momento final presenta una media de 2.56 g. En el crecimiento de los tratamientos monoespecíficos con doble densidad (He B) se observa un efecto parecido en las primeras etapas del experimento, el crecimiento de *H. elisae* fue similar para los dos tratamientos monoespecíficos, pero hacia la mitad el crecimiento en los controles B mostró un ligero descenso, terminando con una media de peso de 2.64 g. En los tratamientos poliespecíficos con *A. rosea* el crecimiento de *H. elisae* fue claramente menor que cuando está sola (Controles A y B).

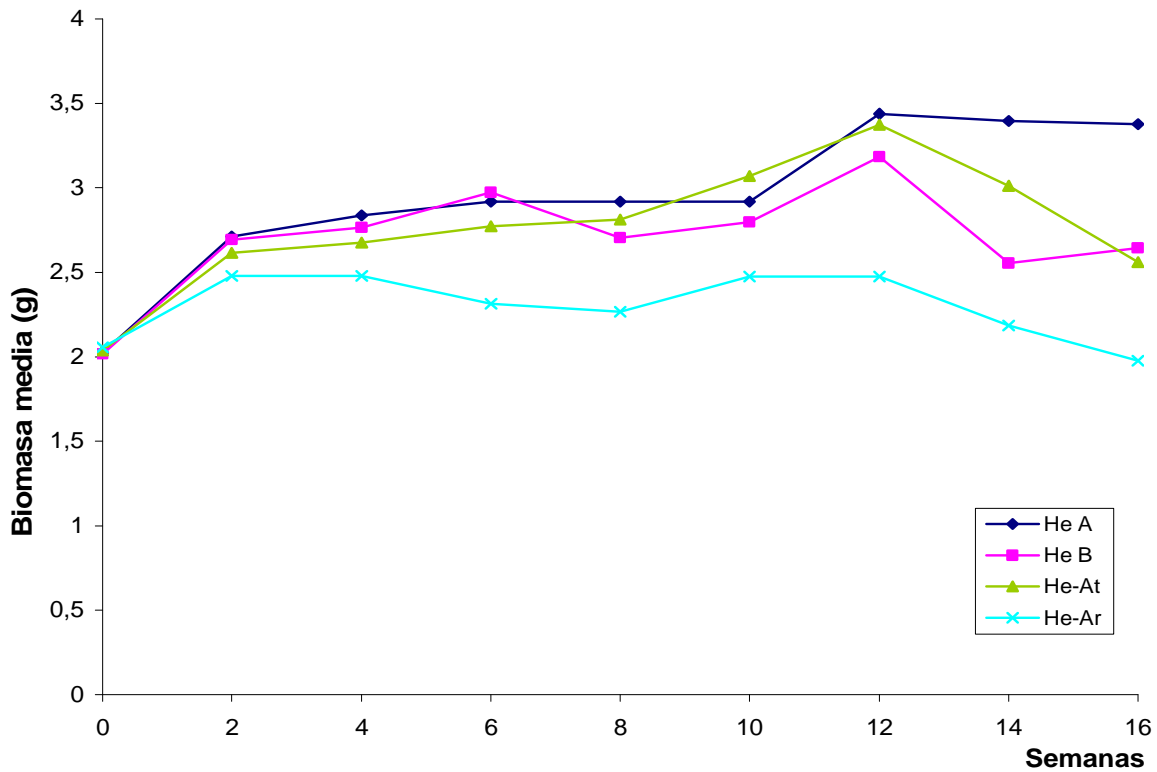


Fig. IV.3.2.1. Representación de la biomasa media de *H. elisae* en cada tipo de cultivo. He A: *H. elisae* en los controles A; He B: *H. elisae* en los controles B; He-At: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*; He-Ar: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

El crecimiento de *A. rosea* se vio afectado negativamente por la presencia de ejemplares de su misma especie, presentando un crecimiento significativamente mayor en los tratamientos monoespecíficos en los que hay menor densidad, que en los tratamientos monoespecíficos con mayor densidad (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). De igual forma se vio afectado por la presencia de *A. c. trapezoides* y *H. elisae* (ANOVA de una vía, $p < 0.01$ y $p < 0.01$, respectivamente).

En la Fig. IV.3.2.2. se aprecia que el crecimiento de *A. rosea* aumentó de forma lineal hasta un punto, la semana doce (cambio n° 6), en el que comenzó a disminuir hasta el final del experimento. Esta tendencia se repite para todos los tratamientos, aunque la disminución de biomasa observada en los controles A (Ar A) fue menor que en el resto de tratamientos.

Al final del experimento los Controles A presentan una media de peso de 3.35 g, mientras que el resto de los tratamientos presentan una media de 2.85 g aproximadamente.

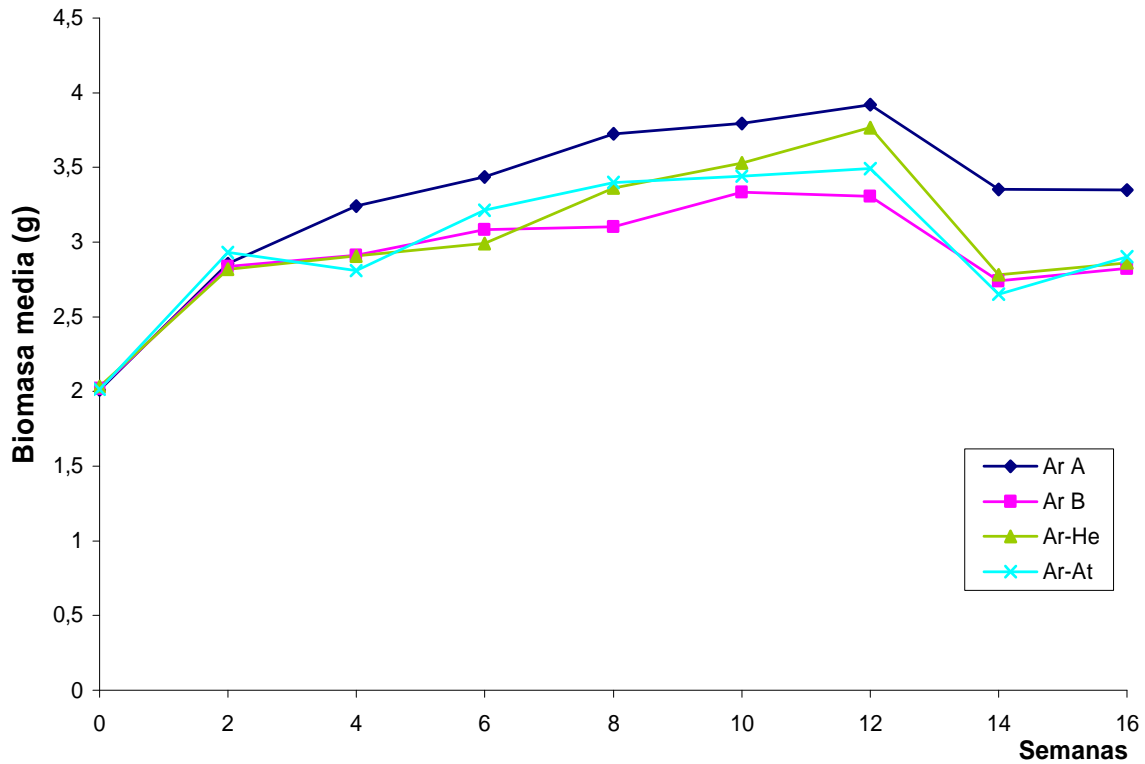


Fig. IV.3.2.2. Representación de la biomasa media de *A. rosea* en cada tipo de cultivo. Ar A: *A. rosea* en los controles A; Ar B: *A. rosea* en los controles B; Ar-He: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; Ar-At: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*.

Al analizar los resultados de *A. c. trapezoides* comprobamos que la especie perdió peso en todos los tratamientos, pero en contra de lo esperado está pérdida de peso de *A. c. trapezoides* fue menor tanto en los tratamientos poliespecíficos con las otras dos especies, *H. elisae* y *A. rosea* (ANOVA de una vía, $p < 0.01$ y $p < 0.05$, respectivamente) como en los tratamientos monoespecíficos de mayor densidad (ANOVA de una vía, $p < 0.01$). A diferencia de lo que se viene observando, el menor crecimiento se dio en los controles A (At A).

En la Fig. IV.3.2.3., en la que se representa la evolución del peso de *A. c. trapezoides*, se puede observar que la biomasa tuvo un pequeño aumento al inicio del experimento, seguido de un paulatino descenso que se mantiene hasta el final del experimento, siendo más marcado en los controles A y en los tratamientos poliespecíficos con *A. rosea*.

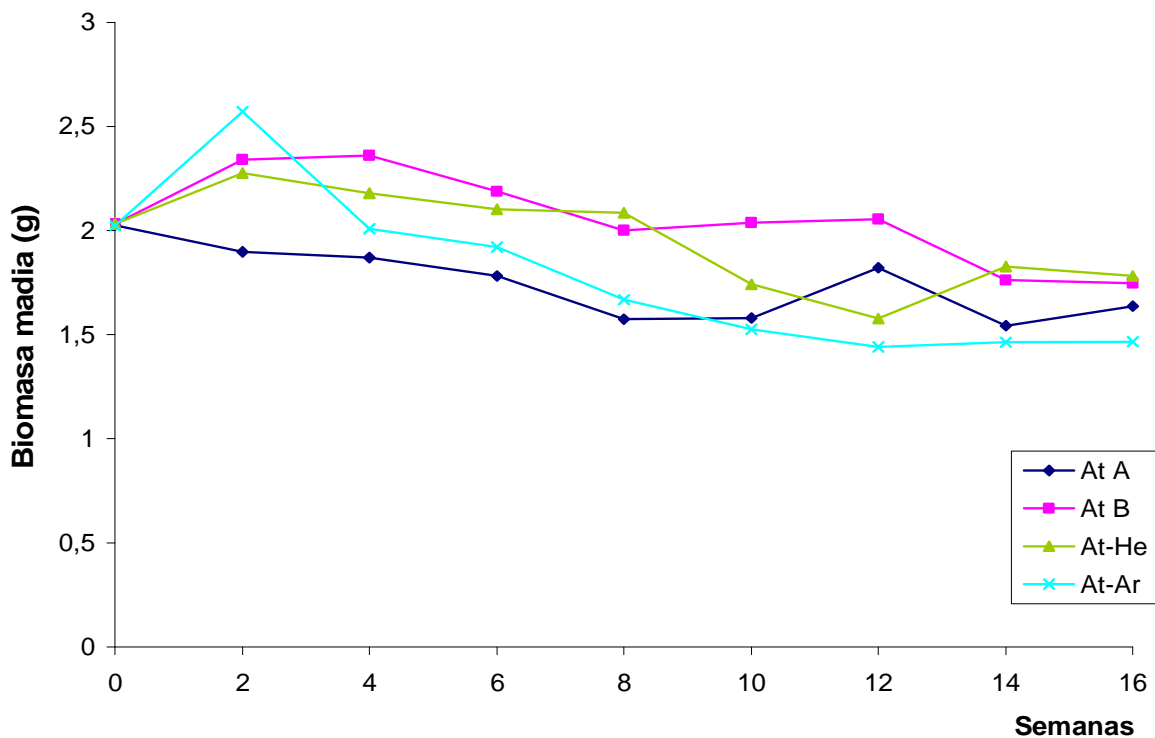


Fig. IV.3.2.3. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo. At A: *A. c. trapezoides* en los controles A; At B: *A. c. trapezoides* en los controles B; At-He: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; At-Ar: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

H. elisae no produjo capullos a lo largo del experimento ya que durante este periodo no alcanzó el estado de madurez sexual en los microcosmos. *A. rosea* alcanzó el estado de madurez hacia el final del experimento, sobre los meses de Abril- Mayo, aunque no produjo capullos en el tiempo que duró el experimento.

A. c. trapezoides se encontraba madura desde el principio del experimento. Su producción de capullos, al igual que ocurría con el peso, aumentó en presencia de *H. elisae*, resultando significativamente mayor (χ^2 , $p < 0.05$). En los tratamientos poliespecíficos con *A. rosea* la producción de capullos fue ligeramente superior a la de los tratamientos monoespecíficos, tanto controles A como controles B, aunque estas diferencias no fueron significativas estadísticamente. La producción de capullos en los controles resultó similar, no encontrándose diferencias significativas entre ambos tratamientos (Fig. IV.3.2.4.).

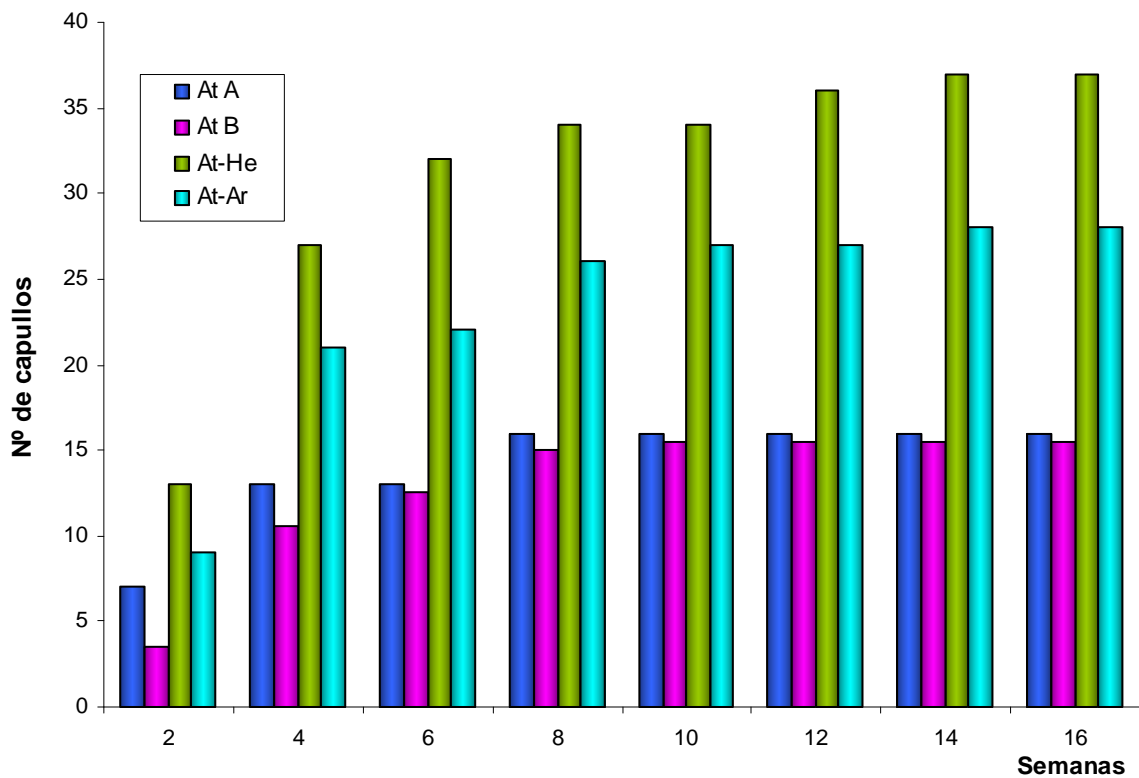


Fig. IV.3.2.4. Producción acumulativa de capullos de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo a lo largo del experimento. La producción de capullos de los controles B está dividida entre 2 para igualar el número de ejemplares de *A. c. trapezoides* por cultivo.

En la Tabla IV.3.2.1. se muestran los datos del número total y relativo de capullos, el peso y el porcentaje de eclosión para cada tratamiento. El peso de los capullos no muestra diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo ligeramente superior en los tratamientos poliespecíficos. Los porcentajes de eclosión son muy altos, en todos los tratamientos son superiores al 80 %. Se debe destacar que aunque en la tabla se muestran los datos del número total de capullos producidos en los controles B, los análisis estadísticos se realizaron teniendo en cuenta la mitad de los capullos producidos para igualar el número de ejemplares de *A. c. trapezoides* en todos los tratamientos.

<i>A. c. trapezoides</i>	N Ct	N Cr (cap. ad. ⁻¹ sem. ⁻¹)	Peso (mg)	Eclosión (%)
Control A	16 a	0.08	36.37 ± 0.008 a	87.5
Control B	31 a	0.08	34.92 ± 0.007 a	96.8
Con <i>H. elisae</i>	37 b	0.19	37.50 ± 0.007 a	94.6
Con <i>A. rosea</i>	28 a	0.15	37.88 ± 0.008 a	82.1

Tabla IV.3.2.1. Producción de capullos de *A. c. trapezoides* en suelo de *H. elisae*. Número total de capullos (N Ct), relativo (N Cr, cap. ad.⁻¹sem.⁻¹: capullos por adulto y semana), peso medio y porcentaje de eclosión en cada tipo de suelo. Las letras en la misma columna indican las diferencias significativas.

Cuando se sumó el peso de los capullos producidos por *A. c. trapezoides* al peso de las lombrices para ver si el gasto en la producción de capullos enmascaraba el efecto de la posible competencia, se vio que se mantenían los efectos observados sin tener en cuenta el peso de los capullos. El crecimiento fue significativamente mayor en los controles B, seguido de los tratamientos poliespecíficos con *H. elisae* (ANOVA de una vía, $p < 0.01$). El menor crecimiento se dio en los controles A, existiendo diferencias significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.01$).

Si se comparan las dos figuras en las que se muestra la evolución del peso de *A. c. trapezoides* (Fig. IV.3.2.3. y Fig. IV.3.2.5.), se puede comprobar que las líneas están ligeramente más separadas, pero mantienen la misma tendencia.

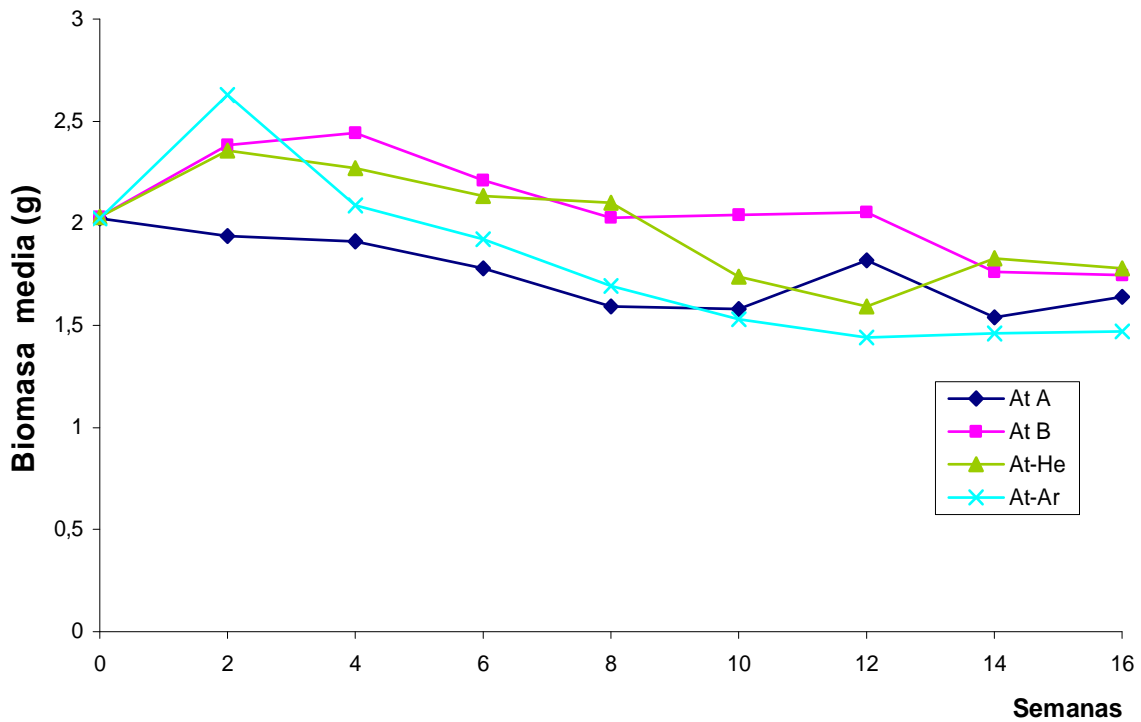


Fig. IV.3.2.5. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo entendida como el **peso de lombriz + peso de capullos producidos**. At A: *A. c. trapezoides* en los controles A; At B: *A. c. trapezoides* en los controles B; At-He: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; At-Ar: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

Los resultados de este experimento se muestran a continuación en una tabla resumen:

Especie	Peso		p	Capullos		Sumatorio
	Media	Peso final (g)		Nº	Peso total (g)	
<i>H. elisae</i>						
Control A	2.90 ± 0.12	3.38	---	0	---	3.38
Control B	2.57 ± 0.06	2.64	0.015	0	---	2.64
Con <i>A. c. trapezoides</i>	2.79 ± 0.09	2.56	0.444	0	---	2.56
Con <i>A. rosea</i>	2.35 ± 0.06	1.98	0.000	0	---	1.98
<i>A. c. trapezoides</i>						
Control A	1.75 ± 0.03	1.64	---	16	0.58	1.74
Control B	2.06 ± 0.03	1.75	0.000	31	1.08	1.84
Con <i>H. elisae</i>	2.01 ± 0.04	1.78	0.000	37	1.38	2.01
Con <i>A. rosea</i>	1.87 ± 0.05	1.47	0.030	28	1.06	1.65
<i>A. rosea</i>						
Control A	2.97 ± 0.08	3.35	---	0	---	3.35
Control B	2.74 ± 0.05	2.82	0.012	0	---	2.82
Con <i>H. elisae</i>	2.61 ± 0.06	2.86	0.000	0	---	2.86
Con <i>A. c. trapezoides</i>	2.61 ± 0.04	2.90	0.000	0	---	2.90

Tabla IV.3.2.2. Resumen de los resultados del experimento de competencia en suelo de la zona de *H. elisae*. Los valores de significación (p) están expresados en relación al control A. En el sumatorio se refleja el peso final + el peso de los capullos de cada réplica

3.3. Competencia entre *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*

El porcentaje de mortalidad para las tres especies en todos los tratamientos fue prácticamente del 0 % y en ningún caso se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Al igual que en el experimento anterior no se encontraron individuos de ninguna especie en estado de quiescencia en ninguno de los tratamientos.

El crecimiento de *H. elisae* y de *A. rosea* fue similar en todos tratamientos, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos monoespecíficos y los poliespecíficos.

En las Fig. IV.3.3.1. y IV.3.3.2. se puede apreciar un crecimiento lineal a lo largo de todo el experimento. En ambas figuras se observa que se dio un crecimiento similar en todos los tratamientos, alcanzándose valores entorno a los 5.5-6 g en el caso de *H. elisae* y valores entre 3-3.5 g en el caso de *A. rosea*. El crecimiento de *A. rosea* en los tratamientos poliespecíficos fue ligeramente superior al crecimiento en los tratamientos monoespecíficos.

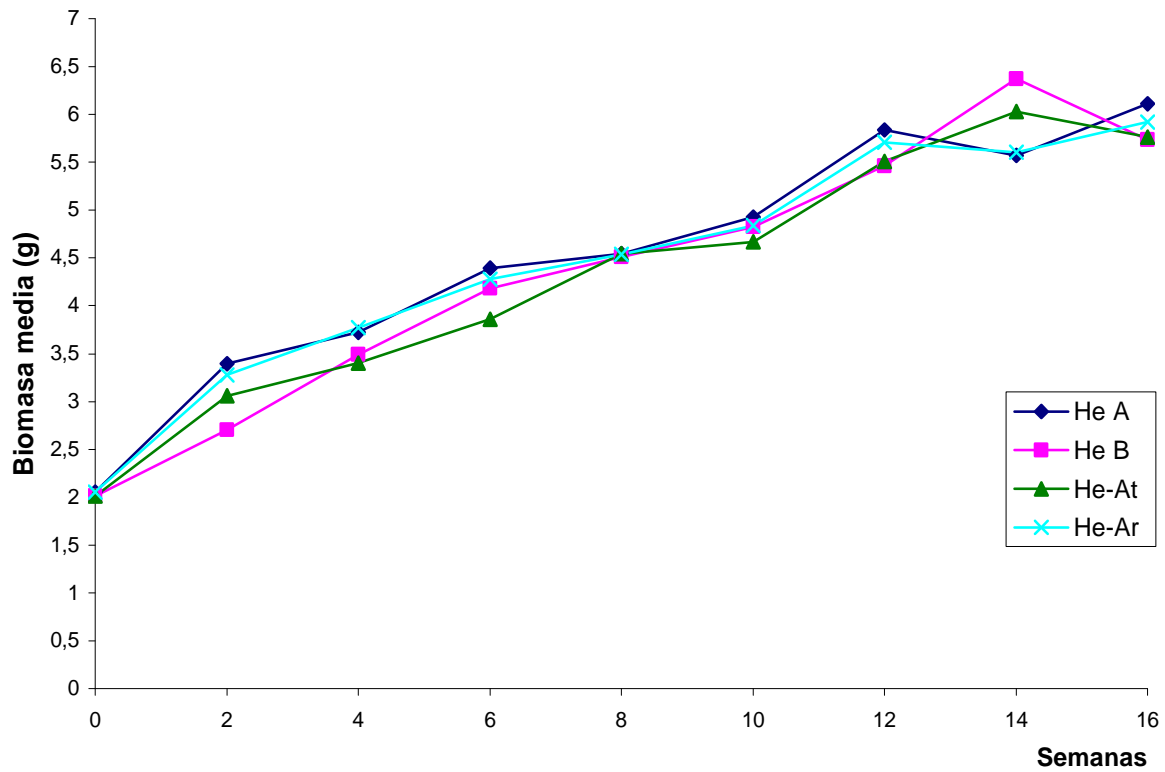


Fig. IV.3.3.1. Representación de la biomasa media de *H. elisae* en cada tipo de cultivo. He A: *H. elisae* en los controles A; He B: *H. elisae* en los controles B; He-At: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*; He-Ar: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

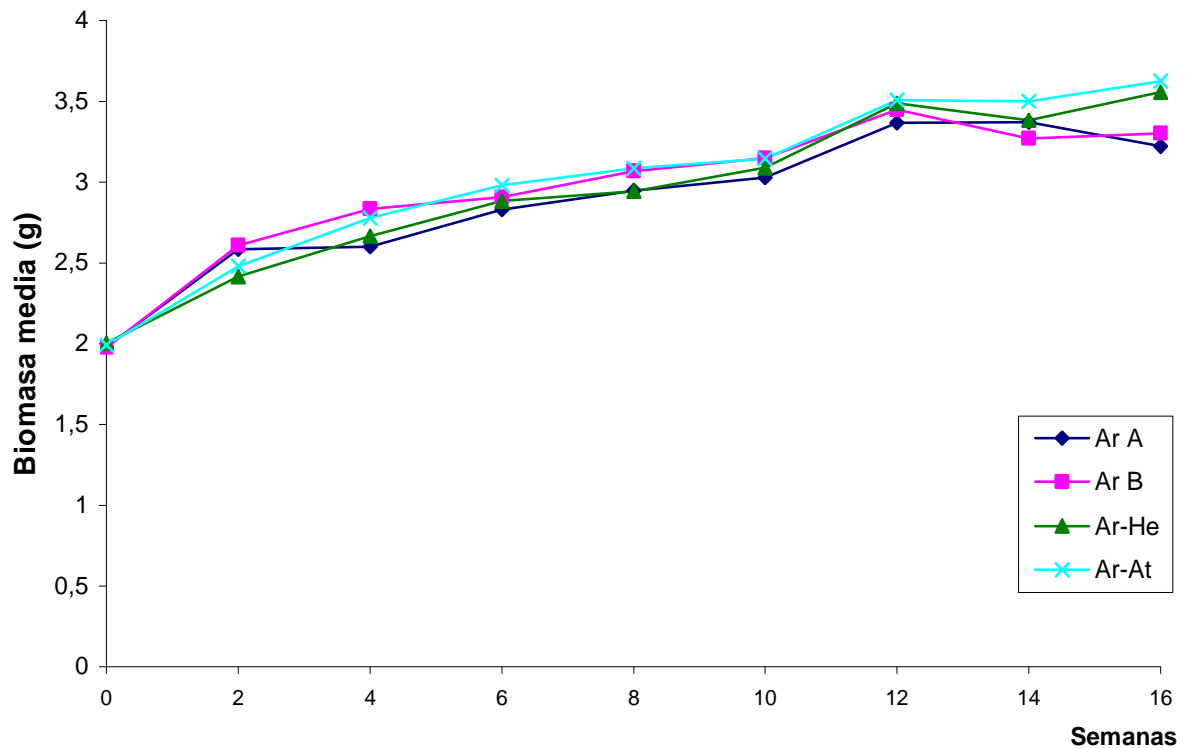


Fig. IV.3.3.2. Representación de la biomasa media de *A. rosea* en cada tipo de cultivo. Ar A: *A. rosea* en los controles A; Ar B: *A. rosea* en los controles B; Ar-He: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; Ar-At: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*.

Por el contrario, el crecimiento de *A. c. trapezoides* (Fig. IV.3.3.3.) varió cuando se compararon los tratamientos monoespecíficos, con diferente densidad de población, siendo significativamente menor el crecimiento en los tratamientos con mayor densidad (Ar B) (ANOVA de una vía, $p < 0.01$). El crecimiento de *A. c. trapezoides* también se vio afectado por la presencia de *H. elisae*, resultando significativamente menor en los tratamientos poliespecíficos (ANOVA de una vía, $p < 0.01$) que en los monoespecíficos. Sin embargo parece que el crecimiento no se vio afectado por la presencia de *A. rosea*, ya que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos monoespecíficos y los poliespecíficos con esta especie.

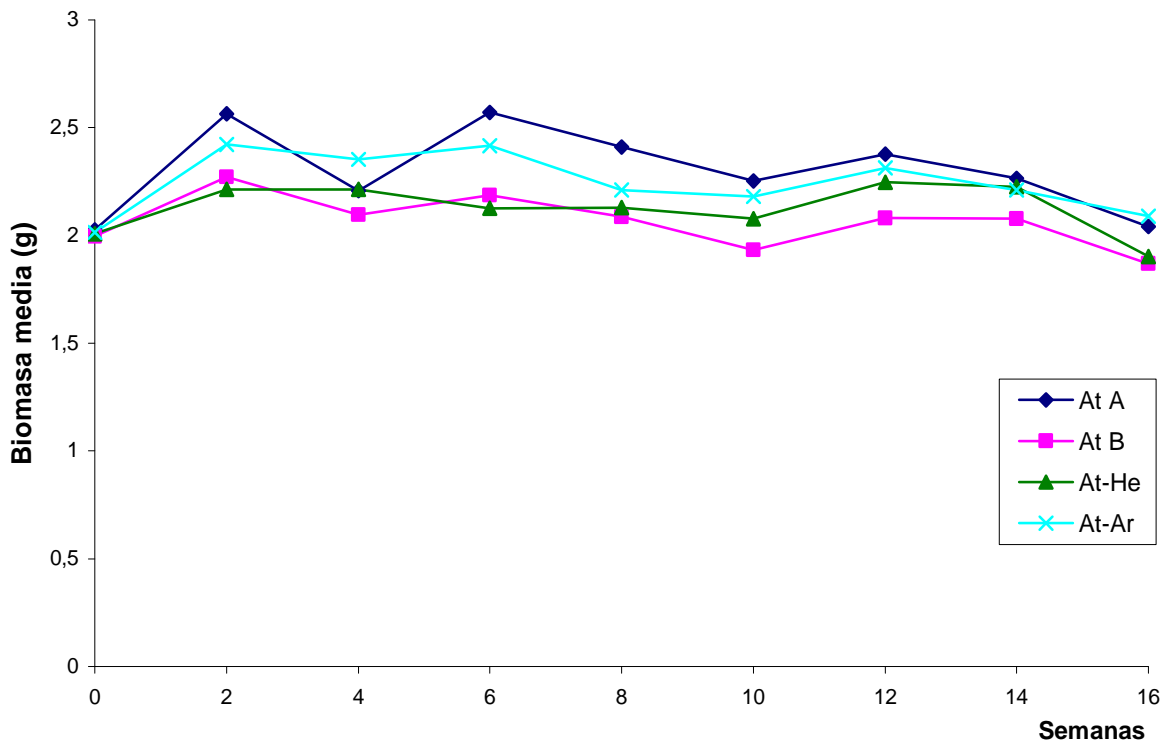


Fig. IV.3.3.3. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo. At A: *A. c. trapezoides* en los controles A; At B: *A. c. trapezoides* en los controles B; At-He: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; At-Ar: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

H. elisae, al igual que en el experimento anterior, no produjo capullos ya que no alcanzó el estado de madurez sexual, por lo que no se pudo analizar el efecto de los diferentes tratamientos sobre la producción de capullos de *H. elisae*.

La producción de capullos de *A. c. trapezoides* fue menor tanto en los tratamientos con doble densidad (Control B) como en los tratamientos poliespecíficos con *A. rosea* en comparación con la producción en los controles A, resultando significativamente menor únicamente estos últimos (χ^2 , $p < 0.01$). *A. c. trapezoides* no parece verse afectada por la presencia de *H. elisae*, ya que la producción de capullos fue muy similar a la que presentó en los tratamientos monoespecíficos (Control A) (Fig. IV.3.3.4.). La mayor tasa de producción de capullos por individuo se da en los controles A, en los que el suelo disponible es utilizado sólo por dos individuos.

En la Tabla IV.3.3.1. se muestran los datos del número total y relativo de capullos, el peso y el porcentaje de eclosión para cada tratamiento. Se puede observar que el peso de los capullos producidos por *A. c. trapezoides* no muestra diferencias significativas entre los diferentes tratamientos y que los porcentajes de eclosión son superiores al 80 %. Se debe destacar que aunque en la tabla se muestran los datos del número total de capullos producidos en los controles B, los análisis estadísticos se realizaron teniendo en cuenta la mitad de los capullos producidos para igualar el número de ejemplares de *A. c. trapezoides* en todos los tratamientos.

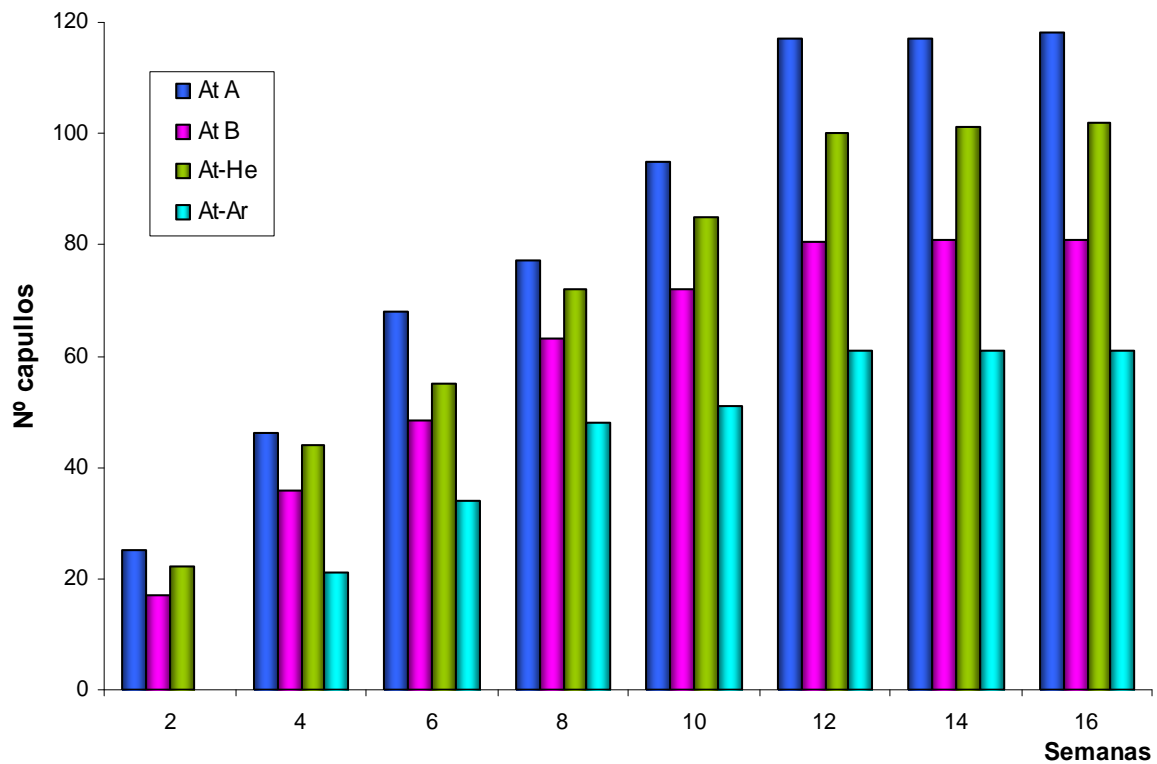


Fig. IV.3.3.4. Producción acumulativa de capullos de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo a lo largo del experimento. La producción de capullos de los controles B está dividida entre 2 para igualar el número de ejemplares de *A. c. trapezoides* por cultivo.

<i>A. c. trapezoides</i>	NCT	NCR (cap. ad. ⁻¹ sem. ⁻¹)	Peso (mg)	Eclósión (%)
Control A	118 a	0.61	35.47 ± 0.008 a	90.1
Control B	162 b	0.42	35.21 ± 0.007 a	80.2
Con <i>H. elisae</i>	102 a	0.53	35.98 ± 0.006 a	89.2
Con <i>A. rosea</i>	61 c	0.32	36.58 ± 0.008 a	88.5

Tabla IV.3.3.1. Producción de capullos de *A. c. trapezoides* en suelo de *A. c. trapezoides*. Número total de capullos (NCT), relativo (NCR, cap. ad.⁻¹sem.⁻¹: capullos por adulto y semana), peso medio y porcentaje de eclósión en cada tratamiento. Las letras en la misma columna indican las diferencias significativas.

Cuando se sumó el peso de los capullos producidos por *A. c. trapezoides* a su crecimiento, no se observaron diferencias entre los dos análisis (teniendo en cuenta el peso de los capullos y sin tener en cuenta el peso de los capullos), ya que se mantuvieron las mismas diferencias observadas anteriormente. El mayor crecimiento se dio en los tratamientos monoespecíficos (At A), seguido de los tratamientos poliespecíficos con *A. rosea*, aunque no existen diferencias significativas entre los dos. El crecimiento de *A. c. trapezoides* se vio afectado por la presencia de *H. elisae* y el aumento de densidad (At B), resultando significativamente menor su crecimiento en estos tratamientos (ANOVA de una vía, $p < 0.01$) que en los monoespecíficos (At A).

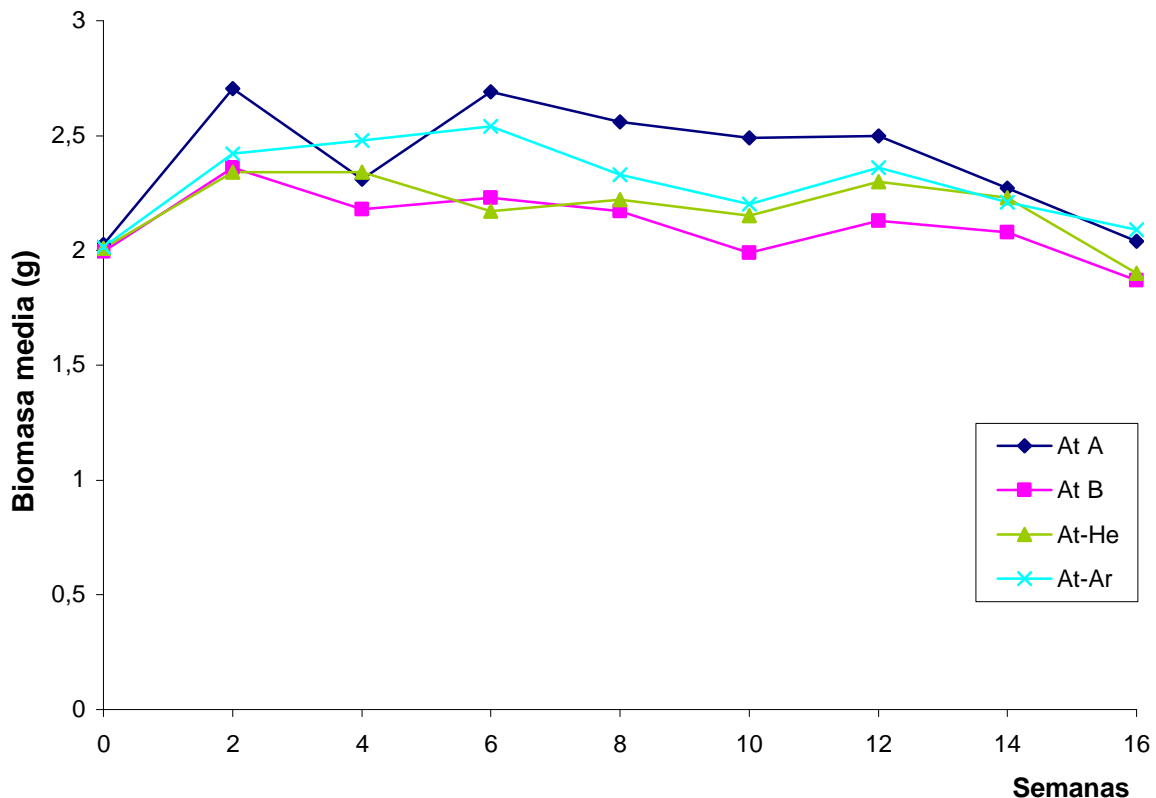


Fig. IV.3.3.5. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo (**peso de lombriz + peso de capullos producidos**). At A: *A. c. trapezoides* en los controles A; At B: *A. c. trapezoides* en los controles B; He-At: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; At-Ar: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

A. rosea alcanzó la madurez sexual al final del experimento, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos monoespecíficos y los poliespecíficos debido quizás a la baja producción de capullos (Fig. IV.3.3.6).

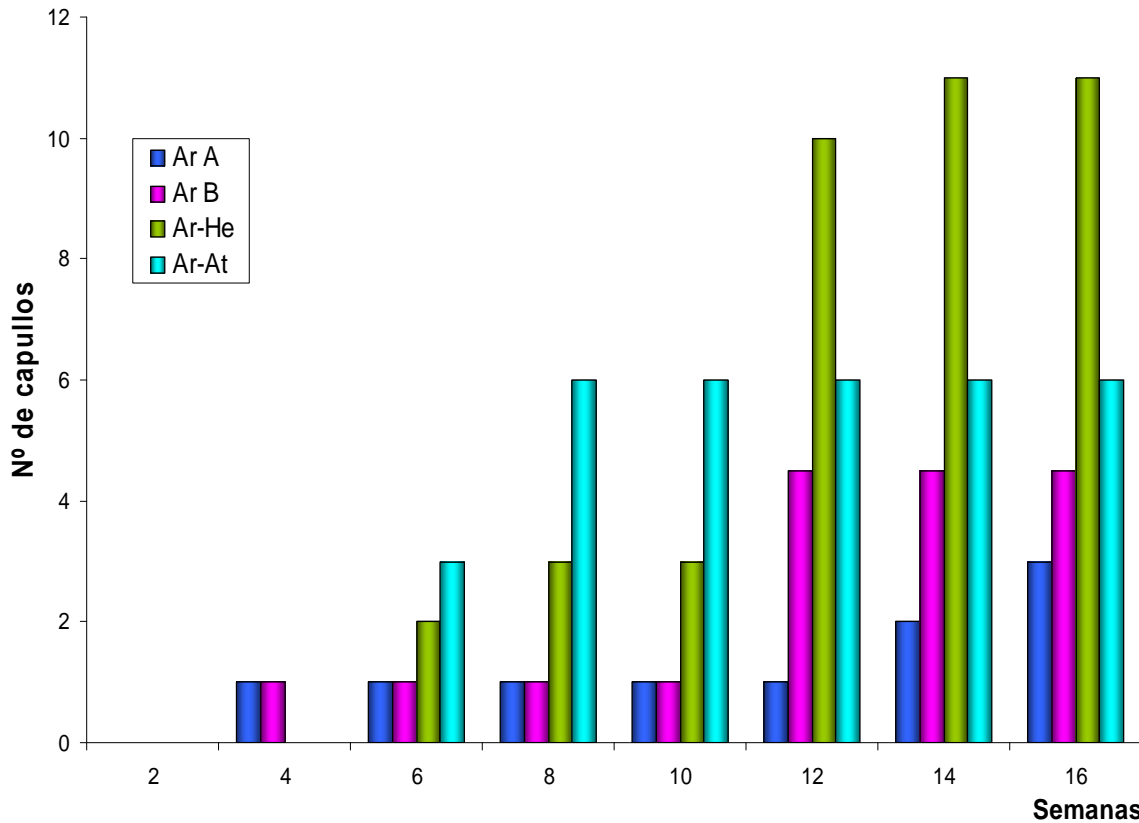


Fig. IV.3.3.6. Producción acumulativa de capullos de *A. rosea* en cada tipo de cultivo a lo largo del experimento. La producción de capullos de los controles B está dividida entre 2 para igualar el número de ejemplares de *A. c. trapezoides* por cultivo.

En la Tabla IV. 3.3.2. se muestra el número total y relativo de capullos, el peso y el porcentaje de eclosión para cada tratamiento. El peso de los capullos no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos. Los valores de los porcentajes de eclosión variaron mucho debido al escaso número de capullos. Se debe destacar que aunque en la tabla se muestran los datos del número total de capullos producidos en los controles B, los análisis estadísticos se realizaron

teniendo en cuenta la mitad de los capullos producidos para igualar el número de ejemplares de *A. rosea* en todos los tratamientos.

<i>A. rosea</i>	NCt	NCr (cap. ad. ⁻¹ sem. ⁻¹)	Peso (mg)	Eclósión (%)
Control A	3 a	0.008	18.86 ± 0.12 a	33.3
Control B	9 a	0.010	19.02 ± 0.11 a	22.2
Con <i>H. elisae</i>	9 a	0.023	18.46 ± 0.08 a	55.5
Con <i>A. c. trapezoides</i>	5 a	0.013	18.95 ± 0.10 a	60

Tabla IV.3.3.2. Producción de capullos de *A. rosea* en suelo de *A. c. trapezoides*. Número total de capullos (NCt), relativo (NCr, cap. ad.⁻¹ sem.⁻¹: capullos por adulto y semana), peso medio y porcentaje de eclósión en cada tratamiento. Las letras en la misma columna indican las diferencias significativas.

Especie	Peso		Capullos		Sumatorio	
	Media	Peso final (g)	p	Nº	Peso total (g)	Peso final + peso capullos (g)
<i>H. elisae</i>						
Control A	4.51 ± 0.19	6.11	---	0	---	6.11
Control B	4.36 ± 0.20	5.73	0.601	0	---	5.73
Con <i>A. c. trapezoides</i>	4.32 ± 0.19	5.76	0.487	0	---	5.76
Con <i>A. rosea</i>	4.44 ± 0.20	5.92	0.823	0	---	5.92
<i>A. c. trapezoides</i>						
Control A	2.30 ± 0.04	2.04	---	118	4.18	2.74
Control B	2.07 ± 0.02	1.86	0.000	162	5.70	2.33
Con <i>H. elisae</i>	2.13 ± 0.03	1.90	0.000	102	3.67	2.51
Con <i>A. rosea</i>	2.25 ± 0.03	2.09	0.287	61	2.23	2.46
<i>A. rosea</i>						
Control A	2.88 ± 0.07	3.22	---	3	0.06	3.23
Control B	2.95 ± 0.06	3.30	0.452	9	0.17	3.31
Con <i>H. elisae</i>	2.94 ± 0.07	3.56	0.550	9	0.17	3.59
Con <i>A. c. trapezoides</i>	3.01 ± 0.07	3.62	0.205	5	0.09	3.64

Tabla IV.3.3.3. Resumen de los resultados del experimento de competencia en suelo de *A. c. trapezoides*. Los valores de significación (p) están expresados en relación al control A. En el sumatorio se refleja el peso final + el peso de los capullos de cada réplica

3.4. Competencia entre *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea*

Al igual que en los experimentos anteriores el porcentaje de mortalidad para las tres especies en todos los tratamientos fue prácticamente del 0 %, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos. De igual forma no se encontraron individuos de ninguna especie en estado de quiescencia en ninguno de los tratamientos. Todos estos datos indican que las condiciones experimentales eran apropiadas para los requerimientos de las lombrices de estudio.

El crecimiento de *H. elisae* varió cuando se compararon los tratamientos con diferente densidad de población, siendo significativamente mayor el crecimiento en los tratamientos monoespecíficos con menor densidad (He A) (ANOVA de una vía, $p < 0.01$) que en los de mayor densidad (He B). El crecimiento de *H. elisae* también se vio afectado por la presencia de *A. rosea*, resultando significativamente menor su crecimiento en los tratamientos poliespecíficos con esta especie (ANOVA de una vía, $p < 0.01$) que en los monoespecíficos. Por el contrario, parece que el crecimiento no se vio afectado por la presencia de *A. c. trapezoides*, ya que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos monoespecíficos y los poliespecíficos (Fig.IV.3.4.1.).

H. elisae mostró un patrón de crecimiento lineal, siendo este crecimiento diferente en los tratamientos de menor densidad y en aquellos en los que se cultivaba junto a *A. c. trapezoides*, donde el crecimiento es mayor y alcanzaron valores

próximos a 5 g, de los tratamientos con mayor densidad y aquellos con *A. rosea*, donde el crecimiento es significativamente menor y alcanzan valores en torno a 3 g.

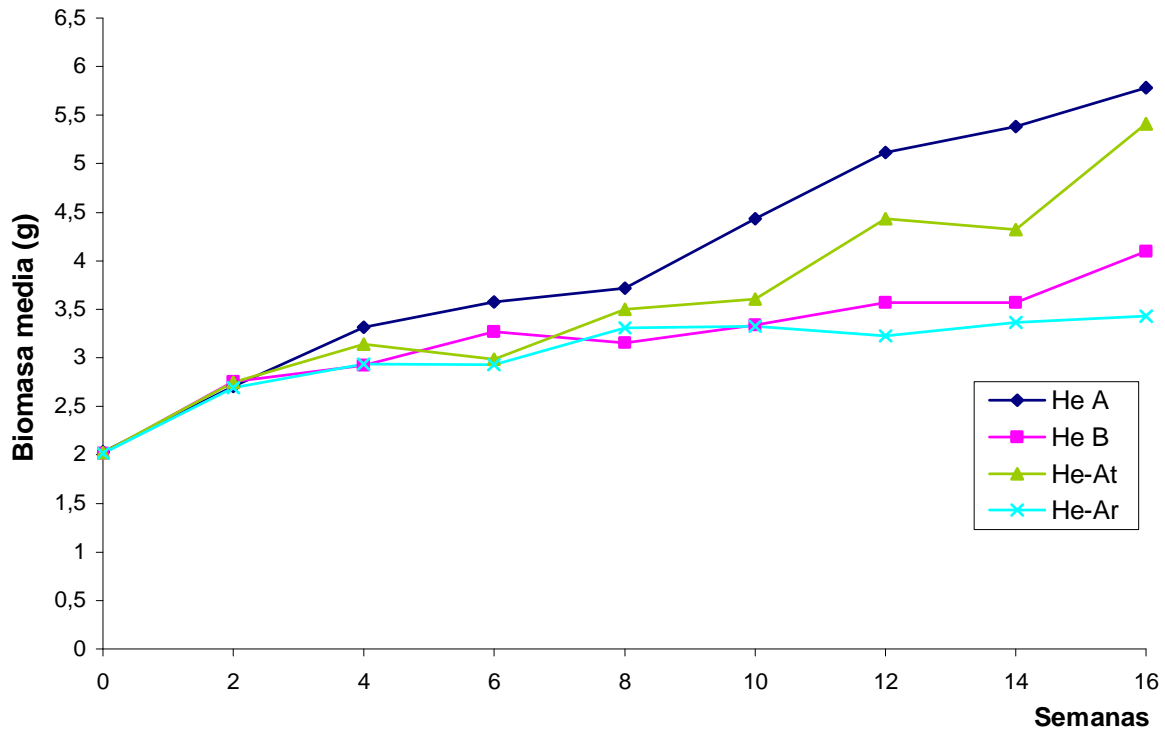


Fig. IV.3.4.1. Representación de la biomasa media de *H. elisae* en cada tipo de cultivo. He A: *H. elisae* en los controles A; He B: *H. elisae* en los controles B; He-At: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*; He-Ar: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

El crecimiento de *A. c. trapezoides* fue similar en todos tratamientos, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos monoespecíficos y los poliespecíficos (Fig. IV.3.4.2.). Se observó un descenso paulatino del peso de *A. c. trapezoides* a lo largo de todo el experimento, alcanzando valores de 1.5 g en los tratamientos poliespecíficos y valores ligeramente superiores a 2 g en los tratamientos monoespecíficos.

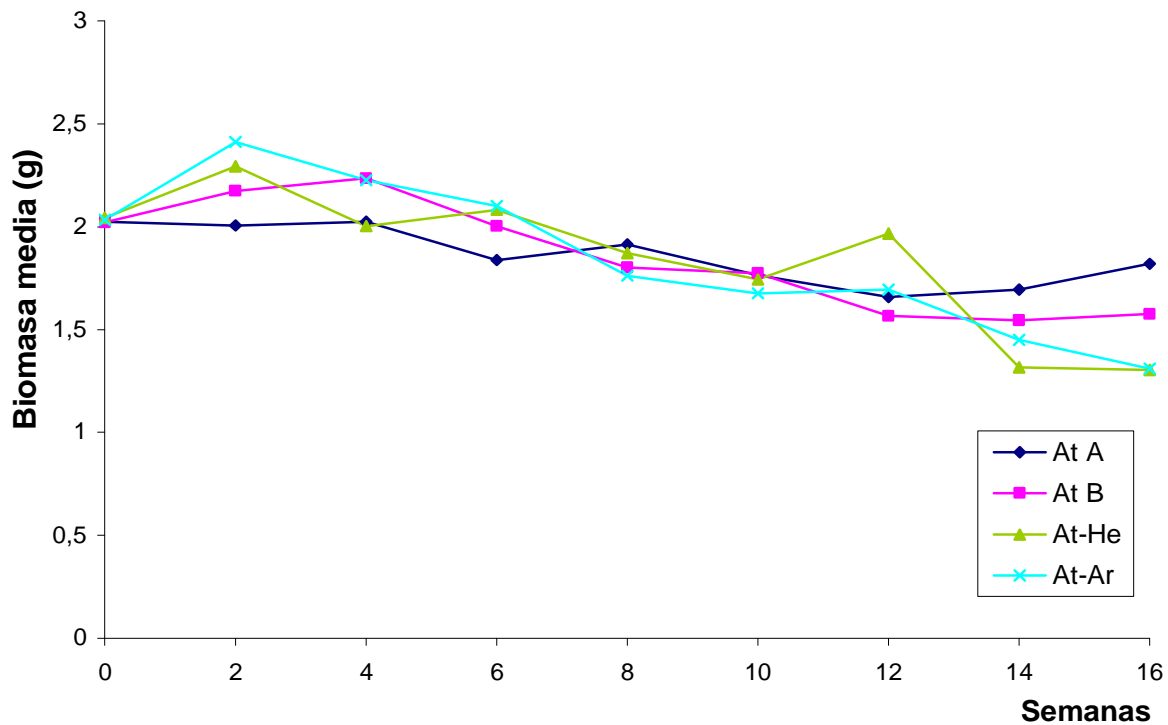


Fig. IV.3.4.2. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo. At A: *A. c. trapezoides* en los controles A; At B: *A. c. trapezoides* en los controles B; At-He: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; At-Ar: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

El crecimiento de *A. rosea* mostró diferencias entre los tratamientos mono-específicos, siendo significativamente mayor en los tratamientos en los que había menor densidad (Ar A) (ANOVA de una vía, $p < 0.01$). Al comparar el crecimiento de *A. rosea* en los tratamientos poliespecíficos con el de los tratamientos mono-específicos (Ar A), se vio que presentaba un crecimiento significativamente menor en los tratamientos con *H. elisae* (ANOVA de una vía, $p < 0.01$) y en los tratamientos con *A. c. trapezoides* (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) que en los tratamientos en los que se cultivaba sola (Fig. IV.3.4.3.).

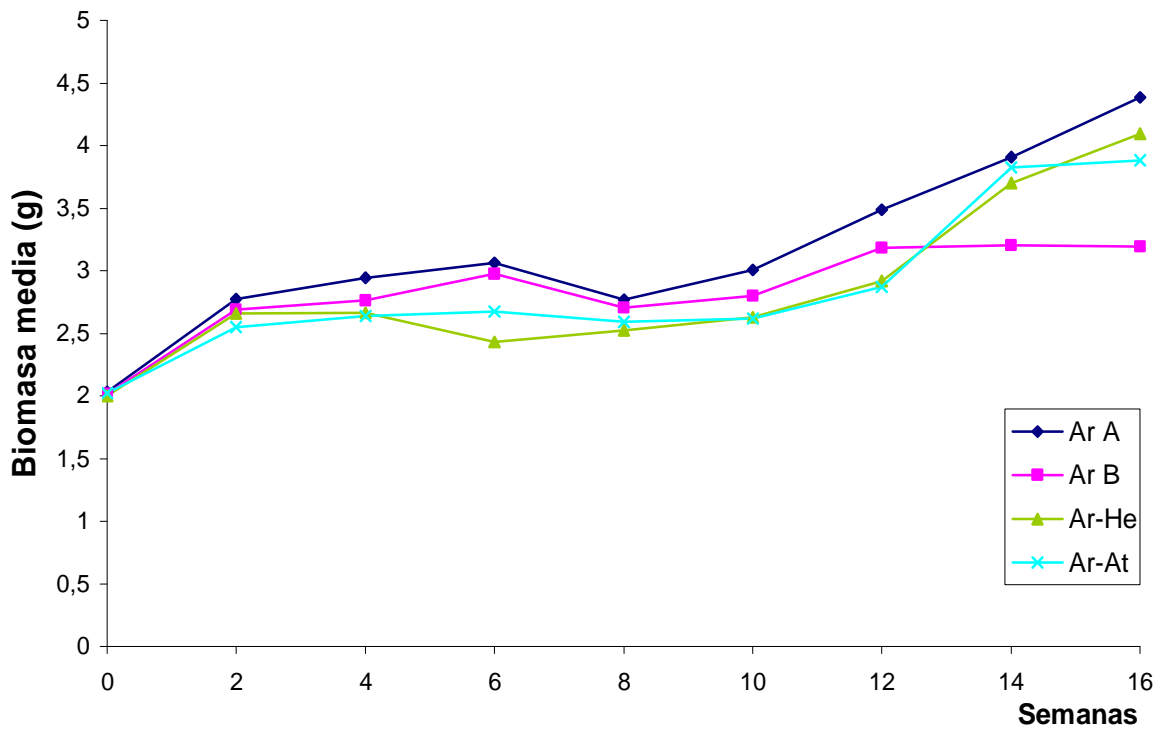


Fig. IV.3.4.3. Representación de la biomasa media de *A. rosea* en cada tipo de cultivo. Ar A: *A. rosea* en los controles A; Ar B: *A. rosea* en los controles B; Ar-He: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; Ar-At: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*.

Al igual que en los experimentos anteriores *H. elisae* no alcanzó el estado de madurez sexual por lo que no podemos valorar como afectan los diferentes tratamientos a su producción de capullos.

A. c. trapezoides se encontraba clitelada desde el comienzo del experimento. La producción de capullos parece no verse afectada por la presencia de las otras especies ni por el aumento de densidad de su propia especie, ya que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos monoespecíficos y poliespecíficos (Fig. IV.3.4.4.).

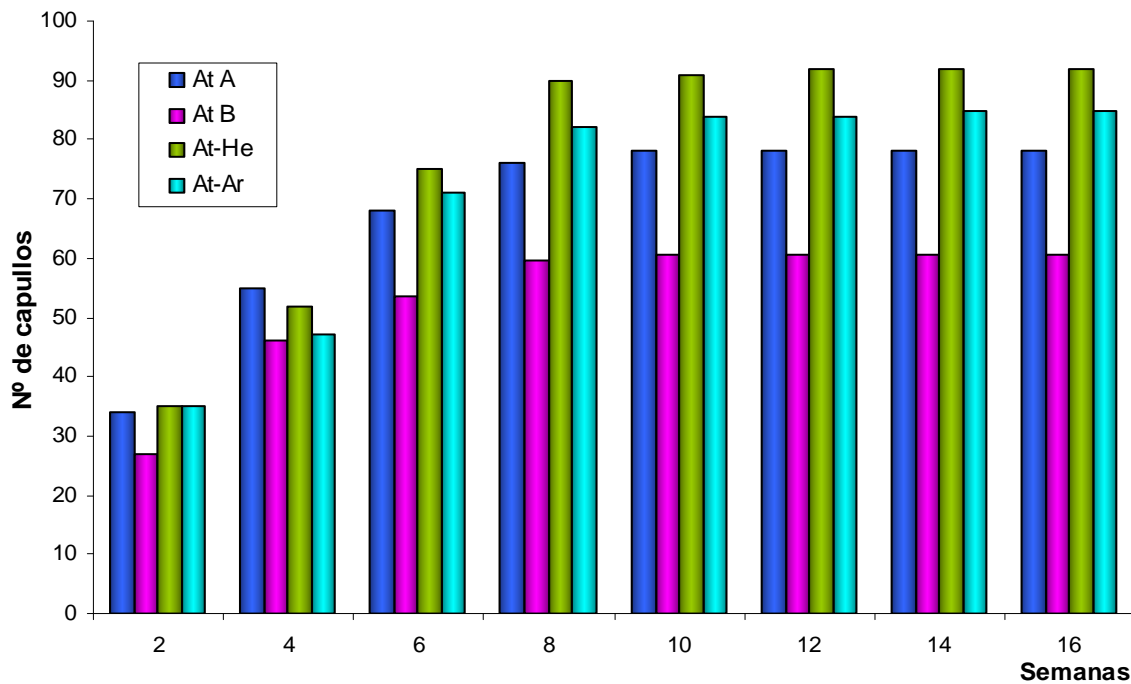


Fig. IV.3.4.4. Producción acumulativa de capullos de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo a lo largo del experimento. La producción de capullos de los controles B está dividida entre 2 para igualar el número de ejemplares de *A. c. trapezoides* por cultivo.

En la Tabla IV.3.4.1. se muestra el número de capullos de *A. c. trapezoides* en cada uno de los tratamientos. Se puede observar que la mayor producción de capullos se dio en los tratamientos poliespecíficos, aunque las diferencias no fueron significativas. Como en el caso anterior destacar que se considera la mitad de la producción de los controles B para realizar los análisis estadísticos. El número relativo de capullos o tasa de producción es elevado, aunque no llega a los valores obtenidos en su propio suelo. El peso de los capullos fue similar en todos los tratamientos, no encontrándose diferencias significativas entre los mismos. El porcentaje de eclosión disminuyó ligeramente en los tratamientos poliespecíficos, aunque este porcentaje fue superior al 88 %.

<i>A. c. trapezoides</i>	N Ct	N Cr (cap. ad. ⁻¹ sem. ⁻¹)	Peso (mg)	Eclosión (%)
Control A	78 a	0.41	28.40 ± 0.007 a	94.9
Control B	120 a	0.31	33.13 ± 0.007 a	93.3
Con <i>H. elisae</i>	92 a	0.48	30.56 ± 0.008 a	88.1
Con <i>A. rosea</i>	85 a	0.44	28.11 ± 0.006 a	92.9

Tabla IV.3.4.1. Producción de capullos de *A. c. trapezoides* en suelo de *A. rosea*. Número total de capullos (N Ct), relativo (N Cr, cap. ad.⁻¹sem.⁻¹: capullos por adulto y semana), peso medio y porcentaje de eclosión en cada tratamiento. Las letras en la misma columna indican las diferencias significativas.

Cuando se sumó el peso de los capullos de *A. c. trapezoides* al peso de las lombrices, se observó que no aparecieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos (Fig. IV.3.4.5.). Como en los casos anteriores, al sumar el peso de los capullos no varían los resultados obtenidos al analizar el crecimiento, es decir, el gasto reproductor en *A. c. trapezoides* medido de esta forma no enmascara los efectos observados en las variaciones de peso entre los diferentes tratamientos.

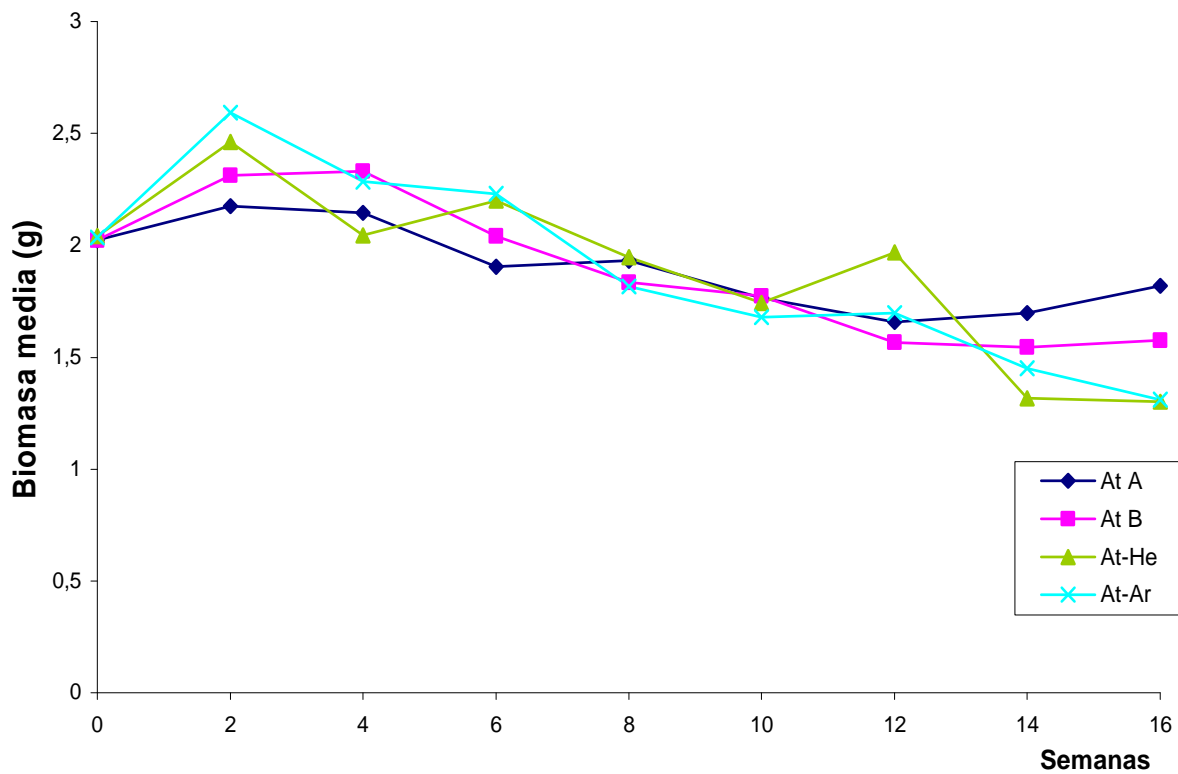


Fig. IV.3.4.5. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo (**peso de lombriz + peso de capullos producidos**). At A: *A. c. trapezoides* en los controles A; At B: *A. c. trapezoides* en los controles B; At-He: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*; At-Ar: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*.

A. rosea aparece mayoritariamente clitelada al final del experimento no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos monoespecíficos y los tratamientos poliespecíficos (Fig. IV.3.4.6.). En la Tabla IV.3.4.2. se muestran los números total y relativo de capullos, el peso medio y el porcentaje de eclosión en cada tratamiento. El escaso número de capullos producidos hace variar mucho los valores de los porcentajes de eclosión de unos tratamientos a otros.

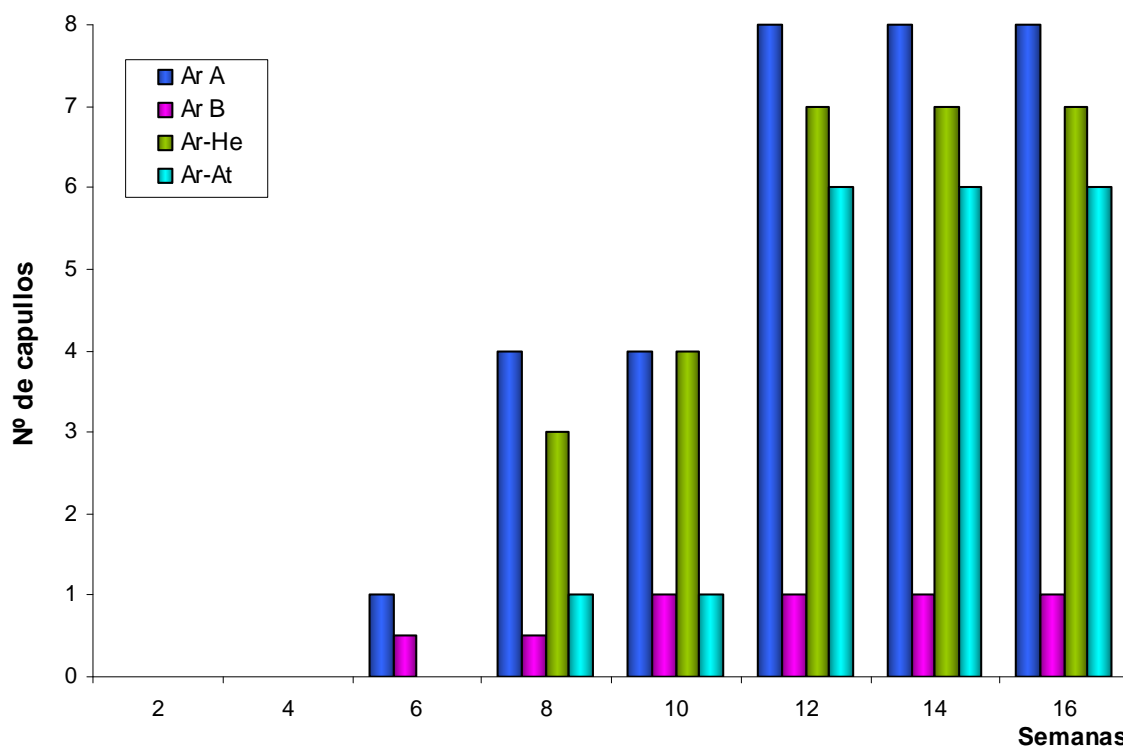


Fig. IV.3.4.6. Producción acumulativa de capullos de *A. rosea* en cada tipo de cultivo a lo largo del experimento. La producción de capullos de los controles B está dividida entre 2 para igualar el número de ejemplares de *A. rosea* por cultivo.

<i>A. rosea</i>	N Ct	N Cr (cap. ad. ⁻¹ sem. ⁻¹)	Peso (mg)	Eclosión (%)
Control A	8 a	0.021	18.5 ± 0.06 a	25
Control B	2 a	0.002	18.7 ± 0.05 a	0
Con <i>H. elisae</i>	7 a	0.018	19.2 ± 0.06 a	28.6
Con <i>A. c. trapezoides</i>	6 a	0.016	19.8 ± 0.07 a	66.6

Tabla IV.3.4.2. Producción de capullos de *A. rosea* en suelo de *A. rosea*. Número total de capullos (N Ct), relativo (N Cr, cap. ad.⁻¹sem.⁻¹: capullos por adulto y semana), peso medio y porcentaje de eclosión en cada tipo de suelo. Las letras en la misma columna indican las diferencias significativas.

Especie	Peso		Capullos		Sumatorio	
	Media	Peso final (g)	p	N°	Peso total (g)	Peso final + peso capullos (g)
<i>H. elisae</i>						
Control A	4.51 ± 0.19	5.79	---	0	---	5.79
Control B	4.36 ± 0.20	4.10	0.000	0	---	4.10
Con <i>A. c. trapezoides</i>	4.32 ± 0.19	5.41	0.070	0	---	5.41
Con <i>A. rosea</i>	4.44 ± 0.20	3.43	0.000	0	---	3.43
<i>A. c. trapezoides</i>						
Control A	2.30 ± 0.04	1.82	---	78	2.22	2.19
Control B	2.07 ± 0.02	1.57	0.878	120	3.98	1.90
Con <i>H. elisae</i>	2.13 ± 0.03	1.30	0.325	92	2.81	1.77
Con <i>A. rosea</i>	2.25 ± 0.03	1.31	0.194	85	2.39	1.70
<i>A. rosea</i>						
Control A	2.88 ± 0.07	4.39	---	8	0.15	4.41
Control B	2.95 ± 0.06	3.19	0.000	2	0.04	3.19
Con <i>H. elisae</i>	2.94 ± 0.07	4.06	0.034	7	0.13	4.08
Con <i>A. c. trapezoides</i>	3.01 ± 0.07	3.88	0.024	6	0.12	3.90

Tabla IV.3.3.3. Resumen de los resultados del experimento competencia en suelo de la zona de *A. rosea*. Los valores de significación (p) están expresados en relación al control A. En el sumatorio se refleja el peso final + el peso de los capullos de cada réplica

3.5. Análisis por especies (Resumen)

3.5.1. *H. elisae*

Cuando se analizó el crecimiento de *H. elisae* en los tres suelos para comprobar si alguno de ellos suponía un factor limitante para su crecimiento se observó que, *H. elisae* podía crecer en todos los suelos, pero fue en el suelo de *A. c. trapezoides* donde alcanzó el mayor desarrollo, seguido por el crecimiento en el suelo de *A. rosea*, y por último en su propio suelo. En los suelos de *A. c. trapezoides* y *A. rosea* alcanzó pesos próximos a 6 g, mientras que en su propio suelo únicamente alcanzó pesos de 3 g.

Al analizar las diferentes relaciones intra- e interespecíficas se observó que en el suelo de *A. c. trapezoides*, suelo en el que más creció, no se vio afectada ni por la mayor densidad de su propia especie, ni por la presencia de *A. rosea* ni de *A. c. trapezoides*.

Por el contrario en su propio suelo y en el suelo de *A. rosea* se observó una competencia intraespecífica y una competencia interespecífica con *A. rosea*.

H. elisae no se vio afectada por la presencia de *A. c. trapezoides* en ninguna de las zonas, mientras que mostró relaciones de competencia con *A. rosea* en su suelo y en el suelo de *A. rosea*.

Al no haberse obtenido capullos de *H. elisae* en ninguno de los suelos, no hemos podido tener en cuenta los procesos reproductivos.

3.5.2. *A. c. trapezoides*

Al analizar el desarrollo de *A. c. trapezoides* se observa que el crecimiento de esta especie es escaso en los tres suelos, destacando en el caso del suelo de *H. elisae* donde perdió peso a lo largo del experimento. Como en el caso de *H. elisae* el mayor crecimiento se dio en el suelo de *A. c. trapezoides*, seguido por el obtenido en el suelo de *A. rosea*.

En el suelo de su propia zona produjo un total de 118 capullos, lo que supone una biomasa adicional de 4.18 g, valor que bajó a 78 capullos y 2.22 g en el suelo de la

zona de *A. rosea* y a 16 capullos y 0.58 g en el suelo de la zona de *H. elisae*. Por tanto, aunque eventualmente podría vivir en los tres suelos (aunque perdiendo peso en el de la zona de *H. elisae*), se reproduce mucho mejor en el suelo de su propia zona donde la biomasa total (peso final + peso capullos) es muy superior.

Al estudiar las diferentes relaciones intra- e interespecíficas de *A. c. trapezoides* se observa que en el suelo de *A. rosea* disminuye de peso en todos los tratamientos con respecto a los controles, aunque no se detectan diferencias estadísticamente significativas, y su producción de capullos es relativamente alta, aunque menor que en su propio suelo. Es curioso que en este suelo produzca más capullos en presencia de *H. elisae* que cuando está sola.

Cuando se cultivó en suelo de la zona de *H. elisae* se observó que disminuyó de peso en todos los tratamientos y que su crecimiento fue significativamente menor en los Controles A. La presencia de otras especies y el aumento de densidad de la propia especie parecen favorecer el crecimiento de *A. c. trapezoides*, siempre dentro de esta pauta de disminución de peso final. En este suelo se produjeron pocos capullos, lo que indica que no es favorable para la reproducción de la especie, y curiosamente se produjeron más capullos en presencia de las otras especies, lo que podría considerarse como un indicio más del efecto acomodador de estas especies hacia *A. c. trapezoides* cuando ésta se cultiva en los suelos de las zonas de las otras dos especies.

En el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* se observó competencia intraespecífica e interespecífica con *H. elisae*. La presencia de *A. rosea* no parece afectar al crecimiento de *A. c. trapezoides*.

3.5.3. *A. rosea*

Al analizar el crecimiento de *A. rosea* en los tres suelos se observa que el mayor crecimiento se dio en su propio suelo, alcanzando valores de 4.5 g, seguido de los suelos de la zona de *H. elisae* y *A. c. trapezoides* en los que alcanzó valores próximos a 3 g, entre estos dos suelos no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento.

Al analizar las diferentes relaciones intra- e interespecíficas de *A. rosea* se observa que en el suelo de *A. c. trapezoides* no presentó ningún tipo de relación de competencia, pero creció menos que en su propio suelo (4.5 g frente 3 g).

En el suelo de la zona de *H. elisae* y en el suelo de su propia zona *A. rosea* presentó tanto competencia intraespecífica, por el aumento de densidad de su propia especie, como competencia interespecífica con *H. elisae* y *A. c. trapezoides*.

3.6. Estudio del efecto de *H. elisae* sobre el crecimiento de *A. c. trapezoides*

En ninguno de los tratamientos hubo mortalidad ni se encontraron individuos en estado de quiescencia, lo que indicaría que las condiciones experimentales son apropiadas para la supervivencia de *A. c. trapezoides*.

El crecimiento de *A. c. trapezoides* fue prácticamente igual en los tres tratamientos (suelo de la zona de *H. elisae*, heces y suelo no consumido), no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En la Fig.IV.3.6.1. se muestra el crecimiento de *A. c. trapezoides* a lo largo del experimento, se observa que el crecimiento de *A. c. trapezoides* fue similar en el suelo de la zona de *H. elisae* (SN) y en el tratamiento con heces (HECES) y que el menor crecimiento se dio en el tratamiento con suelo no consumido (SNC), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Se produce un incremento al principio del experimento, alcanzando una meseta que se mantuvo a lo largo del mismo para descender a valores iniciales hacia el final; en el caso del tratamiento con suelo no consumido (SNC) descendió a valores de 2 g y a valores de 2.4 g en los tratamientos con suelo normal (SN) y con heces (HECES).

En la producción de capullos sí se observaron diferencias significativas, siendo significativamente mayor en los tratamientos con suelo de la zona de *H. elisae* (χ^2 , $p < 0.05$) que en los otros dos tratamientos. La producción de capullos en los tratamientos con heces fue ligeramente mayor que la obtenida en los tratamientos con suelo no consumido, aunque estas diferencias no fueron significativas (Fig. IV.3.6.2.).

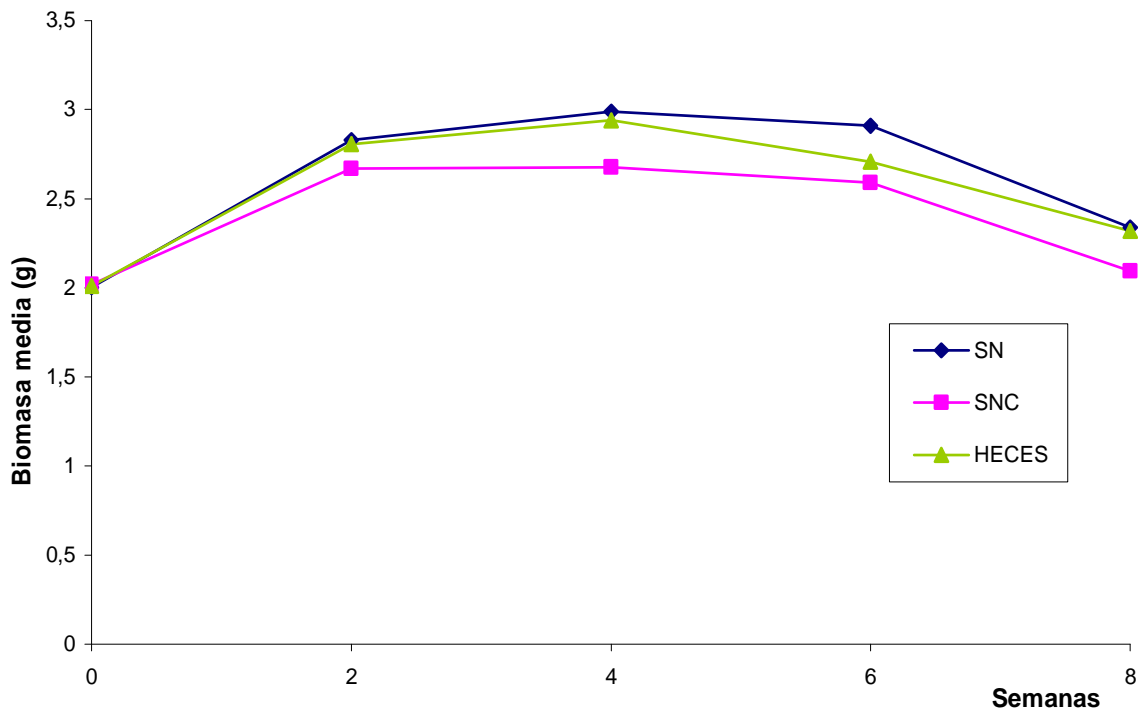


Fig. IV.3.6.1. Representación de la biomasa media de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo. SN: suelo de la zona de *H. elisae*; SNC: 25 % suelo no consumido por *H. elisae* y 75 % suelo de la zona de *H. elisae*; HECES: 25 % heces de *H. elisae* y 75 % suelo de la zona de *H. elisae*.

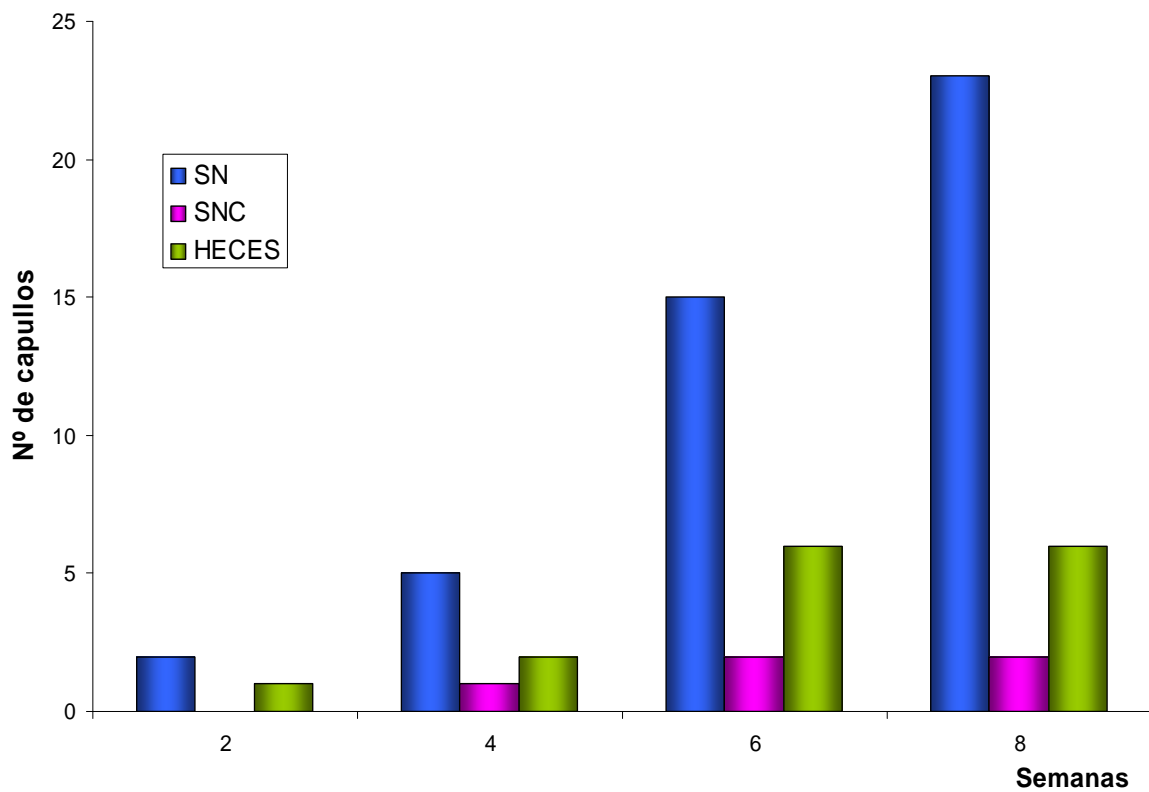


Fig. IV.3.6.2. Producción acumulativa de capullos de *A. c. trapezoides* en cada tipo de cultivo a lo largo del experimento.

IV. 4. DISCUSIÓN

La composición y distribución de las comunidades de lombrices de tierra están influenciadas por múltiples factores, entre ellos las relaciones de competencia (Abbott, 1980; Fragoso *et al.*, 1993; Curry, 1998) y los factores físico-químicos del medio (González *et al.*, 1999; Jiménez *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2003). Dos especies pueden aparecer juntas por una interacción positiva o por preferencias de hábitat similares (Dalby *et al.*, 1998a; Jiménez y Rossi, 2006).

Las poblaciones de lombrices de tierra en El Molar presentan una distribución peculiar, con *H. elisae* como única especie en las zonas más arenosas y pobres en materia orgánica, mientras que, *A. c. trapezoides* y *A. rosea* se localizan en las zonas con predominio de fracciones más finas y mayor contenido en carbono (Hernández *et al.*, 2003; 2007).

4.1. *H. elisae*

Se ha comprobado que *H. elisae* presenta una tasa de crecimiento mayor cuando se cultiva en suelo de la zona donde aparece *A. c. trapezoides* (alcanzando pesos de hasta 6 gramos por microcosmos) que cuando se cultiva en su propio suelo, donde alcanza pesos de unos 3 gramos. Esto indicaría que el suelo de esta zona no presenta unas propiedades físicas y químicas limitantes para el crecimiento de esta especie, sino por el contrario que podría representar un hábitat para *H. elisae* mucho mejor que el suelo de la zona donde habitualmente aparece. El suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, situada en el fondo de la vaguada, es un suelo más rico en materia orgánica y partículas

finas, mientras que el suelo de la zona donde aparece *H. elisae* es más arenoso y pobre en materia orgánica (Hernández *et al.*, 2003)

Sin embargo, en el campo *H. elisae* no aparece en la zona de *A. c. trapezoides* o lo hace de forma muy puntual. Esto parece sugerir que *H. elisae* podría desarrollarse potencialmente mucho mejor en la zona de *A. c. trapezoides* que en la suya propia, pero que hay algún factor que lo impide.

En principio, ya que los factores edáficos estudiados no suponen un factor limitante, podría pensarse en relaciones de competencia, de forma que la presencia de *A. c. trapezoides* impida el establecimiento de *H. elisae* en esta zona. Pero los resultados de los experimentos de competencia no apuntan en este sentido, ya que *H. elisae* no se ve afectada en los microcosmos experimentales por la presencia de *A. c. trapezoides* en el suelo de ninguna de las zonas. Esto sugiere que son otros los factores que intervienen en este proceso, factores no contemplados en este estudio, lo que abre nuevas perspectivas de trabajo.

En principio hay algunas características del suelo que no son iguales en los experimentos de laboratorio que en condiciones de campo, como la humedad o la dificultad de excavación. Una hipótesis de trabajo podría ser que *H. elisae*, que es una especie con la pared del cuerpo muy delgada y de musculatura poco desarrollada, sea capaz de excavar en este suelo desestructurado en condiciones de laboratorio, pero que no lo pueda hacer en condiciones de campo. Los suelos de la zona de *H. elisae* son mucho más arenosos y la excavación puede resultar más fácil, mientras que los suelos

de la zona de *A. c. trapezoides*, tienen más fracciones finas (Hernández *et al.*, 2007), se compactan más y son más difíciles de excavar para esta especie.

Esta mayor dificultad de excavación también podría suponer una dificultad añadida para la puesta de capullos, ya que *H. elisae* los deposita, preferentemente, a una profundidad comprendida entre 10 y 20 cm (Hernández, 2005).

Dalby *et al.*, (1998b) observaron que *A. longa* podía sobrevivir y crecer en un suelo boscoso, pero era incapaz de alcanzar el estado de madurez sexual para poder reproducirse. En nuestro caso *H. elisae* si que alcanza el estado clitelado en el suelo de *A. c. trapezoides*, pero su reproducción en laboratorio requiere unas condiciones muy especiales de cultivo.

Después del suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, es en el suelo de *A. rosea* donde *H. elisae* presentó la mayor tasa de crecimiento y por tanto, es en el suelo de su propia zona donde presentó un menor crecimiento, lo que, en principio, parece contradictorio con respecto a su distribución en la parcela estudiada.

En los experimentos de competencia en suelos de la zona de *H. elisae* y de *A. rosea* se han encontrado evidencias de competencia intraespecífica, los cultivos monoespecíficos con mayor densidad presentaron una tasa de crecimiento menor que los cultivos monoespecíficos con menor densidad, este menor crecimiento en cultivos de mayor densidad también ha sido encontrado en otras especies (Reinecke y Viljoen, 1993). Klok (2007) estudió el efecto de la densidad sobre el crecimiento, desarrollo, reproducción y supervivencia de *Lumbricus rubellus*, los resultados mostraron que el

aumento de densidad retarda el crecimiento y desarrollo de la especie, y disminuye la producción de capullos, aún cuando la cantidad y calidad de la comida sea óptima.

Los resultados obtenidos apuntan a la existencia de competencia interespecífica con interacciones negativas entre *H. elisae* y *A. rosea*, ya que han aparecido diferencias significativas en el crecimiento entre los cultivos monoespecíficos y poliespecíficos para *H. elisae* en presencia de *A. rosea* en los dos tipos de suelo (suelo de la zona de *H. elisae* y suelo de la zona de *A. rosea*). Esta posible interacción explicaría la distribución de *H. elisae* en esta zona, ya que aunque *H. elisae* pudiera desarrollarse mejor en la zona de *A. rosea* que en la suya propia se vería desplazada de esa zona por la competencia con *A. rosea*. Se han propuesto diversos mecanismos de competencia en lombrices de tierra: por el alimento, por el hábitat e incluso por el consumo de capullos (Dalby *et al.*, 1998a). La competencia por el alimento se puede desarrollar tanto para obtener mayor cantidad de alimento, como por usarlo más eficazmente o por ser capaces de resistir mejor a las condiciones adversas representadas por la falta de alimento (Abbott, 1980).

En este trabajo no se ha podido estudiar el efecto de *A. rosea* y *A. c. trapezoides* sobre la reproducción de *H. elisae* ni las variaciones en la producción de capullos en los tres tipos de suelo porque *H. elisae*, como ya hemos indicado anteriormente, se reproduce mal en condiciones de laboratorio (Garvín *et al.*, 2002). En otros trabajos que se llevaron a cabo posteriormente en nuestro laboratorio, se ha podido observar que para que *H. elisae* se reproduzca en laboratorio se requieren microcosmos con una profundidad de 20 cm o superior (Hernández, 2005), ya que *H. elisae* deposita los

capullos a una profundidad de entre 10 y 20 cm y los microcosmos utilizados en el presente trabajo tenían una profundidad aproximada de 11 cm.

4.2. *A. c. trapezoides*

Al analizar el crecimiento de *A. c. trapezoides* en los tres tipos de suelo encontramos que *A. c. trapezoides* presenta una tasa de crecimiento positiva, aunque sea muy baja únicamente en su propio suelo, mientras que en el suelo de la zona de *A. rosea* y en el de *H. elisae* presenta un crecimiento negativo.

El crecimiento de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* fue menor que en su propio suelo. Cuando se cultivó *A. c. trapezoides* con las otras dos especies en suelo de *H. elisae* se encontraron evidencias de interacciones positivas de *H. elisae* y *A. rosea* sobre el crecimiento de *A. c. trapezoides* en este suelo. *A. c. trapezoides* creció más en los cultivos poliespecíficos y en los monoespecíficos B que en los monoespecíficos A. Parece que para que *A. c. trapezoides* crezca en suelos pobres, como el de la zona de *H. elisae*, necesita la presencia de otras especies o de un mayor número de individuos para poder desarrollarse. Garvín *et al.* (2002) ya encontraron evidencias de esta interacción positiva entre *H. elisae* y *A. c. trapezoides* con ejemplares y suelo de Redueña.

En un principio se puede pensar que *A. c. trapezoides* utilizaría las heces de estas especies para su alimentación, ya que son puntos más ricos en materia orgánica, o bien algún tipo de sustancias que liberen estas especies. Esta hipótesis no está apoyada por los resultados obtenidos en el experimento del efecto de *H. elisae* sobre *A. c.*

trapezoides, ya que no se encontraron diferencias en el crecimiento de *A. c. trapezoides* entre los cultivos de suelo natural de la zona de *H. elisae* y los cultivos en los que se mezcla con heces y con suelo no consumido. Estos resultados indicarían que las lombrices acondicionan de alguna otra manera desconocida el suelo que beneficia el crecimiento de *A. c. trapezoides*.

El crecimiento de *A. c. trapezoides* en su propio suelo se vio afectado por el aumento de la densidad y por la presencia de las otras dos especies. Abbott (1980) señala que la interacción negativa se da cuando una de las especies es más eficaz que la otra a la hora de acceder a un recurso. *H. elisae* es capaz de vivir y prosperar en los microhábitat más pobres, mientras que, *A. c. trapezoides* está asociada a los lugares más ricos de la zona estudiada (Hernández *et al.*, 2003).

Aunque existen algunas evidencias de interacciones negativas entre especies de diferente categoría ecológica (Baker *et al.*, 2002), algunos autores sugieren que la competencia interespecífica es importante cuando las especies pertenecen a la misma categoría ecológica (Edwards y Lofty, 1982; Lowe y Butt, 1999), porque las especies de la misma categoría tienen preferencias de hábitat similares, por lo que es muy probable que se alimenten y compitan por los mismos recursos.

En las condiciones experimentales del presente trabajo se han encontrado evidencias de una interacción intraespecífica negativa en *A. c. trapezoides* en su propio suelo, ya que creció menos en los cultivos donde había mayor biomasa. En este sentido Baker *et al.* (2002) sugirieron que *A. caliginosa* se ve afectada por la densidad de

población, y Dalby *et al.* (1998a) indicaron que *A. caliginosa* perdía peso tanto en los cultivos monoespecíficos como en los poliespecíficos con *A. longa*.

Al igual que ocurría con *H. elisae*, *A. c. trapezoides* no aparece en el campo o lo hace de forma muy puntual en la zona de *A. rosea*, aunque en este suelo podría crecer y tal y como se ha comprobado en los experimentos de competencia no se ve afectada negativamente por la presencia de *A. rosea*.

A. c. trapezoides mantuvo la madurez sexual en todos los experimentos. La producción de capullos disminuyó mucho en el suelo de la zona de *H. elisae*, es decir el suelo de la zona más pobre en materia orgánica y textura más gruesa. El número de capullos por adulto se ve influenciado por la temperatura, por la humedad y por la calidad de alimento accesible a las lombrices (Böstrom, 1988). La tasa reproductora de *A. c. trapezoides* fue inferior a la citada por Lofs-Holmin (1983) en microcosmos con suplemento de alimento.

La mayor producción de capullos de *A. c. trapezoides* se dio en su propio suelo y se vio afectada negativamente por el aumento de densidad y por la presencia de *A. rosea*, este mismo hecho fue observado por Garvín (2000), con lombrices y suelo de Redueña. En lo relativo a la producción de capullos su disminución se puede dar por el consumo directo, por la actividad de la otra especie o por la densidad (Butt *et al.*, 1994). Butt (1998) observó que *A. longa* y *Octolasion cyaneum* disminuían su tasa de reproducción en los tratamientos con mayor densidad de individuos de la misma especie.

En el suelo de *H. elisae*, al igual que ocurre con el crecimiento, la producción de capullos de *A. c. trapezoides* aumenta con la presencia de *H. elisae* y de *A. rosea*. Elvira *et al.*, (1996) encontraron que la producción de *Dendrobaena rubida* aumenta con *Eisenia andrei* y con el aumento de la densidad.

La tasa de producción de capullos de *A. c. trapezoides* disminuye al final de los experimentos de interacción coincidiendo con finales del mes de abril, posiblemente debido a su propio ciclo reproductor (Nair y Bennour, 1998). Böstrom y Lofs (1996) observaron que la tasa de producción de capullos disminuye al mantener los experimentos amplios periodos de tiempo.

En resumen *A. c. trapezoides* se mantiene en su propio suelo porque es el único en el que es capaz de incrementar su peso y es en el suelo que mayor cantidad de capullos produce. Posiblemente no se expande por la zona de *H. elisae* porque presenta condiciones desfavorables que hacen que pierda peso y disminuya drásticamente su capacidad reproductora.

En cualquier caso el hecho de que *A. c. trapezoides* no prospere más en ninguno de los tres tipos de suelo utilizados en este trabajo, plantea dudas sobre la adecuación de los microcosmos experimentales utilizados en este trabajo a las necesidades reales de esta especie. *A. c. trapezoides* se incluye para la mayoría de los autores dentro de la categoría ecológica de las anécicas, que se alimentan de materia orgánica fresca, y en la parcela explorada en este trabajo la hemos encontrado asociada en muchas ocasiones a las proximidades de las heces de vaca, que son especialmente abundantes en la zona baja de la parcela donde la humedad es un poco mayor.

Nuestros resultados sugieren que *A. c. trapezoides* es capaz de sobrevivir y reproducirse, incluso abundantemente, en el suelo de su zona, pero quizás su tasa de aumento de peso y su tasa reproductiva aumentasen claramente si este suelo fuese suplementado con algo de estiércol (R. Fernández, com. pers.)

4.3. *A. rosea*

Cuando estudiamos el crecimiento de *A. rosea* en los tres tipos de suelo observamos que el mayor crecimiento se da en su propio suelo, seguido por el obtenido en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *H. elisae* donde el crecimiento fue menor, no existiendo diferencias significativas entre ambos suelos. En el campo, *A. rosea* no aparece nunca en la zona de *H. elisae*, aunque si puede aparecer puntualmente en la zona de *A. c. trapezoides*.

En este estudio se han encontrado evidencias de interacciones negativas entre *A. rosea* y *H. elisae* en el suelo de la zona de *H. elisae*. Además de las relaciones interespecíficas negativas con *H. elisae*, *A. rosea* presenta una tasa de crecimiento menor en los cultivos poliespecíficos en relación con los cultivos monoespecíficos en presencia de *A. c. trapezoides*.

Otros autores, como Edwards y Lofty (1982) también han encontrado evidencias de interacciones negativas entre diferentes especies de lombrices de tierra, *Lumbricus terrestris* y *Allolobophora longa*, y entre *A. clorotica* y *A. caliginosa*.

La existencia de estas interacciones negativas de *A. rosea* con *H. elisae* y *A. c. trapezoides*, sumada a la pobreza en materia orgánica del suelo de la zona de *H. elisae* hacen que *A. rosea* presente un crecimiento menor, lo que podría explicar que no aparezca en esta zona en el campo.

En el suelo de la zona de *H. elisae* se han encontrado evidencias de competencia intraespecífica, cuando aumenta la densidad de *A. rosea* en este suelo su tasa de crecimiento disminuye en comparación con los cultivos monoespecíficos en los que hay menor densidad. Klok (2007), sugiere que la ingesta de comida es menor a mayor densidad, debido posiblemente a la competencia por el espacio, aunque es poco lo que se conoce sobre este tipo de competencia (Capowiez *et al.*, 2001; Jégou *et al.*, 2001; Bastardie *et al.*, 2005).

En el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* no se encontraron evidencias de interacciones negativas de *A. rosea* con ninguna de las especies (*H. elisae* y *A. c. trapezoides*), ni a causa del aumento de la densidad. Estos resultados, junto a que el suelo de esta zona no es un factor limitante para el crecimiento y desarrollo, coinciden con lo observado en el campo, ya que *A. rosea* aparece de forma puntual en esta zona. Existen estudios en los que no se han encontrado interacciones negativas, por ejemplo, Dalby *et al.* (1998b) no encontraron evidencias de interacciones negativas entre *A. longa* y *Gemascolex lateralis*, lo que indicaría que estas especies no compiten por recursos similares.

En las condiciones experimentales de este trabajo *A. rosea* ha alcanzado la madurez sexual al final de los experimentos de interacción (abril), posiblemente coincidiendo con su ciclo biológico (Holmstrup, 1999), este hecho unido a la escasa producción de capullos hace que sea muy difícil estudiar el efecto de las diferentes especies y tipos de suelo sobre la producción de capullos.

En resumen *A. rosea* encuentra su óptimo de desarrollo en su propia zona. No invadiría la zona de *H. elisae* porque el suelo es más pobre, porque hay competencia con esta especie y porque no es capaz de reproducirse. En el suelo de *A. c. trapezoides* es capaz de crecer (aunque bastante menos que en su propio suelo) y de reproducirse, no existiendo competencia con *A. c. trapezoides*. Esto explica que en el campo *A. rosea* aparezca de forma más o menos puntual en la zona de *A. c. trapezoides*.

Las evidencias obtenidas en este experimento sobre la existencia de relaciones de competencia entre *A. c. trapezoides*, *H. elisae* y *A. rosea* puede que no sean claramente extrapolables al campo, ya que en condiciones naturales existe una mayor posibilidad de evitar la competencia por la mayor cantidad de recursos y la heterogeneidad de hábitat (Abbott, 1980; Dalby *et al.*, 1998a). *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea* podrían vivir juntas en las zonas donde la abundancia de recursos lo permitiera aunque fuese momentáneamente, mientras que sólo *H. elisae* sería capaz de vivir y prosperar en zonas más pobres (Garvín *et al.*, 2002). Las especies de lombrices tienen adaptaciones ecológicas con respecto a las preferencias alimenticias que reducen el solapamiento de nicho y permiten coexistir a las especies (Lowe y Butt, 1999).

Son necesarios estudios en campo para investigar la capacidad de colonización de *H. elisae* en los diferentes tipos de suelo y vegetación que puedan explicar que su distribución quede restringida a las zonas más pobres y permitan explicar la aparente paradoja de que su crecimiento en laboratorio sea mayor en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, pero que no se vea afectado por la presencia de esta especie.

V. SELECCIÓN

V. ¿SELECCIONAN *H. elisae*, *A. c. trapezoides* Y *A. rosea* LAS DIFERENTES PARTÍCULAS DEL SUELO?

V. 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la materia orgánica (MO) del suelo ha merecido una gran atención desde el siglo XIX, no sólo por su aspecto aplicado, ya que es un factor clave para el rendimiento agrícola del suelo, sino porque influye sobre muchos parámetros edáficos (físicos y químicos), como la infiltración del agua, la capacidad tampón y, de retención del agua y nutrientes, por lo que su pérdida disminuye la calidad del suelo e incrementa la posibilidad de erosión por el viento y el agua, (Elliott, 1986; Stevenson, 1994; Monreal *et al.*, 1995; Albercht *et al.*, 2000).

El origen y evolución de las sustancias húmicas se conocen sólo en términos muy generales, ya que están implicados procesos químicos, físicos y biológicos muy variables en función de cada caso concreto. Se han hecho numerosos intentos por parte de geocientíficos para separar los componentes húmicos del suelo (Whitehead *et al.*, 1975; Boon y Haverkamp, 1982; Beyer y Blume, 1990; Hempfling *et al.*, 1991), pero a pesar de todo siguen existiendo limitaciones técnicas en los métodos físicos y químicos habitualmente utilizados, (Duxbury *et al.*, 1989; Elliott y Cambardella, 1991).

Las lombrices son consideradas como ingenieros del ecosistema porque influyen decisivamente en las características físicas y químicas del suelo (Lavelle *et*

al., 1997; Oyedele *et al.*, 2006). Las lombrices juegan un papel muy importante en la fertilidad del suelo (Lavelle *et al.*, 1992), la construcción de galerías aumenta la porosidad del suelo y la infiltración del agua (Aina, 1984) y sus heces contribuyen a la formación de agregados en el suelo (Blanchart *et al.*, 1989). La actividad de las lombrices ejerce una profunda influencia en la estructura y regulación de la dinámica de la materia orgánica del suelo (Lee, 1985; Lal, 1987, 1988; Lavelle, 1988; Lavelle *et al.*, 1989; Martin *et al.*, 1992), acelera la dinámica de la materia orgánica debido a la producción de heces ricas en materia orgánica y nutrientes (Lavelle y Martín, 1992; Zhang *et al.*, 2003). Además incrementan la tasa de reciclaje de nutrientes, particularmente del nitrógeno (Parmelee y Crossley, 1988; Haimi y Huhta, 1990; Buck *et al.*, 1999).

Algunos autores han establecido clasificaciones ecológicas de las lombrices basándose en sus comportamientos alimenticios, usando bien el análisis del contenido intestinal y de las heces (Pierce, 1978; Judas, 1992; Bernier, 1998) o bien “métodos isotópicos” (Spain *et al.*, 1990; Martín y Lavelle, 1992; Neilson *et al.*, 2000; Briones *et al.*, 2001). Judas (1992) demostró que el tamaño de las partículas y la cantidad de materia orgánica presentes en el contenido intestinal de las lombrices eran reflejo de su alimentación. Otros autores han comprobado que el contenido de C¹³ y N¹⁵ en las lombrices está correlacionado positivamente con sus hábitos de alimentación y refleja su grupo ecológico (Schmidt *et al.*, 1997; Scheu y Falca, 2000; Uchida *et al.*, 2004).

La dieta de las lombrices consiste principalmente en materia orgánica en diferentes estados de degradación (Lee, 1985; Curry y Schmidt, 2007). Muchas especies, también ingieren durante sus procesos de alimentación fracciones minerales

del suelo que acompañan a la materia orgánica en mayor o menor medida y hay muchas especies que parecen haberse especializado en la ingestión de complejos órgano-minerales en lugar de materia orgánica pura (Doube *et al.*, 1997). En las especies detritívoras la presencia de granos de arena en su alimentación se debe a que facilitan la asimilación de nutrientes de la materia orgánica, probablemente porque ayudan a su trituración en la molleja (Marhan y Scheu, 2005)

La actividad de la mayoría de las especies de lombrices de tierra ocurre bajo la superficie del suelo, por lo que es difícil observar y cuantificar la alimentación sin alterar su comportamiento (Jager *et al.*, 2003). Esto nos podría llevar a pensar que las lombrices se alimentan indiscriminadamente y con una tasa de ingestión fija, pero unos pocos ejemplos nos muestran que la situación es más compleja.

En algunos trabajos se ha observado que el contenido de fracciones minerales gruesas en las heces es menor que el presente en el suelo y, por el contrario, presentan una mayor cantidad de fracciones finas (Edwards y Lofty, 1977; Lee, 1985; Oyedele *et al.*, 2006). Las heces de *Allolobophora molleri* tienen un 56.40% más de arcillas y un 48.72% menos de arenas que el suelo original (Trigo y Díaz Cosín, 1992). Una hipótesis para explicar estos datos sería la ruptura de las partículas minerales por la acción de la musculatura de la molleja (Suzuki *et al.*, 2003), aunque otros autores como Lee (1985), sostienen que la presión que ejerce la molleja es demasiado pequeña para poder triturar las partículas minerales.

Además de un aumento en las heces de fracciones finas, Decaëns *et al.* (2001) encontraron que las heces de las lombrices tienen un alto contenido en materia

orgánica y nutrientes asimilables, contenido mayor que el suelo en el que habitan (Díaz Cosín *et al.*, 1996)

Muchos autores como Trigo y Díaz Cosín (1992), sugieren que las lombrices podrían seleccionar activamente el suelo que ingieren. El estudio de las heces de las lombrices de tierra y la comparación con el suelo en el que habitan, puede indicarnos si existe una selección de alimento por parte de éstas (Lee, 1985). Experimentos realizados con *Eisenia andrei* en suelo artificial enriquecido muestran que la lombriz no se alimenta indiscriminadamente, sino que selecciona una dieta rica en materia orgánica a partir de un suelo homogéneo, lo que implicaría una búsqueda activa (Jager *et al.*, 2003). Las lombrices son capaces de seleccionar una fracción particular de la matriz del suelo que contiene más materia orgánica que el resto del suelo (Bolton y Phillipson, 1976).

Algunas lombrices de tierra pueden mostrar preferencias por diferentes residuos de hojarasca (Moody *et al.*, 1995; Curry y Schmidt, 2007), siendo variable esta preferencia entre diferentes especies (Pierce, 1978; Neilson y Boag, 2003). También se ha comprobado que una misma especie puede variar sus preferencias dependiendo de la zona en que habite (Uchida *et al.*, 2004).

La información existente referida a los efectos de la actividad de las lombrices sobre la composición química de la materia orgánica del suelo es muy escasa (Guggenberger *et al.*, 1996). Lo mismo sucede con los estudios sobre la selección de suelo, la mayoría de los cuales están referidos a especies tropicales (Martin, 1989; Gilot, 1990).

No podemos olvidar tampoco que entra dentro de lo posible, e incluso de lo esperable, que los procesos de competencia entre especies, cuyo estudio constituye uno de los objetivos básicos de esta Memoria, se realicen a nivel de la materia orgánica del suelo, por lo que el estudio de los procesos de alimentación de las tres especies dominantes en nuestra zona de estudio adquiere la mayor importancia en este contexto.

Por estas razones nos parece interesante estudiar los procesos de alimentación de las tres especies contempladas en este estudio, planteándonos los siguientes objetivos:

- Estudiar la posible existencia de una alimentación selectiva en *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea*

- Estudiar cómo puede variar esta selección dependiendo de las características del suelo en el que se encuentren (suelo de la zona de *H. elisae*, suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y suelo de la zona de *A. rosea*).

V. 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 . DISEÑO EXPERIMENTAL

2.1.1. *Recolección del suelo y de las lombrices*

El suelo y las lombrices se recogieron en las tres zonas diferenciables de la parcela de El Molar (Madrid) citadas anteriormente.

Las muestras de suelo de cada una de las zonas se tomaron de varios puntos dentro de cada zona, para que el suelo fuera lo más representativo posible. Ya en el laboratorio se juntaron todas las submuestras de cada zona, se limpió cuidadosamente el suelo de raíces, plantas, semillas y piedras, se dejó secar al aire y se tamizó a 4mm.

Los ejemplares se capturaron mediante muestreo manual cavando hasta una profundidad de 25 cm con la ayuda de pequeñas azadas, se trasladaron al laboratorio en cajas de plástico con su propio suelo y se mantuvieron durante dos semanas en condiciones similares a las experimentales para su aclimatación.

2.1.2. *Preparación de los microcosmos*

Para la recolección de las heces, los microcosmos se prepararon de forma diferente para cada una de las especies, ya que presentan características ecológicas distintas. El medio de cultivo utilizado fue el suelo de cada una de las zonas: suelo de la zona de *H. elisae*, suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, suelo de la zona de *A. rosea*.

H. elisae:

En cada microcosmos se introdujeron 400 g de suelo tamizado (< 4 mm) y humedecido al 20 % (Díaz Cosín *et al.*, 1996). Se utilizó para este experimento suelo tamizado a 4 mm, porque es el más parecido al suelo natural, pero se eliminaron las gravas y guijarros que podrían hacer los microcosmos muy heterogéneos y alterar los resultados. En cada microcosmo experimental se introdujo una lombriz, que se cultivó a temperatura ambiente.

Las heces de superficie se recogieron diariamente, se eliminaron las partículas de suelo adheridas con ayuda de un pincel y se congelaron a – 32 °C hasta su utilización (Ruiz *et al.*, 2006). El cultivo se renovó semanalmente hasta obtener la cantidad de heces necesaria para los análisis.

Se prepararon tres tipos de cultivos con seis réplicas cada uno: *H. elisae* cultivada en suelo de la zona de *H. elisae* [HE(HE)]; *H. elisae* cultivada en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [HE(AT)]; *H. elisae* cultivada en suelo de la zona de *A. rosea* [HE(AR)]

***A. c. trapezoides* y *A. rosea*:**

Estas especies producen muchas menos heces que *H. elisae* debido a su menor tamaño, por lo que hubo que multiplicar el número de individuos en los cultivos para conseguir suficientes heces para realizar los análisis en un plazo razonable de tiempo.

En cada microcosmos se introdujeron 1000 g de suelo tamizado (< 4 mm) y humedecido al 20 % (Díaz Cosín *et al.*, 1996). En cada microcosmos experimental se introdujeron ejemplares de cada una de las especies (25 ejemplares en los microcosmos de *A. c. trapezoides* y 50 ejemplares en los de *A. rosea*) y se cultivaron a temperatura ambiente.

Para conseguir la cantidad de heces necesaria, y debido a la dificultad de separarlas del suelo por su pequeño tamaño, las lombrices se colocaron en placas Petri con papel de filtro humedecido, dejándolas durante cuatro o cinco horas, hasta que vaciaron su contenido intestinal. Pasado ese tiempo, las lombrices se introdujeron de nuevo en los microcosmos y las heces de las placas Petri se recogieron y congelaron a – 32 °C hasta su utilización. Los medios de cultivo se renovaron cada 3 días y los microcosmos se mantuvieron hasta haber obtenido la cantidad necesaria de heces para efectuar los análisis.

Se prepararon tres tipos de cultivos para cada especie:

- *A. c. trapezoides*: *A. c. trapezoides* cultivada en suelo de la zona de *H. elisae* [AT(HE)]; *A. c. trapezoides* cultivada en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AT(AT)]; *A. c. trapezoides* cultivada en suelo de la zona de *A. rosea* [AT(AR)].
- *A. rosea*: *A. rosea* cultivada en suelo de la zona de *H. elisae* [AR(HE)]; *A. rosea* cultivada en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AR(AT)]; *A. rosea* cultivada en suelo de la zona de *A. rosea* [AR(AR)].

De cada uno de estos suelos se separaron muestras para su posterior análisis, que se utilizaron como suelo control: Control de la zona de *H. elisae* (CHE), control de la zona de *A. c. trapezoides* (CAT) y control de la zona de *A. rosea* (CAR).

Las heces se descongelaron y tanto ellas, como los suelos control se secaron a temperatura ambiente. Con el suelo control y las heces recogidas en cada tratamiento se realizó un fraccionamiento físico y un fraccionamiento químico, cada uno por triplicado (hubo que limitar el número de réplicas por la dificultad para la obtención de suficientes heces de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea*). Se analizó el contenido de carbono y nitrógeno, tanto de las muestras (heces y controles) como de cada una de las fracciones resultantes del fraccionamiento físico y químico.

2.2. FRACCIONAMIENTO QUÍMICO

Uno de los problemas de este tipo de técnicas es que la proporción de las sustancias húmicas extraídas en el fraccionamiento químico puede variar en función del extractante empleado y de su concentración (Porta *et al.*, 1999), por lo que se deben exponer detalladamente las técnicas utilizadas.

Al inicio del fraccionamiento la muestra se trata con H_3PO_4 , que extrae la fracción no humificada de materia orgánica (materia orgánica libre, MOL), una fracción de compuestos hidrosolubles denominados ácidos fúlvicos libres (AFL) o humina heredada, y al mismo tiempo favorece las extracciones posteriores.

Las técnicas de fraccionamiento clásico se basan en una dispersión del suelo con $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, con NaOH o con una mezcla de ambos compuestos. Después de la extracción con H_3PO_4 la muestra se trata con $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, que aunque posee un rendimiento bajo, (según Schnitzer y Schulten (1995) extrae el 30 % de la materia orgánica), extrae las sustancias húmicas muy evolucionadas. Posteriormente la muestra se trata con NaOH , compuesto que extrae los ácidos húmicos (Calderoni y Schnitzer, 1984). Hay que tener en cuenta que aunque el NaOH es el extractante más efectivo para separar la materia orgánica de los suelos (Hayes, 1985; Schnitzer y Schulten, 1995), puede producir neoformaciones y oxidaciones por lo que se recomienda usarlo en bajas concentraciones (Tan, 1996).

El protocolo que se ha utilizado es una adaptación del método de Almendros *et al.* (1984), que debido a la ya comentada dificultad para obtener una cantidad suficiente de muestra en el caso de *A. rosea* y *A. c. trapezoides*, se ha reducido de los 30 g empleados por la mayoría de los autores hasta 10 g. El protocolo concreto se detalla a continuación:

Extracción de la materia orgánica libre

Se agitaron mecánicamente (agitador de botellas) 10 g de muestra (Controles y Heces) tamizada a 2 mm durante 1 hora con 50 ml de H_3PO_4 2M y posteriormente se centrifugaron durante 5' a 5000 rpm. El sobrenadante se decantó y filtró. Se midió el volumen de este líquido filtrado, en el que se encuentran los **ácidos fúlvicos libres (AFL)** y se guardó el extracto en la nevera para posteriormente valorar su contenido en carbono. La **materia orgánica libre (MOL)**, constituida por restos vegetales no

humificados queda retenida en el filtro. El filtro se lavó repetidas veces con agua destilada para eliminar los restos de H_3PO_4 y se secó a 60 °C durante 24 horas. Se separó la materia orgánica libre retenida en el filtro, se pesó y se valoró el porcentaje de carbono.

El residuo se utilizó para extraer las sustancias húmicas.

Extracción de sustancias húmicas

El residuo se agitó mecánicamente durante 1 hora con 50 ml de $Na_4P_2O_7$ 0.1 M ajustado a pH 7 y se centrifugó durante 5' a 5000 rpm. El sobrenadante se vertió en una botella, este proceso se repitió hasta alcanzar pH básico y color claro (tres veces).

El residuo se agitó mecánicamente durante 1 hora junto con 50 ml de NaOH 0.1 M y posteriormente se centrifugó durante 5' a 5000 rpm. El sobrenadante se vertió en la misma botella del paso anterior. Este paso se repitió otras tres veces. El sobrenadante total recogido en la botella representa el **extracto húmico total (EHT)**.

Posteriormente este sobrenadante (**EHT**) se filtró a través de un papel de filtro para eliminar las posibles impurezas producidas en la decantación en los pasos anteriores. Se tomó una fracción del extracto (10 ml) y se conservó en la nevera para posteriormente valorar su porcentaje de carbono (**EHT**).

El resto del extracto se acidificó con H_2SO_4 concentrado hasta pH 1.5-2 y el extracto se mantuvo durante 12 horas en la nevera. Pasadas las 12 horas se centrifugó a

10000 rpm durante 15'. El extracto que precipita en medio ácido se conoce como **Ácidos Húmicos (AH)** y el extracto que permanece en solución a pH bajos se conoce como **Ácidos Fúlvicos (AF)** (Schnitzer y Khan, 1978). El sobrenadante se conservó en la nevera para su posterior análisis del porcentaje de carbono (**AF**).

Los ácidos húmicos (AH) se estimaron por diferencia entre el extracto húmico total (EHT) y los ácidos fúlvicos (AF). Conociendo AH y AF, se calculó la relación AH/AF o grado de humificación, que indica cómo ha evolucionado la humificación. Si el valor obtenido es bajo indica que la humificación se ha detenido en las primeras etapas, si es cercano a 1 indica suelos empobrecidos y si es alto revela que los suelos son estables, es decir las pérdidas y las ganancias de materia orgánica están equilibradas (Porta *et al.*, 1999).

Se valoró el porcentaje de carbono de cada extracto por el método de Anne (Porta Casanellas, 1986) adaptado a un lector de microplacas. El protocolo se detalla a continuación:

En tubos de ensayo se añadieron 2 ml del extracto de cada una de las fracciones (todos los tubos de ensayo deben ser iguales para evitar diferencias en las pérdidas por evaporación al calentarse). A continuación se añadieron 1 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N y 2 ml de H_2SO_4 concentrado.

Las muestras se introdujeron en la estufa a 160 °C durante 15-30'. Cuando las muestras estuvieron frías se añadieron 250 μ l de cada tubo a una microplaca y se midió la absorbancia a 590 nm.

Se utilizó una recta patrón de carbono que se preparó siguiendo el mismo procedimiento que las muestras. Se prepararon 7 patrones: 100, 150, 200, 300, 350, 400 y 500 ppm C.

ppm C	100	150	200	300	350	400	500
g Glucosa en 100 ml	0.025	0.0375	0.050	0.075	0.0875	0.10	0.125

Tabla 2.2.1. Concentración de los patrones en ppm C.

2.3. FRACCIONAMIENTO FÍSICO

La estructura química de la materia orgánica del suelo es insuficiente para caracterizar los procesos que se desarrollan durante el reciclaje del carbono y que pueden intervenir en la disponibilidad de nutrientes (Tiessen y Stewart, 1983; Anderson y Paul, 1984; Buyanovsky *et al.*, 1994; Motavalli *et al.*, 1994), por lo que se hace necesario realizar un fraccionamiento físico del suelo, ya que este es menos destructivo que la extracción química y proporciona información sobre la arquitectura y el grado de protección de la materia orgánica del suelo (Christensen, 1992; Ellert y Gregorich, 1995).

El fraccionamiento físico de la materia orgánica se realizó siguiendo el método de Féller (1979) adaptado. Este método se basa en que la fracción mineral es más pesada que la orgánica, por lo que pueden separarse por suspensión en agua destilada, mediante el lavado y tamizado seriado de las muestras.

El protocolo seguido fue el siguiente:

Se agitaron mecánicamente (en agitador de botellas) 40 g de muestra tamizada a 2 mm (Controles y Heces), con 300 ml de agua destilada y 0.5 g de hexametáfosfato sódico $[(\text{NaPO}_3)_6]$ durante 2 horas; no es recomendable agitar más tiempo porque el contenido en carbono de la fracción de arenas decrece (Gavinelli *et al.*, 1995). La suspensión se pasó por un tamiz de 250 μm . La fracción retenida, 2000 a 250 μm , contiene arenas gruesas y fracción orgánica (FO) que se separaron por decantación.

La parte de la suspensión inferior a 250 μm se pasó por un nuevo tamiz de 50 μm . De esta forma se obtiene la fracción de 250 a 50 μm que es la retenida en este tamiz y contiene arenas finas y fracción orgánica, que se volvieron a separar por decantación.

Se añadieron 0.5 g de hexametáfosfato sódico $[(\text{NaPO}_3)_6]$ a la suspensión de 0 a 50 μm y se introdujo en un baño de ultrasonidos durante 30' (la transmisión de ondas de sonido produce burbujas microscópicas que hacen que se dispersen las partículas). Posteriormente se pasó por un tamiz de 20 μm . La fracción de 50 a 20 μm , contiene limos gruesos y fracción orgánica que se separaron por suspensión en una probeta de 250 ml; para ello se sifonaron los primeros 10 cm transcurridos 4' y 48'', proceso que se repitió 5 veces. La fracción sifonada corresponde a la fracción orgánica y la fracción que queda en la probeta pasados los 4' y 48'' corresponde a la fracción mineral (limos gruesos).

La suspensión de 0 a 20 μm contiene arcillas, limos finos y fracción orgánica, que se separaron por sedimentación en una probeta de 1 L. La suspensión se dejó sedimentar durante 24 horas con unas gotas de cloroformo (CHCl_3) para evitar la proliferación bacteriana, pasadas las cuales se sifonaron los primeros 30 cm. Esta fracción corresponde a la fracción de 0 a 2 μm , y contiene arcillas y fracción orgánica. La fracción sedimentada, corresponde a la fracción de 20 a 2 μm , que serían los limos finos y fracción orgánica.

En cada fracción orgánica (FO) se valoró el carbono total, por el método Anne (Porta Casanellas, 1986) adaptado a un lector de microplacas, y el nitrógeno total mediante el método Kjeldahl, según Bremner y Mulvaney (1982). Y con estos datos se calculó la relación C/N.

El protocolo seguido para la medición del carbono fue el siguiente:

Se prepararon unos patrones de concentración conocida desde una solución madre de Glucosa (50 mg C/ml)

ppm C	100	150	200	300	350	400	500
μl Glucosa	200	300	400	600	700	800	1000

Tabla 2.3.1. Concentración de los patrones en ppm.

Los matraces con los patrones se introdujeron en la estufa a 60 $^{\circ}\text{C}$ hasta la evaporación.

En matraces numerados añadimos una cantidad de muestra conocida, 30 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N y 20 ml de H_2SO_4 concentrado.

Una vez frío se añadieron 50 ml de Cl_2Ba . Y se dejó decantar un mínimo de 8 horas.

Del sobrenadante se tomó una alícuota de 250 μ l y se transfirió al pocillo correspondiente de una microplaca. Se midió la absorbancia a 595 nm.

Ajuste del método

El suelo de El Molar contiene gran cantidad de micas libres (Ruiz, 2003), lo que obliga a realizar una corrección de las fracciones orgánicas obtenidas en el experimento anterior. Al realizar el fraccionamiento físico se pudo observar que las fracciones consideradas como orgánicas (FO) estaban muy contaminadas por micas. Debido a su forma laminar las micas quedan en suspensión mezcladas con la fracción orgánica, aumentando por tanto el porcentaje de esta fracción (FO), y disminuyendo el de la fracción mineral (FM).

Para subsanar este problema, se procedió a incinerar en mufla a 600 °C durante 24 horas pequeñas muestras de las fracciones orgánicas de 2000-250, 250-50 y 50-20 μ m lo que elimina los residuos orgánicos y deja únicamente los componentes minerales (básicamente las micas contaminantes) (Ruiz *et al.*, 2006). De este modo con los datos de fracción orgánica inicial y fracción orgánica corregida después de su paso por la mufla, se realizó un análisis de la regresión y con la ecuación de la recta

obtenida se recalcularon los porcentajes de cada fracción orgánica. La diferencia entre la fracción orgánica inicial y la fracción orgánica corregida se sumó a la fracción mineral obteniendo la fracción mineral corregida. Así con los porcentajes corregidos tanto de fracción orgánica como de fracción mineral se recalcularon los valores de carbono, nitrógeno y relación C/N para cada una de las fracciones.

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La normalidad de las variables se comprobó con el test de Shapiro-Wilk's y la homogeneidad de las varianzas se comprobó mediante el test de Levene. Para las comparaciones múltiples se utilizó el test de Tukey. El nivel de significación utilizado fue del 95 %.

Para la comparación del contenido inicial de carbono y nitrógeno, tanto del suelo control como de las heces, se utilizó un ANOVA de una vía.

También se utilizó un ANOVA de una vía para determinar la variación del contenido en carbono entre las heces y el suelo control de los diferentes compuestos obtenidos en el fraccionamiento químico.

Las diferencias en el porcentaje de las fracciones obtenidas en el fraccionamiento físico, así como de su contenido en carbono y nitrógeno entre las muestras se estudiaron también mediante un ANOVA de una vía. Los pesos de la fracción orgánica inicial y corregida de 2000-250, 250-50 y 50-20 μm se compararon mediante una regresión simple.

V. 3. RESULTADOS

3. 1. Carbono, Nitrógeno y relación C/N

Si se comparan los controles se aprecia que existen diferencias significativas entre los suelos de las tres zonas, siendo siempre mayores los valores de carbono y nitrógeno del suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, seguido por los valores del suelo de la zona de *A. rosea* y los valores más bajos los presenta el suelo de la zona de *H. elisae* [CAT > CAR > CHE] (Tabla V.3.1.1.).

Muestra	% C	% N	C/N
CHE	0.962 a	0.164 a	5.920
CAT	1.699 b	0.334 b	5.084
CAR	1.495 c	0.288 c	5.260

Tabla V.3.1.1. Porcentaje de carbono (% C), nitrógeno (% N) y relación C/N de los controles. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Controles [CHE: suelo de la zona de *H. elisae*; CAT: suelo de la zona de *A. c. trapezoides*; CAR: suelo de la zona de *A. rosea*].

En cuanto a las heces de las diferentes especies de lombrices de tierra podemos observar que todas ellas presentan diferencias significativas en el porcentaje de carbono, nitrógeno y relación C/N en los distintos tipos de suelo. Es excepción, el porcentaje de carbono de las heces de *A. rosea* en los suelos de la zona de *H. elisae* y de *A. rosea* que presenta valores similares [AR(AT) > AR(HE)=AR(AR)] (Tabla V. 3.1.2.).

Muestra	% C	% N	C/N
HE(HE)	0.794 a	0.172 a	4.617
HE(AT)	1.420 b	0.285 b	4.973
HE(AR)	1.914 c	0.410 c	4.669
AT(HE)	1.374 a	0.249 a	5.522
AT(AT)	2.503 b	0.459 b	5.451
AT(AR)	2.922 c	0.499 c	5.856
AR(HE)	1.683 a	0.174 a	11.698
AR(AT)	2.455 b	0.486 b	5.055
AR(AR)	1.610 a	0.377 c	4.267

Tabla V.3.1.2. Porcentaje de carbono (% C), nitrógeno (% N) y relación C/N de las muestras de heces. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) entre las muestras dentro de la especie. Heces [HE(HE): heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae*; HE(AT): heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*; HE(AR): heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea*; Especie(Tipo de suelo)]

Existen diferencias significativas en el porcentaje de carbono y nitrógeno entre las heces y el suelo control (Tabla V.3.1.3.). Los porcentajes de carbono y nitrógeno de las heces fueron casi siempre superiores a los de sus respectivos suelos control, excepto en el caso de las heces de *H. elisae* en el suelo de su zona y en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* donde presenta porcentajes de carbono y nitrógeno inferiores a los del suelo control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Sin embargo hay que resaltar que la pauta más extendida es que las heces presenten más carbono y nitrógeno que el respectivo suelo control, lo que apunta claramente a procesos de selección de la ingesta.

Al analizar los valores de carbono y nitrógeno de las heces producidas por las tres especies cultivadas en un mismo suelo, se aprecia que aparecen diferencias significativas entre todas las especies tanto en el suelo de la zona de *H. elisae*, como en el de la zona de *A. c. trapezoides* o en el de *A. rosea*, menos en los valores de carbono y nitrógeno de *A. c. trapezoides* y *A. rosea* en el suelo de *A. c. trapezoides* (Tabla V. 3.1.3.).

Muestra	% C	% N	C/N
CHE	0.962 a	0.164 a	5.920
HE(HE)	0.794 b	0.172 a	4.617
AT(HE)	1.374 c	0.249 b	5.522
AR(HE)	1.683 d	0.174 a	11.698
CAT	1.699 a	0.334 a	5.084
HE(AT)	1.420 b	0.285 b	4.973
AT(AT)	2.503 c	0.459 c	5.451
AR(AT)	2.455 c	0.486 c	5.055
CAR	1.495 a	0.288 a	5.260
HE(AR)	1.914 b	0.410 b	4.669
AT(AR)	2.922 c	0.499 c	5.856
AR(AR)	1.610 a	0.377 b	4.267

Tabla V.3.1.3. Porcentaje de carbono (% C), nitrógeno (% N) y relación C/N del control y de las heces en cada tipo de suelo. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) entre las muestras siempre comparándolas con su control. Suelo control [CHE: suelo control de la zona de *H. elisae*; CAT: suelo control de la zona de *A. c. trapezoides*, CAR: suelo control de la zona de *A. rosea*] y Heces [Especie (Tipo de suelo)].

3.2. Fraccionamiento químico

3.2.1. *Suelos control* (CHE, CAT, CAR) (Tabla V.3.2.1.)

Al comparar los tres suelos control (Tabla V.3.2.1.) se observa que el porcentaje de carbono de la **materia orgánica libre (MOL)** obtenida tras el fraccionamiento químico es distinto en los tres suelos, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). El suelo de la zona de *A. c. trapezoides* es el que presenta un porcentaje mayor, seguido del de la zona de *A. rosea* y por último el de la zona de *H. elisae*, [CAT > CAR > CHE]. En cuanto al porcentaje de carbono en relación con el carbono total, la MOL de los tres suelos presenta valores entre el 6.8 y el 8.2 %, mayor en las heces del suelo de la zona de *H. elisae*, seguido de las del suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y el menor aporte es en las heces del suelo de la zona de *A. rosea*.

El porcentaje de carbono de los **ácidos fúlvicos libres (AFL)** es significativamente mayor en el suelo de la zona de *A. rosea* que en los otros dos suelos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *H. elisae* presentan valores muy similares, no existiendo diferencias significativas entre ambos, [CAR > CAT \geq CHE]. El contenido de carbono de los AFL es 2 veces superior en el suelo de la zona de *A. rosea* que en el de la zona de *A. c. trapezoides* y 2.46 veces mayor que en el suelo de la zona de *H. elisae*. En el porcentaje de carbono en relación con el carbono total observamos que el aporte de esta fracción es menor que el de la materia orgánica libre, presentando valores entre el 2.5 y el 6 %.

Muestra		MOL	AFL	MOL + AFL	EHT	AH	AF	HUM	AH / AF	
CHE	(0.96)	1	0.078 a	0.037 a	0.117 a	0.221 a	0.153 a	0.067 a	0.62 a	2.366 a
		2	8.16	3.88	12.04	22.97	15.9	6.96	64.99	
CAT	(1.70)	1	0.124 b	0.045 a	0.169 b	0.443 b	0.383 b	0.065 a	1.09 b	6.553 b
		2	7.33	2.66	9.99	26.07	22.54	3.79	64.11	
CAR	(1.50)	1	0.102 c	0.091 b	0.193 c	0.357 c	0.266 c	0.079 a	0.94 c	3.175 a
		2	6.87	6.10	12.97	23.98	17.86	5.3	62.66	

Tabla V.3.2.1. Fraccionamiento químico del suelo control [CHE: suelo control de la zona de *H. elisae*; CAT: suelo control de la zona de *A. c. trapezoides*; CAR: suelo control de la zona de *A. rosea*], entre paréntesis se indica el porcentaje de carbono total del suelo. **1)** porcentaje de C en cada fracción; **2)** porcentaje de C en relación con el C total. **MOL**: materia orgánica libre; **AFL**: ácidos fúlvicos libres; **EHT**: extracto húmico total; **AH**: ácidos húmicos; **AF**: ácidos fúlvicos; **HUM**: huminas. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas dentro de la misma columna.

Los AFL son sustancias no humificadas por lo que deberían ser considerados junto con la fracción MOL, si se consideran conjuntamente estas fracciones se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres suelos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el mayor porcentaje de carbono de estas fracciones se encuentra en el suelo de la zona de *A. rosea*, seguido del de la zona de *A. c. trapezoides* y por último el suelo de la zona de *H. elisae*. En el aporte de carbono de esta fracción en relación al total presentan valores entre un 10 y un 13 %.

La tendencia que se observa en el porcentaje de carbono de la materia orgánica libre se repite en el **extracto húmico total (EHT)**, el mayor porcentaje se da en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, seguido por el de la zona de *A. rosea* y el valor más bajo lo presenta el suelo de la zona de *H. elisae*, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), [CAT > CAR > CHE].

En la fracción de los **ácidos húmicos (AH)** se dan diferencias significativas entre los tres suelos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), repitiéndose la tendencia de los casos anteriores, tanto en la materia orgánica libre como en el extracto húmico total. Mayor porcentaje de carbono en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, seguido por el suelo de la zona de *A. rosea* y por último por el suelo de la zona de *H. elisae*, [CAT > CAR > CHE]. Esto parece indicar que el suelo de *A. c. trapezoides* es el más humificado de los tres, lo que implicaría que es el más maduro. El aporte de carbono de esta fracción al carbono total varía del 16 al 22.5%.

El porcentaje de carbono de los **ácidos fúlvicos (AF)** presenta un patrón similar al obtenido para los AFL, ya que es el suelo de la zona de *A. rosea* el que tiene mayor porcentaje de carbono, seguido por el de la zona de *H. elisae* y por último por el de la zona de *A. c. trapezoides*, [CAR \geq CHE \geq CAT], aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. En esta fracción el aporte de carbono en relación al total es similar al de los AFL, los valores varían del 3.7 al 7 % y el mayor aporte en relación al carbono total lo representa el suelo de la zona de *H. elisae* con un 6.96 % del carbono total.

Como ocurría en la mayoría de las fracciones, el mayor contenido de carbono de las **huminas (HUM)** lo presenta el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, seguido por el del suelo de la zona de *A. rosea* y por último el del suelo de la zona de *H. elisae*, [CAT > CAR > CHE], existiendo diferencias estadísticamente significativas en los tres casos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). En el aporte de carbono en relación al carbono total comprobamos que esta fracción es la que más aporta al suelo en los tres casos, con porcentajes cercanos al 65%, es decir el carbono de los tres suelos se encuentra mayoritariamente en esta fracción, siendo mayor en el suelo de la zona de *H. elisae*, seguido por el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y por último por el suelo de la zona de *A. rosea*. Esto implica que la parte más importante de la materia orgánica del suelo de El Molar está formada por fracciones muy humificadas, esto es por materia orgánica muy degradada y teóricamente poco utilizable como recurso alimenticio por las lombrices de tierra.

La **relación AH/AF** nos indica el grado de madurez de los suelos, por lo que el suelo más maduro sería el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* con un índice de 6.55,

seguido del suelo de la zona de *A. rosea* con un valor de 3.18 y por último por el suelo de la zona de *H. elisae* con un valor de 2.37, existiendo diferencias significativas entre el valor del suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y el de los otros dos suelos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), [CAT > CAR \geq CHE].

A modo de resumen de los resultados de los suelos control se puede decir que el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* presenta los valores más altos de carbono en las fracciones materia orgánica libre, extracto húmico total, ácidos húmicos y huminas y la relación AH/AF más elevada. El suelo de la zona de *A. rosea* es el que tiene el contenido más elevado en carbono en las fracciones de ácidos fúlvicos libres y ácidos fúlvicos. Por último el suelo de la zona de *H. elisae* es el que presenta los valores de carbono más bajos de materia orgánica libre, ácidos fúlvicos libres, extracto húmico total, ácidos húmicos, huminas y la relación AH/AF. En cuanto al aporte de carbono de las distintas fracciones al carbono total se puede destacar que los mayores porcentajes se dan en la fracción de las huminas.

3.2.2. Heces de *H. elisae* (Tabla V.3.2.2.)

El porcentaje de carbono presente en las heces de *H. elisae* es significativamente menor que el del suelo de su propia zona, como ya destacamos en el apartado anterior (Tabla V.3.1.3.), sin embargo cuando se realiza el fraccionamiento químico en los experimentos con suelo de dicha zona no se observan diferencias significativas entre las fracciones procedentes del suelo control (CHE) y las procedentes de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* [HE(HE)] (Tabla V.3.2.2.).

Muestra		MOL	AFL	MOL + AFL	EHT	AH	AF	HUM	AH / AF	
CHE	(0.96)	1	0.078 a	0.037 a	0.117 a	0.221 a	0.153 a	0.067 a	0.62 a	2.366 a
		2	8.16	3.88	12.04	22.97	15.9	6.96	64.99	
HE(HE)	(0.79)	1	0.068 a	0.036 a	0.103 a	0.199 a	0.135 a	0.064 a	0.49 b	2.116 a
		2	8.68	4.53	13.21	25.15	17.08	8.07	61.64	
CAT	(1.70)	1	0.124 a	0.045 a	0.169 a	0.443 a	0.383 a	0.065 a	1.09 a	6.553 a
		2	7.33	2.66	9.99	26.07	22.54	3.79	64.11	
HE(AT)	(1.42)	1	0.059 b	0.068 b	0.127 b	0.325 b	0.22 b	0.105 b	0.97 b	2.089 b
		2	4.16	4.80	8.96	22.89	15.49	7.40	68.17	
CAR	(1.50)	1	0.102 a	0.091 a	0.193 a	0.357 a	0.266 a	0.079 a	0.94 a	3.175 a
		2	6.87	6.10	12.97	23.98	17.86	5.3	62.66	
HE(AR)	(1.91)	1	0.077 b	0.169 b	0.246 b	0.423 b	0.284 a	0.139 b	1.24 b	2.063 b
		2	4.07	8.83	12.9	22.14	14.86	7.28	64.9	

Tabla V.3.2.2. Fraccionamiento químico de las heces de *H. elisae* [HE(HE): heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae*; HE(AT): heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. trapezoides*; HE(AR): heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea*] comparándolas con sus respectivos suelos control, entre paréntesis se indica el porcentaje de carbono total del suelo. **1)** porcentaje de C en cada fracción; **2)** porcentaje de C en relación con el C total. **MOL:** materia orgánica libre; **AFL:** ácidos fúlvicos libres; **EHT:** extracto húmico total; **AH:** ácidos húmicos; **AF:** ácidos fúlvicos; **HUM:** huminas. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas dentro de la misma columna, comparando las heces con su respectivo control.

En las heces obtenidas en los otros dos suelos (suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y suelo de la zona de *A. rosea*) si se dan diferencias estadísticamente significativas al compararlos con sus respectivos suelos control.

El porcentaje de carbono de la **materia orgánica libre (MOL)** obtenido en esta fracción de las heces es menor que el presente en sus correspondientes suelos control (suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y suelo de la zona de *A. rosea*), resultando estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). El carbono es 2.10 veces superior en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y 1.3 veces en el de la zona de *A. rosea* que en sus respectivas heces. Si comparamos el aporte de carbono de esta fracción al total se puede observar que el aporte es mayor en los suelos control que en las heces, es decir esta fracción representa un menor aporte al carbono total en las heces.

La fracción de **ácidos fúlvicos libres (AFL)** mostró el patrón inverso, las heces presentan un mayor porcentaje de carbono que sus respectivos suelos control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), tanto en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* como en el de la zona de *A. rosea*. Las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* son las más enriquecidas en esta fracción, seguidas de las del suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y las más pobres son las heces en suelo de la zona *H. elisae*.

Cuando se analizan conjuntamente **AFL** y **MOL** se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre las heces y los suelos control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), siendo mayor el contenido de carbono presente en las

heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* que en su respectivo suelo control, y menor en el caso de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*.

En relación al **extracto húmico total (EHT)** se observan dos patrones diferentes. En el caso de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [HE(AT)] el porcentaje de carbono del EHT en el suelo control es 1.36 veces superior que el presente en las heces, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Por el contrario, son las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* [HE(AR)] las que presentan un porcentaje de carbono mayor, 1.18 veces superior el contenido de carbono de las heces que el presente en el suelo control.

Algo parecido ocurre con el contenido de carbono de los **ácidos húmicos (AH)**. El porcentaje de carbono en las heces HE(AT) es significativamente menor, 0.57 veces menor que el del suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) y el de las heces de HE(AR) es ligeramente superior al del suelo de la zona de *A. rosea*, aunque estas diferencias no son significativas.

En la fracción de **ácidos fúlvicos (AF)** el porcentaje de carbono de las heces es significativamente mayor que el del suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), tanto para las heces de HE(AT) como para las heces de HE(AR) comparándolas con sus respectivos suelos control (1.6 y 1.76 veces mayor respectivamente). Lo que parece indicar que *H. elisae* en estos suelos seleccionaría positivamente las sustancias menos humificadas.

En la fracción de las **huminas (HUM)** encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las heces y los suelos control de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea*, siendo mayor el porcentaje en carbono de las heces de *H. elisae* en el suelo de la zona de *A. rosea* y menor el de las heces de *H. elisae* en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*. Las huminas son la fracción con mayor aporte de carbono en relación al total, con valores superiores al 50%, próximos al 64 % en el caso de los suelos control y entre 61-68 % en el caso de las heces.

En cuanto a la relación AH/AF en todos los casos son valores superiores a 1 lo que indica gran estabilidad. Tanto el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* como el de la zona de *A. rosea* presentan valores significativamente superiores a los que presentan las heces de *H. elisae* en estos suelos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

Al comparar el aporte de carbono de cada fracción de las heces en relación con el carbono total, vemos que las fracciones que representan el mayor aporte son las huminas, seguidas de ácidos húmicos, al igual que ocurría en los suelos control. En los ácidos húmicos el aporte de carbono varía entre un 14 y un 17 % del total, el mayor porcentaje se da en las heces de HE(HE) y el menor en las de HE(AR). El porcentaje de aporte de carbono de las huminas varía entre el 61 y el 68 %, siendo menor en las heces HE(HE) y mayor en las heces HE(AT).

A modo de resumen se puede decir que **las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae*** no se diferencian significativamente del suelo control. En el caso de **las heces de *H. elisae* en los otros dos suelos** cabe destacar que las fracciones de ácidos fúlvicos (AFL y AF) están enriquecidas en carbono. Por el contrario la materia

orgánica libre (MOL) de las heces muestra un porcentaje de carbono menor que su suelo control. Tanto el extracto húmico total (EHT), como los ácidos húmicos (AH) y las huminas (HUM) presentan tendencias diferentes en los suelos de las zonas de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea*, mientras que las heces HE(AT) presentan valores inferiores que los del suelo control [HE(AT) < CAT], las heces HE(AR) presentan valores superiores a los del suelo control [HE(AR) > CAR].

3.2.3. Heces de *A. c. trapezoides* (Tabla V.3.2.3.)

Como ocurre en el las heces de *H. elisae* el porcentaje de carbono de la **materia orgánica libre (MOL)** es significativamente menor en las heces que en los suelos control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el porcentaje de carbono en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* es 2.11 veces menor que en su respectivo suelo control, en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* es 2.14 veces menor que en el suelo control y en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* es 1.8 veces menor que en el suelo control.

En la fracción de los **ácidos fúlvicos libres (AFL)** el porcentaje de carbono es mayor en las heces que en los suelos control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) sólo para los casos AT(HE) y AT(AT), ya que aunque en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* [AT(AR)] el valor es ligeramente superior (1.2 veces mayor) que en el suelo de *A. rosea* (CAR), las diferencias no son estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p > 0.05$).

Muestra		MOL	AFL	MOL + AFL	EHT	AH	AF	HUM	AH / AF	
CHE	(0.96)	1	0.078 a	0.037 a	0.117 a	0.221 a	0.153 a	0.067 a	0.62 a	2.366 a
		2	8.16	3.88	12.04	22.97	15.9	6.96	64.99	
AT(HE)	(1.37)	1	0.037 b	0.143 b	0.179 b	0.288 b	0.219 b	0.069 a	0.90 b	3.179 b
		2	2.67	10.42	13.09	21.03	15.98	5.06	65.84	
CAT	(1.70)	1	0.124 a	0.045 a	0.169 a	0.443 a	0.383 a	0.065 a	1.09 a	6.553 a
		2	7.33	2.66	9.99	26.07	22.54	3.79	64.11	
AT(AT)	(2.50)	1	0.058 b	0.062 b	0.12 b	0.68 b	0.33 b	0.35 b	1.70 b	0.943 b
		2	2.31	2.49	4.8	27.19	13.19	14.00	68	
CAR	(1.50)	1	0.102 a	0.091 a	0.193 a	0.357 a	0.266 a	0.079 a	0.94 a	3.175 a
		2	6.87	6.10	12.97	23.98	17.86	5.3	62.66	
AT(AR)	(2.92)	1	0.055 b	0.114 a	0.169 a	0.524 b	0.357 b	0.166 b	2.22 b	2.214 b
		2	1.89	3.90	5.79	17.93	12.24	5.69	76.26	

Tabla V.3.2.3. Fraccionamiento químico de las heces de *A. c. trapezoides* [AT(HE): heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae*; AT(AT): heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*; AT(AR): heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea*] comparándolas con sus respectivos suelos control, entre paréntesis se indica el porcentaje de carbono total del suelo. **1)** porcentaje de C en cada fracción; **2)** porcentaje de C en relación con el C total. **MOL:** materia orgánica libre; **AFL:** ácidos fúlvicos libres; **EHT:** extracto húmico total; **AH:** ácidos húmicos; **AF:** ácidos fúlvicos; **HUM:** huminas. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas dentro de la misma columna, comparando las heces con su respectivo control.

Al analizar conjuntamente las sustancias menos humificadas (**MOL+AFL**) se puede observar que ocurren cosas dispares. El porcentaje de carbono en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* es significativamente mayor que en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), mientras que el porcentaje de carbono de las heces en los otros dos suelos es menor que en los suelos control, aunque estas diferencias únicamente resultan estadísticamente significativas para las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. trapezoides* (ANOVA de una vía, $p < 0.05$)

En el **extracto húmico total (EHT)** observamos que existen diferencias significativas en la cantidad de carbono en las heces en relación con sus respectivos suelos control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), y que dicha cantidad es mayor en las heces que en el suelo control: las heces de AT(HE) tienen 1.3 veces más carbono que el EHT del suelo de la zona de *H. elisae* y las heces de AT(AT) y AT(AR) presentan un valor 1.5 veces mayor que el de su suelo control, suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y suelo de la zona de *A. rosea* respectivamente. Como en los casos anteriores, uno de los extractos de mayor aporte de carbono en relación al total es el EHT que presenta porcentajes de aporte entre el 18-27 %, dándose el mayor porcentaje en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y el menor en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea*, [AT(AT) > AT(HE) > AT(AR)].

En los **ácidos húmicos (AH)** el porcentaje de carbono es significativamente mayor en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* y en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* que en sus respectivos suelos control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) y significativamente menor en las heces de *A. c.*

trapezoides en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), ya que el suelo de *A. c. trapezoides* tiene un valor de carbono mayor que el presente en las heces de *A. c. trapezoides* en ese suelo. El aporte de carbono de este extracto supone la mayoría del carbono del EHT, presentando valores entorno al 12-16 %, pero en este caso el mayor aporte se da en AT(HE) con un 15.98 % y el menor en AT(AR) con un 12.24%, [AT(HE) > AT(AT) > AT(AR)]. Esta misma relación en el aporte de carbono de esta fracción se daba en las heces de *H. elisae*.

En el extracto de los **ácidos fúlvicos (AF)** el porcentaje de carbono en las heces es superior al de suelos control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas para los casos de las heces en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea* [AT(AT) y AT(AR)] (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), y en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* el valor es ligeramente superior pero las diferencias no son estadísticamente significativas.

En la fracción de las **huminas (HUM)** encontramos diferencias significativas entre las heces y los suelos control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), siendo 1.45 veces mayor el contenido de carbono en AT(HE), 1.6 veces mayor en AT(AT) y 2.36 veces mayor en AT(AR) que sus respectivos suelos control. Las huminas son la fracción que más carbono aporta al carbono total, con valores entre 66 - 76 % en el caso de las heces y valores entre 62-65 % en el caso de los suelos control.

En la **relación AH/AF**, las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* presentan una relación mayor que la que se da en el suelo de la zona de *H. elisae*, por lo que las heces son muy estables y pueden actuar como reservorio de nutrientes. En cambio las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y en suelo de la zona de *A. rosea* presentan valores inferiores a los de los respectivos suelos control. La relación de AH/AF en las heces de AT(AT) tiene un valor menor de 1, aunque muy próximo, por lo que no podríamos decir que las heces están empobrecidas.

A modo de resumen se puede decir que las **heces de *A. c. trapezoides*** presentan valores de carbono más altos que sus suelos control en las fracciones ácidos fúlvicos libres, extracto húmico total, ácidos fúlvicos y huminas, y que el porcentaje de carbono que aporta cada extracto en relación al carbono total también se ve aumentado. Por el contrario, las heces de *A. c. trapezoides* muestran un porcentaje de carbono de la materia orgánica libre menor que la de sus respectivos suelos control.

3.2.4. Heces de *A. rosea* (Tabla V.3.2.4.)

El porcentaje de carbono de la **materia orgánica libre (MOL)** en las heces de *A. rosea* resulta significativamente menor que la cantidad presente en los suelos control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* presentan un porcentaje de carbono 2.18 veces menor que el de su suelo control, las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* 4.6 veces menor que el suelo control y las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* 2.38 veces menor que el suelo control.

Muestra		MOL	AFL	MOL + AFL	EHT	AH	AF	HUM	AH / AF	
CHE	(0.96)	1	0.078 a	0.037 a	0.117 a	0.221 a	0.153 a	0.067 a	0.62 a	2.366 a
		2	8.16	3.88	12.04	22.97	15.9	6.96	64.99	
AR(HE)	(1.68)	1	0.038 b	0.054 b	0.091 b	0.318 b	0.237 b	0.08 b	1.27 b	2.973 b
		2	2.27	3.21	5.48	18.90	14.14	4.77	75.59	
CAT	(1.70)	1	0.124 a	0.045 a	0.169 a	0.443 a	0.383 a	0.065 a	1.09 a	6.553 a
		2	7.33	2.66	9.99	26.07	22.54	3.79	64.11	
AR(AT)	(2.45)	1	0.026 b	0.158 b	0.184 a	0.545 b	0.427 a	0.118 b	1.72 b	3.64 b
		2	1.07	6.43	7.5	22.25	17.44	4.81	70.24	
CAR	(1.50)	1	0.102 a	0.091 a	0.193 a	0.357 a	0.266 a	0.079 a	0.94 a	3.175 a
		2	6.87	6.10	12.97	23.98	17.86	5.3	62.66	
AR(AR)	(1.61)	1	0.043 b	0.159 b	0.202 a	0.574 b	0.237 a	0.337 b	0.83 b	0.702 b
		2	2.70	9.87	12.57	35.64	14.69	20.94	51.80	

Tabla V.3.2.4. Fraccionamiento químico de las heces de *A. rosea* [AR(HE): heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae*; AR(AT): heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*; AR(AR): heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea*] comparándolas con sus respectivos suelos control, entre paréntesis se indica el porcentaje de carbono total del suelo. **1)** porcentaje de C en cada fracción; **2)** porcentaje de C en relación con el C total. **MOL:** materia orgánica libre; **AFL:** ácidos fúlvicos libres; **EHT:** extracto húmico total; **AH:** ácidos húmicos; **AF:** ácidos fúlvicos; **HUM:** huminas. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas dentro de la misma columna, comparando las heces con su respectivo control.

La fracción de los **ácidos fúlvicos libres (AFL)** mostró el patrón inverso, como viene ocurriendo en las heces de las otras dos especies, las heces presentaron más porcentaje de carbono que los suelos control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). En las heces de AR(HE) el porcentaje de carbono es 1.5 veces superior que el porcentaje de carbono en el suelo de la zona de *H. elisae*, en las heces de AR(AT) es 3.5 veces mayor que en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, en las heces de AR(AR) es 1.7 veces superior que en el suelo de la zona de *A. rosea*.

Al analizar conjuntamente las fracciones menos humificadas (**MOL+AFL**) se puede observar que se produjo un ligero aumento en el porcentaje de carbono en las heces de *A. rosea* en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea* con respecto a los suelos control, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. Por el contrario, las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* tienen un porcentaje de carbono menor que el presente en el suelo control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

El **extracto húmico total (EHT)** en las heces presenta un contenido de carbono mayor que el del suelo control, tienen 1.4 veces más carbono las heces de AR(HE) que el suelo de la zona de *H. elisae*, 1.2 veces más las heces de AR(AT) que el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y 1.6 veces más las heces de AR(AR) que el suelo de la zona de *A. rosea*, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Como en los casos anteriores este extracto es el segundo que más porcentaje de aporte de carbono en relación al total tiene, fluctuando los valores entre 18.9 y 35.6 %, las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea*

son las de mayor porcentaje, con un 35.64 %, seguidas de las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* con un 22.25 % y por último las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* con un 18.90 %, como en los casos anteriores el mayor aporte de carbono a esta fracción proviene de los ácidos húmicos.

En los **ácidos húmicos (AH)** no se observa un patrón común. Tanto las heces de AR(HE) como las de AR(AT) presentan valores de carbono superiores a los de sus respectivos suelos control, suelo de la zona de *H. elisae* y de *A. c. trapezoides* respectivamente, pero en el caso de las heces de AR(AT) esas diferencias no son estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p > 0.05$). Por el contrario, en el caso de las heces de AR(AR) el porcentaje de carbono de este extracto es ligeramente menor que el del suelo de *A. rosea*, pero las diferencias de nuevo no son estadísticamente significativas. La fracción de los AH presenta unos valores de aporte de carbono que varían entre un 14 y un 17.4 %, con valores de 14.14 % en el caso de las heces AR(HE), 17.44 % en el de las heces de AR(AT) y 14.69 % para las heces de AR(AR).

Los **ácidos fúlvicos (AF)** en las heces de *A. rosea* presentan un contenido de carbono significativamente mayor al de los suelos control. Las heces de AR(HE) con un valor 1.2 veces mayor, las heces de AR(AT) con un valor 1.8 veces mayor y las heces de AR(AR) con un valor 4.26 veces mayor que sus respectivos suelos control. El aporte de carbono en relación al total presenta unos porcentaje muy diferentes, ya que el valor máximo es un 20.94 % y corresponde a las heces de AR(AR) y el valor mínimo es un 4.77 % y corresponde a las heces de AR(HE).

En las **huminas (HUM)** las heces presentan un mayor porcentaje de carbono que sus respectivos suelos control en el caso de las heces de AR(HE) y AR(AT), y menor en las heces de AR(AR), siendo estas diferencias estadísticamente significativas para los tres casos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Las heces de AR(HE) con un valor 2 veces mayor, las heces de AR(AT) con un valor 1.57 veces mayor y las heces de AR(AR) con un valor 1.1 veces menor que sus respectivos suelos control. Las HUM son la fracción que más carbono aporta al carbono total, con unos valores próximos al 64 % para los suelos control y valores entre el 51.8 - 75.6 % para las heces.

Con respecto a la **relación AH/AF**, que nos indica el grado de madurez del suelo, podemos observar que, en el caso de las heces de AR(HE) la relación AH/AF es mayor que la que se da en su suelo control. Pero en el caso de las heces de AR(AT) y de AR(AR) la relación es menor, destacando que la relación AH/AF en las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* tiene un valor por debajo de la unidad, lo que indicaría poca humificación de las heces.

A modo de resumen se puede decir que las **heces de *A. rosea*** presentan un mayor porcentaje de carbono en las fracciones de los ácidos fúlvicos libres, en el extracto húmico total y en los ácidos fúlvicos. Al igual que en las especies anteriores, el porcentaje de carbono de la materia orgánica libre en las heces es significativamente menor que el porcentaje en los respectivos suelos control, hecho que se ha repetido en las heces de todas las especies en todos los suelos. El mayor aporte de carbono al carbono total corresponde a los extractos húmico total y huminas.

3.3. Fraccionamiento físico

Los datos obtenidos para el fraccionamiento físico se muestran en la Tabla V.3.3.1. en la que se puede ver tanto el porcentaje de cada fracción, como su contenido en carbono y nitrógeno y la relación C/N.

En la Tabla V.3.3.1. se exponen los datos del fraccionamiento físico de los suelos control sin corregir. Se puede apreciar que el suelo de la zona de *H. elisae* es el que presenta significativamente más fracciones gruesas, FM 2000-250 μm , dato que concuerda con los resultados obtenidos en la granulometría. Por el contrario el suelo que presenta más porcentaje de fracciones finas, FMO 2-0 μm , es el de la zona de *A. rosea*.

Si se compara el porcentaje de carbono de cada fracción se observa que la fracción orgánica (FO) de 2000-250 μm es la fracción con mayor porcentaje de carbono y que es en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea* donde este porcentaje alcanza su máximo valor, con un 37 % y un 36 % respectivamente, mientras que en el suelo de la zona de *H. elisae* el porcentaje de carbono sólo alcanza el 26 %. En cuanto al nitrógeno, también es en esta fracción donde se dan los valores más altos, que corresponden a los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea*, con valores de 4.35 y 4.67 respectivamente.

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CHE								
Fracción (%)	56.82a	1.22 a	12.95 a	3.54 a	2.47 a	0.51 a	8.90 a	13.41 a
C (%)		26.44		5.02		5.79	1.54	1.29
N (%)		3.31		0.81		1.17	0.50	0.47
C/N		7.99		6.20		4.95	2.98	2.53
CAT								
Fracción (%)	40.89 b	1.08 b	17.67 b	3.73 a	10.25 b	1.23 b	9.42 b	15.73 b
C (%)		37.02		12.55		13.82	3.05	2.49
N (%)		4.35		1.74		1.74	0.82	0.85
C/N		8.51		7.21		7.94	3.70	2.41
CAR								
Fracción (%)	40.89 b	1.20 a	14.09 a	3.62 a	5.41 c	1.13 b	14.30 c	19.16 c
C (%)		36.14		10.69		9.83	2.08	1.38
N (%)		4.67		2.01		1.79	0.58	0.46
C/N		7.74		5.32		5.49	3.69	2.89

Tabla V.3.3.1. Fraccionamiento físico de los suelos control: suelo de la zona de *H. elisae* (CHE), suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (CAT) y suelo de la zona de *A. rosea* (CAR). **Valores no corregidos.** FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; C (%): porcentaje de carbono de esta fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de esta fracción. Las letras minúsculas muestran las diferencias significativas dentro de la misma columna.

Mediante un análisis de la regresión se calculan las ecuaciones para conocer el porcentaje de micas presente en la fracción orgánica (Figuras V.3.3.1. – V.3.3.3.).

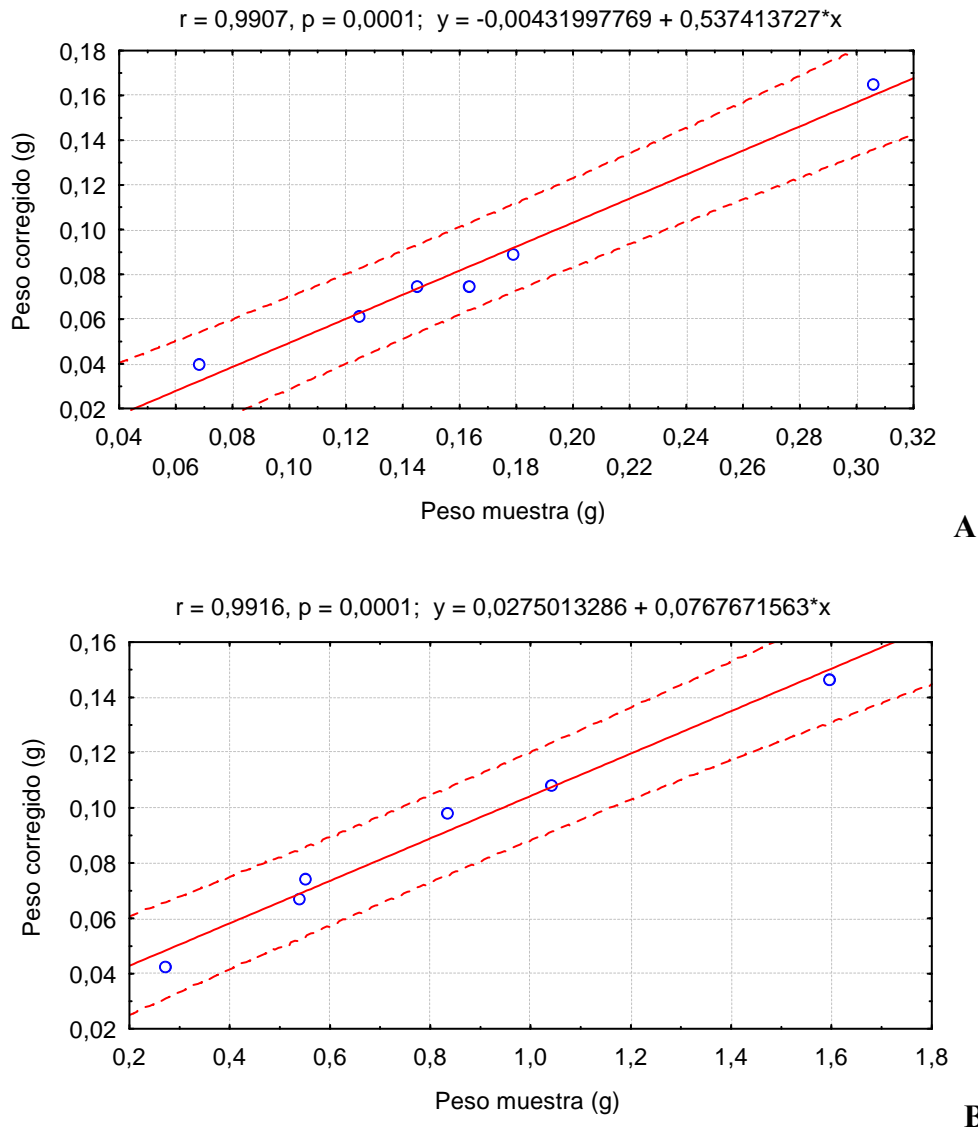


Figura V.3.3.1. Suelo de *H. elisae*. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm.

La ecuación de la recta para la fracción 50-20 µm del suelo de la zona de *H. elisae* no se pudo calcular por falta de muestra, ya que la pequeña cantidad obtenida en el fraccionamiento se empleó para los análisis de carbono y nitrógeno. La corrección de los datos se realizó utilizando el porcentaje de micas obtenido tras el paso por la mufla de una pequeña cantidad, ya que no había réplicas suficientes para obtener la recta. El porcentaje de micas obtenido para esta fracción se asemeja a los datos obtenidos por Ruiz (2004).

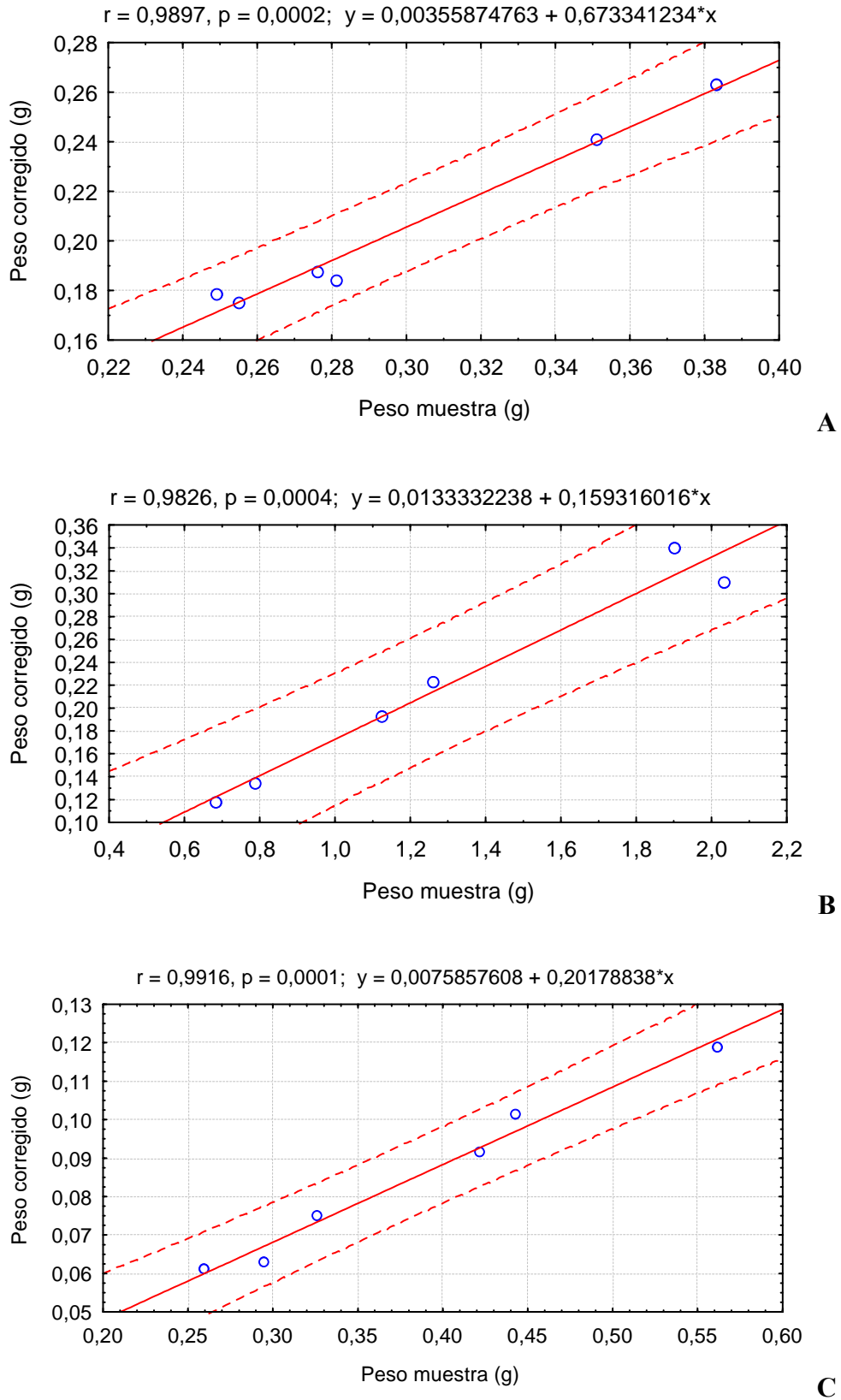
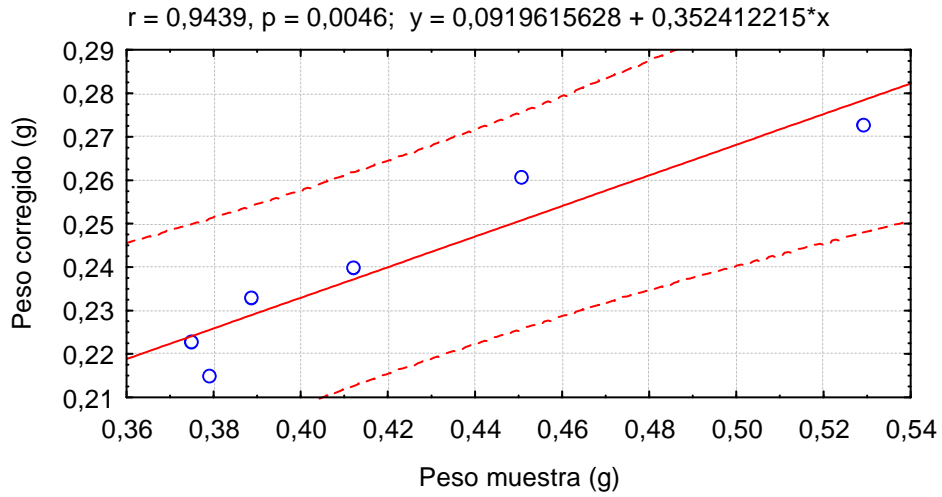
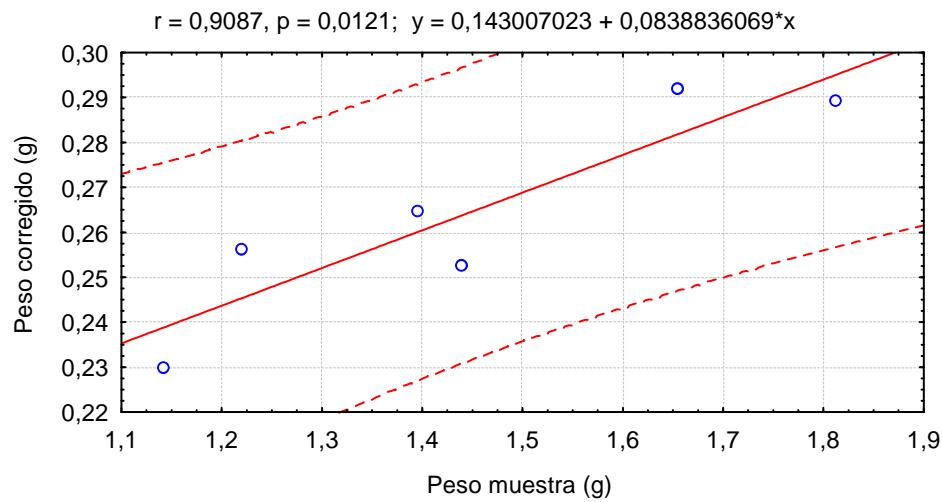


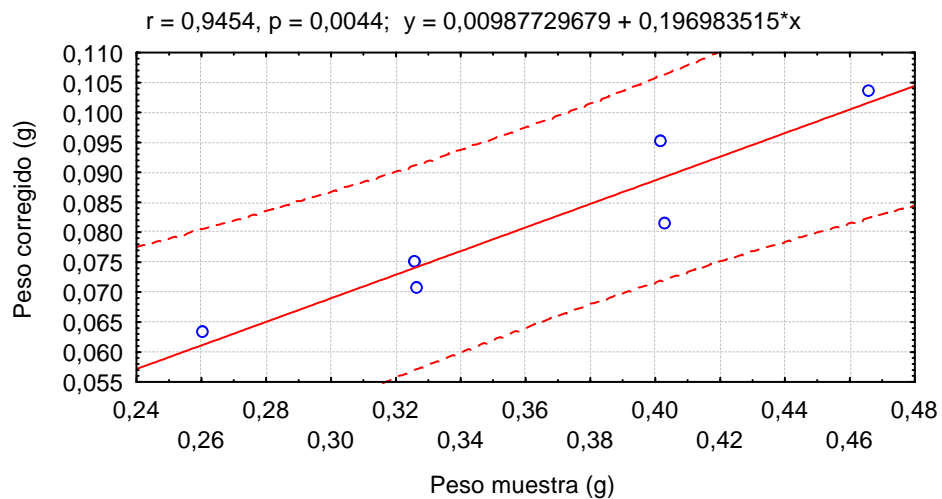
Figura V.3.3.2. Suelo de la zona de *A. c. trapezoides*. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 μm; **B:** FO 250-50 μm; **C:** 50-20μm.



A



B



C

Figura V.3.3.3. Suelo de la zona de *A. rosea*. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-500 µm; **C:** 50-20µm.

El método utilizado para la corrección de las micas ha demostrado ser efectivo, y en la mayoría de los casos los valores de r alcanzan el 0.99. Hay que resaltar que las rectas de regresión calculadas para las heces se calculan con tres réplicas, por la dificultad para obtener una mayor cantidad de heces, lo que influye en la significación obtenida (IX. Anexos).

En los datos corregidos, Tabla V.3.3.2., se observa que los porcentajes de las fracciones orgánicas (FO) disminuyen con el consecuente aumento de sus respectivas fracciones minerales (FM). Por el contrario, el porcentaje de carbono y nitrógeno de las fracciones orgánicas aumenta considerablemente si comparamos los datos corregidos y sin corregir. El porcentaje de carbono de la FO de 2000-250 μm en el suelo de la zona de *H. elisae* excede en 1.90 veces el contenido sin corregir, y algo similar ocurre en el resto de los tratamientos, lo que evidencia la “contaminación” por micas de las FO y la necesidad de realizar las oportunas correcciones para obtener valores más reales.

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CHE								
Fracción (%)	57.38 a	0.64 a	16.14 a	0.34 a	3.06 a	0.12 a	8.90 a	13.41 a
C (%)		50.18		51.69		33.31	1.54	1.29
C (F)		0.32		0.18		0.04	0.14	0.17
N (%)		6.29		8.37		6.80	0.50	0.47
C/N		7.97		6.18		4.90	3.08	5.08
CAT								
Fracción (%)	41.23 b	0.74 a	20.77 b	0.63 b	11.21 b	0.27 b	9.42 a	15.73 b
C (%)		54.27		74.04		58.34	3.05	2.47
C (F)		0.40		0.47		0.17	0.29	0.39
N (%)		6.37		8.69		7.98	0.82	0.85
C/N		8.52		8.52		7.31	3.72	2.90
CAR								
Fracción (%)	41.43 b	0.66 a	17.03 a	0.67 b	6.46 c	0.29 b	14.30 b	19.16 c
C (%)		65.22		50.87		44.44	2.08	1.38
C (F)		0.43		0.34		0.13	0.30	0.27
N (%)		8.42		9.48		8.08	0.58	0.46
C/N		7.75		5.37		5.5	3.59	3.00

Tabla V.3.3.2. Valores corregidos del fraccionamiento físico de los suelos control: suelo de la zona de *H. elisae* (CHE), suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (CAT) y suelo de la zona de *A. rosea* (CAR). FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; C (%): porcentaje de carbono de esta fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en esta fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de esta fracción. Las letras minúsculas muestran las diferencias significativas dentro de la misma columna.

3.3.1. Heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* HE(HE)

En la Tabla V.3.3.3. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CHE								
Fracción (%)	57.38 a	0.64 a	16.14 a	0.34 a	3.06 a	0.12 a	8.90 a	13.41 a
C (%)		50.18 a		51.69 a		33.31a	1.54 a	1.29 a
C (F)		0.32 a		0.18 a		0.04 a	0.14 a	0.17a
N (%)		6.29 a		8.37 a		6.80 a	0.50 a	0.47 a
C/N		7.97		6.18		4.90	3.08	5.08
HE(HE)								
Fracción (%)	53.33 b	0.35 b	20.42 b	0.44 a	2.77 a	0.11 a	6.16 b	16.42 b
C (%)		44.46 a		39.87 b		36.15 a	1.34 a	0.88 b
C (F)		0.16 b		0.17 a		0.04 a	0.08 b	0.15 a
N (%)		5.83 a		6.41 b		8.80 a	0.36 b	0.45 a
C/N		7.63		6.22		4.11	3.72	1.95

Tabla V.3.3.3. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* [HE(HE)] comparándolas con su suelo control [CHE]. FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; C (%): porcentaje de carbono de esta fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en esta fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de esta fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

La **fracción mineral (FM)** y la **fracción orgánica (FO) de 2000-250 μm** en las heces disminuyen significativamente (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) en comparación con el suelo control. La FM se ve reducida en un 4 %, pudiendo existir una selección negativa de estas partículas o una trituración de las partículas en su paso por la molleja y la consecuente incorporación a las FM de menor tamaño. La FO es 1.8 veces menor en las heces que en el suelo de la zona de *H. elisae* (CHE), lo que parece señalar que la lombriz no selecciona esta fracción y el descenso del porcentaje se debe a la asimilación de lo consumido. En los porcentajes de carbono y el de nitrógeno, también se produce un descenso, aunque estas diferencias no son significativas.

En la **fracción de 250-50 μm** se puede observar un aumento de las fracciones minerales en un 4 %, que puede proceder de la trituración de las partículas minerales más gruesas y la incorporación a las fracciones minerales de tamaño inmediatamente inferior. En cuanto a la fracción orgánica de 250-50 μm el porcentaje es mayor en las heces que en el suelo control, 1.3 veces mayor que en el suelo de la zona de *H. elisae*, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. Esto podría interpretarse como el resultado de una débil selección, ya que el valor es mayor aunque no llegue a ser significativo. Como en el caso anterior tanto el porcentaje de carbono como el de nitrógeno son significativamente inferiores a los del suelo control, 1.3 veces menor en ambos casos.

Al estudiar la fracción comprendida entre **50-20 μm** , se observa que los porcentajes, tanto de fracción mineral como de fracción orgánica, son ligeramente menores en las heces que en el suelo control (CHE), pero las diferencias no son estadísticamente significativas. Por tanto si existiese selección ésta sería muy débil, ya

que la asimilación por parte de la lombriz no hace disminuir apenas el valor. Los porcentajes de carbono y nitrógeno aumentan ligeramente, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas. El porcentaje de carbono en las heces es 1.08 veces mayor que en el suelo de la zona de *H. elisae* (CHE) y el porcentaje de nitrógeno es 1.29 veces más elevado que en el suelo control.

La fracción **FMO 20-2 μm** de las heces es significativamente menor que la del suelo de la zona de *H. elisae* (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el porcentaje en el suelo control es 1.4 veces superior que el las heces. La disminución que se observa en esta fracción podría deberse al consumo y asimilación por parte de la lombriz de las partículas más finas del suelo. Lo mismo ocurre con los porcentajes de carbono y nitrógeno, los valores en las heces son inferiores a los que presenta el suelo control, aunque sólo los valores de nitrógeno son estadísticamente significativos (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

Por último el porcentaje de la **FMO 2-0 μm** en las heces es significativamente mayor que el del suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), siendo 1.2 veces mayor, lo que parece indicar que *H. elisae* seleccionaría positivamente esta fracción. El porcentaje de carbono de las heces es 1.47 veces menor que el de suelo control (CHE). La aparente contradicción entre el porcentaje de FMO y su contenido en carbono, puede deberse a la asimilación de fracciones orgánicas por parte de la lombriz, en detrimento de la fracción mineral que evidentemente no es asimilada y, por tanto, es eliminada con las heces, aumentando la parte mineral de las mismas.

A modo de resumen se puede decir que *H. elisae* en el suelo de la zona de *H. elisae* parece seleccionar positivamente la FMO de 2-0 μm y las fracciones de 250-50 μm y de 50-20 μm , aunque la selección de estas últimas resulta muy débil. Por otro lado, las fracciones de 2000-250 μm y 20-2 μm sufrirían una selección negativa y/o digestión por parte de *H. elisae*. Podríamos resumir que *H. elisae*, al vivir en un suelo tan pobre, no ejerce prácticamente selección.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	↓*	Selección negativa y/o digestión
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑	Selección positiva y/o fragmentación
50-20 μm	FM	↓	Selección negativa
	FO	↓	Ingestión y asimilación
20-2 μm	FMO	↓*	Selección negativa
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.4. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* [HE(HE)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.2. Heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* HE(AT)

En la Tabla V.3.3.5. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CAT								
Fracción (%)	41.23 a	0.74 a	20.77 a	0.63 a	11.21 a	0.27 a	9.42 a	15.73 a
C (%)		54.27 a		74.04 a		58.34 a	3.05 a	2.47 a
C (F)		0.40 a		0.47 a		0.17 a	0.29 a	0.39 a
N (%)		6.37 a		8.69 a		7.98 a	0.82 a	0.85 a
C/N		8.52		8.52		7.31	3.72	2.90
HE(AT)								
Fracción (%)	39.68 a	0.27 b	21.91 a	0.41 a	10.10 a	0.22 a	8.06 a	19.36 b
C (%)		89.73 b		84.50 a		56.42 a	2.51 b	1.91 b
C (F)		0.25 b		0.35 a		0.12 a	0.20 b	0.37 a
N (%)		9.20 b		9.34 a		8.97 a	0.53 b	0.66 b
C/N		9.75		9.05		6.29	4.74	2.89

Tabla V.3.3.5. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [HE(AT)] comparándolas con su suelo control [CAT]. FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; C (%): porcentaje de carbono de esta fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en esta fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de esta fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

En la **fracción mineral de 2000-250 μm** de las heces (Tabla V.3.3.5), se observa una disminución del 1.5 % en el porcentaje de la fracción respecto al suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (CAT), descenso que no supone diferencias estadísticamente significativas. Curiosamente la FM de 250-50 μm aumenta en 1 % aproximadamente, lo que parece indicar que la fracción mineral de 2000-250 μm en su paso por el tracto digestivo de la lombriz es triturada y se incorpora a las fracciones inferiores, como ya pasaba en las heces de *H. elisae* en suelo de *H. elisae* [HE(HE)].

En la **fracción orgánica de 2000-250 μm** se produce un descenso en el porcentaje de esta fracción en las heces, siendo significativamente menor que en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Mientras que los porcentajes de carbono y nitrógeno de las heces son significativamente mayores que el porcentaje del suelo control, 1.7 veces y 1.4 veces superior respectivamente. Los resultados parecen indicar que *H. elisae* seleccionaría positivamente las fracciones orgánicas más ricas en carbono, parte las consume y parte del exceso lo elimina con las heces.

Al estudiar la fracción comprendida entre **250-50 μm** se observa un aumento del 1% de la fracción mineral, cantidad que probablemente procede de la fragmentación en partículas menores de la FM 2000-250 μm , hecho que se ha venido constatando en varias ocasiones. En las heces de *H. elisae* la fracción orgánica de 250-50 μm no presenta diferencias significativas respecto a su suelo control (CAT), sin embargo se observa que es 1.8 veces menor. En cuanto al carbono y el nitrógeno, como ocurría en la fracción anterior los porcentajes son ligeramente superiores, 1.14 y 1.1 veces mayores, aunque este aumento no resulta estadísticamente significativo. Estos aumentos de los porcentajes de carbono y nitrógeno en las dos fracciones más

gruesas, podrían indicar que la lombriz no asimila todo el carbono y el nitrógeno que ingiere, ya que las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* son más ricas que el suelo control.

La **fracción de 50-20 μm** mantiene la tendencia que venimos observando, los porcentajes de las fracciones mineral y orgánica en las heces son menores que los porcentajes que encontramos en el suelo control (CAT), aunque las diferencias no resulten estadísticamente significativas. En cuanto a los porcentajes de carbono y nitrógeno de las heces, no se han encontrado diferencias significativas, pero sí se observa un incremento (1.17) en el porcentaje de nitrógeno de las heces, como ocurría en las fracciones más gruesas y que puede ser debido a que el suelo es más rico que el suelo de la zona de *H. elisae* y por tanto el animal no asimile o no necesite todo el nitrógeno que ingiere para realizar sus funciones vitales y el exceso de nitrógeno consumido lo expulse con las heces.

La **FMO de 20-2 μm** obtenida de las heces no presenta diferencias significativas en relación con el suelo control (suelo de la zona de *A. c. trapezoides*), pero como en los casos anteriores el valor en las heces es ligeramente inferior. Los porcentajes de carbono y nitrógeno de las heces son 1.2 y 1.5 veces menores que el suelo control respectivamente, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Lo que parece indicar que *H. elisae* asimila gran parte del carbono y del nitrógeno existente en estas partículas finas.

En la fracción **FMO menor de 2 μm** , se observa que el porcentaje de esta fracción es significativamente mayor en las heces que en el suelo control (ANOVA de

una vía, $p < 0.05$), 1.2 veces superior en la heces, lo que parece indicar que la lombriz selecciona activamente esta fracción. Los porcentajes de carbono y nitrógeno son significativamente menores en las heces que en el suelo control (CAT). Estos resultados nos indicarían que las fracciones finas, menores de 20 μm , son asimiladas parcialmente por las lombrices, por lo que en las heces los porcentajes de carbono y nitrógeno disminuyen significativamente.

A modo de resumen se puede decir que *H. elisae* en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, que es más rico que su propio suelo, seleccionaría positivamente la FO 2000-250 μm y la FMO de 2-0 μm , mientras que parece mostrar un rechazo por la fracción mineral de 2000-250 μm . Por el resto de fracciones, 250-50 μm ; 50-20 μm y 20-2 μm se podría dar una débil selección por parte de la lombriz, ya que el porcentaje de dichas fracciones en las heces no disminuye significativamente después de la ingestión.

En cuanto al carbono y el nitrógeno, la lombriz consume un suelo relativamente rico en C y N, aunque parece que no es capaz de asimilar todos los nutrientes que contiene, por lo que las heces son más ricas que el suelo ingerido, esto ocurre con las fracciones más gruesas. Con las fracciones más finas, observamos que el contenido en carbono y nitrógeno de las heces es menor al del suelo ingerido, lo que podría indicar que el animal aprovecha para su metabolismo estas fracciones, que pueden ser de más fácil asimilación.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	↓*	Selección positiva de FO ricas en C
250-50 μm	FM	↑	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↓	Ingestión y asimilación
50-20 μm	FM	↓	Selección negativa
	FO	↓	Ingestión y asimilación
20-2 μm	FMO	↓	Ingestión y asimilación
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.6. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [HE(AT)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.3. Heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* HE(AR)

En la Tabla V.3.3.7. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CAR								
Fracción (%)	41.43 a	0.66 a	17.03 a	0.67 a	6.46 a	0.29 a	14.30 a	19.16 a
C (%)		65.22 a		50.87 a		44.44 a	2.08 a	1.38 a
C (F)		0.43 a		0.34 a		0.13 a	0.30 a	0.27 a
N (%)		8.42 a		9.48 a		8.08 a	0.58 a	0.46 a
C/N		7.75		5.37		5.5	3.59	3.00 a
HE(AR)								
Fracción (%)	36.66 b	0.41 b	22.05 b	0.83 a	7.41 a	0.23 a	8.43 b	23.98 b
C (%)		79.10 a		76.09 b		64.32 b	2.61 b	1.28 a
C (F)		0.32 b		0.62 b		0.15 a	0.22 a	0.31 a
N (%)		10.50 b		10.83 a		12.65 a	0.58 a	0.59 b
C/N		7.53		7.03		5.08	4.5	2.17

Tabla V.3.3.7. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* [HE(AR)] comparándolas con su suelo control [CAR]. FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; C (%): porcentaje de carbono de esta fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en esta fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de esta fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

El porcentaje de la FM de **2000-250 μm** sufre de nuevo una disminución significativa en relación con el porcentaje del suelo control (CAR), de 1.1 veces. Este descenso se observa también en la fracción orgánica, que en las heces es 1.6 veces menor que en el suelo control, lo que podría indicar una selección negativa de esta fracción por parte de la lombriz o que esta fracción haya sido parcialmente digerida, junto a una trituración de estas partículas y su incorporación a las fracciones inferiores. Los porcentajes de carbono y nitrógeno presentes en las heces son mayores que los del suelo control, aunque en el caso del carbono las diferencias no son estadísticamente significativas.

Al analizar la **fracción de 250-50 μm** observamos que, la fracción mineral es significativamente mayor en las heces que en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Este aumento en la fracción, como en los casos anteriores podría deberse a una selección favorable o, al menos parcialmente, a la trituración de partículas de mayor tamaño de la fracción anterior (2000-250 μm) y la posterior incorporación a esta fracción. También se observa un aumento del porcentaje de la fracción orgánica, que aunque no es estadísticamente significativo, podría indicar que *H. elisae* selecciona y digiere parte de esta fracción. Los porcentajes de carbono y nitrógeno son mayores en las heces que en el suelo control, pero sólo resultan estadísticamente significativas las diferencias en cuanto al carbono (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

En la **fracción de 50-20 μm** observamos que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de las heces y el del suelo control, tanto en la fracción mineral como en la fracción orgánica. Se observa un pequeño incremento de la fracción mineral y se mantiene la fracción orgánica en relación a su

suelo control. En cuanto a los porcentajes de carbono y nitrógeno, ambos son mayores en las heces que en el suelo control, aunque en el caso del nitrógeno las diferencias no son estadísticamente significativas, lo que podría indicar una selección positiva por parte de la lombriz de fracciones ricas en carbono.

En la **FMO de 20-2 μm** se mantiene la tendencia que venimos observando en *H. elisae* en esta fracción, el porcentaje presente en las heces es significativamente menor que el del suelo de la zona de *A. rosea* (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). En relación al porcentaje de carbono observamos que las heces contienen significativamente más carbono que el suelo control, mientras que el porcentaje de nitrógeno se mantiene igual.

Como ha ocurrido en los suelos anteriores, las heces de *H. elisae* contienen un porcentaje de la **FMO de 0-2 μm** mayor que el presente en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el valor es 1.3 veces superior. Este resultado indicaría que *H. elisae* seleccionaría positivamente esta fracción. Se observa un incremento significativo en el contenido de nitrógeno de las heces en relación con el nitrógeno que contenía el suelo control.

A modo de resumen podemos decir que ***H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea*** presenta una selección positiva de la FMO de 0-2 μm , de la FO de 250-50 μm y de la FO de 50-20 μm , y muestra un ligero rechazo de las fracciones más gruesas, tanto minerales como orgánicas y, de las que ingiere, parte las tritura y asimila y parte pasan a formar parte de la siguiente fracción que se ve enriquecida. Como el suelo de

A. rosea es muy rico para *H. elisae*, sus heces están muy enriquecidas en carbono y nitrógeno, en todas las fracciones.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	↓*	Selección negativa y/o digestión
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑	Selección positiva y/o fragmentación
50-20 μm	FM	↑	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↓	Selección positiva de FO ricas en C
20-2 μm	FMO	↓*	Selección negativa
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.8. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* [HE(AR)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.4. Heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* AT(HE)

En la Tabla V.3.3.9. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CHE								
Fracción (%)	57.38 a	0.64 a	16.14 a	0.34 a	3.06 a	0.12 a	8.90 a	13.41 a
C (%)		50.18 a		51.69 a		33.31 a	1.54 a	1.29 a
C (F)		0.32 a		0.18 a		0.04 a	0.14 a	0.17 a
N (%)		6.29 a		8.37 a		6.80 a	0.50 a	0.47 a
C/N		7.97		6.18		4.90	3.08	5.08
AT(HE)								
Fracción (%)	35.16 b	0.38 b	27.72 b	0.67 b	4.37 b	0.23 b	10.19 b	21.29 b
C (%)		65.65 b		64.17 b		31.38 a	1.80 a	1.28 a
C (F)		0.25 b		0.43 b		0.07 b	0.18 b	0.27 b
N (%)		1.13 b		3.57 b		7.55 a	0.47 a	0.59 b
C/N		58.10		17.97		4.16	3.83	2.17

Tabla V.3.3.9. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* [AT(HE)] comparándolas con su suelo control (CHE). FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; C (%): porcentaje de carbono de esta fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en esta fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de esta fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

La **fracción mineral de 2000-250 μm** es mucho menor en las heces de *A. c. trapezoides* que en el suelo de la zona de *H. elisae*, varía desde un 57.38 % presente en el suelo a un 35.16 % en las heces, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Este descenso tan marcado podría deberse, en parte, a la trituración de las partículas en la molleja y la incorporación en las fracciones menores, pero los porcentajes de las fracciones minerales inferiores de las heces difícilmente justificarían todo ese aporte, por lo que cabría pensar en una selección negativa de esta fracción.

El componente **orgánico de la fracción 2000-250 μm** es mayor en el suelo control que en las heces, resultando estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), lo que podría deberse a que *A. c. trapezoides* no seleccione esta fracción, unido a la posible trituración en la molleja. Se dan diferencias significativas en los porcentajes de carbono y nitrógeno (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el valor de carbono es 1.3 veces mayor en las heces que en el suelo control (CHE) y el valor del nitrógeno es 5.6 veces menor que el porcentaje de nitrógeno presente en el suelo de la zona *H. elisae*. Si se analizan conjuntamente las variables fracción y porcentaje de carbono se observa que, aunque se produce un descenso en la fracción el porcentaje de carbono en las heces es superior al presente en el suelo control, lo que podría deberse a que *A. c. trapezoides* seleccionara las partículas ricas en carbono de esta fracción y no empleara todo para su metabolismo, lo que podría explicar que a pesar de disminuir el porcentaje de la fracción el carbono en las heces sea mayor.

La **fracción mineral 250-50 μm** presente en las heces es significativamente mayor que la del suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el valor es 1.7 veces superior. Parte de ese aumento podría deberse a la trituración de la fracción mineral de 2000-250 μm y a una selección positiva de la lombriz de esta fracción.

En cuanto a la **fracción orgánica de 250-50 μm** existen diferencias significativas entre el porcentaje presente en las heces y en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), siendo 2 veces mayor en las heces que en el suelo control. Por tanto se podría asumir una selección positiva de esta fracción por parte de la lombriz. En los porcentajes de carbono y nitrógeno ocurre como en la fracción anterior, existen diferencias significativas entre el suelo y las heces, el valor de carbono es 1.2 veces superior en las heces y el valor de nitrógeno es 2.3 veces inferior en las heces. Se podría concluir que *A. c. trapezoides* se alimenta de partículas muy ricas en carbono y nitrógeno, cuyos compuestos carbonados no son de fácil asimilación o ha ingerido en exceso y por tanto los porcentajes de carbono en las heces son muy superiores a los del suelo control. Parece que es capaz de asimilar los compuestos nitrogenados.

En la **fracción de 50-20 μm** , se puede observar un aumento en las heces, ya que tanto la fracción mineral como la fracción orgánica son significativamente mayores en las heces en comparación con el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). La fracción mineral es 1.4 veces mayor y la orgánica es 1.9. Por el contrario, los porcentajes de carbono y nitrógeno se mantienen prácticamente igual, no existiendo diferencias significativas entre heces y suelo control.

Al contrario de lo que pasaba con *H. elisae*, *A. c. trapezoides* parece seleccionar positivamente **la FMO 20-2 μm** , ya que las heces están más enriquecidas en esta fracción que el suelo control. El porcentaje de esta fracción es 1.1 veces mayor en las heces que en el suelo control (CHE), siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Al igual que ocurría en la fracción anterior los porcentajes de carbono y nitrógeno son similares en el suelo y en las heces, no existiendo diferencias significativas.

Por último se observa un aumento de la fracción inferior a 2 μm (**FMO 2-0 μm**) en las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae*, el porcentaje de esta fracción en las heces es significativamente mayor que en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). El contenido de carbono es prácticamente igual en ambos casos, por el contrario el porcentaje de nitrógeno es significativamente mayor en la heces que en el suelo control (1.3 veces mayor).

A modo de resumen se puede decir que *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* selecciona positivamente todas las FO menores de 250 μm y que la fracción de 2000-250 μm , tanto mineral como orgánica, presenta un porcentaje mucho menor en las heces que en los suelos control. En las fracciones mayores de 50 μm los porcentajes de carbono presentes en las heces son mayores que los del suelo control, mientras que en el resto de fracciones no existen diferencias en los porcentajes de carbono entre las heces y el suelo control.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y pérdida por trituración
	FO	↓*	Selección positiva de FO ricas en C
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva de FO ricas en C
50-20 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva
20-2 μm	FMO	↑*	Selección positiva
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.10. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* [AT(HE)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.5. Heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* AT(AT)

En la Tabla V.3.3.11. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CAT								
Fracción (%)	41.23 a	0.74 a	20.77 a	0.63 a	11.21 a	0.27 a	9.42 a	15.73 a
C (%)		54.27 a		74.04a		58.34 a	3.05a	2.47 a
C (F)		0.40 a		0.47 a		0.17 a	0.28 a	0.39 a
N (%)		6.37 a		8.69 a		7.98 a	0.82 a	0.85 a
C/N		8.52		8.52 a		7.31	3.72	2.90 a
AT(AT)								
Fracción (%)	25.26 b	0.40 b	27.23 b	0.72 a	12.70 a	0.46 b	10.49 a	22.74 b
C (%)		76.34 b		65.73 a		49.50 b	3.35 a	1.98 b
C (F)		0.30 a		0.47 a		0.23 a	0.35 a	0.45 a
N (%)		4.07 b		10.85 a		9.11 a	0.74 a	0.87 a
C/N		18.76		6.06		5.43	4.53	2.28

Tabla V.3.3.11. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AT(AT)] comparándolas con su suelo control (CAT). FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; Fracción (%): porcentaje de cada fracción; C (%): porcentaje de carbono de cada fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en cada fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de cada fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

Como viene ocurriendo hasta ahora, la **fracción mineral de 2000-250 μm** es considerablemente menor en las heces que en el suelo control (suelo de la zona de *A. c. trapezoides*), la fracción pasa de un 41.23 % en el suelo a un 25.26 % en las heces, siendo estas diferencias estadísticamente significativas. Parte de esta disminución, como ya hemos dicho, podría deberse a la trituración al pasar por la molleja, pero este fenómeno, si existe, no parece ser el responsable de una disminución tan drástica, por tanto se podría achacar a una selección negativa de esta fracción por parte de *A. c. trapezoides*.

Igual que ocurre en la fracción mineral, el **componente orgánico de la fracción de 2000-250 μm** es 1.85 veces menor en las heces que en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). El contenido en carbono es significativamente mayor en las heces que en el suelo (1.41 veces), siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Mientras que el contenido en nitrógeno es significativamente menor (1.56 veces). Estos resultados parecen indicar que *A. c. trapezoides* seleccionaría activamente sólo las partículas más ricas de esta fracción, y que parte de lo ingerido podría ser triturado e incorporado a las fracciones inferiores y parte asimilado.

La **fracción mineral de 250-50 μm** presente en las heces es significativamente mayor que la del suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el valor es 1.3 veces más elevado. Parte de ese aumento puede deberse a la trituración de la fracción mineral de 2000-250 μm y parte a una selección positiva de esta fracción por parte de la lombriz.

En cuanto a la **fracción orgánica de 250-50 μm** el porcentaje presente en las heces es ligeramente mayor que el del suelo control, aunque no existen diferencias estadísticamente significativas. En los porcentajes de carbono y nitrógeno tampoco existen diferencias significativas entre el suelo control y las heces, aunque el valor de carbono es 1.1 veces inferior en las heces y el valor de nitrógeno es 1.2 veces superior en las heces.

Al analizar la **fracción comprendida entre 50-20 μm** , se observa que los porcentajes, tanto de la fracción mineral como de la orgánica, son mayores en las heces que en el suelo control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas en la fracción orgánica (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). La fracción orgánica es 1.7 veces mayor en las heces, lo que indicaría una selección positiva de esta fracción por parte de la lombriz. El porcentaje de carbono es significativamente menor en las heces que en el suelo control, resultando estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

En la **FMO de 20-2 μm** se observa que el porcentaje presente en las heces es ligeramente superior al del suelo control (1.1 veces mayor), aunque las diferencias no son significativas estadísticamente. Tampoco existen diferencias significativas en los porcentajes de carbono y nitrógeno.

Como ya ocurría en el suelo de la zona de *H. elisae*, observamos que *A. c. trapezoides* es capaz de seleccionar la **fracción inferior a 2 μm** en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AT(AT)]. El porcentaje de esta fracción en las heces es significativamente mayor que en el suelo control (1.4 veces mayor), siendo estas

diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). El porcentaje de carbono en las heces es significativamente menor que en el suelo control, lo que indicaría que la lombriz asimila gran parte del carbono que ingiere. El porcentaje de nitrógeno es prácticamente igual en el control y en las heces.

A modo de resumen se puede decir que *A. c. trapezoides* en su propio suelo [AT(AT)] seleccionaría todas las fracciones menos la fracción mineral de 2000-250 μm , ya que los porcentajes son mayores en las heces que en el suelo control. En las fracciones inferiores a 250 μm las heces tienen menor contenido en carbono que el suelo ingerido, lo que podría indicar que *A. c. trapezoides* es capaz de asimilar los compuestos carbonados presentes en estas fracciones. Mientras que, en la fracción orgánica de 2000-250 μm el porcentaje de carbono presente en las heces es mayor que el del suelo control, esto unido al hecho de un descenso en la fracción podría indicar que la lombriz seleccionaría partículas ricas en carbono y no emplearía todo para su metabolismo.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	↓*	Selección positiva de FO ricas en C
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑	Selección positiva y/o fragmentación
50-20 μm	FM	↑	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva
20-2 μm	FMO	↑	Selección positiva débil
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.12. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AT(AT)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.6. Heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* AT(AR)

En la Tabla V.3.3.13. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CAR								
Fracción (%)	41.43 a	0.66 a	17.03 a	0.67 a	6.46 a	0.29 a	14.30 a	19.16 a
C (%)		65.22 a		50.87 a		44.44 a	2.08 a	1.38 a
C (F)		0.43 a		0.34 a		0.13 a	0.30 a	0.27 a
N (%)		8.42 a		9.48 a		8.08 a	0.58 a	0.46 a
C/N		7.75		5.37		5.5	3.59	3.00
AT(AR)								
Fracción (%)	23.72 b	0.80 b	23.24 b	1.23 b	7.14 a	0.26 a	11.97 a	30.60 b
C (%)		72.77 a		66.09 a		62.23 b	3.38 b	1.42 a
C (F)		0.58 b		0.81 b		0.16 a	0.41 a	0.43 b
N (%)		8.04 a		10.68 a		13.35 b	0.79 b	0.80 b
C/N		9.05		6.19		4.66	4.28	1.78

Tabla V.3.3.13. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* [AT(AR)] comparándolas con su suelo control (CAR). FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; Fracción (%): porcentaje de cada fracción; C (%): porcentaje de carbono de cada fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en cada fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de cada fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

Al analizar los porcentajes de cada fracción en las heces de *A. c. trapezoides* en el suelo de la zona de *A. rosea* observamos que, la **fracción mineral de 2000-250 μm** es menor en las heces que en el suelo de la zona de *A. rosea*, en el suelo encontramos un porcentaje del 41.43 % y en las heces se da un porcentaje de 23.72 %, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). El descenso tan marcado podría deberse, en parte, a la trituración de las partículas y la incorporación en las fracciones menores, pero también cabría pensar en una selección negativa de esta fracción.

A diferencia de lo que ocurría en *A. c. trapezoides* en los otros dos suelos [AT(HE), AT(AT)], en el suelo de la zona de *A. rosea* [AT(AR)] la **fracción orgánica de 2000-250 μm** presente en las heces es significativamente mayor que la del suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Los porcentajes de carbono y nitrógeno son ligeramente mayores en las heces que en los suelos control, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

En la **fracción de 250-50 μm** , se observa que tanto la fracción mineral como la fracción orgánica son significativamente mayores en las heces que en el suelo control (la fracción mineral es 1.4 veces mayor y la fracción orgánica es 1.9 veces) (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), esto podría indicar una selección positiva por parte de *A. c. trapezoides*, unido al aporte de la fracción superior por la trituración que venimos comentando. Los porcentajes de carbono y nitrógeno, son ligeramente más altos en las heces que en el suelo, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

En la **fracción de 50-20 μm** se observa que los porcentajes, tanto de la fracción mineral como la fracción orgánica, son prácticamente iguales a los del suelo control, no existiendo diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo los contenidos en carbono y nitrógeno son significativamente más altos en las heces que en el suelo, siendo el contenido de carbono 1.4 veces mayor y el de nitrógeno 1.7 veces mayor, lo que indicaría que la lombriz selecciona positivamente las partículas más enriquecidas de esta fracción.

En la **fracción comprendida entre 20-2 μm** se observa un ligero descenso en el porcentaje de esta fracción en las heces, aunque las diferencias no resulten estadísticamente significativas. Donde sí se encuentran diferencias significativas es en los contenidos de carbono y nitrógeno (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), siendo 1.6 veces mayor el contenido de carbono en las heces que en el suelo control y 1.4 veces superior el del nitrógeno, también mayor en las heces.

Por último se observa que las heces de *A. c. trapezoides* presentan un porcentaje de la **FMO de 2-0 μm** mucho mayor que el del suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el porcentaje aumenta de 19.16 % presente en el suelo a 30.60 % en las heces, lo que parece indicar una selección por parte de la lombriz. El contenido de carbono y nitrógeno es superior en las heces que en el suelo control, pero sólo resultan significativas las diferencias encontradas en el contenido de nitrógeno.

A modo de resumen se puede decir que *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* seleccionaría casi todas las fracciones excepto la fracción mineral de 2000-250 μm , siendo más fuerte la selección por la fracción orgánica de 2000-250 μm

y las fracciones, tanto mineral como orgánica, de 250-50 μm y 2-0 μm . La selección por el resto de fracciones sería más débil y por tanto más difícil de concluir.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	↑*	Selección positiva
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva y/o fragmentación
50-20 μm	FM	↑	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑	Selección positiva FO ricas en C
20-2 μm	FMO	↓	Selección positiva FO ricas en C
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.14. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* [AT(AR)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.7. Heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* AR(HE)

En la Tabla V.3.3.15. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CHE								
Fracción (%)	57.38 a	0.64 a	16.14 a	0.34 a	3.06 a	0.12 a	8.90 a	13.41 a
C (%)		50.18 a		51.69 a		33.31a	1.54 a	1.29 a
C (F)		0.32 a		0.18 a		0.04 a	0.14 a	0.17 a
N (%)		6.29 a		8.37 a		6.80 a	0.50 a	0.47 a
C/N		7.97		6.18		4.90	3.08	5.08
AR(HE)								
Fracción (%)	39.51 b	0.30 b	26.11 b	0.73 b	4.25 b	0.23 b	7.68 b	21.18 b
C (%)		89.09 b		64.95 b		42.19 b	2.54 b	1.79 b
C (F)		0.27 a		0.47 b		0.10 b	0.20 a	0.38 b
N (%)		10.92 b		10.03 b		8.22 a	0.67 b	0.59 b
C/N		8.16		6.48		5.13	3.79	3.03

Tabla V.3.3.15. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* [AR(HE)] comparándolas con su suelo control (CHE). FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; Fracción (%): porcentaje de cada fracción; C (%): porcentaje de carbono de cada fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en cada fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de cada fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

Las **fracciones minerales y orgánicas** más gruesas (**2000-250 μm**) disminuyen significativamente (ANOVA de una vía, $p < 0.05$) en las heces de *A. rosea* en comparación con el suelo control (suelo de la zona de *H. elisae*). La fracción mineral se ve reducida en un 18 % y la fracción orgánica se reduce a la mitad, lo que parece señalar que la lombriz no seleccionaría la fracción mineral y parte de las partículas más gruesas que ingiere serían trituradas en la molleja y pasarían a formar parte de fracciones inferiores. La fracción orgánica debe analizarse conjuntamente con los resultados de carbono y nitrógeno; los porcentajes de carbono y nitrógeno presentes en las heces que son superiores a los del suelo control, lo que unido a un descenso de la fracción orgánica podría indicar una selección por parte de la lombriz de las partículas más ricas, parte serían digeridas y parte se eliminarían en las heces porque *A. rosea* no sería capaz de asimilar todo el carbono y nitrógeno ingerido.

En la **fracción mineral de 250-50 μm** se produce un aumento significativo en las heces en relación con el porcentaje presente en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el porcentaje en el suelo es de 16.14 % y en las heces alcanza el 26.11 %, parte de este aumento puede venir explicado por la trituración de la fracción mineral de 2000-250 μm y la consecuente incorporación a las fracciones menores, pero este aporte no explicaría todo el aumento de la fracción.

El porcentaje de la **fracción orgánica de 250-50 μm** presente en las heces es mayor que el del suelo control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), la FO es 2.14 veces mayor en las heces que en el suelo control. Los porcentajes de carbono y nitrógeno de las heces son superiores a los del suelo control, 1.3 y 1.2 veces respectivamente, siendo estas diferencias estadísticamente

significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Esto indicaría una selección de las partículas más ricas por parte de la lombriz.

Al analizar la **fracción de 50-20 μm** se puede observar que, tanto la fracción mineral como la fracción orgánica son mayores en las heces que en el suelo control, resultando estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). La fracción mineral pasa de 3.06 % en el suelo de la zona de *H. elisae* (CHE) a 4.25 % en las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae*. En la fracción orgánica el aumento resulta más significativo ya que el porcentaje de fracción orgánica en las heces es casi el doble que el presente en el suelo, lo que podría indicar una selección de esta fracción por parte de la lombriz, tanto de la fracción mineral como de la fracción orgánica, debido a la atracción de la partículas orgánicas a los limos gruesos. Esto parece confirmarse al estudiar los porcentajes de carbono y nitrógeno, ambos porcentajes son 1.2 veces mayores en las heces que en el suelo control, aunque sólo resultan estadísticamente significativas las diferencias encontradas para el porcentaje de carbono (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

El porcentaje de la fracción **FMO de 20-2 μm** es significativamente menor en las heces que en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el valor pasa de 8.90 % en el suelo a 7.68 % en las heces. Por el contrario los valores de carbono y nitrógeno presentes en las heces exceden en 1.7 y 1.3 veces el contenido en el suelo de la zona de *H. elisae*, respectivamente. Esto indicaría que *A. rosea* selecciona positivamente las partículas más ricas de esta fracción y lo que no utiliza es expulsado con las heces.

Por último se observa un aumento de la **fracción de 2-0 μm** en las heces, el porcentaje es 1.6 veces superior en las heces que en el suelo control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Los porcentajes de carbono y nitrógeno en las heces son superiores a los presentes en el suelo control, el contenido de carbono es 1.4 veces superior y el del nitrógeno 1.3 veces. Estos resultados indicarían que *A. rosea* seleccionaría positivamente la fracción menor de 2 μm .

A modo de resumen se puede decir que *A. rosea* en el suelo de *H. elisae* ingeriría relativamente menos las fracciones minerales más gruesas (2000-250 μm) y por el contrario buscaría activamente el resto de fracciones, ya que los porcentajes presentes en las heces son mayores a los del suelo control. Esta selección no parece deberse al tamaño de las partículas sino a su contenido en nutrientes, ya que el aumento es mucho más marcado en las fracciones orgánicas que en las minerales. Como el suelo es muy pobre para esta especie, *A. rosea* se alimenta de las fracciones más ricas del suelo, y por tanto sus heces están más enriquecidas en carbono y nitrógeno que el suelo control en todas las fracciones.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	↓*	Selección positiva de FO ricas en C
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva
50-20 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva
20-2 μm	FMO	↓*	Selección positiva de FO ricas en C
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.16. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* [AR(HE)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.8. Heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* AR(AT)

En la Tabla V.3.3.17. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CAT								
Fracción (%)	41.23 a	0.74 a	20.77 a	0.63 a	11.21 a	0.27 a	9.42 a	15.73 a
C (%)		54.27 a		74.04 a		58.34 a	3.05 a	2.47 a
C (F)		0.40 a		0.47 a		0.17 a	0.28 a	0.39 a
N (%)		6.37a		8.69 a		7.98 a	0.82 a	0.85 a
C/N		8.52		8.52		7.31	3.72	2.90
AR(AT)								
Fracción (%)	28.58 b	0.38 b	25.89 b	1.30 b	11.51 a	0.40 a	8.71 a	23.29 b
C (%)		73.51 b		54.21 b		84.68 b	2.95 a	1.78 b
C (F)		0.28 b		0.70 a		0.28 a	0.26 a	0.41 a
N (%)		5.93 a		6.28 a		7.02 a	0.45 b	1.00 b
C/N		12.40		8.63		12.06	6.56	1.78

Tabla V.3.3.17. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*. [AR(AT)] comparándolas con su suelo control (CAT). FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; Fracción (%): porcentaje de cada fracción; C (%): porcentaje de carbono de cada fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en cada fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de cada fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

En la **fracción mineral de 2000-250 μm** se observa que hay una disminución en las heces en comparación con el porcentaje de esta fracción presente en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (CAT), en el suelo esta fracción es 1.44 veces mayor, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). Como ya hemos dicho el descenso tan marcado podría deberse, en parte, a la trituración de las partículas y la incorporación en las fracciones menores, pero también cabría pensar en que la lombriz no ingiera esta fracción.

El porcentaje de la **fracción orgánica de 2000-250 μm** en las heces resulta significativamente menor que el presente en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), en las heces es casi 2 veces inferior al que encontramos en el suelo control. En lo relativo al porcentaje de carbono se puede decir que, el carbono presente en esta fracción en las heces es superior al del suelo control, el porcentaje es 1.4 veces mayor en las heces. Por el contrario el porcentaje de nitrógeno es similar en las heces y en el control.

Al analizar la fracción comprendida entre **250-50 μm** se observa un aumento de esta fracción en las heces de *A. rosea*, tanto del componente mineral como del orgánico, las heces presentan un 5 % más de fracción mineral que el suelo control y la fracción orgánica es casi 2 veces mayor en las heces que en el suelo control (suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, CAT), resultando en ambos casos las diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$). El porcentaje de carbono de las heces es significativamente menor que el del suelo control, mientras que el porcentaje de nitrógeno es ligeramente menor, pero las diferencias no son estadísticamente significativas.

En la **fracción de 50-20 μm** , se observa que los porcentajes, tanto de la fracción mineral como de la orgánica, son ligeramente superiores en las heces que en el control, aunque estas diferencias no han resultado estadísticamente significativas. El porcentaje de carbono es significativamente mayor en las heces que en el control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), mientras que en el porcentaje de nitrógeno no existen diferencias significativas entre el control y las heces. Estos resultados podrían explicarse por una selección de partículas enriquecidas por parte de la lombriz, ya que después de la asimilación, la fracción orgánica en las heces resulta ligeramente mayor y el porcentaje de carbono es muy superior al presente en el suelo control.

El porcentaje de la **FMO de 20-2 μm** presente en las heces es ligeramente menor al que aparece en el suelo control, pero no existen diferencias significativas entre ambos valores. Los porcentajes de carbono y nitrógeno son inferiores en las heces que en el control, aunque sólo existen diferencias significativas para el nitrógeno (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

Por último se observa un aumento de la **FMO de 2-0 μm** en las heces de *A. rosea*, el porcentaje en las heces es 1.5 veces mayor que el presente en el suelo. El porcentaje de carbono es significativamente menor en las heces y el contenido de nitrógeno es significativamente mayor (ANOVA de una vía, $p < 0.05$).

A modo de resumen podemos decir que *A. rosea* en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* seleccionaría la fracción orgánica 2000-250 μm , las fracciones, tanto orgánicas como minerales, de 250-50 μm y de 2-0 μm , y las partículas más ricas en carbono de la fracción orgánica de 50-20 μm . La única fracción del suelo que parece ser rechazada por *A. rosea* sería la fracción mineral de 2000-250 μm , ya que la disminución del porcentaje de esta fracción en las heces es muy acusado.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	↓*	Selección positiva de FO ricas en C
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva y/o fragmentación
50-20 μm	FM	↑	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑	Selección positiva de FO ricas en C
20-2 μm	FMO	↓	Selección negativa
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.18. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AR(AT)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

3.3.9. Heces de *A. rosea* en el suelo de la zona de *A. rosea* AR(AR)

En la Tabla V.3.3.19. se muestran los valores corregidos del porcentaje de cada fracción, así como los valores de carbono y nitrógeno de cada una de ellas y la cantidad de carbono que aporta cada fracción al carbono total [C(F)].

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
CAR								
Fracción (%)	41.43 a	0.66 a	17.03 a	0.67 a	6.46 a	0.29 a	14.30 a	19.16 a
C (%)		65.22 a		50.87 a		44.44 a	2.08 a	1.38 a
C (F)		0.43 a		0.34 a		0.13 a	0.30 a	0.27 a
N (%)		8.42 a		9.48 a		8.08 a	0.58 a	0.46 a
C/N		7.75		5.37		5.5	3.59	3.00
AR(AR)								
Fracción (%)	27.27 b	0.65 a	23.96 b	1.56 b	6.95 a	0.33 a	10.84 b	28.44 b
C (%)		52.88 a		56.28 a		37.54 a	3.22 b	2.93 b
C (F)		0.34 b		0.88 b		0.12 a	0.35 a	0.83 b
N (%)		7.71 a		7.31 a		8.29 a	0.59 a	0.61 b
C/N		6.86		7.70		4.53	5.46	4.80

Tabla V.3.3.19. Valores corregidos del fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* [AR(AR)] comparándolas con su suelo control (CAR).FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica; Fracción (%): porcentaje de cada fracción; C (%): porcentaje de carbono de cada fracción; C (F): carbono total del suelo contenido en cada fracción; N (%): porcentaje de nitrógeno de cada fracción. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas de cada fracción siempre comparándolas con su suelo control.

La **fracción mineral de 2000-250 μm** en las heces de *A. rosea* es significativamente menor que en el suelo control (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el porcentaje en las heces es 1.5 veces menor, lo que podría deberse a un rechazo por parte de la lombriz de esta fracción, acompañado parcialmente por una trituración al pasar por la molleja. El descenso tan marcado parece indicar que no existe una selección activa de esta fracción, sino que es ingerida y triturada o incluso relativamente rechazada.

En la **fracción orgánica de 2000-250 μm** se observa que el porcentaje en las heces y en el suelo control es prácticamente igual, lo que nos llevaría a pensar que existe una pequeña selección, ya que el porcentaje se mantiene igual después de pasar por el tubo digestivo, lo que implicaría un pequeño consumo de las fracciones orgánicas. De igual manera, en el porcentaje de carbono y nitrógeno no se dan diferencias estadísticamente significativas entre las heces y el suelo control.

Donde sí existen diferencias significativas es en la **fracción de 250-50 μm** (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), tanto de la fracción orgánica como de la fracción mineral, el porcentaje en las heces es superior al del suelo control, la fracción mineral es 1.4 veces mayor y fracción orgánica es 2.3 veces, lo que podría deberse a una marcada selección de la lombriz por el componente orgánico de esta fracción, lo que llevaría unido la ingesta de la fracción mineral. En los porcentajes de carbono y nitrógeno no existen diferencias entre el suelo control y las heces.

En la **fracción de 50-20 μm** se observa que los porcentajes, tanto de la fracción mineral como de la fracción orgánica, son prácticamente iguales en las heces que en el

suelo control, siendo los valores ligeramente superiores en las heces, lo que parece indicar una débil selección de esta fracción y un posterior consumo de la parte orgánica. En los porcentajes de carbono y nitrógeno tampoco existen diferencias significativas entre las heces y el control.

En la **fracción mineral-orgánica de 20-2 μm** , se puede observar que las heces de *A. rosea* presentan menor porcentaje de esta fracción que el suelo control, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el porcentaje en las heces es 1.3 veces menor. Sin embargo, el porcentaje de carbono es significativamente mayor en las heces que en el suelo control, lo que nos indicaría que la lombriz buscaría las fracciones más finas y más enriquecidas del suelo, y se alimentaría preferentemente de ellas.

Para finalizar el porcentaje de **FMO de 2-0 μm** presente en las heces es significativamente mayor que el presente en el suelo control (suelo de la zona de *A. rosea*), el valor es 1.5 veces mayor, el aumento en esta fracción podría deberse a una selección positiva por parte de la lombriz. También se ven aumentados significativamente los porcentajes de carbono y nitrógeno (ANOVA de una vía, $p < 0.05$), el carbono es 2.1 veces mayor en las heces y el nitrógeno 1.3 veces mayor.

A modo de resumen se puede decir que *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* se alimenta preferentemente de las fracciones de 250-50 μm y de 2-0 μm , ya que el carbono en estas fracciones se ve aumentado en las heces en comparación con el suelo control.

Fracción		Sig.	Hipótesis
2000-250 μm	FM	↓*	Selección negativa y/o pérdida por trituración
	FO	=	Selección positiva débil y digestión
250-50 μm	FM	↑*	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑*	Selección positiva y/o fragmentación
50-20 μm	FM	↑	Selección positiva y/o aumento por trituración
	FO	↑	Selección positiva débil y digestión
20-2 μm	FMO	↓*	Selección positiva de FO ricas en C
2-0 μm	FMO	↑*	Selección positiva

Tabla V.3.3.20. Resumen del fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* [AR(AR)]. Diferencias significativas, * $p < 0.05$.

V. 4. DISCUSIÓN

Los estudios sobre los procesos de selección de alimento en lombrices de tierra no son muy abundantes (Curry y Schmidt, 2007). Se ha comprobado que las heces de las lombrices de tierra presentan unas características muy diferentes a las del suelo en el que viven, debido a procesos de digestión y de selección (Buck *et al.*, 1999). Las heces modifican la estructura del suelo y suelen estar enriquecidas en materia orgánica y nutrientes, especialmente en N y P (Lee, 1985).

Las heces de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea* presentan un contenido de carbono mayor que el de los respectivos suelos control (Guggenberger *et al.*, 1996; Scheu *et al.*, 1996; Buck *et al.*, 1999). Zhang y Schrader (1993) encontraron un incremento del 20-37 % de carbono en las heces comparado con el suelo y Lee (1985) señala que el contenido de carbono de las heces aumenta de 1.5 a 2 veces en relación con el suelo. Bossuyt *et al.* (2005) sostienen que la alimentación selectiva de partículas con altas concentraciones de materia orgánica puede aumentar la cantidad de carbono en las heces.

Marhan y Scheu (2005) señalan que además de un aumento del porcentaje de carbono también se da un aumento en el contenido de nitrógeno de las heces en relación con el suelo control. Las lombrices contribuyen en el ciclo de nitrógeno con la mineralización de sus tejidos después de la muerte, pero también con la excreción de nitrógeno por la adición de mucus intestinal, la mineralización en los procesos de ingestión del suelo y por la estimulación de la actividad microbiana (Curry *et al.*, 1995).

Nuestros resultados muestran que las heces de *H. elisae* presentan un mayor contenido de carbono y nitrógeno cuando esta especie se cultiva en suelo de la zona de *A. rosea*, mientras que en los otros dos suelos (suelo de la zona de *H. elisae* y suelo de la zona de *A. c. trapezoides*) las heces de *H. elisae* presentan porcentajes de carbono y nitrógeno menores que los del suelo control, lo que indicaría que una misma especie se puede comportar de forma diferente dependiendo del tipo de alimento o suelo en el que se encuentre.

En el caso de la especie *Millsonia anomala*, Martin (1989) trabajando con ejemplares procedentes de una sabana arbustiva encontró que no existía selección de partículas minerales por su tamaño. Pero Gilot (1990), trabajando con esta misma especie cultivada en suelo de sabana herbácea, encontró que sí existía selección ya que la cantidad de arenas gruesas ($> 250 \mu\text{m}$) fue menor en las heces y la de fracciones finas resultó mayor.

Barois *et al.* (1999) observaron que en Martinica, la lombriz endogea *Polypheretima elongata* tenía diferentes estrategias alimenticias dependiendo del contenido de materia orgánica del suelo, ya que las heces estaban enriquecidas en carbono en los suelos pobres, pero no en los suelos ricos.

La relación C/N disminuye en las heces de *H. elisae* en relación con el suelo control, estos resultados coinciden con lo obtenido por Ruiz *et al.* (2006) para *H. elisae*. Hay autores que sostienen que este descenso puede deberse a una mayor mineralización de N (Syers *et al.*, 1979; Scheu, 1987; Ruiz *et al.*, 2006) provocada por el paso del suelo por el tubo digestivo de la lombriz (Kaushal *et al.*, 1994).

En las otras dos especies estudiadas, *A. c. trapezoides* y *A. rosea*, los resultados obtenidos muestran unos porcentajes de carbono y nitrógeno superiores en las heces que en los suelos control, lo que coincide con la bibliografía consultada.

Mariani *et al.* (2001) señalan que los altos niveles de carbono encontrados en las heces de *Martiodrilus carimaguensis* en comparación con el suelo son debidos a la ingesta selectiva de partículas con alto contenido en carbono, tales como raíces, heces de otras lombrices, partículas orgánicas gruesas y partículas minerales enriquecidas en carbono. Bhandari *et al.* (1967) sugieren que el aumento de la materia orgánica en las heces comparado con el suelo puede deberse al aumento de la actividad microbiana y a la producción de moco.

El objetivo de esta parte del trabajo es estudiar si las lombrices seleccionan partículas del suelo, bien por su composición química o bien por su tamaño. Para conseguir este objetivo procedimos a realizar un fraccionamiento químico y físico de la materia orgánica. Antes de abordar la discusión de nuestros resultados del fraccionamiento físico y químico hay que señalar la dificultad que entraña la comparación de los resultados aquí obtenidos con otros similares debido por un lado a la variabilidad en la metodología y por otro a la escasa información existente sobre el efecto de las lombrices en la composición química de la materia orgánica.

Las sustancias húmicas, en función de la solubilidad en ácidos o bases, se dividen en, ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y huminas (HUM), Porta *et al.* (1999). Las proporciones relativas de estos tres componentes dependen de factores internos, como la composición química de los materiales aportados, y de factores

externos o características ecológicas del medio, como son la textura, pH, régimen de temperatura y humedad, manejo del suelo, precipitación, potencial redox y tipos minerales presentes en el suelo (Skjemstad *et al.*, 1998; Porta *et al.*, 1999).

El fraccionamiento químico realizado muestra que existen diferencias entre los tres suelos estudiados en este trabajo, correspondientes a las tres zonas en que se divide la parcela experimental. El suelo de la zona de *A. c. trapezoides* es el que presenta mayor cantidad de MOL, lo que indicaría un mayor aporte de materia orgánica no humificada, y una mayor cantidad de las formas más humificadas de la materia orgánica, ácidos húmicos y huminas. El suelo de la zona de *A. rosea* presenta una mayor cantidad de ácidos fúlvicos, tanto libres como ligados, lo que denota un suelo con poca actividad biológica.

El carbono de los ácidos húmicos (AH) en los tres suelos se encuentra dentro del rango normal (valores normales superiores al 0.15 %), valores inferiores pueden indicar: suelos empobrecidos, falta de evolución o una evolución muy rápida de los componentes orgánicos. El carbono de los ácidos fúlvicos (AF) en los tres suelos es inferior al intervalo normal, que se encuentra entre el 0.10 - 0.30 %; estos valores inferiores pueden indicar suelos empobrecidos y los valores superiores indican una mala evolución (Labrador, 1996). La relación AH/AF, que refleja el grado de humificación de los suelos, en los tres suelos es superior a 1, lo que revela que son relativamente estables y que las pérdidas y ganancias de materia orgánica están equilibradas (Porta *et al.*, 1999), valores inferiores pueden indicar aportes recientes de materia orgánica o mala evolución.

H. elisae aparece como única especie en la parte superior derecha de la parcela Hernández *et al.* (2003; 2007), zona con un suelo muy pobre en materia orgánica (Fuentes Yagüe, 1999) y de textura franco-arenosa. De los tres suelos, el suelo de la zona de *H. elisae* (HE) es el que presenta menor grado de humificación. En este suelo *H. elisae* no parece seleccionar ninguna fracción de las obtenidas en el fraccionamiento químico, ya que el porcentaje de carbono presente en las diferentes fracciones de las heces es similar al del suelo control. Ruiz *et al.* (2006) encontraron que *H. elisae* si presentaba cierta selección por las sustancias más humificadas.

Por el contrario en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* (AT) y de *A. rosea* (AR), también pobres en materia orgánica, según la interpretación de Fuentes Yagüe (1999), existe cierta selección por parte de *H. elisae*. En el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* presenta una selección positiva de los ácidos fúlvicos, tanto libres como ligados y negativa de la materia orgánica libre (MOL), extracto húmico total (EHT), ácidos húmicos (AH) y huminas (HUM). Las heces son más ricas en AFL y AF que el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* (suelo control), con un contenido de carbono en las heces de 0.068 y en el suelo control de 0.045 para los AFL y unos porcentajes de carbono de 0.105 en las heces y de 0.065 en el suelo control para los AF. En esta zona *H. elisae* presenta unas preferencias por la materia orgánica menos humificada y por el contrario, selecciona negativamente las fracciones de materia orgánica más humificada como son el EHT y los AH.

En el suelo de la zona de *A. rosea* el comportamiento cambia, y *H. elisae* selecciona positivamente los AFL, los AH y los AF, y se produce un enriquecimiento en carbono de las fracciones más transformadas. Si se analiza conjuntamente la

materia orgánica libre y los ácidos fúlvicos libres (MOL+AFL) se podría pensar que *H. elisae* seleccionaría la materia orgánica menos humificada y la transformaría, ya que el contenido de carbono de los ácidos fúlvicos libres es mayor. La lombriz podría incrementar la descomposición o transformación de esta materia orgánica a sustancias más fácilmente asimilables, gracias a la activación de la microflora durante el tránsito intestinal. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Ruiz (2003) en heces de *H. elisae* en suelo de el Molar.

La relación AH/AF es un indicador de la calidad del humus (Canellas *et al.*, 2002). Si la relación es elevada indica que el suelo tiende al clímax y las ganancias y las pérdidas de materia orgánica se compensan. En las heces de *H. elisae* disminuye esta relación en comparación con el suelo control, debido al marcado aumento de los AF, aunque siempre se mantiene superior a 1.

A. c. trapezoides es una especie ecológicamente muy variable, de forma que algunas poblaciones presentan características intermedias entre endogeas y anécicas. En El Molar *A. c. trapezoides* parece comportarse como anécica o endoanécica y se encuentra preferentemente en las zonas más estercoladas por el ganado vacuno habitual en la zona.

En el suelo de la zona de *H. elisae* (HE), que es un suelo muy pobre en materia orgánica, el porcentaje de carbono de la MOL se reduce a la mitad en las heces de *A. c. trapezoides* en relación con el suelo control. Podría deberse a que *A. c. trapezoides* rechaza esta fracción porque está poco descompuesta o que la transforma en compuestos más fácilmente asimilables (AFL). Las heces de *A. c. trapezoides* son más

ricas en AFL, EHT, AH y HUM que el suelo control. El incremento en el porcentaje de carbono de las fracciones más transformadas puede ser el resultado del propio metabolismo de la lombriz o del aumento de la actividad de la microflora bacteriana.

En el suelo donde *A. c. trapezoides* aparece como especie dominante ocurre algo similar, las heces son más pobres en materia orgánica libre que el suelo control (AT) y por el contrario, aparecen enriquecidas en ácidos fúlvicos (tanto libres como ligados), extracto húmico total y huminas.

En las heces de *A. c. trapezoides* en el suelo de la zona de *A. rosea* se mantiene el descenso de la materia orgánica libre y una selección del resto de fracciones. Por tanto, *A. c. trapezoides* seleccionaría las fracciones químicas del suelo en casi todos los estados de descomposición.

Manteniendo la tendencia que venimos observando en las dos especies anteriores, el porcentaje de carbono de la materia orgánica libre en las heces de *A. rosea* se reduce desde un cuarto en las heces del suelo de la zona de *A. c. trapezoides* hasta la mitad en las heces del suelo de la zona de *H. elisae* y de *A. rosea* comparándolas con sus respectivos suelos control. Las heces de *A. rosea* presentan un aumento en el porcentaje de carbono de las fracciones de AFL, EHT (AH y AF) y huminas en relación con los suelos control, lo que indicaría una selección positiva de todas las fracciones químicas.

El fraccionamiento físico es un método menos destructivo que la extracción química y proporciona información sobre la arquitectura y el grado de protección de la

materia orgánica del suelo (Martin, 1991; Christensen, 1992; Ellert y Gregorich, 1995).

Los resultados del fraccionamiento físico muestran que *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* no selecciona las partículas más gruesas, aunque parece ser capaz de triturar algunas y pasarlas a la fracción inmediatamente inferior. Esta capacidad quizás sea posible gracias a que *H. elisae* presenta tres mollejas consecutivas en la parte anterior de su tubo digestivo, característica propia del género *Hormogaster*.

También parece darse una selección negativa de la fracción de 20-2 μm , ya que tanto el porcentaje de esta fracción como su porcentaje de carbono son menores en las heces que en el suelo control. *H. elisae* cultivada en suelo de su propia zona seleccionaría positivamente la FMO de 2-0 μm , ya que las heces aparecen enriquecidas con estas fracciones y seleccionaría ligeramente las fracciones de 50-20 μm y de 250-50 μm ya que en esta fracción no se dan diferencias significativas. Resultados similares son los obtenidos por Ruiz *et al.* (2006).

El aumento de algunas fracciones y la disminución de otras podría deberse a la fragmentación de algunas fracciones a su paso por la molleja (Suzuki *et al.*, 2003). Martin *et al.* (1992) encontró una disminución de un 33 % de la materia orgánica mayor de 250 μm en el suelo de sabana después de su paso a través del tracto digestivo en *M. anomala*, un 5 % se debía a asimilación y el 28 % restante a una fragmentación en partículas más pequeñas.

En todas las fracciones de las heces, excepto la de 50-20 μm , disminuyen los porcentajes de carbono y nitrógeno, resultado que concuerda con el obtenido al comparar el porcentaje de carbono de las heces sin fraccionar con el suelo control, donde vimos que las heces de *H. elisae* en suelo de *H. elisae* presentan menos porcentaje de carbono que el suelo control. Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Lavelle *et al.* (1983), que observaron que cuando el suelo es pobre, como el suelo de El Molar, las lombrices estimulan la actividad microbiana en su intestino y son capaces de convertir compuestos complejos en sustancias simples, de lo que resulta un aumento de la respiración y más carbono en sus heces y al contrario en suelo de alta calidad sólo consumen compuestos simples, fácilmente asimilables lo que disminuye el carbono en las heces.

La selección de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y en la zona de *A. rosea* es muy similar, ya que *H. elisae* seleccionaría positivamente la fracción de 0-2 μm . Las heces de *H. elisae* presentan unos porcentajes de las fracciones de 250-50 μm y 50-20 μm muy similares a los presentes en el suelo control, por lo que podríamos decir que se da una selección débil de estas fracciones. Como resultado de estas preferencias las heces de *H. elisae* presentan una mayor proporción de fracciones finas.

El mayor porcentaje de carbono se da en las arenas y es también en esta fracción donde se produce el mayor aumento de carbono de las heces en comparación con el suelo, pasando de 54.27 % en el suelo control a un 89.73 % en las heces en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, y de un 65.22% a un 79.10 % en el suelo de la zona de *A. rosea*. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Guggenberger *et*

al., 1996. Chefetz *et al.* (2002) señalaron que la cantidad de materia orgánica aumenta con el tamaño de la fracción, siendo mayor en las fracciones mayores de 250 μm , pero que se observaba la tendencia contraria al calcular la contribución de cada fracción al pool total del suelo, ya que el mayor aporte se producía en las fracciones finas (< 250 μm), en nuestro caso la mayor contribución se da en las fracciones > 250 μm y en la fracción de 0-2 μm .

El comportamiento de *H. elisae* en los tres suelos coincide con los resultados de otras especies, las heces de *H. elisae* presentan un mayor porcentaje de fracciones finas, y en este sentido se puede señalar que Guggenberger *et al.* (1996) encontraron que las heces de *Martiodrilus* sp. tenían una mayor cantidad de fracción de 2-0 μm que el suelo control.

Fragoso *et al.*, (1993) sostienen que los mayores porcentajes de carbono y nitrógeno se encuentran en las FO mayores de 50 μm , lo que coincide con lo señalado en los estudios de Elliott *et al.* (1991) y Buyanovsky *et al.* (1994), que encontraron que la MOS era mayor en las partículas de mayor tamaño, donde la materia orgánica tiene un periodo de residencia corto (Tiessen y Stewart, 1983; Martin *et al.*, 1990; Christensen, 1992; Hassink, 1995). En nuestro caso las heces de *H. elisae* en su propio suelo no están enriquecidas en C y N en ninguna de las fracciones, lo que sí ocurre en los otros dos suelos, donde las heces están enriquecidas en C y N en las fracciones mayores de 20 μm . Cambardella y Elliot (1992) encontraron que la materia orgánica del suelo era mayor en las partículas de mayor tamaño.

En suelos arenosos el porcentaje de carbono de las heces puede ser menor que el del suelo control (Martin, 1991). En este sentido las heces de *H. elisae* en suelo de *H. elisae* contienen una elevada cantidad de arenas y se puede observar que el porcentaje de carbono en todas las fracciones se reduce, pudiendo llegar esta reducción hasta el 20 % en el caso de las arenas.

La relación C/N disminuye con el tamaño de las partículas, lo que indica un mayor grado de humificación (Baldock *et al.*, 1992). Esto es debido a la gran proporción de arenas presentes en el suelo, que están asociadas a MOS con el correspondiente aumento de la C/N (Guggenberger *et al.*, 1996). Ruiz *et al.* (2006) encontraron una relación C/N mayor, en todas las fracciones (mineral y orgánica), en el suelo que en las heces. Estos resultados coinciden en parte con lo obtenido para *H. elisae* en este trabajo en los tres suelos, ya que la relación C/N es mayor en el suelo que en las heces, excepto en las fracciones de 250-50 μm y de 20-2 μm .

Con los resultados obtenidos podemos concluir que cuando *H. elisae* se cultiva en suelos muy pobres, aprovecha todos los recursos disponibles empleándolos para su metabolismo, mientras que cuando se cultiva en suelos de las zonas más ricas, zona de *A. c. trapezoides* y zona de *A. rosea* ingiere todo el alimento disponible, pero posiblemente no sea capaz de aprovechar todos los recursos, por lo que devuelve parte de ellos al suelo con sus heces. Daniel y Anderson (1992) señalan que el aumento de nutrientes en las heces de lombrices es resultado de una reabsorción incompleta.

A. c. trapezoides en el suelo de El Molar se comporta como una especie anécica o endoanécica. Marhan y Scheu (2005) sugieren que la ingestión de arena puede

facilitar la asimilación en las especies anécicas, por lo que algunas prefieren ingerir una mezcla de suelo y residuos orgánicos en lugar de residuos orgánicos puros (Heine y Larink, 1993; Doube *et al.*, 1997). Es posible que esta práctica tenga que ver con la mayor facilidad para triturar y homogeneizar las partículas de materia orgánica.

Judas (1992) en un estudio realizado con *A. caliginosa* y *A. rosea* encontró un aumento de un 20 % de materia orgánica en el intestino en relación con el suelo, este aumento implicaría que estas especies no ingieren suelo al azar, sino que seleccionarían micro-compartimentos ricos en materia orgánica. Hay que señalar que existen varios estudios previos en los que *A. caliginosa* no presenta selección (Lavelle, 1988; Edward y Bohlen, 1996; Bernier, 1998), pero en la mayoría de los casos es imposible saber a cuál de las formas que se han incluido bajo este nombre se refieren estos trabajos, *A. c. caliginosa*, *A. c. trapezoides* u otras, por lo que lamentablemente su utilidad a efectos comparativos es muy baja, situación que nos pone una vez más ante el problema de la correcta determinación de los ejemplares utilizados en los trabajos experimentales sobre lombrices de tierra.

Durante un cierto tiempo se ha dado poca importancia a la correcta determinación taxonómica de las lombrices de tierra, y hemos podido ver multitud de trabajos en los que las especies quedaban caracterizadas como sp1 o sp2. Esta actitud representa un auténtico disparate, ya que los nombres no son nada más que la formalización de diferencias evolutivas que han llevado a la formación de nuevas especies.

Hacemos desde aquí un llamamiento para que todo trabajo experimental con lombrices de tierra se base en primer lugar en una adecuada determinación del material empleado, porque si no se hace así se pierde una de las exigencias del método científico, la posibilidad de replicar los trabajos realizados por otros autores que quieran comprobarlos o compararlos. De esta forma posiblemente se eliminaría una parte de la tremenda variabilidad de resultados que se observan en la bibliografía para la misma especie.

No podemos olvidar que *A. c. caliginosa* se comporta como endógena y *A. c. trapezoides* como anécica, por lo que el alimento que ingieren es *a priori* muy diferente y sus procesos de alimentación y digestión pueden también ser muy diferentes.

Centrándonos en el comportamiento alimenticio de *A. c. trapezoides* en el suelo de *H. elisae* se observa un aumento de casi todas las fracciones tanto minerales como orgánicas, excepto la fracción mayor de 250 μm , donde se observa un descenso tanto de la fracción orgánica como de la fracción mineral. Martin *et al.* (1992) exponen, basándose en experimentos de Martin (1991) en los que *Millsonia anomala* asimilaba las fracciones orgánicas mayores de 50 μm , que las lombrices no asimilan la MO del suelo total, sino que mineralizan preferentemente los componentes orgánicos más fácilmente degradables, jugando un papel dominante en la dinámica de nutrientes del suelo (Janzen *et al.*, 1992; Meijboom *et al.*, 1995). En las heces de *A. c. trapezoides* se encontró un mayor porcentaje de la FO de 250 a 50 μm , incrementando, además, el contenido en C de las arenas, tanto gruesas como finas.

Las heces de *A. c. trapezoides* muestran un aumento tanto de las fracciones minerales como de las orgánicas, diversos estudios han comprobado que las especies *Aporrectodea longa*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris* y *A. caliginosa* tienen una fuerte preferencia por suelo mineral o una combinación de suelo más materia orgánica, frente a otros recursos como la hojarasca pura (Doube *et al.*, 1997). Las partículas minerales son esenciales en la dieta de las lombrices, ya que parece que facilita la asimilación. Marhan y Scheu (2005) observaron que la pérdida de peso de *L. terrestris* es más pronunciada cuando se alimenta en un suelo boscoso que cuando se añade arena.

El porcentaje de carbono disminuye con el tamaño de fracción, al igual que ocurre con la relación C/N. El porcentaje de carbono es mayor en las heces que en el suelo control en las fracciones mayores de 50 μm , resultados que coinciden con lo encontrado por Fragoso *et al.*, (1993), sin embargo, otro grupo de autores apunta a la asociación mayoritaria de la materia orgánica con limos y arcillas (Hinds y Lowe, 1980; Anderson *et al.*, 1981; Schnitzer y Ivarson, 1982; Christensen, 1992), en donde está protegida física y químicamente (Verbene *et al.*, 1990; Hassink, 1994). En las fracciones menores de 50 μm los valores de carbono y nitrógeno presentes en las heces y en el suelo control son muy similares, existiendo una gran diferencia entre el carbono presente en la fracción de limos gruesos y las de limos finos y arcillas.

A. c. trapezoides en el suelo de *A. c. trapezoides* seleccionaría positivamente las fracciones de 50-20 μm y de 2-0 μm y de forma más débil seleccionaría las fracciones de 250-50 μm y de 20-2 μm . *A. c. trapezoides* selecciona positivamente todas las fracciones menores de 250 μm , por lo que las heces están enriquecidas en

fracciones finas. Estos resultados coinciden con los estudios realizados en otras especies en los que se ha obtenido un aumento de fracciones finas en las heces (Mulongoy y Bodoret, 1989; Zhang y Schrader, 1993). Estudios realizados por Bolton y Phillipson (1976) demostraron que *A. caliginosa* puede ingerir partículas minerales de hasta 200 μm .

La fracción orgánica $> 250 \mu\text{m}$ en las heces de *A. c. trapezoides* es menor que en el suelo control (AT), pero el porcentaje de carbono es mayor, lo que puede deberse a una selección de las partículas más ricas en materia orgánica, unido a que esta fracción es fragmentada en su paso a través del tubo digestivo. Martin (1991) encontró que las heces de *M. anomala* contienen 25-30 % menos materia orgánica de 2000-250 μm que el suelo no ingerido, indicando que las partículas eran fragmentadas durante el paso a través del tubo digestivo. En *L. terrestris* pequeñas piedras y granos de arena contribuyen a fragmentar los residuos orgánicos en la molleja (Schulmann y Tiunov, 1999).

Las heces de *A. c. trapezoides* en el suelo de *A. rosea* presentan unas características diferentes de las que venimos observando hasta ahora en esta especie. Se da un aumento de la FO de 2000-250 μm y una marcada selección negativa de la FM, seleccionaría la fracción orgánica y evitaría las arenas gruesas. El porcentaje del resto de fracciones en las heces también es superior al del suelo control, destacando la fracción de 250-50 μm y de 2-0 μm . El porcentaje de C y N en las mayoría de las fracciones es mayor en las heces que en el suelo control, resultado que coincide con lo encontrado para las heces sin fraccionar. El aumento de N indicaría que se da una

mineralización muy marcada, jugando un papel muy importante en la dinámica de nutrientes del suelo (Janzen *et al.*, 1992; Meijboom *et al.*, 1995)

A. rosea selecciona activamente fracciones orgánicas y presenta una tasa de asimilación del 1.5 % en regiones templadas (Bolton y Phillipson, 1976). En un suelo pobre como es el de la zona de *H. elisae*, *A. rosea* presenta una selección positiva por la fracciones de FMO 2-0 μm , de 50-20 μm , de 250-50 μm y la fracción orgánica de 2000-250 μm y negativa por la fracción mineral de 2000-250 μm . El mayor porcentaje de C y N se da en las fracciones mayores de 50 μm y disminuye paulatinamente con el tamaño de la fracción, lo que coincide con los estudios de Elliot *et al.* (1991). Zhang *et al.* (2003) encontraron que el mayor enriquecimiento de carbono se producía en las arenas finas, que contenían el doble de carbono en las heces que en el suelo control. Si comparamos los porcentajes de C y N de las diferentes fracciones comprobamos que el C y N de todas las fracciones de las heces es mayor que el presente en las fracciones del suelo control, resultado que se repite en el suelo sin fraccionar.

A. rosea en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y en el suelo de la zona *A. rosea* seleccionaría positivamente la misma fracción que venimos observando como mayoritaria en las tres especies y en todos los suelos, la fracción de 2-0 μm , pero también presentaría una selección positiva por la fracción de 250-50 μm y rechazaría, siempre en términos relativos, la fracción mineral 2000-250 μm . *A. rosea* en estos suelos ingiere más partículas finas y menos partículas gruesas, diferentes autores han obtenido unos resultados similares para otras especies, por ejemplo para *L. terrestris* y *A. caliginosa* (Schrader y Zhang, 1997), *Dichogaster terranigrae* y *M. anomala* (Gilot, 1990).

Al igual que ocurre con la relación C/N, las concentraciones de C y N disminuyen con el tamaño de la fracción. Zhang *et al.* (2003) señalan que la menor relación C/N se da en las arcillas. En estudios con suelo cultivado y suelo boscoso se observa que la cantidad de C en la fracción 20-2 μ m es mayor que la presente en la fracción de 2-0 μ m, independientemente de que el suelo sea más o menos arcilloso (Caravaca *et al.*, 2004).

VI. DISCUSIÓN GENERAL

VI. DISCUSIÓN GENERAL

Nuestro grupo lleva varios años trabajando en una parcela de El Molar (Madrid), en la que las tres especies de lombrices de tierra con mayor presencia y abundancia (*H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea*) muestran una distribución agregada, ya que se presentan más o menos separadas en tres zonas: *H. elisae* se sitúa en la mitad derecha de la parcela, suelo franco arenoso y muy pobre en materia orgánica (Fuentes Yagüe, 1999), que se corresponde con la zona de mayor pendiente y escorrentía, estando los puntos de mayor concentración en las zonas superiores; *A. rosea* se localiza en la mitad izquierda de la parcela, en la zona donde quedan vestigios de una serie de antiguas terrazas, zona caracterizada por un suelo franco-arcillo-arenoso y pobre en materia orgánica (Fuentes Yagüe, 1999), *A. rosea* puede aparecer ocasionalmente acompañada de *A. c. trapezoides*; y *A. c. trapezoides* se localiza preferentemente en la parte inferior de la parcela en las proximidades del pequeño cauce de un arroyo temporal que sólo corre después de las lluvias, donde el suelo es franco-arcillo-arenoso y presenta un contenido normal de materia orgánica (Fuentes Yagüe, 1999), *A. c. trapezoides* puede aparecer acompañada puntualmente de *A. rosea* (Hernández *et al.*, 2003; 2007).

Es bien conocido que los patrones de distribución espacial de la fauna del suelo dependen tanto de las condiciones bióticas como de las propiedades físicas y químicas del suelo (Phillipson *et al.*, 1976; Ettema y Wardle, 2002).

Este trabajo se ha centrado en el estudio de los factores bióticos, intentando complementar un trabajo anterior, (Hernández, 2003; Hernández *et al.*, 2007), en el que se prestó especial atención a la influencia de los factores del suelo, que de acuerdo con los resultados obtenidos permitían explicar el 45,7% de la varianza de la abundancia de las tres especies de lombrices de tierra en la parcela estudiada, pero que dejaban otra parte sustancial de esta varianza sin una explicación clara. De esta forma se pretende ir abordando progresivamente el estudio de las causas de la distribución horizontal de las lombrices de tierra en la parcela experimental, añadiendo en próximos trabajos otros factores poco estudiados, pero quizás importantes, como las comunidades bacterianas y fúngicas, la calidad de la materia orgánica, su variación estacional, la depredación y el parasitismo.

La importancia de las relaciones biológicas en la distribución horizontal de los organismos es bien conocida, ya que según varios autores la coexistencia de diferentes especies en un mismo hábitat lleva a interacciones, cuyo efecto sobre cada una de ellas puede ser muy diverso, incluyendo restricciones a su potencial distribución horizontal. De todas las interacciones biológicas posibles la competencia es una de las más importantes (Margalef, 1974; Hickman *et al.*, 2002). En este sentido el conocimiento de las relaciones intra- e interespecíficas puede contribuir, en algunos casos, a explicar la distribución geográfica de las especies (Abbott, 1980; Connel, 1983; Schoener, 1983; Briones, 1996; Gurevitch *et al.*, 1998; Lowe y Butt, 1999).

En muchos casos la competencia se centra en el alimento (capacidad para obtenerlo, eficacia en su utilización, resistencia a su falta, etc.), pero también puede ser

motivada por la ocupación del espacio o por otros motivos (Margalef, 1974; Begon *et al.*, 1994).

VI.1. *H. elisae*

Cuando se estudió el crecimiento de *H. elisae* en los tres suelos para comprobar si alguno de ellos suponía un factor limitante se observó que esta especie podía crecer en todos los suelos, pero fue en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* donde alcanzó el mayor desarrollo, seguido por el crecimiento en el suelo de la zona de *A. rosea*, ocupando el último lugar en este aspecto su propio suelo. Esto indicaría que tanto el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* como de la zona de *A. rosea* no poseen unas propiedades físicas y químicas limitantes para el crecimiento de esta especie, sino que podrían representar un hábitat para *H. elisae* mucho más favorable que el suelo de la zona donde habitualmente reside. Los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea*, situados en el fondo de la vaguada y en la parte superior izquierda de la parcela respectivamente, son suelos más ricos en materia orgánica y partículas finas (textura franco-arcillo-arenoso), mientras que el suelo de la zona donde aparece *H. elisae* es más pobre en materia orgánica y arenoso (textura franco-arenosa).

6.1.1. Suelo de la zona de *H. elisae*

Al analizar las relaciones intra- e interespecíficas se observó que *H. elisae* en su propio suelo se vio afectada tanto por una mayor densidad de su misma especie, como por la presencia de *A. rosea*.

Esta interacción negativa entre *H. elisae* y *A. rosea* se podría explicar por una competencia por el alimento, ya que *A. rosea* y *H. elisae* seleccionarían positivamente las mismas fracciones, la fracción de 250-50 μ m, 50- 20 μ m y de 2-0 μ m.

Si comparamos la selección de fracciones de *H. elisae* y *A. c. trapezoides* en suelo de *H. elisae* vemos que, aunque ambas especies tienen una selección positiva por las mismas fracciones, *A. c. trapezoides* podría evitar la competencia ya que presenta una selección por otros recursos que *H. elisae* no parece emplear o lo hace en menor grado (fracción de 20-2 μ m). *H. elisae* presenta una selección positiva débil por las fracciones de 250-50 μ m y 50-20 μ m, mientras que *A. c. trapezoides* presenta una selección más marcada, este hecho unido al empleo exclusivo de la fracción de 20-2 μ m podría evitar la competencia entre estas especies.

6.1.2. Suelo de la zona de *A. c. trapezoides*

Como hemos indicado anteriormente es en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* donde *H. elisae* tuvo un mayor crecimiento. En principio, ya que los factores edáficos estudiados no suponen un factor limitante, podría pensarse en relaciones de competencia, de forma que la presencia de *A. c. trapezoides* impida el establecimiento de *H. elisae* en esta zona. Pero los resultados de los experimentos de competencia no apuntan en este sentido, ya que *H. elisae* no parece verse afectada por la presencia de *A. c. trapezoides* en los cultivos con suelo de esta zona. Esto sugiere que son otros los factores que intervienen en este proceso, factores no contemplados en este estudio, lo que abre nuevas perspectivas de trabajo.

Estudios de competencia entre estas dos especies llevados a cabo por Garvín *et al.* (2002) en suelo de Redueña (Madrid, España) mostraron que en sus condiciones experimentales sí que aparecieron relaciones de competencia, *H. elisae* en presencia de *A. caliginosa* mostró un crecimiento mayor en los cultivos monoespecíficos que en los poliespecíficos. La comparación de estos resultados pone de manifiesto que la existencia de competencia entre diversas especies puede depender de la zona (por las características de textura, cantidad de materia orgánica, humedad,...) y de cada población.

6.1.3. Suelo de la zona de *A. rosea*

Después del suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, es en el suelo de la zona de *A. rosea* donde *H. elisae* presentó la mayor tasa de crecimiento, pero en el campo no aparece en esta zona o lo hace de forma muy puntual.

Los resultados obtenidos apuntan a la existencia de competencia interespecífica con interacciones negativas entre *H. elisae* y *A. rosea*. Esta posible interacción explicaría la ausencia casi total de *H. elisae* en esta zona, ya que aunque *H. elisae* potencialmente pudiera desarrollarse mejor en la zona de *A. rosea* que en la suya propia, su expansión por esta zona se vería imposibilitada por la competencia con *A. rosea*.

Como ocurría en el suelo de *H. elisae*, *A. rosea* y *H. elisae* seleccionan positivamente las mismas fracciones (fracción de 250-50 μ m, de 50-20 μ m y de 2-0 μ m), lo que supondría una posible competencia por el alimento entre estas dos especies en esta zona.

VI.2. *A. c. trapezoides*

Al analizar el desarrollo de *A. c. trapezoides* en el suelo de las diferentes zonas se observa que el crecimiento de esta especie es escaso en los tres suelos, destacando el caso del suelo de la zona de *H. elisae* donde perdió peso a lo largo del experimento. En el suelo de la zona de *A. rosea*, logró mantener su biomasa y en el suelo de su propia zona mostró un ligero aumento de la misma.

El desarrollo tan escaso de esta especie en los tres suelos podría deberse al gran esfuerzo reproductor, ya que el periodo en el que se realizaron los experimentos coincidió con su madurez sexual y puesta de capullos.

Otra posible razón podría deberse a las condiciones de los cultivos en el laboratorio, que puede que no fueran las más favorables para esta especie, ya que *A. c. trapezoides* en la parcela de El Molar aparece asociada a las zonas más bajas y húmedas, donde pastan preferentemente las vacas porque hay algo más de hierba. Esta es la razón que hace que sean zonas con una cantidad apreciable de estiércol de vaca que puede constituir un buen alimento para una especie teóricamente anécica como *A. c. trapezoides*. Por tanto los cultivos experimentales montados sólo con suelo, pueden no ser los más adecuados para la estirpe de *A. c. trapezoides* presente en El Molar.

6.2.1. Suelo de la zona de *H. elisae*

El crecimiento de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* se ve favorecido, dentro de la situación desfavorable en todos los experimentos, por la presencia de *H. elisae* y *A. rosea*. Parece que para que *A. c. trapezoides* pueda sobrevivir en suelos pobres, como el de la zona de *H. elisae*, necesita la presencia de otras especies o de un mayor número de individuos para poder desarrollarse. Garvín *et al.* (2002) ya encontraron evidencias de esta interacción positiva entre *H. elisae* y *A. c. trapezoides* con ejemplares y suelo de Redueña.

En un principio se puede pensar que *A. c. trapezoides* utilizaría las heces de estas especies para su alimentación, ya que son puntos más ricos en materia orgánica o que los procesos de digestión de *H. elisae* hagan que alguna fracción de la materia orgánica del suelo no utilizable normalmente por *A. c. trapezoides* se convierta en un recurso aprovechable tras su paso por el tubo digestivo. Otra hipótesis sería que el rechazo de *H. elisae* y *A. rosea* de algunas de las fracciones que selecciona *A. c. trapezoides* haría que la proporción de dichas fracciones en el suelo aumentase y, por tanto, los recursos contenidos en esas fracciones quedasen más accesibles para *A. c. trapezoides*.

Estas hipótesis no están apoyadas por los resultados obtenidos en el experimento del efecto de *H. elisae* sobre *A. c. trapezoides*, ya que no se encontraron diferencias en el crecimiento de *A. c. trapezoides* entre los cultivos de suelo natural de la zona de *H. elisae* y los cultivos en los que se hizo una mezcla de suelo natural con

heces y con suelo no consumido. Estos resultados indicarían que las lombrices acondicionan de alguna otra manera desconocida el suelo que beneficiaría el crecimiento de *A. c. trapezoides*.

6.2.2. Suelo de la zona de *A. c. trapezoides*

En el suelo de su propia zona, *A. c. trapezoides* se vio afectada por el aumento de densidad de su propia especie y por la presencia de *H. elisae*. La presencia de *A. rosea* no pareció afectar al crecimiento de *A. c. trapezoides*.

A. c. trapezoides y *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* seleccionarían la fracción de 2-0 μ m, por lo que se podría dar una competencia por el alimento. *H. elisae* está adaptada a suelos pobres por lo que es posible que sea capaz de evitar la competencia por el alimento sacando mayor aprovechamiento de lo que consume, posiblemente su tasa de asimilación sea mayor, por lo que necesitaría una menor cantidad de recursos para cubrir sus necesidades. Por el contrario *A. c. trapezoides* está adaptada a suelos más ricos por lo que cuando se ve privada de parte de los recursos sufre un efecto negativo.

La competencia por el alimento no explicaría totalmente la interacción negativa que sufre *A. c. trapezoides* por parte de *H. elisae*. Podría darse una competencia por el espacio o por otros recursos no contemplados en este estudio.

La presencia de *A. rosea* en la zona no afecta negativamente al desarrollo de *A. c. trapezoides*. La selección positiva de la fracción de 250-50 μ m por parte de *A. rosea*

y de la fracción de 50-20 μ m por parte de *A. c. trapezoides* podría evitar la competencia por el alimento entre estas dos especies en esta zona.

6.2.3. Suelo de la zona de *A. rosea*

Al igual que ocurría con *H. elisae*, *A. c. trapezoides* no aparece en el campo o lo hace de forma muy puntual en la zona de *A. rosea*, aunque en este suelo podría crecer, y tal y como se ha comprobado en los experimentos de competencia no se ve afectada negativamente por la presencia de *A. rosea* ni de *H. elisae*.

A. c. trapezoides es la única especie que en este suelo selecciona la fracción orgánica de 2000-250 μ m, lo que le permitiría evitar la competencia por el alimento con *H. elisae* y *A. rosea*.

VI.3. *A. rosea*

Cuando se estudia el crecimiento de *A. rosea* en los tres tipos de suelo se observa que el mayor crecimiento se da en su propio suelo, seguido por el obtenido en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *H. elisae* donde el crecimiento fue menor, no existiendo diferencias entre ambos suelos. En el campo, *A. rosea* no aparece nunca en la zona de *H. elisae*, aunque si puede aparecer puntualmente en la zona de *A. c. trapezoides*.

6.3.1 *Suelo de la zona de H. elisae*

Al analizar las diferentes relaciones intra- e interespecíficas se observó que *A. rosea* en el suelo de *H. elisae* se vio afectada tanto por una mayor densidad de su misma especie como por la presencia de *H. elisae*.

Como se ha visto para *H. elisae*, esta interacción negativa entre *H. elisae* y *A. rosea* se podría explicar por una competencia por el alimento ya que *A. rosea* y *H. elisae* seleccionarían positivamente las mismas fracciones, la fracción de 250-50 μ m, de 50-20 μ m y de 2-0 μ m.

6.3.2. *Suelo de la zona de A. c. trapezoides*

A. rosea en el suelo de *A. c. trapezoides* no se ve afectada por la presencia de ninguna de las otras dos especies (*H. elisae* y *A. c. trapezoides*), lo que podría explicarse por la selección positiva de la fracción de 250-50 μ m, fracción que no emplean ninguna de las otras dos especies, y la fracción de 2-0 μ m, aunque esta última es seleccionada por las tres especies en todos los suelos.

Estos resultados, junto a que el suelo de esta zona no es un factor limitante para el crecimiento de la especie, coinciden con lo observado en el campo, ya que *A. rosea* aparece de forma puntual en esta zona.

6.3.3. Suelo de la zona de *A. rosea*

En su propio suelo *A. rosea* presentó tanto competencia intraespecífica, por el aumento de densidad de su propia especie, como competencia interespecífica con *H. elisae* y *A. c. trapezoides*. Se mantiene la competencia entre *H. elisae* y *A. rosea* que se producía en suelo de *H. elisae*.

Como ocurría en el suelo de *H. elisae*, *A. rosea* y *H. elisae* seleccionan las mismas fracciones: fracción de 250-50 μ m y fracción de 50-20 μ m, de forma débil, y la fracción de 2-0 μ m, lo que supondría una posible competencia por el alimento entre estas dos especies en esta zona.

A. rosea, al igual que *A. c. trapezoides*, selecciona positivamente la fracción de 250-50 μ m, lo que supondría que la presencia de *A. c. trapezoides* afectaría a *A. rosea* al tener que compartir esta fracción entre las dos especies.

A. c. trapezoides en el suelo de *A. rosea* no se vio afectada por ninguna de las otras dos especies. *A. c. trapezoides* puede aprovechar la fracción orgánica de 2000-250 μ m no empleada por las otras especies. Es decir, *A. c. trapezoides* es capaz de aprovechar recursos de manera individual, lo que permitiría evitar la competencia con *H. elisae* y *A. rosea* en esta zona.

VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES

VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Nuestro grupo lleva varios años trabajando en una parcela de El Molar (Madrid), en la que las tres especies de lombrices de tierra mayoritarias (*H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea*) muestran una distribución agregada, apareciendo en tres zonas contiguas bien definidas: *H. elisae* se sitúa en la mitad derecha de la parcela, suelo franco-arenoso y muy pobre en materia orgánica; *A. rosea* se localiza en la mitad izquierda de la parcela, zona caracterizada por un suelo franco-arcillo-arenoso y pobre en materia orgánica; y *A. c. trapezoides* se localiza preferentemente en la parte inferior de la parcela, suelo franco-arcillo-arenoso y con un contenido normal de materia orgánica (Hernández *et al.*, 2003; 2007).

Este trabajo se ha centrado en el estudio de los factores bióticos que pueden influir en la distribución de las especies, se han analizado las relaciones intraespecíficas e interespecíficas que se producen entre *H. elisae*, *A. c. trapezoides* y *A. rosea* en condiciones de laboratorio y si estas relaciones de competencia se producen por el alimento.

Al analizar el crecimiento de las tres especies en los suelos de las diferentes zonas (suelo de la zona de *H. elisae*, suelo de la zona de *A. c. trapezoides* y suelo de la zona de *A. rosea*), para comprobar si alguno de ellos suponía un factor limitante para su crecimiento, se observó que las tres especies podían crecer y desarrollarse en todos los suelos.

La lombriz de tierra *H. elisae* presentó una tasa de crecimiento mayor en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* que en su propio suelo. Esto indicaría que el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* no presenta unas propiedades físicas y químicas limitantes para el crecimiento de esta especie, sino al contrario, que podría representar un hábitat para *H. elisae* mucho mejor que el suelo de la zona donde habitualmente aparece.

Al analizar las relaciones intra- e interespecíficas se observó que *H. elisae* en su propio suelo se vio afectada tanto por una mayor densidad de su misma especie, como por la presencia de *A. rosea*; en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* no se vio afectada por la presencia de ninguna de las otras dos especies; y en el suelo de la zona de *A. rosea* los resultados obtenidos apuntan a la existencia de competencia interespecífica con interacciones negativas entre *H. elisae* y *A. rosea*.

Al analizar el desarrollo de *A. c. trapezoides* en el suelo de las diferentes zonas se observa que el crecimiento de esta especie es escaso en los tres suelos, destacando el caso del suelo de *H. elisae* donde perdió peso a lo largo del experimento. En el suelo de la zona de *A. rosea*, logró mantener su biomasa y en el suelo de su propia zona mostró un ligero aumento de la misma.

El crecimiento de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* se ve favorecido, dentro de la situación desfavorable en todos los experimentos, por la presencia de *H. elisae* y *A. rosea*; en el suelo de su propia zona, *A. c. trapezoides* se vio afectada por el aumento de densidad de su propia especie y por la presencia de *H.*

elisae; y en el suelo de la zona de *A. rosea* no se vio afectada negativamente por la presencia de *A. rosea* ni de *H. elisae*.

Cuando se estudia el crecimiento de *A. rosea* en los tres tipos de suelo se observa que el mayor crecimiento se da en su propio suelo, seguido por el obtenido en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *H. elisae* donde el crecimiento fue menor, no existiendo diferencias entre ambos suelos. En el campo, *A. rosea* no aparece nunca en la zona de *H. elisae*, aunque si puede aparecer puntualmente en la zona de *A. c. trapezoides*.

Al analizar las diferentes relaciones intra- e interespecíficas se observó que *A. rosea* en el suelo de *H. elisae* se vio afectada tanto por una mayor densidad de su misma especie como por la presencia de *H. elisae*; en el suelo de *A. c. trapezoides* no se vio afectada por la presencia de ninguna de las otras dos especies (*H. elisae* y *A. c. trapezoides*); y en el suelo de la zona de *A. rosea* presentó tanto competencia intraespecífica, por el aumento de densidad de su propia especie, como competencia interespecífica con *H. elisae* y *A. c. trapezoides*.

Para el estudio de la selección de fracciones de materia orgánica del suelo se realizó un fraccionamiento químico y un fraccionamiento físico. La interpretación de los resultados obtenidos fue difícil debido a la escasez de estudios sobre la selección de fracciones de la materia orgánica del suelo por parte de las lombrices de tierra.

H. elisae en suelo de la zona de *H. elisae* no parece seleccionar ninguna fracción de las obtenidas en el fraccionamiento químico, mientras que en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* (AT) y de *A. rosea* (AR), existe cierta selección por parte de *H. elisae*. En el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* presenta una selección positiva de los ácidos fúlvicos, tanto libres como ligados. Y en el suelo de la zona de *A. rosea*, *H. elisae* selecciona positivamente los AFL, los AH y los AF, y se produce un enriquecimiento en carbono de las fracciones más transformadas.

En las heces de *A. c. trapezoides* y *A. rosea* en los suelos de las tres zonas se produce un descenso de la materia orgánica libre y una selección del resto de fracciones. Por tanto, *A. c. trapezoides* seleccionaría las fracciones químicas del suelo en casi todos los estados de descomposición.

El fraccionamiento físico es un método menos destructivo que la extracción química y proporciona información sobre la arquitectura y el grado de protección de la materia orgánica del suelo (Martin, 1991; Christensen, 1992; Ellert y Gregorich, 1995).

La selección de *H. elisae* en los suelos de las tres zonas es muy similar, ya que *H. elisae* seleccionaría positivamente la fracción de 0-2 μm . Las heces de *H. elisae* presentan unos porcentajes de las fracciones de 250-50 μm y 50-20 μm muy similares a los presentes en el suelo control, por lo que podríamos decir que se da una selección débil de estas fracciones. Como resultado de estas preferencias las heces de *H. elisae* presentan una mayor proporción de fracciones finas.

Las heces de *A. c. trapezoides* muestran un aumento tanto de las fracciones minerales como de las orgánicas de todas las fracciones excepto de la fracción mineral de 2000-250 μm .

A. rosea en los suelos de las tres zonas seleccionaría positivamente la misma fracción que venimos observando como mayoritaria en las tres especies y en todos los suelos, la fracción de 2-0 μm , pero también presentaría una selección positiva por la fracción de 250-50 μm y rechazaría, siempre en términos relativos, la fracción mineral 2000-250 μm .

Las principales conclusiones que pueden extraerse de este trabajo son las siguientes:

1. Los suelos de las zonas de *H. elisae*, de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea* no suponen un factor limitante para ninguna de las especies de estudio.
2. *H. elisae* presentó una tasa de crecimiento mayor cuando se cultivó en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, seguida de la obtenida en el suelo de *A. rosea* y por último la obtenida en su propio suelo. Esto indicaría que el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* podría representar para *H. elisae* un hábitat mucho mejor que el suelo de la zona donde habitualmente aparece.
3. *H. elisae* no se ve afectada por la presencia de *A. c. trapezoides* en el suelo de ninguna de las zonas.
4. En suelos de la zona de *H. elisae* y de *A. rosea* se han encontrado evidencias de competencia interespecífica con interacciones negativas entre *H. elisae* y *A. rosea*.

5. *A. c. trapezoides* presentó una tasa de crecimiento positiva únicamente en su propio suelo, mientras que en los suelos de la zona de *H. elisae* y de *A. rosea* presentó un crecimiento negativo.
6. El crecimiento de *A. c. trapezoides* en su propio suelo se vio afectado por el aumento de la densidad y por la presencia de las otras dos especies.
7. Cuando se cultivó *A. c. trapezoides* en suelo de *H. elisae* se encontraron evidencias de interacciones positivas de *H. elisae* y *A. rosea* sobre el crecimiento de *A. c. trapezoides*.
8. *A. c. trapezoides* no se vio afectada negativamente por la presencia de ninguna de las otras especies en el suelo de la zona de *A. rosea*.
9. La mayor producción de capullos de *A. c. trapezoides* se dio en el suelo de su propia zona y se vio afectada negativamente por el aumento de densidad y por la presencia de *A. rosea*.
10. En el suelo de *H. elisae*, al igual que ocurre con el crecimiento, la producción de capullos de *A. c. trapezoides* aumenta con la presencia de *H. elisae* y de *A. rosea*.
11. *A. rosea* presentó una tasa de crecimiento mayor cuando se cultivó en su propio suelo, seguida por la obtenida en los suelos de la zona de *A. c. trapezoides* y de *H. elisae*.
12. Se han encontrado evidencias de interacciones negativas entre *A. rosea* y *H. elisae* en los suelos de la zona de *H. elisae* y de *A. rosea*.
13. En el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* no se encuentran evidencias de interacciones negativas de *A. rosea* con ninguna de las especies, ni siquiera a causa del aumento de la densidad.

14. Las heces de *H. elisae* presentan un mayor contenido de carbono y nitrógeno cuando esta especie se cultiva en suelo de la zona de *A. rosea*, mientras que en los otros dos suelos presentan porcentajes de carbono y nitrógeno menores que los del suelo control.
15. Las heces de *A. c. trapezoides* y de *A. rosea* presentan un contenido de carbono y nitrógeno mayor que el de los respectivos suelos control.
16. En el suelo de la zona de *A. c. trapezoides*, *H. elisae* presenta una selección positiva de los ácidos fúlvicos, tanto libres como ligados y negativa de la materia orgánica libre (MOL), extracto húmico total (EHT) y ácidos húmicos (AH).
17. En el suelo de la zona de *A. rosea*, *H. elisae* selecciona positivamente los AFL, los AH y los AF, y se produce un enriquecimiento en carbono de las fracciones más transformadas.
18. *A. c. trapezoides* y *A. rosea* en el suelo de las tres zonas seleccionan positivamente ácidos fúlvicos, tanto ligados como libres, extracto húmico total (EHT) y huminas (HUM) y negativa de la materia orgánica libre (MOL).
19. *H. elisae* disminuye la relación AH/AF debido al marcado aumento de los AF, aunque siempre se mantiene superior a 1.
20. *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* parece seleccionar positivamente la FMO de 2-0 μm y las fracciones de 250-50 μm y de 50-20 μm , aunque la selección de estas últimas resulta muy débil. Por otro lado, las fracciones de 2000-250 μm y 20-2 μm sufrirían una selección negativa y/o digestión por parte de *H. elisae*.

21. *H. elisae* en el suelo de la zona de *A. c. trapezoides* seleccionaría positivamente la FO 2000-250 μm y la FMO de 2-0 μm , mientras que parece mostrar un rechazo por la fracción mineral de 2000-250 μm .
22. *H. elisae* en el suelo de la zona de *A. rosea* seleccionaría positivamente las fracciones orgánicas menores de 250 μm y rechazaría la fracción mineral de 2000-250 μm .
23. *A. c. trapezoides* en el suelo de la zona de *H. elisae* selecciona positivamente todas las FO menores de 250 μm .
24. *A. c. trapezoides* en su propio suelo y en suelo de la zona de *A. rosea* seleccionaría casi todas las fracciones excepto la fracción mineral de 2000-250 μm .
25. *A. rosea* en el suelo de la zona de *H. elisae* y de *A. c. trapezoides* rechazaría la fracción mineral de 2000-250 μm y seleccionaría las fracciones, tanto orgánicas como minerales, de 250-50 μm y de 2-0 μm , y la fracción orgánica 2000-250 μm .
26. *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* se alimenta preferentemente de las fracciones de 250-50 μm y de 2-0 μm .
27. Las relaciones de competencia demostradas en este trabajo entre *A. rosea* y *H. elisae* pueden contribuir a explicar su distribución en la parcela experimental. Esta competencia puede deberse a competencia por el alimento, ya que parecen seleccionar las mismas fracciones del suelo tal y como muestran los resultados obtenidos en este trabajo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ABBOTT, I. (1980) Do earthworms compete for food? *Soil Biology and Biochemistry*, 12: 523-530.

AINA, P. O. (1984) Contribution of earthworm to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and long-term cultivation. *Pedobiologia*, 26: 131-136.

ALBERCHT, S. L., FAUCI, M. F., SKIRVIN, K. W. & BEZDICEK, D. F. (2000) Organic matter fractions from Pacific Northwest soils: depth and tillage effects. *Columbia Basin Agricultural Research Annual Report*, 1012: 19-23.

ALMENDROS, G., POLO, A., IBÁÑEZ, J. J. & LOBO, N. C. (1984) Contribución al estudio de la influencia de los ecosistemas forestales en la característica de la materia orgánica del suelo. II. Transformaciones del humus por ignición en condiciones controladas de laboratorio. *Revue de Ecologie et Biologie du Sol*, 21 (2): 145–160.

ÁLVAREZ, J. (1966) Oligoquetos terrícolas de España: las lombrices de tierra de la región central. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Sección Biología), 64: 133-144.

ÁLVAREZ, J. (1971) *Los oligoquetos terrícolas de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

ÁLVAREZ, J. (1977) El género *Hormogaster* en España. *P. Centr. Pir. Biol. Exp.* 9, 27-35.

ANDERSON, D. W. & PAUL, E. A. (1984) Organo-mineral complexes and their study by radiocarbon dating. *Soil Science Society of America Journal*, 48: 298-301.

ANDERSON, D. W., SAGGAR, S., BETTANY, J. R. & STEWAR, J. W. (1981) Particle size fractions and their use in studies of soil matter: I. The nature and distribution of forms of carbon, nitrogen and sulphur. *Soil Science Society of America Journal*, 45: 767-772.

ATLAS GEOCIENTÍFICO DEL MEDIO NATURAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID. (1988). Instituto Tecnológico Geominero de España. Serie Medio Ambiente. Comunidad de Madrid.

BAKER, G., CARTER, P., BARRETT, V., HIRTH, J., MELE, P. & GOURLEY, C. (2002) Does the deep-burrowing earthworm communities when introduced to pastures in south-eastern Australia? *European Journal of Soil Biology*, 38: 39-42.

BALDOCK, J. A., OADES, J. M., WATERS, A. G., PENG, X., VASSALLO, A. M. & WILSON, M. A. (1992) Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. *Biogeochemistry*, 16: 1-42.

BAROIS, I., LAVELLE, P., BROSSARD, M., TONDOH, J., ÁNGELES MARTÍNEZ, M., ROSSI, J. P., SENAPATI, B. K., ANGELES, A., FRAGOSO, C., JIMÉNEZ, J. J., DECAËNS, T., LATTAUD, C., KANYONYO, J., BLANCHART, E., CHAPUIS, L., BROWN, G. & MORENO, A. (1999) Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions. En: Lavelle, P., Brussaard, L. & Hendrix, J. (Eds.). *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CAB. International, London, 57-84.

BASKER, A., KRIKMAN, J. H. & MACGREGOR, A. N. (1994) Changes in potassium availability and other soil properties due to soil ingestion by earthworms. *Biology and Fertility Soils*, 17:154–158.

BASTARDIE, F., CAPOWIEZ, Y. & CLUZEAU, D. (2005) 3D characterization of earthworm burrow systems in natural soil cores collected from a 12- year-old pasture. *Applied Soil Ecology*, 30: 34–46.

BEGON, M., HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R. (1994) *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega. Barcelona. 886 pp.

BERNIER, N. (1998) Earthworm feeding activity and development of humus profile. *Biology and Fertility Soil*, 26: 215-223.

BEYER, L. & BLUME, H. P. (1990) Properties and genesis of the humus body of typical forest and arable soils of Schleswig-Holstein (German). *Z. Pflanzenernahr. Bodenk*, 153: 61-68.

BHANDARI, G. S., RANDHAWA, N. S. & MASKIN, M. S. (1967) On the polysaccharide content of earthworm casts. *Curriculum of Science* (Bangalore). 36: 519-520.

BLAKEMORE, R. J. (2004) A provisional list of valid names of Lumbricoidea (Oligochaeta) after Easten, 1983. En: A. G. Moreno & S. Borges (Eds.). *Avances en taxonomía de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta)*. Editorial Complutense, Madrid. 75-112 pp.

BLANCHART, E., LAVELLE, P. & SPAIN, A. (1989) Effects of two species tropical earthworms (Oligochaeta: Eudrilidae) on the size distribution of aggregates in an African soil. *Revue d'Ecologie et Biologie du Sol*, 26: 417-425.

BOLTON, P. J. & PHILLIPSON, J. (1976) Burrowing, feeding, egestion and energy budgets of *Allolobophora rosae* (Savigny) (Lumbricidae). *Oecologia*, 23: 225-245.

BOON, J. J. & HAVERKAMP, J. (1982) Pyrolysis mass spectrometry of intact and decomposed leaves of *Naphar variegatum* and *Zostera marina* and some archaeological eelgrass samples. *Hydrobiological Bulletin*, 16: 71-82.

BORNEBUSCH, C. H. (1930) The fauna of forest soil. *Fortl Forsøgsvaes*, 11: 1-158.

BOSSUYT, H., SIX, J. & HENDRIX, P. F. (2005) Protection of soil carbon by microaggregates within earthworm casts. *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 251–258.

BÖSTROM, U. (1988) Growth and cocoon production by the earthworm *Aporrectodea caliginosa* in soil mixed with various plants materials. *Pedobiologia*, 32: 77-80.

BÖSTROM, U. & LOFS, A. (1996) Annual population dynamics of earthworms and cocoon production by *Aporrectodea caliginosa* in meadow fescue ley. *Pedobiologia*, 40: 32-42.

BOUCHÉ, M. B. (1970) Remarques sur quelques Lumbricina de France et consequences de la devouverte des nouveaux taxons Vignysinae (Subfam. nov.) et Diporodilidae (Fam. nov.) *Pedobiologia*, 10: 246-256.

BOUCHÉ, M. B. (1971) *Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des ecosystems, illustrées par le role pédobiologique des vers de terre. Le vie dans les sols.* Ed. Gauthier-Villars. Paris. 187-209 pp.

BOUCHÉ, M. B. (1972) *Lombricies de France. Écologie et systématique.* Annales de Zoologie-Écologie animale, n° H.S.

BOUCHÉ, M. B. (1977) Stratégies lombriciennes. En: U. Lohm & T. Persson (Eds.). *Soil Organisms as Components of Ecosystems.* Ecological Bulletin (Stockholm) 24: 122-130.

BOUCHÉ, M. B. (1984) Les vers de terre. *La Recherche*, 156 : 796-804.

BREMNER, J. M. & MULVANEY, C. S. (1982) Nitrogen-total. En: Page, A. L., Miller, R. H. & Keeney, D. R. (Eds.). *Methods of soil Analysis: Chemical and microbiological properties*. 2nd ed., American Society of Agronomy, Wisconsin. pp. 595-624.

BRIONES, M. J. I. (1991) *Lombrices de tierra de Asturias, León, Zamora y Salamanca. Faunística y ecología*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago. 349 pp.

BRIONES, M. J. I. (1996) A taxonomic study of the *Allolobophora caliginosa* complex (Oligochaeta, Lumbricidae): a preliminary study. *Canadian Journal of Zoology*, 74: 240-244.

BRIONES, M. J. I., BOL, R., SLEEP, D., ALLEN, D. & SANPEDRO, L. (2001) Spatial-temporal variation of stable isotope ratios in earthworms under grassland and maize cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 1673-1682.

BUCK, C., LANGMAACK, M. & SCHRADER, S. (1999) Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *European Journal of Soil Biology*, 35: 23-30.

BUTT, K. R. (1998) Interactions between selected earthworm species: a preliminary, laboratory-based study. *Applied Soil Ecology*, 9: 75-79.

BUTT, K. R., FREDERICKSON, J. & MORRIS, R. M. (1994) Effects of earthworms density on growth and reproduction of *Lumbricus terrestris* L. (Oligochaeta: Lumbricidae) in culture. *Pedobiologia*, 38: 254-261.

BUYANOVSKY, G. A., ASLAM, M. & WAGNER, G. H. (1994) Carbon turnover in soil physical fractions. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1167-1173.

CALDERONI, G. & SCHNITZER, M. (1984) Effects of age on the chemical structure of paleosol humic acids and fulvic acids. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48: 2045-2051.

CALVO, J. P. (2000). Marco geológico general. Unidades geológicas de Madrid y su evolución. En: Jorge Morales (coord.). *Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid*. Consejería de educación de la Comunidad de Madrid. 59-65 pp.

CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOT, E. T. (1992) Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 777-783.

CANELLAS, L. P., VELLOSO, A. C. X., RUMJANEK, V. M. GURIDI, F., OLIVARES, F. L., SANTOS, G. A. & BRAZ-FILHO, R. (2002) Distribution of the humified fractions and characteristics of the humic acids of an ultisol under cultivation of eucalyptus and sugar cane. *Terra*, 20: 371-381.

CAPOWIEZ, Y., MONESTIEZ, P. & BELZUNCES, L. (2001) Burrow systems made by *Aporrectodea noctura* and *Allolobophora chlorotica* in artificial cores: morphological differences and effects of interspecific interactions. *Applied Soil Ecology*, 16: 109-120.

CARAVACA, F., LAX, A. & ALBALADEJO, J. (2004) Aggregate stability and carbon characteristics of particle-size fractions in cultivated and forested soils of semiarid Spain. *Soil and Tillage Research*, 78: 83-90.

CHEFETZ, B., TARCHITZKY, J., DESHMUKH, A. P., HATCHER, P. G. & CHEN, Y. (2002) Structural characterization of soil organic matter and humic acids in particle-size fractions of an agricultural soil. *Soil Science Society American Journal*, 66: 129-141.

CHRISTENSEN B. T. (1992) Physical fractionation of soil and organic matter in primary size and density separates. *Advances in Soil Science*, 20: 1-90.

COBOLLI SBORDONI, M., DE MATTHAEIS, E., ALONZI, A., MATTOCCIA, M., OMODEO, P. & ROTA, E. (1992) Speciation, genetic divergence and paleogeography in the Hormogastridae. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12): 1213-1221.

CONNELL, J. H. (1983) On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist*, 122: 661-696.

CURRY, J. P. (1998) Factors affecting earthworm abundance in soils. En: Edwards, C. A. (Ed.), *Earthworm Ecology*. St. Lucia Press, New York, pp. 37-64.

CURRY, J.P., BYRNE, D. & BOYLE, K. (1995) The earthworm population of a winter cereal field and its effects on soil and nitrogen turnover. *Biology and Fertility Soils*, 19: 166-172.

CURRY, J. P. & SCHMIDT, O. (2007) The feeding ecology of earthworms – A review. *Pedobiologia*, 50: 463-477.

DALBY, P. R, BAKER, G. H. & SMITH, S. E. (1998a) Competition cocoon consumption by the earthworm *Aporrectodea longa*. *Applied Soil Ecology*, 10: 127-136.

DALBY, P. R., BAKER, G. H. & SMITH, S. E. (1998b) Potential impact of an introduced lumbricid on a native woodland in South Australia. *Applied Soil Ecology*, 9: 351-354.

DANIEL, O. & ANDERSON, J. M. (1992) Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm *Lumbricus terrestris* Hoffmeister. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 465-470.

DARWIN, C. R. (1881) *The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits*. Eds. Murray, London. Disponible en Web: <[www.darwin-literature.com/The Formation Of Vegetable Mould/1.html](http://www.darwin-literature.com/The%20Formation%20Of%20Vegetable%20Mould/1.html)>

DE GOEDE, R. G. M. & BRUSSAARD, L. (2002) Soil zoology: an indispensable component of integrated ecosystem studies. *European Journal of Soil Biology*, 38: 1-6.

DECAËNS, T., GALVIS, J. H. & AMÉZQUIDA, E. (2001) Propriétés des structures produites per les ingenieurs écologiques á la surface du sol dune savane colombienne. *Science de la vie/ Life Sciences*, 324: 465-478.

DECAËNS, T., DUBOIT, T., ALARD, D. & LAVELLE, P. (1998) Factors influencing soil macrofauna communities in post-pastoral successions of wester France. *Applied Soil Ecology*, 9: 361-367.

DÍAZ COSÍN, D. J. & MORENO, A. G. (1985) Lombrices de tierra de algunas zonas de la provincia de Madrid (España Central). *Trabajos Compostelanos de Biología*, 12: 41-55.

DÍAZ COSÍN, D. J., BRIONES, M. J. I. & TRIGO, D. (1989) Descripción de una nueva especie de lombriz de tierra, *Xana omodeoi* (Hormogastridae, Oligochaeta) y sus implicaciones en la división de los Hormogastridae. *Revue d'Écologie et Biologie du Sol*, 26 (2): 225-231.

DÍAZ COSÍN, D. J., MORENO, A. G. & JESUS, J. B. (1981) Contribución al conocimiento de las lombrices de tierra (Lumbricidae y Megascolecidae) de los alrededores de La Albufera de Valencia. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)*, 79 (1-4): 27-35.

DÍAZ COSÍN, D. J., RUIZ, M. P., RAMAJO, M. & GUTIÉRREZ, M. (2006) Is the aestivation of the earthworm *Hormogaster elisae* a paradiapause?. *Invertebrate Biology*, 125(3): 250-255.

DÍAZ COSÍN, D. J., RUIZ, M. P., GARVÍN, M. H., RAMAJO, M. & TRIGO, D. (2002) Gut load and transit time in *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) in laboratory cultures. *European Journal Soil Biology*, 38: 43-46.

DÍAZ COSÍN, D. J., MORO, R. P., VALLE, J. V., GARVÍN, M. H., TRIGO, D. & JESÚS, J. B. (1996) Producción de heces de *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 (Oligochaeta, Hormogastridae) en diferentes tipos de cultivos en laboratorio. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Sección Biología), 92 (1-4): 177-184.

DOUBE, B. M., SCHMIDT, O. & KILLHAM, R. P. (1997) Influence of mineral soil on the palatability of organic matter for lumbricid earthworms: a simple food preference study. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 569-575.

DUXBURY, J. M., SMITH, M. S., DORAN, J. W., JORDAN, W. C., SZOTT, L. & VANCE, E. (1989) Soil Organic matter as a source and a sink of plant nutrients. En: D. Coleman, J. Malcom & G. Uechara (Eds.). *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. University of Hawaii press. Hawaii. 33-67 pp.

EDWARDS, C. A. & BOHLEN, P. J. (1996) *Biology and ecology of earthworms*, 3rd ed. Chapman and Hall, London.

EDWARDS, C. A. & LOFTY, J. R. (1977) *Biology of earthworms*. 2nd ed. Chapman and Hall, London. 244 pp.

EDWARDS, C. A. & LOFTY, J. R. (1982) The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. *Journal of Applied Ecology*, 19: 723-734.

ELLERT, B. H. & GREGORICH, E. G. (1995) Management-induced changes in the actively cycling fractions of soil organic matter. En: McFee, W. W. & Kelly, J. M. (Eds.). *Carbon forms and functions in forest soils*. Soil Science Society of America, Inc., Madison.

ELLIOTT, E.T. (1986) Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 50: 627-633.

ELLIOTT, E.T & CAMBARDELLA, C. A. (1991) Physical separation of soil organic matter. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 34: 407-419.

ELLIOTT, E. T., PALM, C. A., REUSS, D. E. & MONZ, C. A. (1991) Organic matter contained in soil aggregates from a tropical chronosequence: correction for sand and light fraction. *Agricultural, Ecosystem and Environment*, 34: 443-451.

ELVIRA, C., DOMÍNGUEZ, J. & MATO, S. (1996) The growth and reproduction of *Lumbricus rubellus* and *Dendrobaena rubida* in cow manure mixed cultures with *Eisenia andrei*. *Applied Soil Ecology*, 5: 97-103.

ETTEMA, C.H. & WARDLE, D.A. (2002) Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 17: 177-183.

FELLER, C. (1979) Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols, Cahiers ORSTOM 17: 339-346 (Série Pédologie).

FRAGOSO, C., BAROIS, I., GONZÁLEZ, C., ARTEAGA, C. & PATRÓN, J. C. (1993) Relationship between earthworms and soil organic matter levels in natural and managed ecosystems in the Mexican tropics. En: Mulongoy, K. & Merckx, R. (Eds.), *Soil Organic Matter Dynamics and the Sustainability of Tropical Agriculture*. Proceedings of an International Symposium in Leuven, Belgium, 1991. Wiley, Chichester, UK, pp. 231-239.

FUENTES YAGÜE, J.L. (1999) *El suelo y los fertilizantes*. 5ª Ed. Mundi-Prensa Libros S.A., Madrid. 350 pp.

GARVÍN, M. H. (1995) *Efecto de la lombriz de tierra Hormogaster elisae Álvarez, 1977 (Oligochaeta, Hormogastridae) sobre la mineralización del carbono y el nitrógeno del suelo en sistemas cerrados*. Tesina de licenciatura. UCM. Facultad de Biología. Madrid.

GARVÍN, M. H. (2000) *Contribución al conocimiento de Hormogaster elisae Álvarez, 1977 (Oligochaeta, Hormogastridae)*. Tesis Doctoral. UCM. Facultad de Biología. Madrid. 196 pp.

GARVÍN, M. H., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (1999) Some data on the reproductive biology of *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 (Oligochaeta, Hormogastridae). *Pedobiologia*, 43: 830-834.

GARVÍN, M. H., TRIGO, D., HERNÁNDEZ, P. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2003) Gametogenesis and reproduction in *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae). *Invertebrate Biology*, 122 (2): 152-157.

GARVÍN, M. H., TRIGO, D., HERNÁNDEZ, P., RUIZ, M. P. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2002) Interactions of *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) with other earthworm species from Redueña (Madrid, Spain). *Applied Soil Ecology*, 586: 1-7.

GARVÍN, M. H., MARTÍNEZ, F., JESÚS, J. B., GUTIÉRREZ, M., RUIZ, M. P. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2001) Effect of *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) on the stability of soil aggregates. *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 273-276.

GATES, G. E. (1972) Burmese Earthworms, an introduction to the systematic and biology of megadrile oligochaetes with special reference to southeast Asia. *Transactions of the American Philosophical Society*, 62: 1-326.

GAVINELLI, E., FELLER, C., LARRÉ-LARROUY, M. C., BACYE, B., DJEGUI, N. & NZILA, J. D. (1995) A routine method to study soil organic matter by particle-size fractionation: examples for tropical soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26: 1749-1760.

GERARD, B. M. (1967) Factors affecting earthworms in pastures. *Journal of Animal Ecology*, 36 (1): 235-252.

GIL, R., RAMAJO, M., JESÚS, J. B., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2007) Influencia de *Hormogaster elisae* sobre la infiltración y retención de agua del suelo de una parcela de el Molar (Madrid). Un estudio de laboratorio. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)*. Tomo 102, Núms.1-4.

GILOT, C. (1990) Bilan de carbone du ver de terre géophage tropical *Millsonia anomala* (Megascolecidae). Mémoire du diplôme d'ingénieur agronome, Institute National Agronomique, Paris-Grignon.

GONZÁLEZ, G., ZOU, X., SABAT, A. & FETCHER, N. (1999) Earthworm abundance and distribution pattern in contrasting plant communities within a tropical wet forest in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 35 (1-2): 93-100.

GUGGENBERGER, G., THOMAS, R. J. & ZECH, W. (1996) Soil organic matter within earthworm casts of an anecic–endogeic tropical pasture community, Colombia. *Applied Soil Ecology*, 3: 263-274.

GUREVITCH, P., MORROW, L. L., WALLACE, A. & WALSH, J. S. (1998) A meta-analysis of competition in field experiments. *American Naturalist*, 140: 539-572.

GUTIÉRREZ, M., JESÚS, J. B., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2006) Is *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) a predator of mites and springtails?. *European Journal of Soil Biology*, 42: 186–190.

GUTIÉRREZ, M., RAMAJO, M., JESÚS, J. B. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2003) The effect of *Hormogaster elisae* (Hormogastridae) on the abundance of soil Collembola and Acari in laboratory cultures. *Biology and Fertility of Soils*, 37: 231-236.

GUTIÉRREZ, M., JESÚS, J. B., TRIGO, D., NOVO, M. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2008) Is there food competition between *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) and soil microarthropods at El Molar (Madrid)? *European Journal of Soil Biology*, 44: 207–212.

HAIMI, J. & HUHTA, V. (1990) Effects of earthworms on decomposition processes in raw humus forest soil: a microcosm study. *Biology and Fertility of Soils*, 10: 178-183.

HARO, A. (1965) Oligoquetos terrícolas de los alrededores del pantano de Vallvidrera (Barcelona). *Miscelanea Zoológica T.V.*, 1: 13-17.

HASSINK, J. (1994) Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*, 26, 1221-1231.

HASSINK, J. (1995) Density fractions of soil macroorganic matter and microbial biomass as predictors of C and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 1099-1108.

HAYES, M. H. B. (1985) Extraction of humic substances from soil. En: Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L. & MacCarthy, P. (Eds.). *Humic substances in soil, sediment, and water*. John Wiley & Sons, New York, pp. 329-362.

HEINE, O. & LARINK, O. (1993) Food and cast analyses as parameter of turn-over of materials by earthworm (*Lumbricus terrestris*). *Pedobiologia*, 37: 245-256.

HEITOR, F. P. C. (1960) Lumbricidae de Portugal. I. Identificação e características ecológicas de algumas especies. *Agrónoma Lusitanica*, 22: 231-244.

HEMPFLING, R., SIMMLEIT, N. & SCHULTEN, H. R. (1991) Characterization and chemodynamics of plants constituents during maturation, senescence and humus genesis in spruce ecosystems. *Biogeochemistry*, 13: 27-60.

HERNÁNDEZ, P. (2005) *Estudio de la distribución horizontal de Hormogaster elisae (Oligochaeta, Hormogastridae) en el Molar y los factores que la regulan*. Tesis Doctoral. UCM. Facultad de Biología. Madrid. 241pp.

HERNÁNDEZ, P., GUTIÉRREZ, M., RAMAJO, M. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2003) Horizontal distribution of an earthworm community at El Molar, Madrid (Spain). *Pedobiologia*, 47: 178-183.

HERNÁNDEZ, P., FERNÁNDEZ, R., NOVO, M., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2007) Geostatistical and multivariate analysis of the horizontal distribution of an earthworm community in El Molar (Madrid, Spain). *Pedobiologia*, 51: 13-21.

HICKMAN, C. P., ROBERTS, L. S. & LARSON, A. (2002) *Principios integrales de Zoología*. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid. 895 pp.

HINDS, A. A. & LOWE, L. E. (1980) Distribution of carbon, nitrogen, sulphur, and phosphorus in particle-size separates from gleysolic soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 60: 783-786.

HOLMSTRUP, M. (1999) Cocoon production of *Aporrectodea longa* Ude and *Aporrectodea rosea* Savigny (Oligochaeta; Lumbricidae) in a Danish grass field. *Soil Biology and Biochemistry*, 31: 957-964.

JAGER, T., FLEUREN, R., ROELOFS, W. & DE GROOT, A. C. (2003) Feeding activity of the earthworm *Eisenia andrei* in artificial soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 313-322.

JANZEN, H. H., CAMPBELL, C. A., BRANDT, S. A., LAFOND, G. P. & TOWNLEY-SMITH, L. (1992) Light fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 1799-1806.

JÉGOU, D., CAPOWIEZ, Y. & CLUZEAU, D. (2001) Interactions between earthworm species in artificial soil cores assessed through the 3D reconstruction of the burrow systems. *Geoderma*, 102:123-137.

JESÚS, J. B., FERNÁNDEZ, B. & GUTIÉRREZ, M. (2002) Lombrices de tierra de la Comunidad de Madrid (España). II. Géneros *Eisenia*, *Eiseniella*, *Eiseniona*, *Lumbricus*, *Octodrilus*, *Ostolasion*, *Hormogaster*, *Microscolex*, *Eukerria* y *Ocnerodrilus* (Annelida, Oligochaeta). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)*, 97 (1-4): 61-69.

JIMÉNEZ, J. J. & ROSSI, J. P. (2006) Spatial dissociation between two endogeic earthworms in the Colombian “Llanos”. *European Journal of Soil Biology*, 24: 218-224.

JIMÉNEZ, J. J., ROSSI, J. P. & LAVELLE, P. (2001) Spatial distribution of earthworms in acid-soil savannas of the eastern plains of Colombia. *Applied Soil Ecology*, 17: 267-278.

JUDAS, M. (1992) Gut content analysis of earthworms (Lumbricidae) in a beechwood. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 1413-1417.

KAUSHAL, B. R., BISHT, S. P. S. & KALIA, S. (1994) Effect of diet on cast production by the megacolecid earthworm *Amyntas alexandri* in laboratory culture. *Biology and Fertility of Soils*, 17: 14-17.

KLOK, C. (2007). Effects of earthworm density on growth, development, and reproduction in *Lumbricus rubellus* (Hoffm.) and possible consequences for the intrinsic rate of population increase. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 2401- 2407.

LABRADOR, J. (1996) *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Coeds. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 174 pp.

LAL, R. (1987) *Tropical ecology and physical edaphology*. John Wiley & Sons, Inc., Chichester, 732 pp.

LAL, R. (1988) Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 24: 101-116.

LAMBIN, X., AARS, J. & PIERTNEY, S. B. (2001) Intraspecific competition, kin competition and kin facilitation: A review of the empirical evidence. En: Clobert J., Danchin E., Dhondt A. A. & Nichols J. D. (Eds.). *Dispersal: Individual, population and community*. Oxford University Press. Oxford.

LAVELLE, P. (1979) Relations entre types écologiques et profils démographiques chez les Vers de terre de la savane de Lamto (Côte-d'Ivoire). *Revue d'Écologie et Biologie du Sol*, 16(1): 85-101.

LAVELLE, P. (1981) Stratégies de reproduction chez les vers de terre. *Acta Oecol.* 2 (2): 117-133.

LAVELLE, P. (1983) The soil fauna of tropical savannas. I. The community structure. En: F. Bourlière (Eds.). *Tropical savannas*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 477-484.

LAVELLE, P. (1988) Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils*, 6: 237-251.

LAVELLE, P. & MARTIN, A. (1992) Small-scale and large-scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 1491-1498.

LAVELLE, P. & SPAIN, A. V. (2001) *Soil Ecology*. Academic Publishers. Londres. 659 pp.

LAVELLE, P., SCHAEFER, R. & ZAIDI, Z. (1989) Soil ingestion and growth in *Millsonia anomala*, a tropical earthworm, as influenced by the quality of the organic matter ingested. *Pedobiologia*, 33: 379-388.

LAVELLE, P., ZAIDI, Z. & SCHAEFER, R. (1983) Interactions between earthworms, soil organic matter and microflora in an African savanna soil. En: Lebrun, Ph., André, H. M., De Mets, A., Grégoire-Wibo, C. & Wauthy, G. (Eds.). *New Trends in soil Biology*. Proceedings of the VIII International Colloquium of Soil Zoology. Dieu-Brichart, Louvain-la-Neuve, pp. 253-259.

LAVELLE, P., SPAIN, A. V., BLANCHART, E., MARTIN, A. & MARTIN, S. (1992) The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. En: Lal R. & P.A. Sanchez (Eds.) *Myths and soil science of the tropics*. Soil Science Society of America Special Publication No. 29. Madison, pp. 157-185.

LAVELLE, P., BIGNELL, D., LEPAGE, M., WOLTERS, V., ROGER, P., INESON, P., HEAL, O.W. & DHILLION, S. (1997) Soil function in a changing world : the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal Soil Biology*, 33: 159-193.

LEE, K. E. (1985) *Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*. Academic Press, Sydney. 411 pp.

LOFS-HOLMIN, A. (1983) Reproduction and growth of common arable land and pasture species of earthworm (Lumbricidae) in laboratory cultures. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 13: 31-37.

LÓPEZ DE MOLINA, A. M. (1986) *Estudio de los Oligoquetos edáficos en tres itinerarios de la provincia de Vizcaya*. Tesina de Licenciatura. Universidad del País Vasco. 164 pp.

LOWE, C. N. & BUTT, K. R. (1999) Interspecific interactions between Earthworms: A laboratory-based investigation. *Pedobiologia*, 43: 808-817.

MARGALEF, P. (1974) *Ecología*. Omega. Barcelona. 951 pp.

MARHAN, S. & SCHEU, R. (2005) Effects of sand and litter availability on organic matter decomposition in soil and in cast of *Lumbricus terrestris* L. *Geoderma*, 128: 155-166.

MARIANI, L., BERBIER, N., JIMÉNEZ, J. J. & DECAËNS, T. (2001) Régime alimentaire d'un ver terre des savanes colombiennes: une remise en question des types écologiques. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences de Paris Série III* 24: 733-742.

MARTIN, A. (1989) *Effet des vers de terre tropicaux géophages sur la dynamique de la matière organique du sol dans les savanes humides*. Thèse de l'université Paris-XI.

MARTIN, A. (1991) Short-term and long-term effect of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savanna, on soil organic matter. *Biology and Fertility of Soils*, 11: 234-238.

MARTIN, A. & LAVELLE, P. (1992) Effect of soil organic matter quality on its assimilation by *Millsonia anomala*, a tropical geophagous earthworm. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 1535-1538.

MARTIN, A., MARIOTTI, A., BALESSENT, J. & LAVELLE, P. (1992) Soil organic matter assimilation by a geophagous tropical earthworm based on delta C¹³ measurements. *Ecology*, 73: 118-128.

MARTIN, A., MARIOTTI, A., BALESSENT, J., LAVELLE, P. & VUATTOUX (1990) Estimate of organic matter turnover rate in a savanna soil by C¹³ natural abundance measurements. *Soil Biology and Biochemistry*, 22: 517-523.

MÁS HERNÁNDEZ (1992) *Atlas de la Comunidad de Madrid*. Consejería de Política Territorial. Comunidad de Madrid.

McCREDIE, T. A., PARKER, C. A. & ABBOTT, L. (1992) Population dynamics of the earthworm *Aporrectodea trapezoides* (Annelida: Lumbricidae) in a western Australia pasture soil. *Biology and Fertility of Soils*, 12: 285-289.

MEIJBOOM, F. W., HASSINK, J. & VAN NOORDWIJK, M. (1995) Density fractionation of soil macroorganic matter using silica suspensions. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 1109-1111.

MENDIVIL, L. (1979) *Contribución a la fauna de Lumbrícidos de Navarra*. Tesina de Licenciatura. Universidad de Navarra. 249 pp.

MICHAELSEN, W. (1900) *Oligochaeta*. Das Tierreich, 10. Friedländer und Sohn. Berlín. 575 pp.

MONREAL, C. M., SCHNITZER, M., SCHULTEN, H. R., CAMPBELL, C. A. & ANDERSON, D. W. (1995) Soil organic structures in macro- and microaggregates of a cultivated Brown Chernozem. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 845-853.

MOODY, S. A., BRIONES, M. J. I., PEARCE, T. G. & DIGHTON, J. (1995) Selective consumption of decomposing wheat straw by earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 1209-1213.

MORENO, A. G. (1981) *Estudio de algunas poblaciones de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Lumbricidae, Megascolecidae y Glossoscolecidae) de los alrededores de Madrid*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid. 294 pp.

MOTAVALLI, P. P., PALM, C. A., PARTON, W. J., ELLIOTT, E. T. & FREY, S. D. (1994) Comparison of laboratory and modelling simulation methods for estimating soil carbon pools in tropical forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 935-944.

MÜLLER, P. E. (1889) Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation et le sol. *Ann. Sci. Agron. Fr. Etrang.*, 6: 85-423.

MULONGOY, K. & BEDORET, A. (1989) Properties of worm cast and surface soils under various plant covers in the humid tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 21: 197-203.

NAIR, G. A. & BENNOUR, S. A. (1998) Cocoons and hatchlings of *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) (Oligochaeta: Lumbricidae) in Benghazi, Libya. *Journal of Arid Environments*, 40: 459-466.

NEILSON, R., BOAG, B. & MICHAEL, S. (2000) Earthworm C¹³ and N¹⁵ analyses suggest that putative functional classifications of earthworms are site-specific and may also indicate habitat diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1053-1061.

NEILSON, R. & BOAG, B. (2003) Feeding preferences of some earthworm species common to unland pastures in Scotland. *Pedobiologia*, 47: 1-8.

NOVO, M. (2008) *Variabilidad genética y filogeografía de la lombriz de tierra Hormogaster elisae*. Tesina. UCM. Facultad de Biología. Madrid. 83pp.

NOVO, M., VELAVAN, T. P., ALMODÓVAR, A., SCHULENBURG, H., DÍAZ COSÍN D. J. & MICHIELS, N. K. (2008) Microsatellite markers for the drought-resistant earthworm *Hormogaster elisae*. *Molecular Ecology Resources*, 8: 901-903.

NOVO, M., ALMODOVAR, A. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2009) High genetic divergence of Hormogastrid earthworms (Annelida, Oligochaeta) in the central Iberian Peninsula: Evolutionary and Demographic Implications. *Zoologica Scripta*, 38 (5): 537-552.

OMODEO, P. (1998) History of Clitellata. *Italian Journal of Zoology*, 65: 51-73.

OYEDELE, D. J., SCHJØNNING, P. & AMUSAN, A. A. (2006) Physicochemical properties of earthworm casts and uningested parent soil from selected sites in southwestern Nigeria. *Ecological Engineering*, 28: 106-113.

PARMELEE, R. W. & CROSSLEY, D. A (1988) Earthworm production and role in the nitrogen cycle of a non-tillage agroecosystem on the Georgia Piedmont, *Pedobiologia*, 32: 353-361.

PÉREZ-LOSADA, M., RICOY, M., MARSHALL, J. C. & DOMÍNGUEZ, J. (2009) Phylogenetic assessment of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* species complex (Oligochaeta: Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 52: 293–302.

PÉREZ ONTENIENTE, A. & RODRÍGUEZ BABÍO, C. (2002) *Tree new species of earthworm (Annelida: Oligochaeta: Lumbricidae) from the Valencian Community, Spain*. *Journal of Natural History*, 36: 515-530.

PHILLIPSON, J., ABEL, R., STEEL, J. & WOODSELL, S. R. J. (1976) Earthworms and the factors governing their distribution in an English beechwood. *Pedobiologia*, 16: 258-285.

PIEARCE, T. G. (1978) Gut contents of some lumbricid earthworms. *Pedobiologia*, 18: 153-157.

PORTA, J., LÓPEZ-ACEVEDO, M & ROQUERO, C. (1999) *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 929 pp.

PORTA CASANELLAS, J. (1986) *Técnicas y experimentos en edafología*. Col·laegi oficial D'enginyers agrònoms de Catalunya. Barcelona. 282 pp.

QIU, J. P. & BOUCHÉ, M. B. (1998) Contribution to the taxonomy of Hormogastridae (Annelida: Oligochaeta) with description of new species from Spain. *Documents Pedozoologiques et Integrologiques*, 4 (15): 164-177.

REINECKE, A. J. & VILJOEN, S. A. (1993) Effects of worm density on growth and cocoon production of the African nightcrawler *Eudrilus Eugenia* (Oligochaeta). *European Journal of Soil Biology*, 29: 29-34.

RIVAS MARTÍNEZ, S. (1982) *Mapas de las Series de Vegetación*. Diputación de Madrid.

RIVAS MARTÍNEZ, S. (1987) *La Vegetación de España*. Colección Aula Abierta. Universidad de Alcalá de Henares. 544 pp.

ROSA, D. (1887) *Bolletino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Università di Torino*, 2 (32): p. 1.

ROSSI, J. P., LAVELLE, P. & ALBRECHT, A. (1997) Relationships between spatial pattern of the endogeic earthworm *Polypheretima elongata* and soil heterogeneity. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (3/4): 485-488.

ROTA, E. (1993) Contribution to the taxonomy of the Hormogastridae (Annelida: Oligochaeta) with description of two new species from southern France. *Journal of Natural History*, 28: 27-36.

RUIZ, M. P. (2003) *Biología de Hormogaster elisae Álvarez, 1977 (procesos de alimentación y estivación)*. Tesis Doctoral. UCM. Facultad de Biología. Madrid. 145 pp.

RUIZ, M. P., RAMAJO, M., JESÚS, J. B., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (2006) Selective feeding of the earthworm *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) in laboratory culture. *European Journal of Soil Biology*, 42: 289-295.

SATCHELL, J. E. (1983) *Earthworm Ecology: from Darwin to vermiculture*. Chapman and Hall. Londres.

SCHEU, S. (1987) Microbial activity and nutrient dynamics in earthworm casts (Lumbricidae). *Biology and Fertility of Soils*, 5: 230-234.

SCHEU, S. & FALCA, M. (2000) The soil food web of two beech forests (*Fagus sylvatica*) of contrasting humus type: stable isotope analysis of a macro- and a mesofauna-dominated community. *Oecologia*, 123: 285-296.

SCHEU, S., MARAUN, M., BONKOWSKI, M. & ALPHEI, J. (1996) Microbial biomass and respiratory activity in soil aggregates of different sizes from three beechwood sites on a basalt hill. *Biology and Fertility of Soils*, 21: 69-76.

SCHMIDT, O., SCRIMGEOUR, C. M. & HANDLEY, L. L. (1997) Natural abundance of N^{15} and C^{13} in earthworms from a wheat and a wheat-clover field. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 1301-1308.

SCHNITZER, M. & IVARSON, K. C. (1982) Different forms of nitrogen in particle-size fractions separated from two soils. *Plant Soil*, 69: 383-389.

SCHNITZER, M. & KHAN, S. U. (1978) *Soil organic matter*. Elsevier Sc. Publ. Co. New York. 319 pp.

SCHNITZER, M. & SCHULTEN, H. R. (1995) Analysis of organic matter in soil extracts and whole soils by pyrolysis–mass spectrometry. *Advances in Agronomy*, 55: 167–217.

SCHOENER, T. W. (1983) Field experiments on interspecific competition. *American Naturalist*, 122: 240-285.

SCHRADER, S & ZAHANG (1997) Earthworm casting: stabilization or destabilization of soil structure? *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 181-185.

SCHULMANN, O. P. & TIUNOV, A. V. (1999) Leaf litter fragmentation by the earthworm *Lumbricus terrestris* L. *Pedobiologia*, 43: 453-458.

SHIPITALO, M. J. & PROTZ, R. (1989) Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. *Geoderma*, 45: 357-374.

SIMS, R. W. & GERARD, B. M. (1985) *Earthworms: Keys and notes to the identification and study of the Species*. Synopsis of the British Fauna (New series), EJ Brill, Leiden, 31, 171 pp.

SKJEMSTAD, J. O. JANIK, L. J. & TAYLOR, J. A. (1998) Non-living soil matter: what do we know about it?. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38: 667-680.

SPAIN, A. V., SAFFIGNA, P. G. & WOOD, A. W. (1990) Tissue carbon source for *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) in a sugarcane ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 22: 703-706.

STEPHENSON, J. (1930) *The Oligochaeta*. Wheldon and Wesley, New York. 978 pp.

STEVENSON, F. J. (1994) *Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York.

SUZUKI, Y., MATSUBARA, T. & HOCINO, M. (2003) Breakdown of mineral grains by earthworms and beetle larvae. *Geoderma*, 112: 131-142.

SYERS, J. K., SHARPLEY, A. N. & KEENEY, D. R. (1979) Cycling of nitrogen by surface-casting earthworms in a pasture ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 11: 181-185.

TAN, K. H. (1996) *Soil Sampling, Preparation and Analysis*. Marcel Dekker, New York.

TIESSEN, H. & STEWART, J. W. B. (1983) Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter: II. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Science Society of America Journal*, 47: 509-514.

TIUNOV, A. V. & SHEU S. (1999) Microbial respiration, biomass, biovolume and nutrient status in burrow walls of *Lumbricus terrestris* L. (Lumbricidae). *Soil Biology and Biochemistry*, 31: 2039-2048.

TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (1992) Estudio comparado de la fracción mineral del suelo de cultivo y de las heces de *Allolobophora molleri* (Lumbricidae) Rosa, 1889, *Suelo y Planta*, 2: 423-431.

TRIGO, D., MASCATO, R.; BRIONES, M. J. I. & DÍAZ COSÍN, D. J. (1990) *Lombrices de tierra de Portugal continental. Inventario y citas*. Arq. Mus. Bocage, Nova Série, 1 (38): 521-567.

TRIGO, D., BAROIS, I., GARVÍN, M. H., HUERTA, E., IRISSON, S. & LAVELLE, P. (1999) Mutualism between earthworms and soil microflora. *Pedobiologia*, 43: 866-873.

UCHIDA, T., KANEKO, N., ITO, M. T. FUTAGAMI, K., SASAKI, T. & SUGIMOTO, A. (2004) Analysis of the feeding ecology of earthworms (Megascolecidae) in Japanese forests using gut content fractionation and N¹⁵ y C¹³ stable isotope natural abundances. *Applied Soil Ecology*, 27: 153-163.

VALLE, J. V., MORO, R. P., GARVÍN, M. H., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (1997) Annual dynamics of the earthworm *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) at El Molar (Madrid, Spain). *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (3-4): 309-312.

VALLE, J. V., MORO, R. P., GARVÍN, M. H., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. (1998) Growth in the laboratory of *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae). *Applied Soil Ecology*, 9: 111-114.

VALLE, J. V., GARVÍN, M. H., TRIGO, D., MARTÍNEZ, F., BELINCHON, C. & DÍAZ COSÍN, D. J. (1999) Vertical distribution of *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) in soil at El Molar (Central Spain). *Pedobiologia*, 43: 1-7.

VERBENE, E. L. J., HASSINK, J., DE WILLINGEN, P., GROOT, J. J. R. SCHNITZER, M. & VAN VEEN, J. A. (1990) Modelling organic matter dynamics in different soils. *Netherlands journal of Agricultural Science*, 38: 221-238.

WHITEHEAD, D. C., BUCHAN, H. & HARTLEY, R. D. (1975) Components of soil organic matter under grass and arable cropping. *Soil Biology and Biochemistry*, 7: 65-71.

WINSOME, T., LYNN, E., HENDRIX, P. F. & HORWARTH, W. R. (2006) Competitive interactions between native and exotic earthworm species as influenced by habitat quality in a California grassland. *Applied Soil Ecology*, 32: 38-53.

ZHANG, H. & SCHRADER S. (1993) Earthworm effects on selected physical and chemical properties of soil aggregates, *Biology and Fertility of Soils*,15: 229-234.

ZHANG, X., WANG, J., XIE, H., WANG, J. & ZECH, W. (2003) Comparison of organic compounds in the particle-size fractions of earthworm casts and surrounding soil in humid Laos. *Applied Soil Ecology*, 23:147-153.

ZICSI, A. (1962) *Beitrage zur Lumbriciden- Fauna Spaniens*. Ann Univ. Sc. Budapest sec. Biol. T. V: 281-285.

IX. ANEXOS

IX. ANEXOS

IX. 1. Abreviaturas

AF: Ácidos fúlvicos

AFL: Ácidos fúlvicos libres

AH: Ácidos húmicos

AH/AF: Relación ácidos húmicos / ácidos fúlvicos

AR: *Allolobophora rosea*

AR A: *A. rosea* en los controles A

AR B: *A. rosea* en los controles B

AR-AT: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*.

AR-HE: *A. rosea* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*

AR (AR): *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea*

AR (AT): *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*

AR (HE): *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae*

AT: *Allolobophora caliginosa trapezoides*

AT A: *A. c. trapezoides* en los controles A

AT B: *A. c. trapezoides* en los controles B

AT-AR: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*

AT-HE: *A. c. trapezoides* en cultivos poliespecíficos con *H. elisae*

AT (AR): *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea*

AT (AT): *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*

AT (HE): *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae*

C: Carbono

CAR: Suelo control de la zona de *A. rosea*

CAT: Suelo control de la zona de *A. c. trapezoides*

CHE: Suelo control de la zona de *H. elisae*

C/N: Relación carbono-nitrógeno

EHT: Extracto húmico total

FM: Fracción mineral

FMO: Fracción mineral-orgánica

FO: Fracción orgánica

HE: *Hormogaster elisae*

HE A: *H. elisae* en los controles A

HE B: *H. elisae* en los controles B

HE-AR: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. rosea*

HE-AT: *H. elisae* en cultivos poliespecíficos con *A. c. trapezoides*

HE (AR): *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea*

HE (AT): *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*

HE (HE): *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae*

HUM: Huminas

MO: Materia orgánica

MOL: materia orgánica libre

N: Nitrógeno

SN: Suelo natural

SNC: Suelo no consumido

IX. 2. Competencia en suelo de la zona de *H. elisae*

	Biomasa <i>H. elisae</i> (g)								
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
He A 1	2.04	2.42	2.10	1.87	1.87	1.87	1.71	1.86	1.34
He A 2	2.06	2.58	2.95	2.75	2.75	2.75	4.57	3.90	3.59
He A 3	2.00	2.26	2.14	2.42	2.42	2.42	2.88	3.44	3.47
He A 4	2.03	3.30	3.50	4.20	4.20	4.20	4.75	4.48	4.8
He A 5	2.00	2.80	2.95	3.07	3.07	3.07	2.90	2.75	3.00
He A 6	2.02	2.90	3.37	3.21	3.21	3.21	3.81	3.93	4.06
He B 1	2.00	2.65	2.66	2.44	2.43	2.33	3.04	2.89	3.40
He B 2	2.04	2.93	2.62	2.99	2.74	2.70	3.15	2.20	2.64
He B 3	2.02	2.51	2.84	2.90	2.66	2.79	3.03	1.98	2.39
He B 4	2.02	2.51	2.81	3.41	2.63	3.02	3.21	2.64	2.22
He B 5	2.00	2.90	3.02	2.98	2.97	2.67	3.19	3.15	3.05
He B 6	2.02	2.65	2.63	3.12	2.79	3.28	3.48	2.46	2.16
He-At 1	2.02	2.60	2.47	2.17	2.16	1.75	2.23	2.06	1.50
He-At 2	2.05	3.13	1.82	2.56	3.21	3.22	3.63	2.49	1.94
He-At 3	2.06	3.45	2.56	2.76	2.74	3.36	4.08	3.43	3.24
He-At 4	2.01	2.88	3.5	3.42	2.58	2.35	2.50	2.30	2.23
He-At 5	2.05	2.80	3.02	2.91	3.10	3.64	3.95	3.93	3.76
He-At 6	2.04	0.82	2.69	2.80	3.07	4.09	3.86	3.87	2.69
He-Ar 1	2.07	1.90	1.90	2.22	2.20	2.61	2.61	2.32	2.14
He-Ar 2	2.04	3.47	3.47	2.50	2.83	2.77	2.77	2.61	2.29
He-Ar 3	2.01	2.22	2.22	2.39	1.66	2.42	2.42	1.66	1.59
He-Ar 4	2.08	2.83	2.83	2.62	2.41	2.87	2.87	2.48	2.62
He-Ar 5	2.06	2.71	2.71	1.90	2.08	1.78	1.78	1.97	1.25
He-Ar 6	2.07	1.74	1.74	2.24	2.43	2.40	2.40	2.06	1.98
	Biomasa <i>A. rosea</i> (g)								
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Ar A 1	2.02	2.89	3.00	3.33	3.51	4.04	4.29	3.53	3.20
Ar A 2	2.00	2.48	2.94	3.05	3.25	3.70	3.37	4.17	4.15
Ar A 3	2.00	2.70	3.25	3.48	3.80	3.67	3.38	2.98	3.20
Ar A 4	2.03	3.08	3.28	3.64	4.31	3.98	4.04	3.57	3.29
Ar A 5	2.01	3.06	3.41	3.58	3.89	3.91	4.25	3.28	3.57
Ar A 6	2.00	2.92	3.58	3.54	3.58	3.46	4.18	2.58	2.69
Ar B 1	2.02	2.78	2.60	3.33	3.33	3.73	3.26	2.57	2.56
Ar B 2	2.02	2.88	2.86	3.05	3.32	3.43	3.36	2.53	2.92
Ar B 3	2.04	2.81	2.94	3.03	2.88	3.18	3.28	2.74	2.62
Ar B 4	2.03	2.96	3.11	3.11	2.91	3.20	3.51	2.82	2.73
Ar B 5	2.00	2.67	3.04	2.98	3.06	3.13	3.05	2.8	2.88
Ar B 6	2.00	2.93	2.93	3.01	3.10	3.34	3.38	2.97	3.22
Ar-He 1	2.05	2.64	2.82	2.74	3.55	2.98	3.23	3.22	3.39
Ar-He 2	2.05	3.14	3.01	2.97	3.13	3.62	4.04	2.91	3.17
Ar-He 3	2.04	2.59	2.91	2.86	3.08	3.50	3.44	2.51	2.53
Ar-He 4	2.01	2.49	2.68	3.05	2.97	3.49	3.72	2.82	2.49
Ar-He 5	2.06	3.14	3.17	3.12	3.85	3.63	3.87	2.69	2.82
Ar-He 6	2.00	2.90	2.84	3.21	3.60	3.97	4.31	2.53	2.76
Ar-At 1	2.02	2.90	2.20	2.54	2.33	2.51	3.74	2.77	2.98
Ar-At 2	2.00	2.89	2.84	3.17	3.58	3.45	3.92	2.58	2.79
Ar-At 3	2.04	2.82	2.79	3.17	3.39	3.74	3.72	2.36	2.33
Ar-At 4	2.00	3.31	3.26	3.65	3.74	3.82	2.93	2.53	3.12
Ar-At 5	2.02	2.70	2.74	3.46	3.63	3.42	3.34	2.61	2.99
Ar-At 6	2.00	2.97	3.02	3.30	3.73	3.71	3.31	3.05	3.21

Biomasa <i>A. c. trapezoides</i> (g)									
	t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1	2.03	1.77	1.73	1.63	1.35	1.34	1.63	1.41	1.50
At A 2	2.03	1.62	1.95	1.64	1.66	1.54	1.77	1.46	1.32
At A 3	2.01	1.90	1.78	1.71	1.55	1.57	1.74	1.50	1.54
At A 4	2.08	1.99	1.98	2.06	1.70	1.68	1.86	1.59	1.82
At A 5	2.00	2.13	1.93	1.80	1.73	1.72	2.22	1.66	1.83
At A 6	2.00	1.98	1.85	1.84	1.46	1.63	1.71	1.64	1.80
At B 1	2.03	2.67	2.39	2.32	2.18	2.37	2.12	1.91	1.76
At B 2	2.04	2.17	2.25	1.92	1.82	1.94	1.99	1.62	1.56
At B 3	2.05	2.17	2.23	2.09	1.89	1.86	1.70	1.60	1.66
At B 4	2.02	2.56	2.36	2.13	1.88	2.02	2.22	1.80	1.82
At B 5	2.03	2.41	2.66	2.32	2.15	2.13	2.28	1.81	1.89
At B 6	2.01	2.06	2.28	2.34	2.08	1.90	2.01	1.83	1.79
At-He 1	2.07	2.22	1.83	1.78	1.80	1.70	1.50	1.65	1.40
At-He 2	2.06	2.27	2.39	2.23	2.16	1.79	1.62	1.78	1.81
At-He 3	2.00	2.19	2.05	2.26	2.09	1.68	1.40	1.98	1.92
At-He 4	2.04	2.27	2.29	2.02	2.01	1.76	1.79	1.41	1.79
At-He 5	2.01	2.25	1.75	1.86	2.01	1.72	1.38	2.09	1.78
At-He 6	2.00	2.45	2.77	2.47	2.44	1.80	1.77	2.05	1.98
At-Ar 1	2.00	1.97	1.81	1.55	1.53	1.16	1.56	1.37	1.34
At-Ar 2	2.03	2.05	2.27	2.17	1.93	1.78	1.73	1.42	1.37
At-Ar 3	2.02	2.42	2.34	2.39	1.89	1.9	1.76	1.51	1.58
At-Ar 4	2.01	3.31	1.88	1.93	1.61	1.62	1.29	1.38	1.19
At-Ar 5	2.03	2.70	1.95	1.63	1.43	1.21	1.06	1.55	1.67
At-Ar 6	2.05	2.97	1.80	1.85	1.62	1.49	1.25	1.55	1.65
Número total de capullos de <i>A. c. trapezoides</i> (n)									
	t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
At A 2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
At A 3	0	1	1	0	0	0	0	0	0
At A 4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
At A 5	0	2	2	0	0	0	0	0	0
At A 6	0	2	1	0	3	0	0	0	0
At B 1	0	0	4	2	1	0	0	0	0
At B 2	0	3	1	1	0	0	0	0	0
At B 3	0	1	2	0	0	0	0	0	0
At B 4	0	1	5	1	3	1	0	0	0
At B 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
At B 6	0	2	2	0	0	0	0	0	0
At-He 1	0	4	1	0	0	0	0	0	0
At-He 2	0	0	2	1	0	0	0	0	0
At-He 3	0	0	2	1	0	0	0	1	0
At-He 4	0	3	2	1	0	0	0	0	0
At-He 5	0	3	3	0	1	0	2	0	0
At-He 6	0	3	4	2	1	0	0	0	0
At-Ar 1	0	2	2	1	1	0	0	0	0
At-Ar 2	0	3	4	0	1	0	0	0	0
At-Ar 3	0	1	1	0	0	1	0	0	0
At-Ar 4	0	3	2	0	0	0	0	0	0
At-Ar 5	0	0	0	0	2	0	0	1	0
At-Ar 6	0	0	3	0	0	0	0	0	0

Biomasa total de los capullos de <i>A. c. trapezoides</i> (g)									
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
At A 1	0	0	0.0346	0	0	0	0	0	0
At A 2	0	0.0584	0	0	0	0	0	0	0
At A 3	0	0.0361	0.0338	0	0	0	0	0	0
At A 4	0	0	0.0407	0	0	0	0	0	0
At A 5	0	0.0601	0.0906	0	0	0	0	0	0
At A 6	0	0.0819	0.0405	0	0.1015	0	0	0	0
At B 1	0	0	0.1510	0.0546	0.0433	0	0	0	0
At B 2	0	0.0839	0.0345	0.0351	0	0	0	0	0
At B 3	0	0.0421	0.0788	0	0	0	0	0	0
At B 4	0	0.0356	0.1619	0.0461	0.1053	0.0317	0	0	0
At B 5	0	0	0	0	0.0243	0	0	0	0
At B 6	0	0.0882	0.0664	0	0	0	0	0	0
At-He 1	0	0.1672	0.0410	0	0	0	0	0	0
At-He 2	0	0	0.0903	0.0326	0	0	0	0	0
At-He 3	0	0	0.0679	0.0295	0	0	0	0.0231	0
At-He 4	0	0.0965	0.0898	0.0336	0	0	0	0	0
At-He 5	0	0.0997	0.0914	0	0.0325	0	0.0701	0	0
At-He 6	0	0.1249	0.1640	0.0843	0.0592	0	0	0	0
At-Ar 1	0	0.0910	0.0906	0.0467	0.0495	0	0	0	0
At-Ar 2	0	0.1114	0.1731	0	0.0386	0	0	0	0
At-Ar 3	0	0.0403	0.0383	0	0	0.0246	0	0	0
At-Ar 4	0	0.1091	0.0792	0	0	0	0	0	0
At-Ar 5	0	0	0	0	0.0654	0	0	0.0173	0
At-Ar 6	0	0	0.0856	0	0	0	0	0	0

IX. 3. Competencia en suelo de la zona de *A. c. trapezoides*

		Biomasa <i>H. elisae</i> (g)								
		t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
He A 1		2.13	3.73	3.95	4.3	4.53	4.91	6.00	6.10	5.47
He A 2		2.06	3.04	3.42	4.23	4.28	4.94	5.48	5.55	5.95
He A 3		2.06	3.02	3.85	4.52	4.49	5.06	5.78	5.01	6.72
He A 4		2.01	3.34	3.75	4.71	5.02	5.90	6.95	6.90	7.03
He A 5		2.04	3.20	3.22	4.13	3.82	3.24	4.25	3.70	3.78
He A 6		2.02	4.04	4.13	4.48	5.14	5.52	6.55	6.14	7.72
He B 1		2.00	2.26	3.33	4.52	4.71	5.45	6.55	6.67	6.96
He B 2		2.02	2.55	3.25	3.98	3.76	4.24	4.68	5.64	5.97
He B 3		2.02	2.54	3.49	4.66	5.01	5.23	6.08	7.26	5.15
He B 4		2.02	2.71	3.78	3.56	4.26	4.00	5.14	5.30	5.15
He B 5		2.01	3.15	3.77	4.43	5.18	5.26	5.64	7.79	5.69
He B 6		2.02	3.03	3.35	3.97	4.15	4.79	4.70	5.57	5.49
He-At 1		2.01	2.94	3.84	4.24	4.47	4.00	4.49	5.42	5.34
He-At 2		1.96	1.80	1.72	2.43	4.36	4.29	5.59	6.04	6.02
He-At 3		1.97	3.47	3.70	4.31	4.61	4.83	5.26	6.19	6.52
He-At 4		2.04	3.68	3.9	4.28	4.56	4.71	5.98	5.97	5.99
He-At 5		2.04	3.75	3.25	3.91	4.55	5.35	6.66	7.24	5.80
He-At 6		2.04	2.7	4.00	4.00	4.73	4.83	5.08	5.3	4.88
He-Ar 1		2.05	3.93	4.44	4.94	5.88	6.30	6.86	6.54	7.79
He-Ar 2		2.01	2.64	3.37	3.72	4.17	4.50	5.10	5.29	5.11
He-Ar 3		2.05	3.33	3.48	4.02	3.40	3.76	5.43	6.09	7.25
He-Ar 4		2.07	2.65	3.14	3.42	3.94	4.23	4.94	4.67	4.62
He-Ar 5		2.08	4.02	4.18	4.81	4.82	5.27	6.71	6.84	6.35
He-Ar 6		2.07	3.10	4.03	4.77	5.03	4.96	5.21	4.19	4.40
		Biomasa <i>A. c. trapezoides</i> (g)								
		t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1		2.04	2.58	2.04	2.55	2.50	2.41	2.64	2.40	2.27
At A 2		1.99	2.45	2.11	2.49	2.23	1.91	1.99	2.11	1.84
At A 3		2.06	2.82	2.36	2.57	2.41	2.38	2.50	2.02	2.10
At A 4		2.01	2.08	2.15	2.30	2.21	2.15	2.06	1.88	1.66
At A 5		2.05	2.74	2.35	3.03	2.67	2.36	2.75	2.95	2.43
At A 6		2.01	2.71	2.23	2.49	2.45	2.3	2.33	2.23	1.95
At B 1		2.01	2.34	2.28	2.33	2.16	2.07	2.19	2.00	1.94
At B 2		2.01	2.45	2.14	2.20	2.13	1.93	1.97	2.35	1.94
At B 3		1.99	2.18	1.90	1.98	1.99	1.77	2.00	2.12	1.81
At B 4		1.99	2.30	2.28	2.29	2.18	2.03	2.14	1.96	1.78
At B 5		2.00	2.28	2.07	2.32	2.16	1.99	2.12	2.05	1.94
At B 6		1.99	2.10	1.92	2.01	1.91	1.82	2.08	2.00	1.82
At-He 1		2.02	2.39	2.29	2.21	2.36	2.22	2.4	2.27	2.17
At-He 2		2.00	2.11	2.23	2.10	2.09	2.13	2.43	2.47	1.94
At-He 3		1.99	2.01	1.72	1.62	1.74	1.65	1.86	2.09	1.60
At-He 4		1.98	2.46	2.47	2.43	2.47	2.14	2.60	2.81	2.13
At-He 5		2.03	2.05	2.33	2.19	2.05	2.31	2.18	1.75	1.74
At-He 6		2.03	2.27	2.24	2.21	2.07	2.02	2.01	1.97	1.84
At-Ar 1		2.00	2.18	2.16	2.33	2.23	2.01	2.26	2.26	2.28
At-Ar 2		2.06	2.49	2.37	2.51	2.36	2.39	2.34	2.26	2.15
At-Ar 3		2.01	2.22	2.58	2.59	2.56	2.35	2.48	2.70	2.59
At-Ar 4		2.00	2.18	2.09	2.24	1.95	1.95	2.10	1.71	1.68
At-Ar 5		2.00	2.82	2.53	2.34	1.95	2.25	2.26	2.02	1.66
At-Ar 6		2.02	2.64	2.39	2.48	2.22	2.13	2.44	2.32	2.17

Número total de capullos de <i>A. c. trapezoides</i> (n)									
	t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1	0	5	3	3	3	3	4	0	0
At A 2	0	2	2	3	1	3	3	0	0
At A 3	0	7	5	6	2	4	4	0	0
At A 4	0	0	0	0	0	0	1	0	0
At A 5	0	6	5	5	3	3	5	0	1
At A 6	0	5	4	5	0	5	5	0	0
At B 1	0	6	6	5	6	4	6	0	0
At B 2	0	5	5	3	4	4	5	0	0
At B 3	0	10	8	3	5	4	2	0	0
At B 4	0	3	7	1	2	1	1	0	0
At B 5	0	2	3	5	6	3	2	0	0
At B 6	0	8	2	8	6	2	1	1	0
At-He 1	0	7	1	3	4	4	6	1	0
At-He 2	0	4	2	3	4	2	3	0	0
At-He 3	0	2	2	1	2	1	2	0	0
At-He 4	0	5	2	0	2	4	1	0	0
At-He 5	0	1	2	1	1	0	1	0	1
At-He 6	0	3	1	3	4	2	2	0	0
At-Ar 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
At-Ar 2	0	0	2	3	3	2	4	0	0
At-Ar 3	0	0	4	3	4	1	3	0	0
At-Ar 4	0	0	4	4	2	0	0	0	0
At-Ar 5	0	0	6	6	3	0	3	0	0
At-Ar 6	0	0	5	3	7	0	0	0	0
Biomasa total de los capullos de <i>A. c. trapezoides</i> (g)									
	t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1	0	0.1753	0.1035	0.0975	0.0962	0.0899	0.1356	0	0
At A 2	0	0.0815	0.0682	0.0921	0.0326	0.0935	0.0987	0	0
At A 3	0	0.2345	0.1675	0.195	0.0758	0.132	0.128	0	0
At A 4	0	0	0	0	0	0	0.0368	0	0
At A 5	0	0.2038	0.1652	0.1625	0.0952	0.0965	0.1825	0	0.0411
At A 6	0	0.1675	0.1329	0.1578	0	0.1675	0.1612	0	0
At B 1	0	0.1612	0.1548	0.1489	0.1862	0.1523	0.1952	0	0
At B 2	0	0.1473	0.1452	0.0984	0.1453	0.1472	0.1623	0	0
At B 3	0	0.3115	0.2512	0.0962	0.1719	0.1510	0.0752	0	0
At B 4	0	0.1021	0.2247	0.0401	0.0714	0.0386	0.0368	0	0
At B 5	0	0.0798	0.1068	0.1654	0.2003	0.0986	0.0815	0	0
At B 6	0	0.2645	0.0748	0.2567	0.1989	0.0812	0.0305	0.0338	0
At-He 1	0	0.2198	0.0280	0.0987	0.1291	0.1298	0	0.0352	0
At-He 2	0	0.1352	0.0812	0.0999	0.1256	0.0736	0.1103	0	0
At-He 3	0	0.0756	0.0759	0.0384	0.0685	0.0389	0.0785	0	0
At-He 4	0	0.1728	0.0799	0	0.0712	0.1356	0.0286	0	0
At-He 5	0	0.0385	0.0715	0.0362	0.0368	0	0.0403	0	0.4012
At-He 6	0	0.1030	0.0413	0.1060	0.1445	0.0754	0.0723	0	0
At-Ar 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
At-Ar 2	0	0	0.0768	0.1112	0.1035	0.0696	0.1358	0	0
At-Ar 3	0	0	0.1356	0.1046	0.1402	0.0389	0.1053	0	0
At-Ar 4	0	0	0.1423	0.1423	0.0768	0	0	0	0
At-Ar 5	0	0	0.2157	0.1998	0.1098	0	0.0323	0	0
At-Ar 6	0	0	0.1838	0.1025	0.1923	0	0	0	0

Biomasa <i>A. rosea</i> (g)									
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Ar A 1	1.98	2.49	2.46	2.82	2.82	3.09	3.70	3.67	3.34
Ar A 2	1.97	2.65	2.60	2.90	3.10	2.99	3.33	2.73	2.76
Ar A 3	1.99	2.30	2.29	2.19	2.49	2.53	2.89	2.99	2.81
Ar A 4	1.98	2.63	2.79	2.98	3.31	3.39	3.58	3.92	3.93
Ar A 5	1.99	2.53	2.51	2.89	2.80	3.04	3.21	3.15	3.15
Ar A 6	1.96	2.90	2.95	3.21	3.16	3.13	3.50	3.77	3.33
Ar B 1	1.97	2.72	2.84	2.78	3.00	3.05	3.42	3.39	3.46
Ar B 2	1.98	2.59	3.01	2.94	2.91	3.14	2.93	2.99	3.03
Ar B 3	1.98	2.70	2.95	3.17	3.36	3.32	3.68	3.32	3.29
Ar B 4	1.97	2.42	2.83	2.77	2.91	2.84	3.26	3.10	3.05
Ar B 5	1.98	2.62	2.58	2.98	2.98	3.33	3.66	3.32	3.40
Ar B 6	1.98	2.62	2.80	2.81	3.27	3.24	3.75	3.52	3.61
Ar-He 1	2.00	2.52	2.55	2.94	2.86	2.94	3.11	3.00	3.49
Ar-He 2	1.98	2.39	2.55	2.55	2.60	3.00	3.18	3.56	3.53
Ar-He 3	2.01	2.42	2.23	2.85	2.92	2.98	3.26	3.10	3.34
Ar-He 4	2.02	2.38	2.96	3.01	3.10	3.24	3.81	3.57	3.66
Ar-He 5	2.01	2.22	2.61	2.93	2.80	2.9	3.40	3.32	3.6
Ar-He 6	2.01	2.55	3.08	3.01	3.37	3.48	4.17	3.75	3.71
Ar-At 1	1.96	2.50	2.78	2.87	3.05	3.11	3.48	3.25	3.37
Ar-At 2	1.97	2.68	2.77	2.90	3.00	3.18	3.50	3.05	3.48
Ar-At 3	2.02	2.33	2.76	3.00	3.05	3.02	3.61	4.06	3.98
Ar-At 4	2.01	2.43	2.75	2.93	3.15	3.22	3.35	3.57	3.42
Ar-At 5	1.98	2.17	2.54	2.77	2.94	3.05	3.43	3.52	3.74
Ar-At 6	2.01	2.78	3.07	3.41	3.31	3.28	3.67	3.56	3.75
Número total de capullos de <i>A. rosea</i> (n)									
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Ar A 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ar A 2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ar A 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar B 2	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Ar B 3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar B 4	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Ar B 5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar B 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar-He 2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar-He 3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar-He 4	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Ar-He 5	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ar-He 6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar-At 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ar-At 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 5	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Ar-At 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Biomasa total de los capullos de <i>A. rosea</i> (g)									
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Ar A 1	0	0	0.0187	0	0	0	0	0	0
Ar A 2	0	0	0	0	0	0	0	0.0144	0.0165
Ar A 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 1	0	0	0	0	0	0.0128	0	0	0
Ar B 2	0	0.0178	0	0	0	0.0172	0	0	0
Ar B 3	0	0	0	0	0	0.0147	0	0	0
Ar B 4	0	0.0155	0	0	0	0.0516	0	0	0
Ar B 5	0	0	0	0	0	0.0183	0	0	0
Ar B 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 1	0	0	0	0	0	0.0182	0	0	0
Ar-He 2	0	0	0	0	0	0.0174	0	0	0
Ar-He 3	0	0	0	0	0	0.0126	0	0	0
Ar-He 4	0	0	0.0402	0.0165	0	0	0	0	0
Ar-He 5	0	0	0	0	0	0	0	0.0157	0
Ar-He 6	0	0	0	0	0	0.0198	0	0	0
Ar-At 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 3	0	0	0	0	0	0	0.0168	0	0
Ar-At 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 5	0	0	0	0	0	0.0199	0.0375	0	0
Ar-At 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IX. 4. Competencia en suelo de la zona de *A. rosea*

		Biomasa <i>H. elisae</i> (g)								
		t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
He A 1		2.08	1.87	3.30	3.29	4.10	4.08	5.38	5.36	5.58
He A 2		2.02	2.85	3.32	3.16	4.05	5.12	4.73	5.34	5.58
He A 3		2.04	3.29	3.51	3.89	2.07	4.74	5.11	5.70	6.09
He A 4		2.00	3.00	3.46	3.79	4.26	4.22	4.61	4.62	4.92
He A 5		2.01	2.57	2.96	3.28	3.32	3.98	5.20	5.71	5.90
He A 6		2.04	2.64	3.35	4.03	4.50	4.48	5.66	5.58	6.64
He B 1		2.02	2.57	2.59	2.71	2.86	2.90	4.03	2.71	3.38
He B 2		2.00	2.71	2.89	3.43	3.90	2.88	3.84	3.95	4.45
He B 3		2.02	2.49	2.71	3.25	3.59	3.61	2.61	3.34	4.03
He B 4		2.02	2.99	2.44	3.58	2.70	3.83	4.25	3.73	4.15
He B 5		2.00	3.40	3.95	3.75	3.78	3.90	5.10	4.54	4.81
He B 6		2.02	2.36	2.97	2.88	2.08	2.89	1.57	3.15	3.77
He-At 1		2.09	3.18	3.70	2.97	4.43	4.09	4.58	4.93	4.94
He-At 2		2.00	2.60	2.32	2.52	3.17	3.78	3.67	4.26	4.70
He-At 3		2.00	3.12	2.75	3.48	3.48	3.42	4.93	4.35	5.63
He-At 4		2.05	3.21	3.92	2.59	3.65	3.45	3.46	3.93	5.05
He-At 5		2.01	1.31	2.92	2.86	1.73	3.93	6.20	5.21	6.90
He-At 6		2.00	3.06	3.23	3.50	4.55	2.97	3.76	3.26	5.23
He-Ar 1		2.01	2.80	2.55	2.57	2.68	2.72	2.39	3.51	3.43
He-Ar 2		2.04	2.61	2.72	2.65	2.48	3.37	3.65	2.71	3.18
He-Ar 3		2.04	2.55	3.23	2.72	3.52	2.92	3.12	3.37	3.43
He-Ar 4		2.01	3.13	3.35	3.53	4.06	4.03	2.92	3.33	3.55
He-Ar 5		2.00	1.84	2.98	2.97	4.14	3.79	4.49	4.53	4.31
He-Ar 6		2.00	3.20	2.81	3.14	2.99	3.11	2.79	2.75	2.69
		Biomasa <i>A. c. trapezoides</i> (g)								
		t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1		2.00	2.02	1.85	1.64	1.76	1.48	1.40	1.45	1.56
At A 2		2.05	2.24	1.93	1.89	2.05	1.78	1.80	1.79	1.87
At A 3		2.06	1.86	2.02	1.77	2.18	2.12	1.93	2.00	2.12
At A 4		2.01	1.89	1.95	1.88	1.78	1.72	1.52	1.82	1.91
At A 5		2.00	1.74	2.07	1.77	1.85	1.70	1.70	1.54	1.62
At A 6		2.02	2.28	2.32	2.08	1.86	1.78	1.59	1.57	1.83
At B 1		2.01	2.13	2.28	2.18	1.89	1.89	1.67	1.75	1.80
At B 2		2.00	2.17	2.27	2.05	1.85	1.72	1.60	1.58	1.35
At B 3		2.04	2.29	2.22	1.96	1.72	1.60	1.50	1.42	1.50
At B 4		2.00	2.17	2.08	1.70	1.62	1.90	1.57	1.48	1.60
At B 5		2.04	2.14	2.25	2.07	1.81	1.87	1.63	1.64	1.64
At B 6		2.04	2.13	2.30	2.05	1.92	1.66	1.42	1.40	1.55
At-He 1		2.04	2.29	1.85	1.87	1.72	1.70	1.69	1.38	1.39
At-He 2		2.02	2.45	2.33	2.35	2.35	1.79	2.08	1.45	1.41
At-He 3		2.06	2.16	2.33	2.28	1.62	1.68	1.80	1.13	1.04
At-He 4		2.01	2.24	1.82	2.01	1.87	1.76	1.63	1.37	1.53
At-He 5		2.07	2.30	1.79	2.05	1.96	1.72	2.36	1.16	1.09
At-He 6		2.05	2.31	1.89	1.92	1.71	1.80	2.24	1.41	1.35
At-Ar 1		2.03	2.59	2.15	2.22	1.80	1.54	1.46	1.22	1.17
At-Ar 2		2.07	2.33	2.28	2.02	1.70	1.59	1.73	1.63	1.45
At-Ar 3		2.01	2.65	2.32	2.12	1.92	1.73	1.76	1.71	1.73
At-Ar 4		2.04	2.19	2.02	1.95	1.55	1.57	1.76	1.61	1.35
At-Ar 5		2.01	2.24	2.23	2.18	1.80	1.81	1.67	1.15	1.03
At-Ar 6		2.04	2.47	2.34	2.11	1.79	1.82	1.79	1.38	1.13

Número total de capullos de <i>A. c. trapezoides</i> (n)									
	t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1	0	2	4	2	0	0	0	0	0
At A 2	0	7	5	2	4	1	0	0	0
At A 3	0	4	1	2	0	0	0	0	0
At A 4	0	9	3	2	2	0	0	0	0
At A 5	0	5	3	2	0	1	0	0	0
At A 6	0	7	5	3	2	0	0	0	0
At B 1	0	11	6	2	1	1	0	0	0
At B 2	0	5	5	4	2	0	0	0	0
At B 3	0	10	8	3	3	1	0	0	0
At B 4	0	6	2	1	0	0	0	0	0
At B 5	0	10	9	4	4	0	0	0	0
At B 6	0	12	8	1	2	0	0	0	0
At-He 1	0	5	2	1	0	0	0	0	0
At-He 2	0	4	3	6	4	0	0	0	0
At-He 3	0	8	7	7	5	1	0	0	0
At-He 4	0	4	1	2	2	0	0	0	0
At-He 5	0	10	3	5	3	0	0	0	0
At-He 6	0	4	1	2	1	0	1	0	0
At-Ar 1	0	8	3	3	0	1	0	0	0
At-Ar 2	0	3	2	4	1	1	0	1	0
At-Ar 3	0	5	0	5	4	0	0	0	0
At-Ar 4	0	4	0	4	2	0	0	0	0
At-Ar 5	0	10	3	2	1	0	0	0	0
At-Ar 6	0	5	4	6	3	0	0	0	0
Biomasa total de los capullos de <i>A. c. trapezoides</i> (g)									
	t 0	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5	t 6	t 7	t 8
At A 1	0	0.0722	0.1532	0.0631	0	0	0	0	0
At A 2	0	0.2379	0.1841	0.0732	0	0.0312	0	0	0
At A 3	0	0.1351	0.0264	0.0542	0.1538	0	0	0	0
At A 4	0	0.2616	0.0886	0.0613	0.0521	0	0	0	0
At A 5	0	0.1444	0.0836	0.0555	0	0.0252	0	0	0
At A 6	0	0.1955	0.1587	0.0883	0.0538	0	0	0	0
At B 1	0	0.3011	0.1836	0.0642	0.0276	0.0421	0	0	0
At B 2	0	0.2028	0.1744	0.1238	0.0769	0	0	0	0
At B 3	0	0.3105	0.2253	0.08	0.0916	0.0260	0	0	0
At B 4	0	0.1945	0.0803	0.0437	0	0	0	0	0
At B 5	0	0.0322	0.2832	0.1236	0.1253	0	0	0	0
At B 6	0	0.3388	0.2276	0.0272	0.0591	0	0	0	0
At-He 1	0	0.1453	0.064	0.0289	0	0	0	0	0
At-He 2	0	0.1451	0.0865	0.201	0.1255	0	0	0	0
At-He 3	0	0.2183	0.1677	0.1934	0.1231	0.0218	0	0	0
At-He 4	0	0.1315	0.0478	0.0974	0.0942	0	0	0	0
At-He 5	0	0.2605	0.0831	0.1303	0.0701	0	0	0	0
At-He 6	0	0.1401	0.0429	0.0792	0.0368	0	0.0238	0	0
At-Ar 1	0	0.2162	0.0807	0.0806	0	0.0238	0	0	0
At-Ar 2	0	0.0997	0.077	0.1616	0.0353	0.026	0	0.0216	0
At-Ar 3	0	0.1942	0	0.1741	0.1469	0	0	0	0
At-Ar 4	0	0.1454	0	0.1193	0.0542	0	0	0	0
At-Ar 5	0	0.2805	0.079	0.0535	0.0195	0	0	0	0
At-Ar 6	0	0.1269	0.1294	0.1615	0.0671	0	0	0	0

Biomasa <i>A. rosea</i> (g)									
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Ar A 1	2.04	2.84	2.92	3.00	2.51	3.20	3.32	4.53	5.05
Ar A 2	2.07	2.96	3.56	3.83	3.35	3.30	4.29	3.39	3.43
Ar A 3	2.05	2.76	2.07	2.46	2.71	2.92	3.45	3.84	4.26
Ar A 4	2.00	2.83	3.32	3.29	2.61	2.96	3.65	3.96	4.60
Ar A 5	2.00	2.85	3.28	3.15	3.12	3.10	3.52	3.90	4.18
Ar A 6	2.02	2.38	2.52	2.64	2.31	2.55	2.70	3.82	4.79
Ar B 1	2.00	2.65	2.66	2.44	2.43	2.33	3.04	3.28	3.22
Ar B 2	2.04	2.93	2.62	2.99	2.74	2.70	3.15	3.43	3.12
Ar B 3	2.02	2.51	2.84	2.90	2.66	2.79	3.03	3.04	3.14
Ar B 4	2.02	2.51	2.81	3.41	2.63	3.02	3.21	3.05	3.17
Ar B 5	2.00	2.90	3.02	2.98	2.97	2.67	3.19	3.15	3.22
Ar B 6	2.02	2.65	2.63	3.12	2.79	3.28	3.48	3.27	3.27
Ar-He 1	1.98	3.28	2.98	2.95	2.95	2.98	3.49	3.54	4.02
Ar-He 2	2.02	2.85	2.88	2.53	3.10	2.98	3.24	3.79	4.31
Ar-He 3	1.99	2.37	2.31	2.28	2.12	2.24	2.31	3.32	3.90
Ar-He 4	1.99	2.67	3.14	2.40	2.76	3.02	3.13	3.85	4.00
Ar-He 5	2.04	2.41	2.21	2.10	2.12	2.23	2.72	3.62	3.92
Ar-He 6	1.98	2.36	2.47	2.31	2.09	2.31	2.62	4.07	4.41
Ar-At 1	2.03	2.52	2.65	2.99	2.66	2.60	2.87	3.17	3.48
Ar-At 2	2.01	2.40	2.60	2.37	2.55	2.42	2.77	4.18	4.41
Ar-At 3	1.99	2.36	2.66	2.45	2.35	2.68	2.60	4.22	4.19
Ar-At 4	2.04	2.66	2.67	2.74	2.66	2.79	3.19	4.33	4.14
Ar-At 5	2.05	2.73	2.73	2.55	2.54	2.60	2.57	3.35	3.42
Ar-At 6	1.99	2.61	2.51	2.93	2.78	2.61	3.22	3.68	3.64
Número total de capullos de <i>A. rosea</i> (n)									
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Ar A 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ar A 2	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Ar A 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 4	0	0	0	0	1	0	2	0	0
Ar A 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 6	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Ar B 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ar B 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ar B 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Ar-He 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 4	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Ar-He 5	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Ar-He 6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ar-At 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Ar-At 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ar-At 4	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Ar-At 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Biomasa total de los capullos de <i>A. rosea</i> (g)								
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Ar A 1	0	0	0	0.0271	0	0	0	0	0
Ar A 2	0	0	0	0	0.0155	0	0.0198	0	0
Ar A 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 4	0	0	0	0	0.0195	0	0.0391	0	0
Ar A 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar A 6	0	0	0	0	0.0193	0	0.0110	0	0
Ar B 1	0	0	0	0	0	0	0.0348	0	0
Ar B 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar B 5	0	0	0	0	0.0187	0	0	0	0
Ar B 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 1	0	0	0	0	0.045	0	0	0	0
Ar-He 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-He 4	0	0	0	0	0	0	0.0396	0	0
Ar-He 5	0	0	0	0	0.0126	0	0.0175	0	0
Ar-He 6	0	0	0	0	0	0.0224	0	0	0
Ar-At 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 2	0	0	0	0	0	0	0.0372	0	0
Ar-At 3	0	0	0	0	0.0195	0	0	0	0
Ar-At 4	0	0	0	0	0	0	0.0596	0	0
Ar-At 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-At 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IX. 5. Fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae*

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
HE(HE)								
Fracción (%)	53.09	0.59	18.18	2.68	2.09	0.78	6.16	16.42
C (%)		26,55		6.51		4.90	1.34	0.89
N (%)		3.48		1.04		1.19	0.35	0.45
C/N		7.63		6.26		4.12	3.83	1.98
HE(AT)								
Fracción (%)	39.56	0.40	20.31	2.00	9.19	1.12	8.05	19.36
C (%)		44.21		17.33		10.89	2.51	1.91
N (%)		4.54		1.91		1.73	0.53	0.66
C/N		9.74		9.07		6.29	4.74	2.89
HE(AR)								
Fracción (%)	36.06	1.01	18.76	4.11	6.12	1.51	8.43	23.98
C (%)		32.42		15.55		9.73	2.61	1.28
N (%)		4.30		2.06		1.91	0.57	0.59
C/N		7.54		7.55		5.09	4.58	2.17

Tabla IX. 5. 1. Fraccionamiento físico de las heces de *H. elisae*: heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* [HE(HE)]; heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [HE(AT)]; heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* [HE(AR)]. **Valores no corregidos.** FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica.

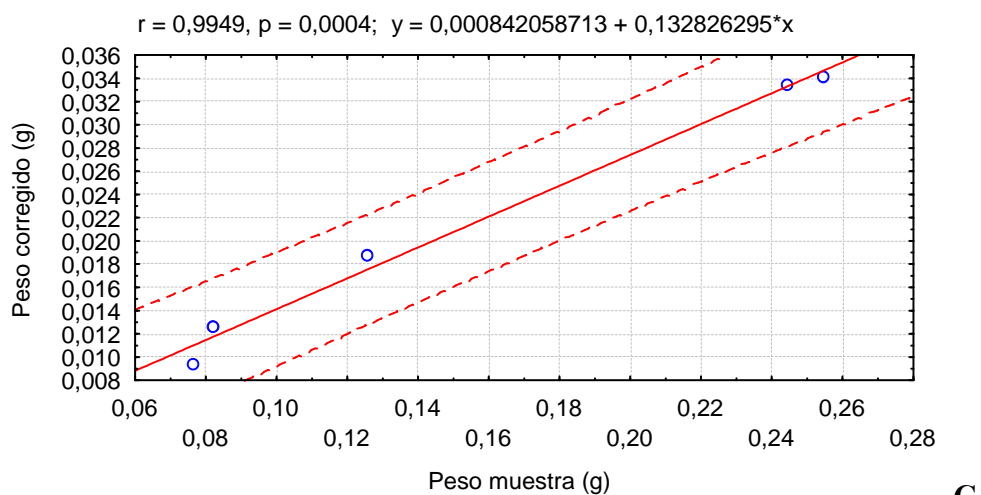
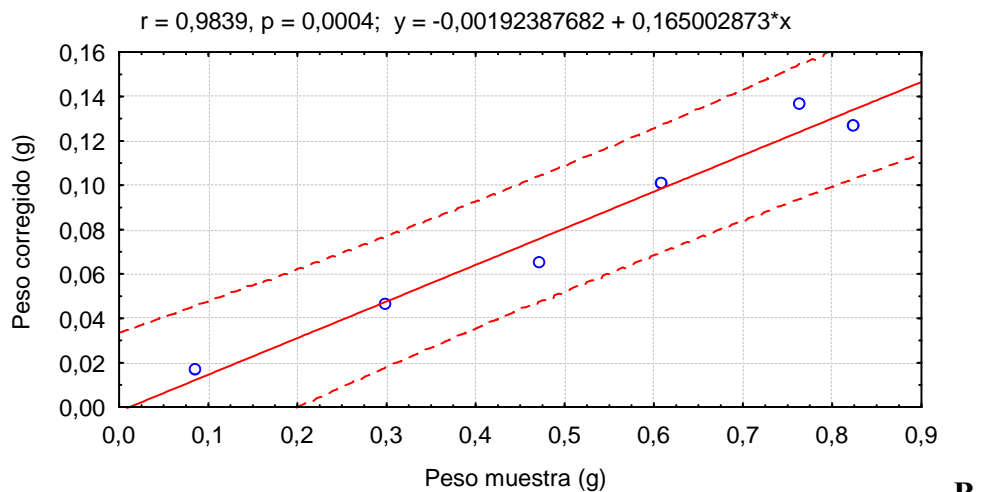
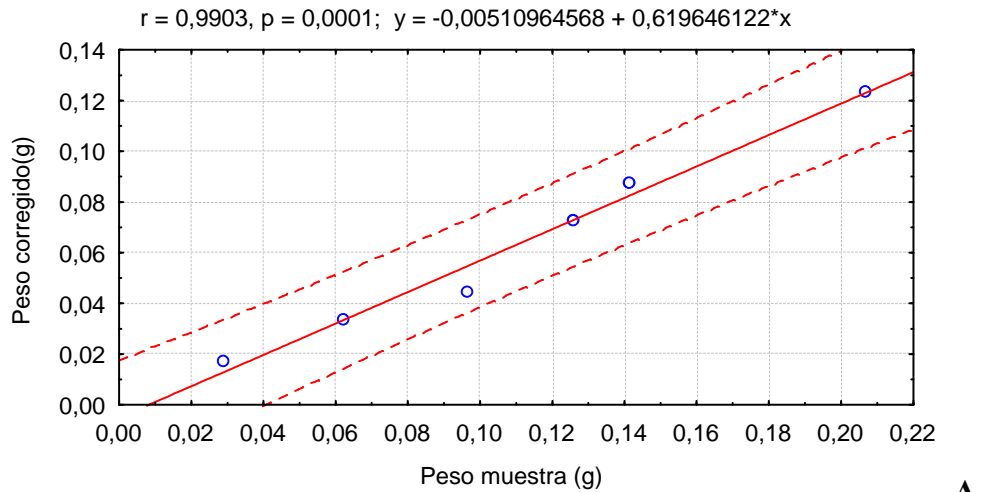


Figura IX. 5. 1. Heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *H. elisae* [HE(HE)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.

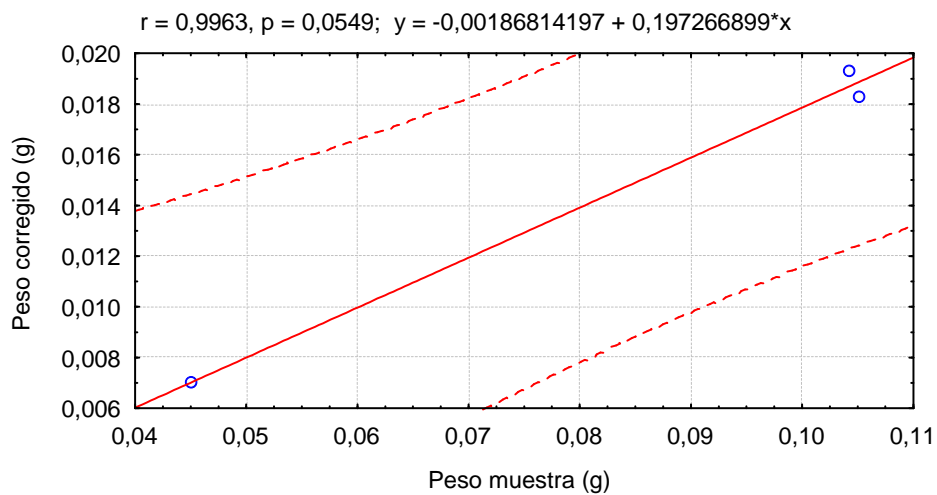
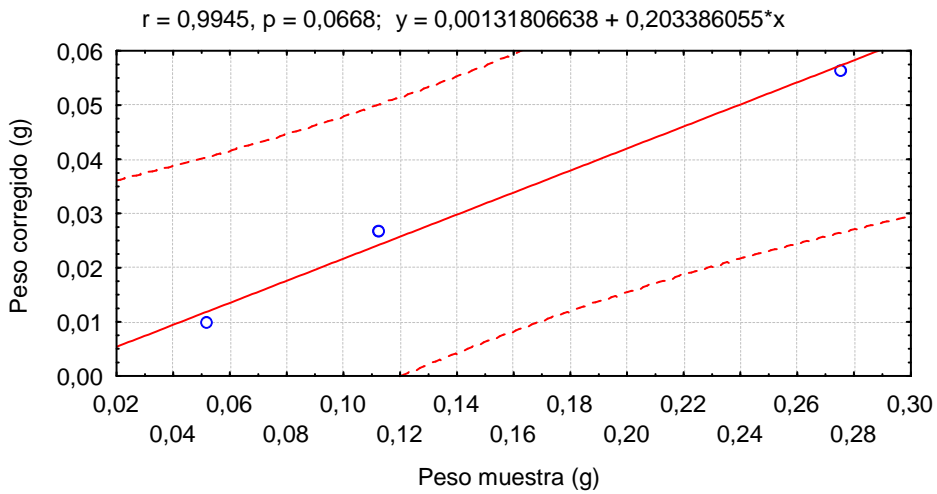
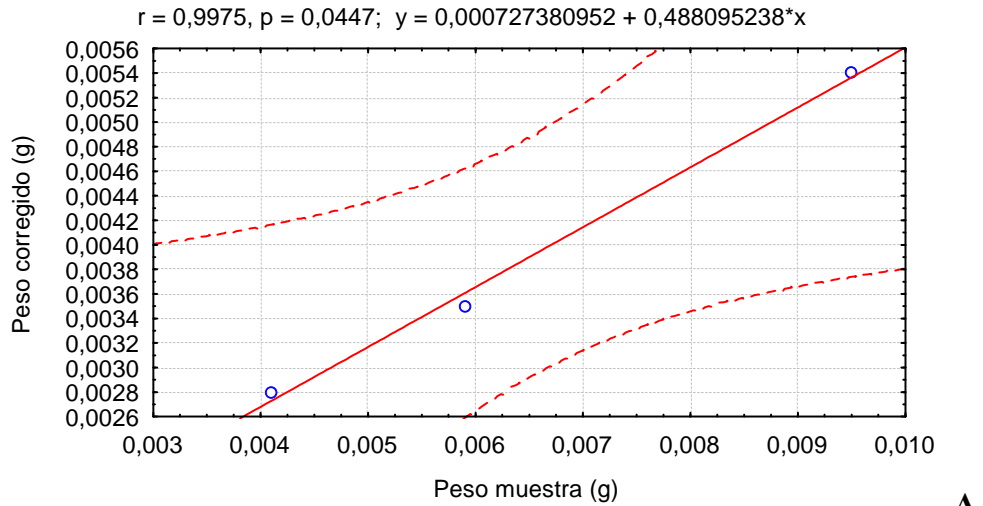
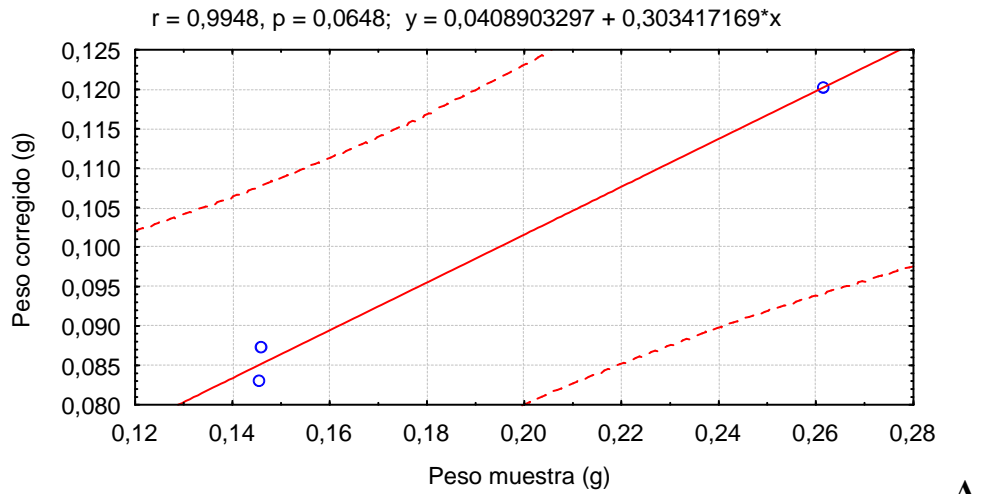
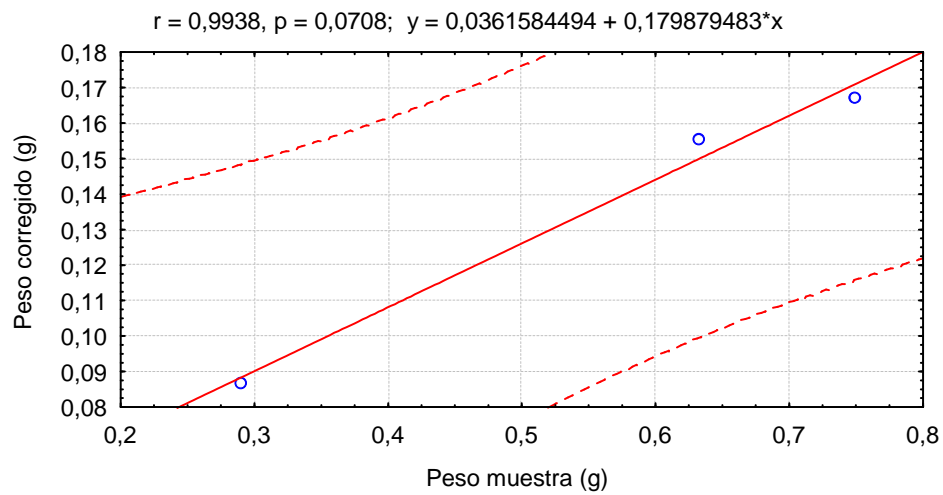


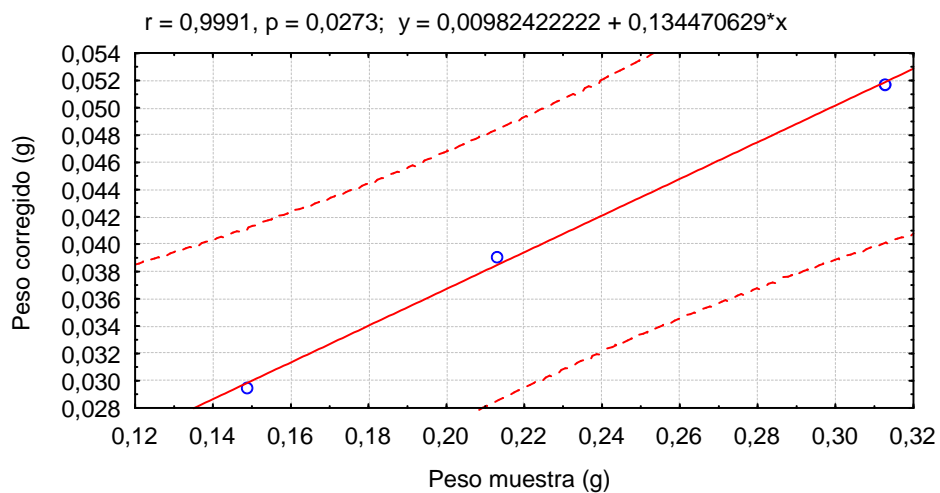
Figura IX. 5. 2. Heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [HE(AT)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.



A



B



C

Figura IX. 5. 3. Heces de *H. elisae* en suelo de la zona de *A. rosea* [HE(AR)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.

IX. 6. Fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides*

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
AT(HE)								
Fracción (%)	36.53	0.73	21.57	5.09	3.10	1.49	10.19	21.29
C (%)		34.27		8.39		4.71	1.80	1.28
N (%)		2.18		0.74		1.13	0.48	0.59
C/N		15.72		11.34		4.17	3.75	2.17
AT(AT)								
Fracción (%)	24.99	0.67	24.69	3.26	11.44	1.72	10.49	22.74
C (%)		43.49		14.5		13.20	3.35	1.98
N (%)		2.42		2.40		2.43	0.75	0.87
C/N		17.97		6.04		5.43	4.47	2.28
AT(AR)								
Fracción (%)	23.45	1.33	20.44	4.29	6.10	1.39	12.08	30.92
C (%)		44.61		19.14		11.93	3.38	1.42
N (%)		4.93		3.09		2.56	0.79	0.8
C/N		9.05		6.19		4.66	4.28	1.78

Tabla IX. 6. 1. Fraccionamiento físico de las heces de *A. c. trapezoides*: heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* [AT(HE)]; heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AT(AT)]; heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* [AT(AR)]. **Valores no corregidos.** FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica.

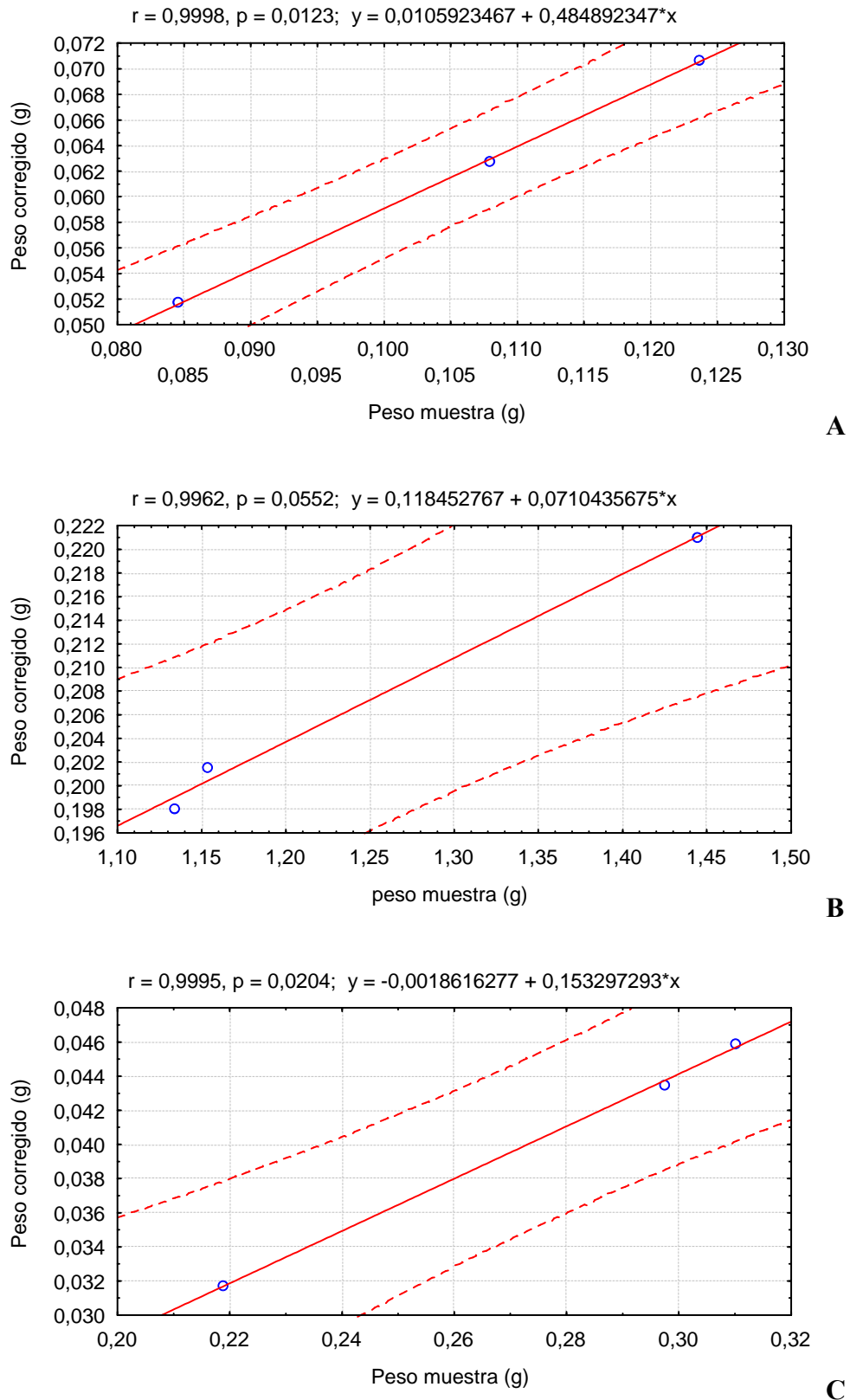


Figura IX. 6. 1. Heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *H. elisae* [AT(HE)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.

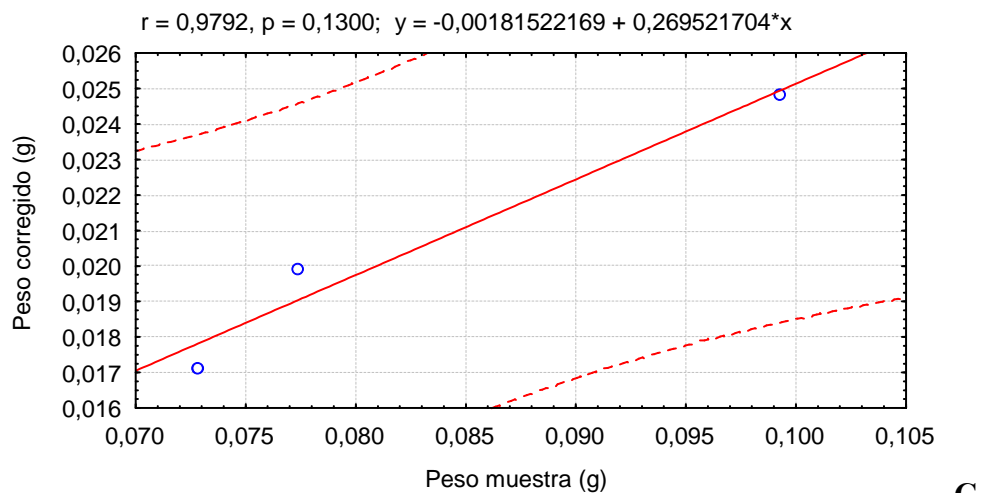
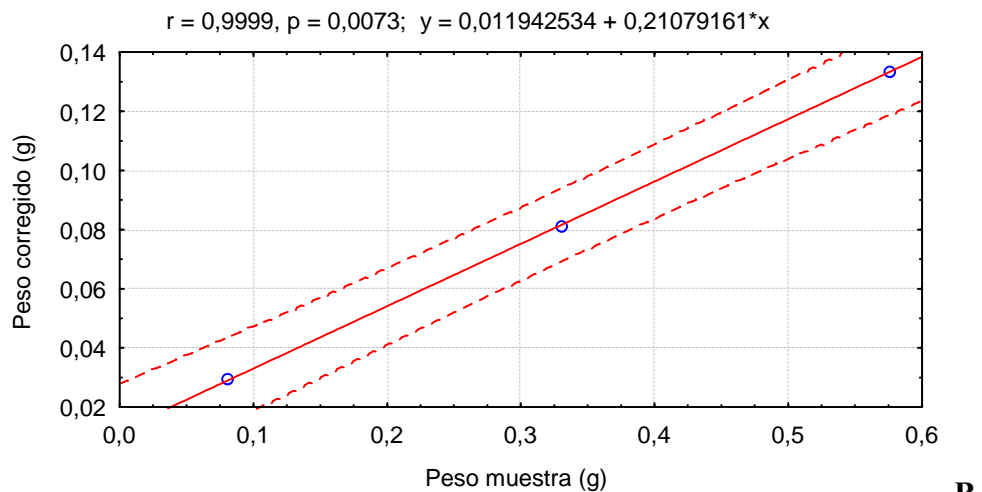
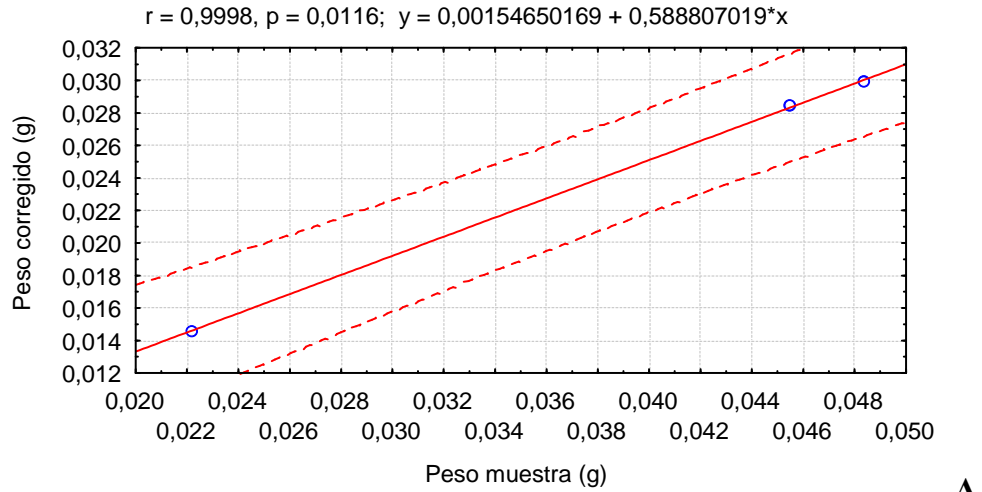


Figura IX. 6. 2. Heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AT(AT)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.

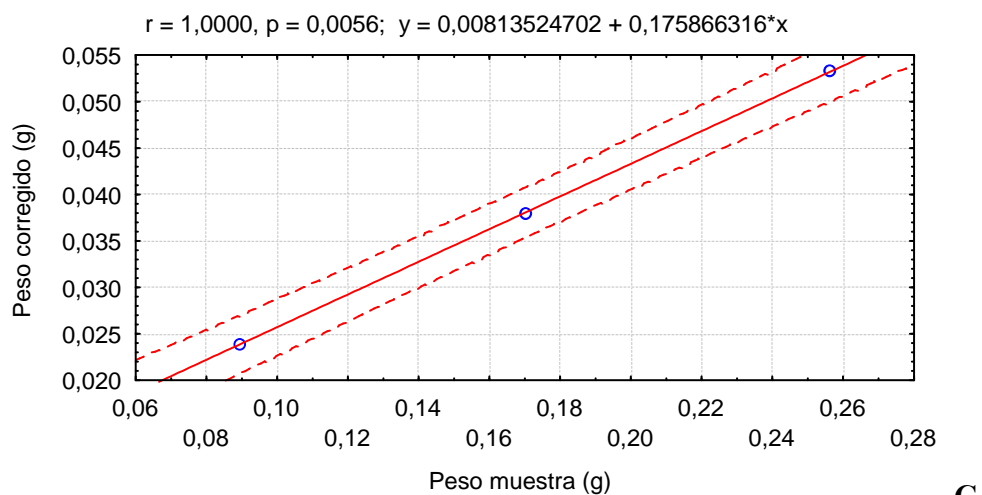
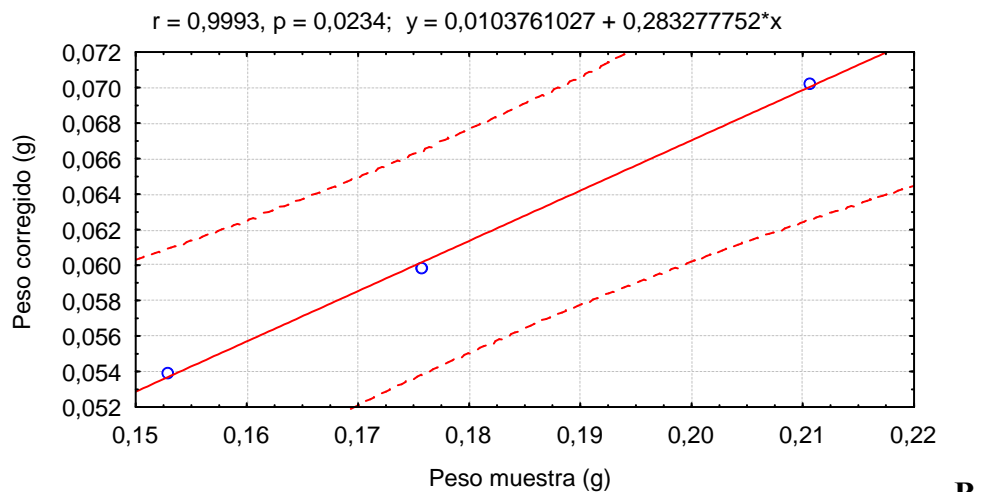
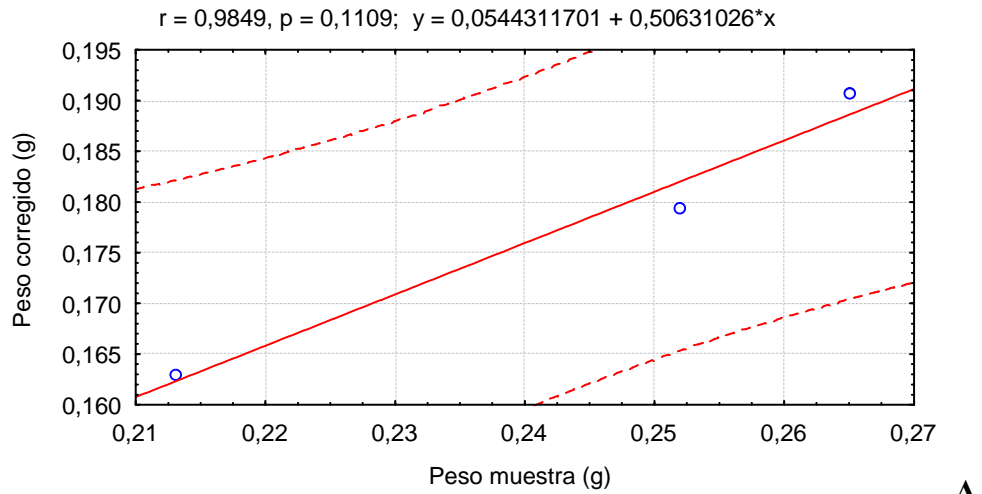
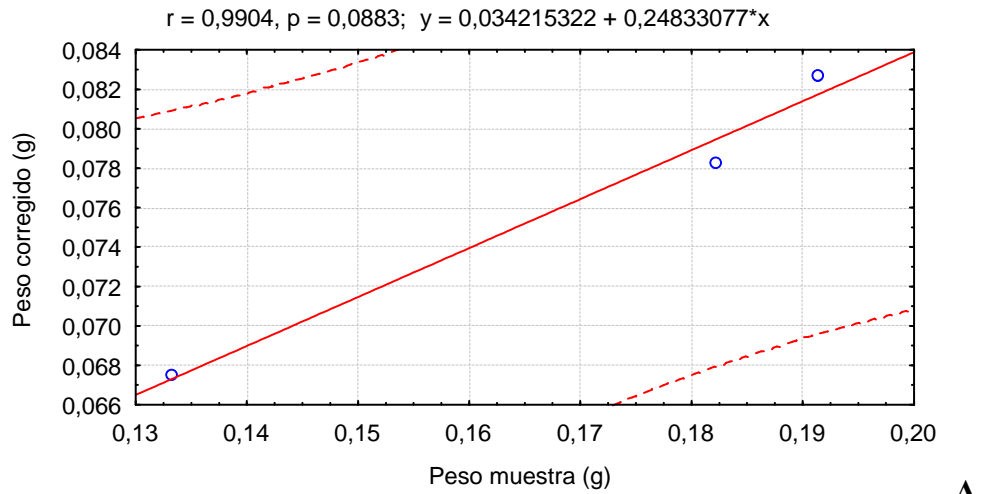


Figura IX. 6. 3. Heces de *A. c. trapezoides* en suelo de la zona de *A. rosea* [AT(AR)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.

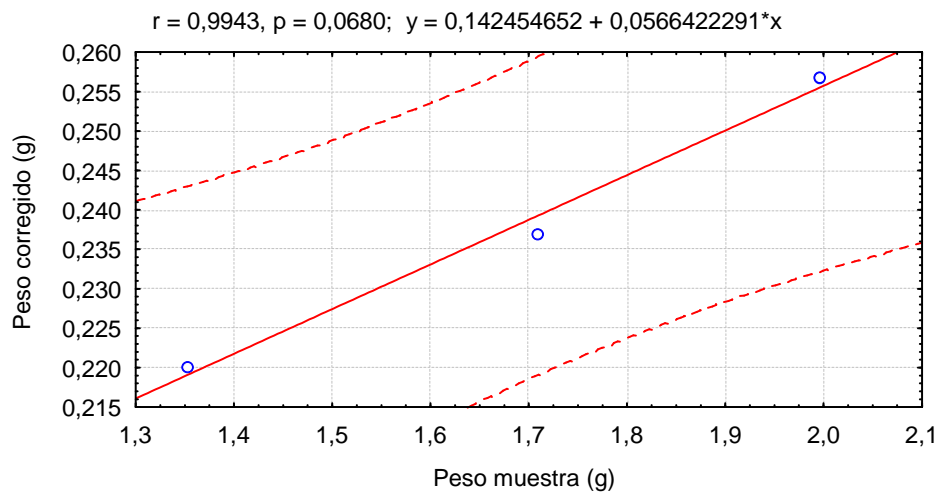
IX. 7. Fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea*

	2000-250 μm		250-50 μm		50-20 μm		20-2 μm	2-0 μm
	FM	FO	FM	FO	FM	FO	FMO	FMO
AR(HE)								
Fracción (%)	53.28	0.60	18.24	2.35	2.10	0.78	6.18	16.48
C (%)		29.72		7.38		8.41	2.54	1.79
N (%)		3.85		1.14		1.64	0.67	0.59
C/N		7.72		6.47		5.13	3.79	3.03
AR(AT)								
Fracción (%)	28.25	0.7	22.92	4.23	9.99	1.92	8.71	23.29
C (%)		39.48		16.61		14.60	2.95	1.78
N (%)		3.18		1.92		1.63	0.45	1.00
C/N		12.41		8.65		8.96	6.56	1.78
AR(AR)								
Fracción (%)	26.87	1.04	20.45	5.07	6.14	1.15	10.84	28.44
C (%)		33.00		17.21		10.64	3.22	2.93
N (%)		4.81		2.24		2.35	0.59	0.61
C/N		6.86		7.68		4.53	5.46	4.80

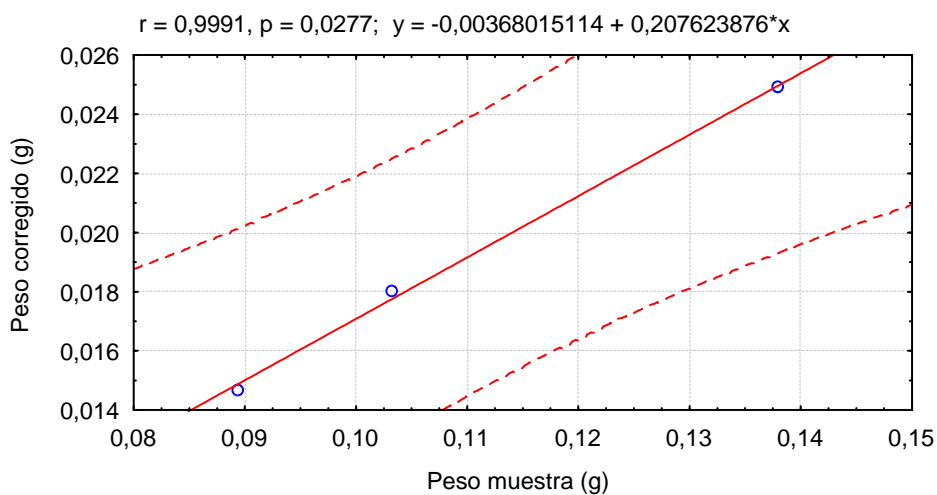
Tabla IX. 7. 1. Fraccionamiento físico de las heces de *A. rosea*: heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* [AR(HE)]; heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AR(AT)]; heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* [AR(AR)]. **Valores no corregidos.** FM: fracción mineral; FO: fracción orgánica; FMO: fracción mineral-orgánica.



A



B



C

Figura IX. 7. 1. Heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *H. elisae* [AR(HE)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.

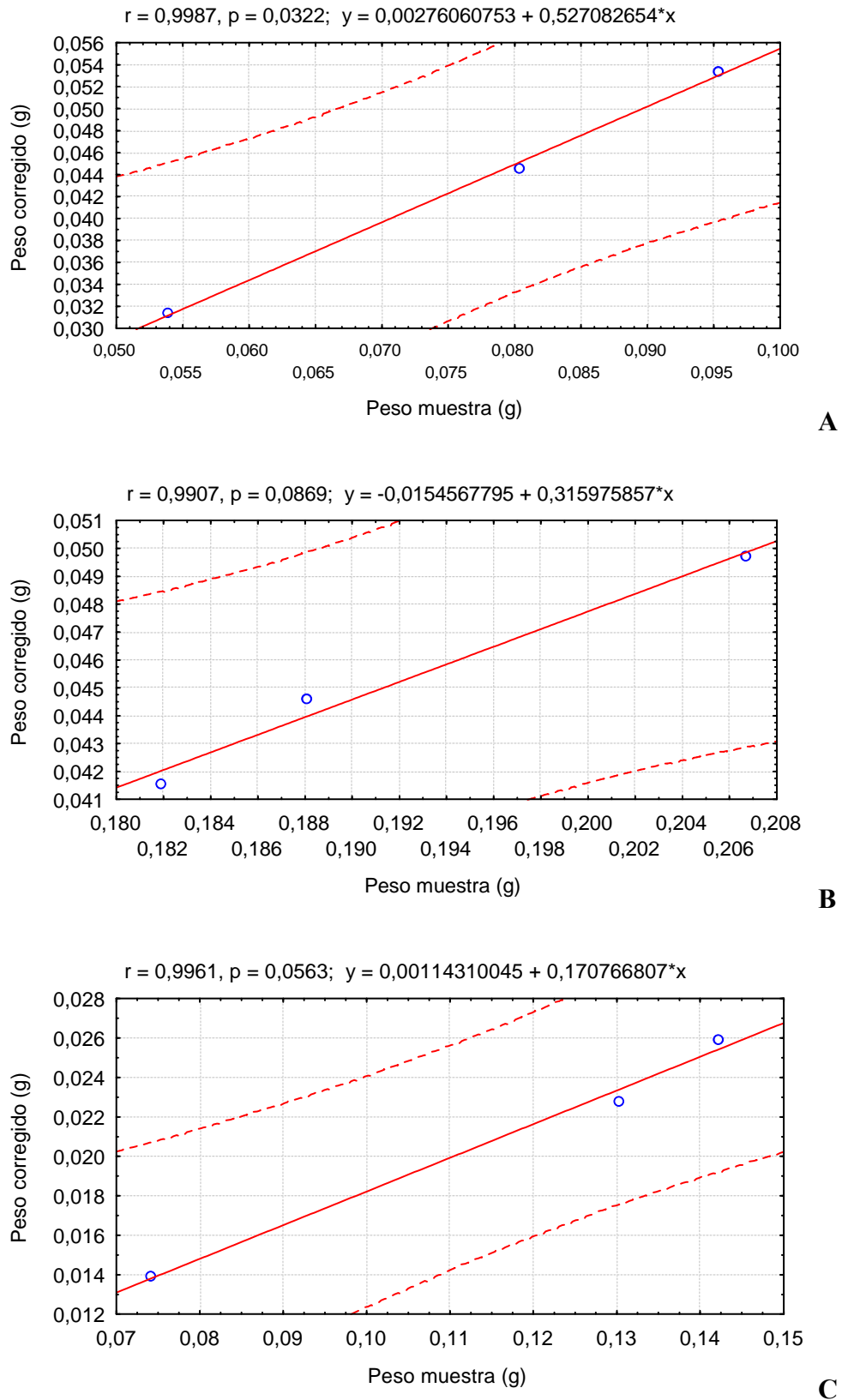


Figura IX. 7. 2. Heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. c. trapezoides* [AR(AT)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A: FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.**

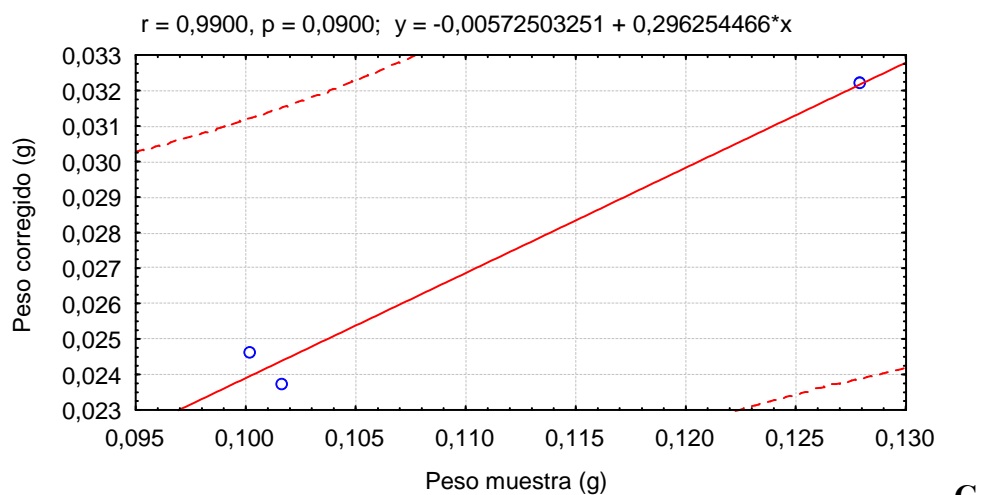
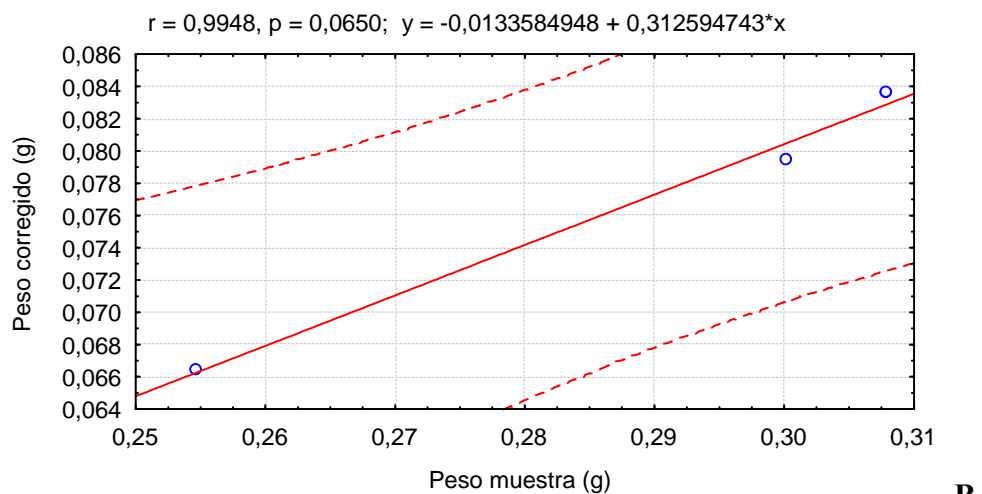
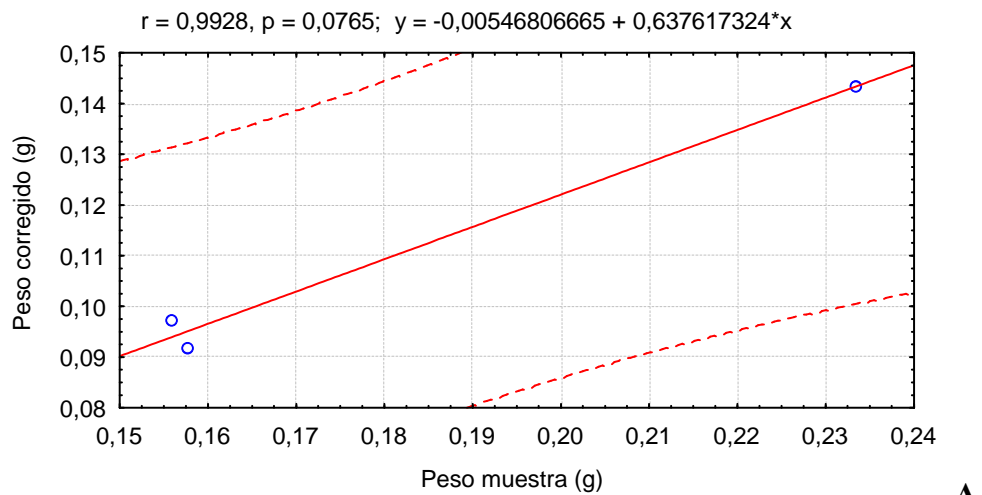


Figura IX. 7. 3. Heces de *A. rosea* en suelo de la zona de *A. rosea* [AR(AR)]. Correlación entre el peso de la muestra de las fracciones orgánicas y el peso corregido (antes y después de pasar por la mufla). **A:** FO 2000-250 µm; **B:** FO 250-50 µm; **C:** 50-20µm.