

Algunos aspectos del ciclo biológico del endemismo ibérico, *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 (Oligochaeta, Hormogastridae), en cultivos de laboratorio

Life cycle of the Iberian endemism *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 (Oligochaeta, Hormogastridae) in laboratory cultures

Darío. J. Díaz Cosín*, Patricia Hernández, Dolores Trigo, Rosa Fernández y Marta Novo

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Biología, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

* Autor para correspondencia. E-mail: dadico@bio.ucm.es

PALABRAS CLAVE: Lombrices de tierra, Ciclo biológico, *Hormogaster*, Capullos

KEY WORDS: Earthworms, Life cycle, *Hormogaster*, Cocoons

RESUMEN

Se estudian algunos aspectos del ciclo biológico de la lombriz de tierra *Hormogaster elisae* en cultivos de laboratorio mantenidos durante más de 6 años. En las condiciones experimentales de este trabajo un "individuo medio" de *H. elisae* pesa al nacer 149 mg, vive 36.5 meses alcanzando un peso máximo de 6.2 g, las papilas genitales aparecen a los 356 días de edad con un peso de 2.7 g, y el clitelo a los 484 días con un peso, de 3.9 g. Este individuo produce entre 0.9 y 2.29 capullos lombriz⁻¹ año⁻¹. Se ha estudiado también la variación temporal en la eclosión, el desarrollo de papilas y el clitelo. La eclosión y el desarrollo de papilas genitales se producen a lo largo del año, y el clitelo se forma preferentemente entre Octubre y Marzo. Se montaron una serie de microcosmos de 30 cm de profundidad y se variaron experimentalmente las condiciones de humedad y cantidad de alimento, encontrándose que la humedad del suelo influye sobre la tasa de reproducción, y que la producción de capullos fue mayor en los microcosmos enriquecidos con fracciones de suelo de elevado contenido en materia orgánica.

ABSTRACT

Several aspects of the life cycle of the earthworm *Hormogaster elisae* in laboratory cultures, (some kept for more than 6 years) were analysed. In the experimental conditions of this study an "average specimen" of *H. elisae* weighed 149 mg at birth, lived 36.5 months reaching a maximum weight of 6.2 g, the genital papillae appeared at 356 days of age with a weight of 2.7 g, the clitellum at 484 days with a weight of 3.9 g, and produced between 0.9 and 2.29 cocoons earthworm⁻¹ year⁻¹.

We also studied the temporal variation in hatching, development of papillae and clitellum. Hatching and development of genital papillae were produced throughout the year, while the clitellum was most often formed between October and March. A number of cultures (30 cm deep) were established varying moisture and food availability conditions. Soil moisture influenced the rate of reproduction. Cocoon production was more intense in cultures enriched with soil fractions containing large amounts of organic matter.

1. INTRODUCCIÓN

Las lombrices de tierra representan la primera zoomasa del suelo. EDWARDS & BOHLEN (1996) citan hasta 3.050 kg Ha⁻¹ y BOUCHÉ (1974) afirma que pueden llegar hasta 5.000 kg Ha⁻¹ y que en climas templados como los franceses son frecuentes poblaciones de 500–2.000 Kg Ha⁻¹, que pueden representar hasta el 60% de la biomasa animal, valores que harían de las lombrices la tercera biomasa terrestre, después de las plantas y los microorganismos.

Esta enorme biomasa desempeña un papel crucial en los ciclos biogeoquímicos del suelo tanto por su efecto directo como por las relaciones interbiológicas y efectos indirectos sobre otros grupos de organismos edáficos.

Sin embargo y a pesar de su importancia ecológica y aplicada, se desconocen muchos aspectos de sus ciclos biológicos, cuyo estudio se ha centrado principalmente en algunos géneros y especies de la Europa húmeda como *Lumbricus*, *Aporrectodea* o *Dendrobaena*, tropicales como *Millsonia anomala* y *Pontoscolex corethrus*, o utilizadas en vermicompostaje o ecotoxicología como *Eisenia fetida* o *E. andrei*, LEE (1985), EDWARDS & BOHLEN (1996).

Por el contrario es escaso el esfuerzo dedicado a las especies de distribución mediterránea cuya biología ha sido menos estudiada y se conoce muy poco sobre sus adaptaciones, ciclos biológicos, mecanismos reproductores y demografía.

Hormogaster elisae Álvarez, 1977 es una especie endémica del Centro de la Península Ibérica que

puede ser muy abundante en suelos arenosos y pobres en materia orgánica, en los que puede coexistir con otras especies, o formar poblaciones mono-específicas en los suelos menos adecuados para las lombrices de tierra. Nuestro grupo lleva varios años trabajando sobre esta especie estudiando aspectos del proceso digestivo, DÍAZ COSÍN *et al.* (1996), TRIGO *et al.* (1999), LATAUD *et al.* (1999), GARVÍN *et al.* (2000), DÍAZ COSÍN *et al.* (2002), la reproducción GARVÍN *et al.* (1999), GARVÍN *et al.* (2003), o las relaciones con otros organismos TRIGO *et al.* (1999), GARVÍN *et al.* (2002), GUTIÉRREZ *et al.* (2003), GUTIÉRREZ *et al.* (2006), pero quedan muchos aspectos de su biología y ecología que no han sido abordados o lo han sido sólo parcialmente.

En este sentido el objetivo de este trabajo es estudiar algunos aspectos del ciclo biológico de esta especie, utilizando datos de cultivos mantenidos en el laboratorio, algunos durante más de seis años. En concreto se estudiarán principalmente las características de los capullos, tiempo de eclosión, duración de la vida, y aparición de papilas genitales y clitelo.

Es difícil comparar los datos existentes en la bibliografía sobre estos aspectos en diferentes especies de lombrices de tierra, ya que su biología y ecología varían mucho entre especies y tipos ecológicos. Según LEE, (1985) en líneas generales las especies grandes suelen vivir en las capas más profundas del suelo, producen pocos capullos, tienen tasas de supervivencia altas y larga duración de vida, y las especies de pequeño tamaño presentan los caracteres contrarios. *H. elisae* es un especie endogea de tamaño mediano o grande, por lo que es de esperar que sus parámetros demográficos se ajusten a los señalados por este autor para este tipo de lombriz de tierra.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Todos los ejemplares utilizados en este trabajo han nacido en el laboratorio a partir de 435 capullos de *H. elisae* procedentes de dos lotes distintos. El primer lote está formado por capullos capturados en el campo entre 1992 y 1994 en una parcela de El Molar (Madrid). Estos capullos se capturaron por separación manual del suelo, se llevaron al laboratorio, se pesaron y se cultivaron hasta su eclosión, a temperatura ambiente y en la oscuridad, en placas de Petri entre dos capas de papel de filtro humedecido. Con estos capullos y los individuos que eclosionaron se estudiaron algunos parámetros demográficos, pero hubo algunas medidas, como la longitud de los capu-

llos, que no se pudieron tomar, y algunos parámetros como el tiempo de eclosión que no se pudieron estudiar, ya que muchos capullos llegaban dañados del campo y se optó por evitar manipulaciones que pudieran dañarlos aún más.

El segundo lote consiste en capullos obtenidos en el laboratorio durante una serie de experimentos sobre reproducción de *H. elisae*, realizados entre noviembre de 2002 y julio de 2004 destinados a desarrollar métodos para la reproducción en cautividad de esta especie. Los capullos obtenidos se pesaron, midieron, y se incubaron individualmente en placas de Petri en la oscuridad entre dos capas de papel de filtro humedecido, a temperatura de 15 ó 18 °C, hasta la eclosión de los individuos. Las placas se examinaron diariamente para mantener la humedad y controlar las eclosiones.

Por tanto el número de capullos y ejemplares utilizados en cada caso varía en función de que se hayan utilizado los capullos del primer lote (n=280), los del segundo lote (n=155), o el total (n=435).

Los individuos recién nacidos se pesaron y se cultivaron individualmente a la temperatura del laboratorio en tarrinas de plástico con 150 g de suelo de El Molar tamizado a 2 mm y llevado al 20% de humedad siguiendo el método de DÍAZ COSÍN *et al.* (1996). Los cultivos se cambiaron cada 15 días, se renovó el suelo y se pesaron los individuos anotando el momento en el que aparecían el clitelo y las papilas genitales. Los individuos del primer lote se cultivaron hasta su muerte, por lo que este experimento tuvo una duración de más de 6 años, octubre de 1992 a enero de 1999, fecha en la que murió el último. Los cultivos de individuos nacidos del segundo lote se mantuvieron sólo 19 meses.

Para el estudio de la producción de capullos se capturaron individuos maduros (con clitelo); se recolectó suelo de la misma zona que se secó al aire y se tamizó a través de una malla de 4 mm. Se montaron microcosmos consistentes cilindros de PVC de 10.5 cm de diámetro y 30 cm de profundidad que fueron llenados de suelo humedecido según el método de DÍAZ COSÍN *et al.*, (1996) y tapados para reducir la pérdida de humedad. El suelo se dejó reposar 24 h antes de introducir las lombrices.

Se realizaron dos tipos de experimentos.

2.1. Experimento 1: Influencia de la humedad y temperatura del suelo

Se estudiaron los efectos de la combinación de dos humedades del suelo (15 y 20%) y dos temperaturas (18 ± 1°C y 13 ± 1°C), manejando por

tanto cuatro combinaciones diferentes, de cada una de las que se montaron 6 réplicas (24 microcosmos en total). En cada microcosmos se introdujeron cuatro lombrices maduras (peso medio por individuo 3.70 ± 0.99 g). Se cambió el suelo de los microcosmos cada 30 días, se lavaron los ejemplares con agua destilada, se secaron con papel de filtro y se pesaron antes de introducirlos en microcosmos con suelo nuevo recién preparado. El suelo descartado se tamizó a través de mallas de 2 y 2.8 mm para separar los capullos. El período experimental fue noviembre de 2002 a diciembre de 2003.

2.2. Experimento 2: influencia de la disponibilidad de alimento

Los microcosmos se montaron igual que en el caso anterior, pero al 15% de humedad y a $15 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura. En trabajos previos RUIZ *et al.*, (2006) señalaron que *H. elisae* selecciona positivamente las partículas del suelo de un diámetro entre 50 y 250 μm , por lo que se enriqueció el suelo de los microcosmos con 200 ó 400 g (tratamientos ALM 200 y ALM 400) de fracción del suelo $<250 \mu\text{m}$ obtenida tamizando suelo secado al aire; las partículas $<50 \mu\text{m}$ no se separaron porque su separación en suelo seco es extremadamente difícil, por lo que la fracción añadida contenía una media de 30.2% de la fracción 50-250 μm y un 69.8% de fracción $<50 \mu\text{m}$, y su contenido en materia orgánica era del 5.1%. Se montaron 6 réplicas de cada tratamiento, así como 6 controles sin enriquecimiento (ALM 0).

En cada microcosmo se introdujeron 4 lombrices maduras (con clitelo) de un peso medio de 3.82 ± 0.89 g. Los microcosmos se desmontaron a los 30 días y se pesaron las lombrices antes de introducir las en microcosmos con suelo nuevo. El suelo descartado se tamizó a través de mallas de 2 y 2.8 mm para separar los capullos. El período experimental fue de enero a julio de 2004.

La producción de capullos se calculó con los datos de cada experimento y se expresó como capullos lombriz⁻¹ año⁻¹. Se realizaron otros experimentos para estudiar la influencia de la temperatura y de la densidad de población, pero no se mencionan aquí porque no se obtuvieron resultados significativos.

2.3. Análisis estadísticos

La normalidad de las variables se comprobó con la prueba de Shapiro-Wilks y la homogeneidad de las varianzas con la de Levene. Cuando la distribución fue normal se utilizó una ANOVA de

una vía para el análisis de los resultados, y cuando no fue normal se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se utilizó una regresión simple para estudiar la relación entre el peso de los capullos y de los neonatos. En todos los casos se utilizó el software Statistica 5.5.

3. RESULTADOS

En el primer lote se capturaron en el campo 280 capullos de *H. elisae*, la mayoría (76.2%) entre 20 y 30 cm de profundidad, sólo unos pocos entre 10 y 20 cm (13.4%), o por debajo de 30 cm (10.4%), y ninguno en las capas más superficiales. El segundo lote fue de 155 capullos obtenidos en diferentes experimentos de laboratorio.

3.1. Capullos

Los capullos de *H. elisae* presentan forma ovoide alargada, su color varía en función de su edad y grado de hidratación desde amarillo-naranja claro a pardo oscuro. Uno de los extremos es más redondeado y el otro más alargado y oscuro (Fig. 1).

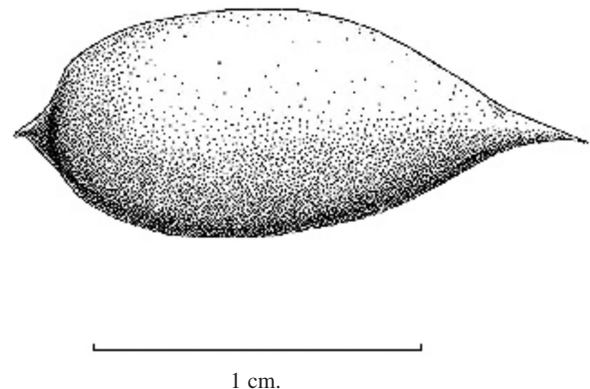


Figura 1.—Capullo de *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977
—Cocoon of *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977

3.2. Peso

Generalmente los capullos capturados en el campo en otoño, invierno y principios de la primavera estaban más hidratados, mientras que los que se capturan en los períodos más secos, finales de primavera y verano, aparecen más arrugados y deshidratados, pero cuando se introducen en las placas de Petri con papel humedecido absorben agua y aumentan de peso. El peso medio del total de capullos fue de 120.3 ± 33.4 mg (Tabla I).

3.3. Longitud y anchura

Los capullos del primer lote, bastantes de los cuales llegaron dañados del campo, no se midieron para evitar excesivas manipulaciones que eventualmente pudiesen dañarlos más y disminuir la tasa de eclosión, en el segundo lote se midieron todos los capullos obtenidos en el laboratorio. Los valores medios de longitud fueron de 11.4 ± 1.4 mm, con un mínimo de 8 y máximo de 17. La anchura fue de 4.9 ± 0.4 mm.

3.4. Tasa de eclosión

De los 280 capullos del primer lote sólo llegaron a eclosionar en el laboratorio 66. La tasa de eclosión en las condiciones de este experimento fue muy baja, 23.57%, quizás por las manipulaciones y posibles daños que sufren los capullos durante la excavación, separación manual del suelo, transporte al laboratorio y montaje de los cultivos.

De estos 66 individuos nacidos, 11 murieron en las dos primeras semanas (mortalidad perinatal del 16.66 %), quedando 55 que fueron los realmente utilizados para el estudio de duración de vida, peso máximo y los demás parámetros estudiados.

De los 155 capullos del segundo lote llegaron a eclosionar 91 lo que supone una tasa de eclosión del 58.71%. Dado el tiempo de duración de los experimentos en los que se obtuvieron estos capu-

llos sólo 15 ejemplares llegaron a desarrollar papilas y 6 el clíelo.

Se han producido eclosiones en el laboratorio a lo largo de todo el año, con la excepción de septiembre. Hay un período entre Marzo y Agosto en el que se concentran el 69.7 % de las eclosiones, destacando Marzo (21.2 %) y Junio (16.7 %), y otro período de Septiembre a Febrero sólo con el 30.1 % de las eclosiones.

3.5. Tiempo de incubación

Los capullos del segundo lote se obtuvieron en varios experimentos de reproducción en laboratorio y su edad se ha estimado considerando como fecha de captura la media entre los cambios de suelo en los diferentes microcosmos experimentales. Por ejemplo si en un experimento concreto el suelo se cambiaba cada 30 días, se ha optado por considerar para los capullos una edad media de 15 días, que se ha sumado al tiempo invertido hasta eclosionar los individuos para obtener el tiempo total de incubación.

El tiempo medio de incubación ha sido de 99.0 ± 24.6 días y se ve afectado por la temperatura, siendo mayor a 15°C (134.89 ± 25.71 días; n=22) que a 18°C (89.56 ± 7.09 días; n=69), ANOVA F (1, 89)=243.78; p<0.01.

3.6. Número de neonatos

Prácticamente todos los capullos que llegaron a la eclosión produjeron 1 individuo por capullo, y sólo en un caso salieron 2 individuos del mismo capullo (paso del capullo 130 mg, peso del primer individuo nacido 96 mg, y peso del segundo, nacido 10 días después, 40 mg).

3.7. Peso a la eclosión

El peso medio total fue de 149 ± 38.3 . Se ha observado una correlación positiva entre el peso de los capullos y el de las lombrices al nacer F (1,89)= 87.76; p<0.01. No hubo diferencias significativas entre el peso de los neonatos del primer y segundo lote.

3.8. Producción de capullos

La tasa de producción de capullos (0.9 capullos lombriz⁻¹ año⁻¹) y la viabilidad de los capullos fueron muy bajas en el experimento 1. Se obtuvieron 84 capullos con una viabilidad del 46.42% (39 capullos eclosionados).

La producción de capullos ha sido significativamente mayor al 15% de humedad, (0.31 ± 0.04

Tabla-I.-Características de los capullos y algunos parámetros demográficos de *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977, D.E.=Desviación estándar, N= número de ejemplares.

-Cocoon features and some life cycle parameters of *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 D.E.= Standard deviation, N= number of specimens.

	Media ± D. E.	Min.	Máx.	N
Peso capullos (mg)	120.3±33.4	38.3	252.3	435
Longitud capullos (mm)	11.4±1.4	8	16.5	155
Diámetro capullos (mm)	4.9±0.4	4	6	155
Tiempo de incubación (segundo lote)	99.0±24.6	75	210	91
Peso eclosión (mg)	149±38.3	40	279.6	157
Vida (meses) (primer lote)	36.5±12.9	8.1	58.1	55
Peso máximo (g)	6.2±1.8	1.0	10.4	55
Desarrollo de papilas				68
Días	356± 84.3	156	615	
Peso (g)	2.7±0.7	1.2	5.3	
Desarrollo del clíelo				52
Días	484±107.0	270	705	
Peso (g)	3.9±0.7	2.3	6.2	

capullos por cultivo) que al 20% (0.15 ± 0.03 capullos por cultivo) (Kruskal Wallis: $p < 0.01$). La temperatura no parece influir significativamente en la producción de capullos (Kruskal-Wallis: $p > 0.05$) (0.25 ± 0.04 capullos por cultivo a 13°C y 0.22 ± 0.04 capullos por cultivo a 18°C).

Las lombrices se reprodujeron en los tres tipos de condiciones de alimento (ALM 0, ALM 200 y ALM 400). En estos experimentos se obtuvieron 71 capullos, con una tasa de producción de 2.10 capullos lombriz⁻¹ año⁻¹. La viabilidad fue del 60.56% (43 capullos eclosionados). La tasa de producción mayor se alcanzó en los cultivos ALM 200 y ALM400 (2.29 capullos lombriz⁻¹ año⁻¹), aunque no fue diferente significativamente de la de los controles (ALM0) 1.70 capullos lombriz⁻¹ año⁻¹ (Kruskal-Wallis: $p > 0.05$).

3.9. Duración de vida

La duración media de la vida de *H. elisae* ha sido de 36.49 meses, mínimo de 8 y máximo de 58, aunque hay que recordar que no se han contemplado 11 de los 66 ejemplares que murieron en las primeras 2 semanas lo que indica que hay una mortalidad perinatal relativamente alta, 16.66%, pero que una vez superada esta etapa crítica no se volvieron a producir fallecimientos hasta los 8 meses. Si se contasen estos 11 individuos la vida media sería de 30.1 ± 16.8 meses. El máximo de 58 meses ha sido superado ocasionalmente por algún ejemplar mantenido en el laboratorio para otros experimentos y en otros tipos de cultivo, llegando hasta los 86 meses de vida.

3.10. Peso máximo

El peso máximo osciló entre 1 y 10.4 g, con una media de 6.2 g.

3.11. Aparición papilas y clitelo

Las papilas genitales se desarrollaron en 68 ejemplares (53 del primer lote, 15 del segundo lote). Aparecen en el primer lote a los 363 días con un peso de 3 g y en el segundo la los 328 días y con un peso de 2.1. En conjunto la papilas aparecieron a los 356 días con un peso de 2.7 g y no hubo diferencias significativas entre los dos lotes.

El clitelo se desarrolló en 52 ejemplares (46 del primer lote y 6 del segundo). Aparece un poco más tarde que las papilas, en el primer lote a los 496 días con un peso de 4.2 g y en el segundo a los 465 días con un peso de 3.24 ± 0.59 . Con todos los datos los valores son de 484 días y 3.9 g.

De la Tabla II se desprende que las **papilas** aparecen de forma irregular a lo largo del año, destacando Octubre con el 27.9 % y Junio con el 19.1 %, mientras que no se contabilizó ningún caso en Febrero y Agosto. Una vez que se desarrollan las papilas suelen conservarse, más o menos turgentes, durante toda la vida, ya que sólo 2 individuos las perdieron totalmente y las desarrollaron de nuevo posteriormente. Hay que señalar que 3 ejemplares llegaron a desarrollar el clitelo directamente sin presentar en ningún momento papilas visibles.

El **clitelo** aparece preferentemente en los meses de Otoño e Invierno, entre Octubre y Marzo 88.5 % de los casos, en Abril a Septiembre el 11.5 %. El clitelo se reduce sustancialmente en los meses de primavera, y sobre todo en los de verano, tomando un aspecto mucho menos hinchado, pero en la mayoría de los casos es reconocible y no llega a desaparecer totalmente. La desaparición total se observó en 11 ejemplares, que posteriormente volvieron a desarrollarlo de nuevo en el período otoñal. Un ejemplar perdió y desarrolló de nuevo el clitelo 3 años consecutivos.

Se compararon los pesos de las lombrices y los tiempos de aparición de las papilas y del clitelo con el mes en el que éstas nacieron, y en ningún caso se han encontrado diferencias significativas (ANOVA; $p > 0.05$) Tampoco se ha observado una influencia del mes de nacimiento sobre el tiempo de aparición de las papilas (ANOVA; $p > 0.05$), ni sobre el tiempo de aparición del clitelo (K-W; $p > 0.05$).

3.12. Individuo medio de *Hormogaster elisae*

Con los datos obtenidos podría caracterizarse un "individuo medio" de *H. elisae* que, en las condiciones experimentales utilizadas, pesa al nacer 149 mg, vive 36.5 meses alcanzando un peso máximo de 6.2 g, desarrolla las papilas genitales a los 356 días de edad con un peso de 2.7 g, y el clitelo a los 484 días con un peso de 3.9 g, y produce entre 0.9 y 2.29 capullos lombriz⁻¹ año⁻¹.

4. DISCUSIÓN

Son varios los autores que señalan que el tamaño de los capullos está relacionado con el tamaño de los adultos (LOFS-HOLMIN, 1983). BOUCHE, (1972) indica que las dimensiones de los capullos dependen de las dimensiones de los adultos que los han producido; LAVELLE, (1981) encontró una relación significativa ($r = 0.98$, $P < 0.01$) entre el peso de capullos y adultos en 11

Tabla-II.-Número de ejemplares de *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 que eclosionaron (primer lote) y desarrollaron papilas y clitelo (ambos lotes)
 -Number of specimens of *Hormogaster elisae* Álvarez, 1977 which hatched (first batch) and developed papillae and clitellum in each month (both batches).

	Eclosión	Papilas	Clitelo
Enero	3	5	8
Febrero	4	-	6
Marzo	14	5	5
Abril	3	6	-
Mayo	7	4	-
Junio	11	13	2
Julio	6	5	1
Agosto	5	-	-
Septiembre	-	3	3
Octubre	1	19	10
Noviembre	4	3	12
Diciembre	8	5	5
Total	66	68	52

especies europeas y 14 tropicales, y LAVELLE & SPAIN, (2001) señalan que los capullos varían en tamaño de 1 a 25 mm dependiendo del tamaño de los adultos.

Sin embargo no existe unanimidad en este aspecto. EDWARDS & BOHLEN, (1996) señalan que una lombriz muy grande como *Megascolides australis* produce capullos que pueden llegar a 75 x 20 mm, pero que el tamaño de los capullos no siempre está relacionado con el de la lombriz ya que *L. terrestris* produce capullos de 6 x 4.5-5 mm, mientras que especies de *Pheretima* de tamaño similar a *L. terrestris* los producen mucho más pequeños 1.8-2.4 x 1.5-2 mm.

Los capullos de *H. elisae* son relativamente grandes, como corresponde a una especie de su tamaño, y existe una relación significativa entre el tamaño de los adultos y de los capullos.

Un resultado llamativo es que el peso medio de las lombrices eclosionadas sea superior al de los capullos de los que nacen, lo que en principio parece antiintuitivo ya que lo lógico es que los neonatos pesen menos que el capullo del que proceden y que abandonan al nacer.

Una posible explicación es que se produzca una hidratación del capullo, cuando se pasan a placas Petri sobre papel de filtro humedecido a saturación. Otra posibilidad es que se produzca un rápido incremento de peso en las lombrices neonatas, bien porque se hidratan nada más nacer,

bien porque sean capaces de ingerir papel de filtro. En este sentido hay que recordar que las placas de Petri se revisan cada 24 horas, por lo que es posible que los neonatos tengan varias horas de vida cuando son pesados.

4.1. Tiempo de incubación

Varía ampliamente, sobre todo como respuesta a la temperatura y humedad. *A. caliginosa* eclosionó en 36 días a 20 °C, 49 días a 15 °C y 112 días a 10 °C, GERARD (1960). En condiciones de campo el tiempo de incubación varió de 7 a 14 meses para *L. castaneus* y 5.5 a 11 meses en *A. caliginosa*.

EDWARDS & BOHLEN (1996) dan algunos datos de 8 especies de lumbrícidos, en los que el tiempo de incubación varía de 8.5 a 19 semanas en *D. subrubicunda* y *A. caliginosa*, a 38 semanas en *L. rubellus*. La especie tropical *Millsonia anomala* presenta un tiempo de incubación de 3 semanas, pero puede retrasarse mucho si empieza la estación seca llegando a no eclosionar hasta la siguiente estación húmeda.

El tiempo medio de incubación de los capullos de *H. elisae* 99.0±24.6 días entra dentro de estos intervalos y se ve afectado por la temperatura, siendo más corto a temperaturas más altas.

Es difícil determinar el tiempo de incubación de los capullos de *H. elisae* procedentes del campo, ya que cuando se capturan se desconoce su edad real. Por esta razón el tiempo de incubación de los 66 capullos capturados en el campo que llegaron a eclosionar, ha sido muy variable y como consecuencia estos datos no se han utilizado en el presente trabajo.

4.2. Tasa de eclosión y número de neonatos

En la mayoría de las especies cada capullo produce sólo 1 juvenil aunque hay casos en los que se pueden producir hasta 6 LEE (1985), y una de las especies mejor estudiadas como es *E. fetida* produce 3.3 individuos por capullo EVANS & GUILD (1948)

En *Perionyx excavatus* la tasa de eclosión varió entre 33 y 67.5%, KALE *et al.* (1982) y la tasa de eclosión de *Millsonia anomala* entre 70 y 90%, LAVELLE (1971). Parece que la tasa de eclosión varía mucho según las condiciones experimentales, tal y como sucede en *H. elisae* en la que varió entre el 23.57% del primer lote y el 58,71% del segundo, quizás porque los del primer lote pudieron resultar dañados durante el proceso de excavación y extracción manual en el campo, algunos no contenían un embrión en el momento de su captura y otros estaban afectados por infec-

ciones de hongos, que posiblemente impedirían el desarrollo de los embriones, aunque también es posible que los hongos hayan colonizado capullos no viables (JIMÉNEZ 1999).

4.3. Producción de capullos

La disponibilidad de alimento influyó sobre el crecimiento de las lombrices, y en cierta medida sobre la producción de capullos que fue ligeramente mayor en los microcosmos con suplemento de alimento. Esto coincide con los resultados de GERARD (1967) que señaló que el estado nutricional de los adultos puede influir sobre la tasa de producción de capullos.

REINECKE & VILJOEN (1990) observaron que la producción de capullos de *Eisenia fetida* cae cuando el alimento es escaso, lo que se acompaña de una disminución de la biomasa de los ejemplares, al igual que se ha encontrado en *H. elisae*.

Hay varias posibilidades para explicar la baja tasa de producción de capullos de *H. elisae* en nuestros experimentos. Podría suceder que 2.29 capullos lombriz⁻¹ año⁻¹, la máxima producción encontrada, fuese suficiente para mantener una población viable, aunque a priori este número pueda parecer excesivamente bajo. *H. elisae* es una especie endógena oligohúmica que está bien protegida de condiciones ambientales adversas en el espesor del suelo, por lo que eventualmente podría no tener necesidad de producir muchos capullos, tal y como señalan PHILLIPSON & BOLTON (1977) para *A. rosea*. Las lombrices endógenas, meso u oligohúmicas son generalmente grandes y se alimentan de recursos energéticos no muy ricos, por lo que su metabolismo suele ser bajo y su esfuerzo reproductor menor que el de otras especies de otras categorías ecológicas, LAVELLE (1981). Otras posibilidades son que las condiciones de los cultivos de laboratorio no sean las óptimas para una reproducción normal de la especie, o que la especie no se reproduzca en cautividad con la misma eficacia que en el campo.

El número de capullos producidos es bajo, pero en la literatura pueden encontrarse valores muy variables para otras especies, algunos similares a los de *H. elisae*. PHILLIPSON & BOLTON (1977) señalan que *Aporrectodea rosea* produce 3.13 capullos por año y SATCHELL (1967) indica que *Aporrectodea caliginosa*, *A. longa* y *O. cyaneum*, que son excavadoras profundas, producen 3-13 capullos por año, mientras que especies más superficiales como *A. chlorotica* producen 25-27 y otras que viven muy próximas a la superficie del suelo como *L. rubellus*, *L. castaneus* o *D. rubidus* varían entre 42 y 106.

4.4. Tiempo de maduración

Según EDWARDS & BOHLEN (1996) el tiempo de maduración varía desde 18 semanas de *L. castaneus* hasta 74 semanas de *E. fetida*, pero en una misma especie puede cambiar mucho como sucede con *A. longa* que nacida en diciembre tarda 38 semanas y nacida en abril 71 semanas. *L. terrestris* madura en 1 año en un estudio basado en datos de campo, SATCHELL (1967), *A. chlorotica* 13 semanas a 18 °C MICHON (1954), 29 a 42 semanas a temperatura de campo según SATCHELL (1967), 21 semanas según GERARD (1967) y 17-19 semanas a 15 °C según GRAFF (1953).

Por tanto la temperatura afecta el tiempo necesario para alcanzar la madurez sexual y también parece influir la época del año de nacimiento del individuo en función de que nazcan cuando hay más o menos recursos. En líneas generales las especies de pequeño tamaño maduran mucho más rápidamente que las grandes, que necesitan mucho más tiempo para alcanzar el estado reproductor, como es el caso de *H. elisae* que parece necesitar cerca de 500 días para desarrollar el clitelo y poder empezar a producir capullos.

4.5. Duración de vida

La duración de vida de las lombrices en condiciones naturales no es fácil de determinar, pero es probablemente bastante más baja que la obtenida en cultivos de laboratorio. Según EDWARDS & BOHLEN (1996) la duración de la vida de las lombrices en el campo no supera probablemente unos pocos meses, aunque su longevidad potencial pueda alcanzar 4-8 años según LAKHANI & SATCHELL (1970)

E. fetida ha vivido 4.5 años en condiciones de laboratorio, *L. terrestris* 6 años y *Aporrectodea longa* 10.21 años, EDWARDS & BOHLEN (1996); *D. subrubicunda* vive 550-600 días según MICHON (1954).

SATCHELL (1967) estimó que en condiciones de campo *A. chlorotica* vive 1.25 años, *A. longa* una media de 1.25 años y *L. terrestris* puede alcanzar un máximo de 8-9 años. PHILLIPSON & BOLTON (1977) estimaron que los individuos más grandes de una población natural de *Aporrectodea rosea* tenían 5-6 años.

Al igual que sucede con el tiempo de maduración, la duración de la vida es mucho mayor en las lombrices de tamaño grande, que en las pequeñas y *H. elisae* (con una duración media de 36.5 meses, y máximos de hasta 86 meses) se ajusta bien a este modelo.

Hemos observado (datos no publicados) que en la población de *H. elisae* en El Molar aparecen

frecuentemente individuos de hasta 7 g de peso, estando presentes habitualmente ejemplares de 4, 5 ó 6 g que presumiblemente tienen varios años de edad. Teniendo en cuenta estos datos y los del presente trabajo se puede sugerir que los individuos de *H. elisae* en condiciones de campo en El Molar alcanzan la madurez sexual aproximadamente al año y medio de vida, y se reproducen durante 2 ó 3 años como promedio, pero en la población existen algunos individuos de más edad y peso que es posible que puedan sobrevivir y reproducirse durante 6 o más años.

Recibido el día 15 de marzo de 2007

Aceptado el día 13 de noviembre de 2007

BIBLIOGRAFÍA

- BOUCHÉ, M. B. 1972. Lombriciens de France, Écologie et Systématique. *Annales Zoologie Ecologie Animal*, N° hors-serie. 671 págs. INRA, Paris.
- 1974. Geodrilologie. In: *Encyclopédie permanente d'Agriculture Biologique*, 1, 1, 1-6. Debard, Paris.
- 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* en diferentes tipos de cultivos de laboratorio. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural Sección Biológica*, 92: 177-184.
- DÍAZ COSÍN, D. J., RUÍZ, 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 of Soil Biology*, 38: 43-46.
- EDWARDS, C. A. & BOHLEN, P. J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms. Third Edition*. 426 págs. Chapman & Hall, London.
- EVANS, A. C. & GUILD, W. J. M. CL. 1948. Studies on the relationship between earthworms and soil fertility. IV. On the life cycles of some British Lumbricidae. *Annals of Applied Biology*, 35: 471-484.
- GARVÍN, M. H., LATTAUD, C., TRIGO, D. & LAVELLE, P. 2000. Activity of glycolytic enzymes in the gut of *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae), *Soil Biology & Biochemistry*, 2: 929-934.
- GARVÍN, M. H., TRIGO, D. & DÍAZ COSÍN, D. J. 1999. Some data of the reproductive biology of *Hormogaster elisae* (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: 152-157.
- GARVÍN, M. H., TRIGO, D., HERNÁNDEZ, P., RUÍZ, M. P. & DÍAZ COSÍN, D. J. 2002. Interactions of *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) with other earthworm species from Redueña (Madrid, Spain). *Applied Soil Ecology*, 20: 163-169.
- GERARD, B. M. 1960. *The biology of certain british earthworms in relation to environmental conditions*. Ph. D. Thesis, University of London.
- 1967. Factors affecting earthworms in pastures. *Journal of Animal Ecology*, 36: 235-252.
- GRAFF, O. 1953. *Die Regenwürmer Deutschlands*. 81 págs. Schrift. Forsch. Land Braunschweig-Volkenrode, 7.
- 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. & DÍAZ COSÍN, D. J. 2006. Is *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) a predator of mites and springtails? *European Journal of Soil Biology*, 42: S186-S190.
- JIMÉNEZ, J. J. 1999. *Estructura de las comunidades y dinámica de las poblaciones de lombrices de tierra en las savanas naturales y perturbadas de Carimagüa (Colombia)*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Inédito
- KALE, R. D., BANO, K. & KRISHNAMOORTY, R. V. 1982. Potential of *Perionyx excavatus* for utilizing organic wastes. *Pedobiologia*, 23: 419-425.
- LAKHANI, K. H. & J. SATCHELL. J. E. 1970. Production by *Lumbricus terrestris*. *Journal of Animal Ecology*, 39: 473-492.
- LATTAUD, C., MORA, P., GARVÍN, M. H., LOCATI, S. & ROULAND, C. 1999. Enzymatic digestive capabilities in geophagous earthworms-origin and activities of cellulytic enzymes. *Pedobiologia*, 43: 842-850.
- LAVELLE, P. 1971. Étude préliminaire de la nutrition d'un ver de terre Africain *Millsonia anomala* (Acanthodrilidae, Oligochaetes). *Annales Zoologie Ecologie Animal. Special Publ.* 4: 131-146.
- 1981. Stratégies de reproduction chez les vers de terre. *Acta Oecologica Oecologia Generalis*, 2:117-133.
- LAVELLE, P. & SPAIN, A. V. 2001. *Soil Ecology*. 654 págs. Kluwer Academic Press, Dordrecht / Boston / London.
- LEE, K. L. 1985. *Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land use*. 411 págs. Academic Press, Sidney.
- LOFS-HOLMIN, A. 1983. Reproduction and growth of common arable land and pasture species of earthworms (Lumbricidae) in laboratory cultures. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 13: 31-37.
- MICHON, J. 1954. *Contribution expérimentale a l'étude de la Biologie des Lumbricidae. Les variations pondérales au cours des différentes modalités du développement postembryonnaire*. Thèses de Doctorat. Université de Poitiers.
- NOWAK, E. 1975. Population density of earthworms and some elements of their production in several grasslands environments. *Ekologia Polska*, 23: 459-491.
- PHILLIPSON, J. & BOLTON, P. J. 1977. Growth and cocoon production by *Allolobophora rosea* (Oligochaeta: Lumbricidae). *Pedobiologia*, 17: 70-82.
- REINECKE, A. J. & VILJOEN, S.A. 1990. The influence of worm density on growth and cocoon production of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Revue d'Ecologie et Biologie du Sol*, 27: 221-230.
- RUÍZ, 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: S289-S295.
- SATCHELL, J. E. 1967. Lumbricidae. In: *Soil Biology*. A. Burgess & F. Raw eds. págs. 259-232. Academic Press, London.
- TRIGO, D., BAROIS, I., GARVÍN, M. H., HUERTA, E., IRISSON, S. & LAVELLE, P. 1999. Mutualism between earthworms and soil microflora. *Pedobiologia*, 43: 866-873.