

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## SELECCIÓN DE HÁBITAT EN CARACOLES TERRESTRES Y SUS APLICACIONES A LA HELICICULTURA

## HABITAT SELECTION IN TERRESTRIAL SNAILS AND ITS APPLICATIONS TO HELICULTURE

Perea, J.<sup>1</sup>, R. Martín<sup>2</sup>, R. Acero<sup>1</sup>, E. Félix<sup>1</sup>, A.G. Gómez<sup>1</sup>, A. García-Mayoral<sup>2</sup>, F. Peña<sup>1</sup> y A. García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba (UCO). Campus de Rabanales, 14014 Córdoba. España. E-mail: pa1gamaa@uco.es

<sup>2</sup>Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica. CIFA de Hinojosa del Duque. Córdoba. España. E-mail: ralonso.martin@juntadeandalucia.es

## PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Selección de microhábitat. Preferencia. Caracol terrestre.

## ADDITIONAL KEYWORDS

Microhabitat selection. Preference. Terrestrial snail.

## RESUMEN

El crecimiento de los caracoles terrestres que, además de como animales productivos, se utilizan como animales de experimentación es considerado un buen indicador biológico. Aunque el crecimiento está genéticamente determinado, muchos factores pueden modificarlo, uno de ellos es la selección de hábitat. Sin embargo, los conocimientos sobre las condiciones que la determinan no se suelen incorporar al diseño de instalaciones, manejo de los criaderos o la producción helicícola. En este trabajo se revisan aquellas condiciones que determinan la selección de microhábitat en caracoles terrestres y se proponen medidas que deberían ser consideradas en el diseño de instalaciones.

## SUMMARY

Snails are employed as experimental animals in different scientific fields and their growth is a good biological indicator. Growth is mainly determined at a genetic level, although many

factors biotic and abiotic may alter growth rates. One of these factors is habitat selection. Nevertheless the knowledge about the characteristics that determines habitat selection are not considered in the design of installations, management of farms or raising snails. In this way, the aim of this paper is synthesize the different components of habitat that influence habitat choice of terrestrial snails. On the other hand, it proposes premises that would be considered in design of installations.

## INTRODUCCIÓN

Los caracoles terrestres, además de como animales de granja, se utilizan como animales de experimentación en diferentes campos científicos, y su crecimiento, importante desde el punto de vista productivo, es considerado un buen indicador biológico (García *et al.*, 2006). Aunque el crecimiento está de-

*Arch. Zootec. 55 (R): 1-12. 2006.*

terminado a nivel genético, muchos factores bióticos y abióticos pueden modificarlo (Charrier, 1980; Staikou y Lazaridou-Dimitriadou, 1989). Los factores genéticos que determinan el crecimiento han sido estudiados por Daguzan (1982), Dupont-Nivet *et al.* (1997a) y Dupont-Nivet *et al.* (1997b). Por otro lado Herreid (1977), Fonolla y Sanz (1984), Jess y Marks (1989), Sanz *et al.* (1991), Roberson y Moorhead (1999) e Iglesias y Castillejo (1999) han estudiado el efecto de la alimentación y metabolismo sobre el crecimiento de algunos caracoles terrestres. Otros factores de interés que afectan al crecimiento son: la densidad de cría (Daguzan y Verly, 1989; Staikou y Lazaridou-Dimitriadou, 1989; Blanc y Attia, 1992; Jess y Marks, 1995; Dupont-Nivet *et al.*, 2000); las condiciones ambientales (Pollard, 1975; Loverlec *et al.*, 1991; Blanc, 1993; Jess y Marks, 1998); el nivel de limpieza y la manipulación (Herzberg, 1965; Chevallier, 1979; Dan y Bailey, 1982; Blanc y Attia, 1992); y el sustrato de cría (Levy *et al.*, 1973; Cameron y Carter, 1979; Dan y Bailey, 1982 y Perea, 2004).

Desde el punto de vista zootécnico la selección de hábitat es de gran interés ya que, por una parte, determina el diseño de las instalaciones, tanto de ciclo intensivo como en parques (Perea, 2004) y por otro lado afecta al propio crecimiento (Dyer y Landis, 1996; Hunt, 1996), ya que el hábitat proporciona un medio favorable o desfavorable para el desarrollo del animal. Cuando los caracoles encuentran condiciones desfavorables inhiben su crecimiento hasta que estas condiciones se modifican (García *et al.*, 2006). Inclu-

so Lima (1985) y Savino y Stein (1989) indican que la tasa de mortalidad de algunos invertebrados se incrementa cuando desarrollan su actividad en hábitats desfavorables.

Por esta razón cobra interés el estudio de la selección de hábitat, que se lleva a cabo en diversidad de escalas temporales y espaciales abarcando desde las globales hasta las locales. Para estudiar la distribución de una población se opta por el análisis a escala global pero si se pretenden analizar los factores que intervienen en la selección del microhábitat se utilizan diseños experimentales a escala individual o pequeña escala (Underwood *et al.*, 2004).

La distribución espacial de las especies o poblaciones viene determinada por la calidad y la disponibilidad del hábitat, mientras que la dispersión de los individuos de una población (Hill *et al.*, 2004) se estudia a pequeña escala ya que, de acuerdo con Pennings *et al.* (1998) y Barbeau *et al.* (2004) la selección de hábitat es el resultado de la interacción entre factores endógenos (comportamiento, fisiología, etc.) y exógenos (condiciones ambientales, disponibilidad de alimento, etc.).

Aunque en caracoles terrestres se conocen factores que determinan la selección de hábitat (Cowie, 1985; Attia *et al.*, 1997; Willing *et al.*, 1998; Perea *et al.*, 2004; Perea *et al.*, 2005), estos conocimientos no se consideran frecuentemente en el diseño de instalaciones, en la rutina de manejo, ni en la determinación de la superficie útil que es uno de los parámetros de mayor importancia en helicultura (Perea, 2004). Por ello, es frecuente encontrar en los criaderos zonas con alta densi-

## SELECCIÓN DE HÁBITAT EN HELICULTURA

dad o superpoblación, en tanto que otras aparecen despobladas (García-Mayoral, 2001). Igualmente ha sido registrado por Attia *et al.* (1997) quienes encuentran distribuciones heterogéneas en criaderos de caracoles cuando el hábitat no es homogéneo y no debe olvidarse que valores elevados de densidad inciden negativamente sobre el crecimiento a la vez que incrementan la mortalidad (Daguzan, 1985; Jess y Marks, 1995; Dupont-Nivet *et al.*, 2000; Mayoral *et al.*, 2004).

Como se desprende de lo anterior, el conocimiento del hábitat puede convertirse en una importante herramienta de gestión y por ello debería ser considerado de modo prioritario en el diseño y manejo de criaderos.

El objetivo de este trabajo es la realización de un análisis prospectivo de los diferentes factores del entorno que condicionan la selección de microhábitats y las respuestas comportamentales del caracol (preferencia o rechazo). Asimismo se establecen aspectos destacados que deberían contemplarse en el diseño de instalaciones en helicultura.

### SELECCIÓN DE MICROHÁBITAT EN CARACOLES TERRESTRES

En una escala local, la distribución de los organismos móviles está determinada por un conjunto de componentes bióticos y abióticos presentes en el microhábitat (Hughes, 1990; Alcock 1998). Los componentes bióticos más importantes y descritos en invertebrados se asocian a la presencia de depredadores, densidad de otros indi-

viduos de la misma especie o presencia de competidores (Mangel, 1990; Martín y Salvador, 1995). Mientras que los componentes abióticos incluyen principalmente la intensidad de iluminación, temperatura, humedad o estructura física del sustrato (Hill *et al.*, 2004). Por otro lado Shaw (1985) indica que los cuatro factores abióticos que determinan la selección de hábitat son el alimento, el refugio, el agua y el espacio.

En caracoles terrestres se conoce de modo insuficiente cómo afectan estos factores en la selección de microhábitat. Uno de los más importantes y estudiados en helicultura es la disponibilidad de alimentos (García-Mayoral, 2001; Fontanillas y García-Cuenca, 2002). Attia *et al.* (1997) señalan que cuando los comederos se distribuyen irregularmente o su disponibilidad es escasa, los caracoles restringen su hábitat al espacio comprendido en un radio cercano a la fuente de alimento, apareciendo fenómenos de superpoblación o concentración de animales. Efecto que se agrava ya que los caracoles muestran rechazo por el alimento sobre el que se han desplazado otros caracoles y está impregnado de mucus, lo que limita la superficie útil del comedero (Cuellar y Cuellar, 2003). Este patrón de selección ha sido descrito en *Helix aspersa maxima* (Attia *et al.*, 1997), sin embargo queda pendiente de estudio cuál es la superficie de comedero óptima.

Otro factor descrito en *Theba pisana* por Cowie (1985), en *Caracollus caracolla* por Willing *et al.* (1998) y en *Helix aspersa* por Perea *et al.* (2005) es el rechazo de las zonas cercanas al suelo, lo que ha sido inter-

*Archivos de zootecnia vol. 55 (R), p. 3.*

pretado como parte del mecanismo defensivo frente a depredadores específicos como los roedores (Cowie, 1985), lo que es especialmente relevante en los sistemas de cría en parques externos en los que la vegetación actúa como refugio y fuente de alimento.

Por otra parte, la intensidad de iluminación podría ser un factor determinante en la selección de microhábitat. Así, García *et al.* (2006) estudian los factores que inciden en el crecimiento de *Helix aspersa* en condiciones de laboratorio y recomiendan la iluminación natural indirecta, coincidiendo con Cowie (1985) quien demuestra que el caracol *Theba pisana* rechaza las zonas con luz solar directa.

Actualmente se conoce poco sobre las respuestas comportamentales de los caracoles terrestres frente a la oscuridad y a diferentes intensidades de iluminación; sin embargo, estas respuestas han sido estudiadas en otros gasterópodos. Así, las babosas intertidales desarrollan, dentro y fuera del agua, un comportamiento foto-negativo (Barbeau *et al.*, 2004). Otros estudios muestran que algunas especies de caracoles de agua dulce prefieren alimentarse en áreas fuertemente iluminadas, e incluso su densidad se reduce en zonas sombreadas (Thomas y Daldorph, 1991; Li *et al.*, 2005). Lo que Li *et al.* (2005) atribuyen a diferencias de calidad en el alimento de las zonas iluminadas y las sombreadas. En el caso de los caracoles intertidales se observan respuestas comportamentales más complejas. Meadows y Campbell (1972) indican que *Littorina sitkana* prefiere microhábitats iluminados cuando está dentro del agua y los rechaza cuando baja la marea y aparecen con-

diciones desecantes. Otra respuesta compleja aparece en el nudibranquio *Hermisenda crassicornis*, atraído por microhábitats medianamente iluminados durante el día y poco iluminados durante la noche (Lenderhändler *et al.*, 1980).

En general, las respuestas comportamentales de los gasterópodos acuáticos han sido asociadas con la desecación y el estrés térmico (Gallien, 1985; Moran, 1985; Jones y Bouilding, 1999). Así los gasterópodos sin concha son más sensibles al estrés térmico que los caracoles y en consecuencia seleccionan hábitats oscuros, mientras que los caracoles intertidales pueden flexibilizar su respuesta según las condiciones ambientales (Jones y Building, 1999) y, por ello, en condiciones no extremas de desecación seleccionan microhábitats iluminados para favorecer su termorregulación (Meadows y Campbell, 1972). En el caso de los caracoles terrestres habría que estudiar si desarrollan el mismo patrón comportamental que los caracoles intertidales, aunque estudios realizados por Perea *et al.* (2006) indican que prefieren las áreas más iluminadas.

La complejidad estructural del microhábitat es otro factor de gran importancia en la selección del mismo (Jones y Bouilding, 1999; Hill *et al.*, 2004). Tanto los invertebrados terrestres como los gasterópodos acuáticos siguen un patrón común, mostrando preferencia por los microhábitats complejos. Lo que se relaciona con la eficiencia alimenticia (Heck y Crowder, 1991; Hill *et al.*, 2004), reducción del riesgo de depredación (Lima, 1985; Savino y Stein, 1989) y protección frente al estrés ambiental (Marchetti y Geller,

## SELECCIÓN DE HÁBITAT EN HELICULTURA

1987; Jones y Bouilding, 1999). En el caso de los caracoles terrestres los estudios de Fontanillas (1995) en *Helix aspersa*, Willing *et al.* (1998) en *Caracollus caracolla* y García-Mayoral (2001) en *Helix aspersa* indican que la fase de reposo se desarrolla en refugios naturales o artificiales, lo que de acuerdo con los estudios realizados en otros gasterópodos podría interpretarse como una estrategia de protección frente al estrés ambiental y a los depredadores (Jones y Bouilding, 1999).

Aunque los caracoles terrestres son extremadamente sensibles a la deshidratación y su temperatura corporal depende directamente de la temperatura externa, muestran una distribución geográfica amplia (Chevallier, 1977; Cowie, 1984) ya que gracias a su capacidad de adaptación pueden sobrevivir bajo climas templados, áridos, tropicales o fríos en condiciones de sequía o temperaturas extremas (Chevallier, 1977; Iglesias *et al.*, 1996) empleando diferentes estrategias como la secreción de un opérculo (Cuellar y Cuellar, 2003), formación de conglomerados (Arad *et al.*, 1998), compartimentalización selectiva de los fluidos corporales (Arad y Avivi, 1998) o depresión metabólica (Ansart *et al.*, 2002).

Una de las estrategias que explican su éxito ecológico es la capacidad de modificar su metabolismo y permanecer inactivos largos periodos de tiempo en respuesta a condiciones ambientales adversas mediante la estivación e hibernación estacional (Bailey, 1975; Pollard, 1975; Lind, 1988) que responden a un ritmo endógeno circanual, modulado por factores ambientales como la temperatura y el fotoperiodo (Jeppesen y Nygard, 1976; Bailey,

1981; Lorvelec y Daguzan, 1990). Ante condiciones ambientales adversas los caracoles disminuyen sus constantes vitales y permanecen dentro de sus conchas hasta que vuelven a ser favorables. La modulación de los factores ambientales determina modificaciones en los ciclos biológicos de las especies de caracoles terrestres (Lazaridou-Dimitriadou y Saunders, 1986; Iglesias *et al.*, 1996). En consecuencia, en climas muy severos la hibernación se alarga y desaparece la estivación (e.j. *Helix aspersa* en el norte de Gales, Bailey, 1981) mientras que en climas suaves desaparece la hibernación (e.j. *Helix aspersa* en Portugal, Albuquerque de Matos, 1989), e incluso existen cambios interanuales en el momento de entrar en letargo o de salir del mismo (Bailey, 1981).

Otro mecanismo importante es la adaptación de su patrón diario de actividad a las condiciones ambientales, mediante el desarrollo de un ritmo circadiano (Bailey, 1981; Bailey y Lazaridou-Dimitriadou, 1986; Lorvelec *et al.*, 1991 y Blanc, 1993) caracterizado por un periodo de reposo, diurno, que se desarrolla en condiciones de baja humedad y otro activo, nocturno, que requiere condiciones de elevada humedad relativa (Lorvelec *et al.*, 1991; Blanc, 1993; Flari y Lazaridou-Dimitriadou, 1995).

Pero el patrón de actividad puede ser regulado por factores ambientales como la temperatura o la humedad (Bailey, 1981; Takeda y Ozaki, 1986) y así, en días nublados, los caracoles se activan tras la lluvia o, en noches muy secas, retrasan el comienzo de la actividad (Bailey, 1975, 1981).

Otros mecanismos para combatir el

*Archivos de zootecnia vol. 55 (R), p. 5.*

estrés ambiental consisten en la selección de microhábitats protectores (Gallien, 1985; Moran, 1985), adaptación comportamental que ha sido descrita en diferentes especies de caracoles acuáticos como medio para controlar su temperatura interna y evitar la pérdida de agua (Garrity, 1984; Gallien, 1985; Moran, 1985). Existen evidencias de que los caracoles terrestres rechazan lugares calurosos y secos (*Theba pisana*, Cowie, 1985; *Caracollus caracolla*, Willing *et al.*, 1998), lo que puede relacionarse con el hecho de que las estructuras complejas retienen más humedad que las simples y en ellas se reducen las pérdidas de agua por evaporación y por la acción desecante del viento (Campbell, 1977; Helmuth, 1988; Monteith y Unsworth, 1990) además de suavizar la oscilación térmica (Williams y Morrith, 1995; Jones y Boulding, 1999).

La vulnerabilidad de los caracoles ante depredadores (Jensen *et al.*, 2005) justifica la preferencia por microhábitats complejos. En tanto que los animales de movimiento rápido muestran preferencia por la huida (Schooley *et al.*, 1996), los animales de movimiento lento suelen desarrollar un comportamiento críptico (Lima y Dill, 1990) de modo que la existencia de estructuras complejas podría disminuir la tasa de depredación en caracoles terrestres, de modo similar a lo descrito en otros invertebrados de movimiento lento (Anderson, 1984; Lima, 1993; Lima, 1998; Elkin y Baker, 2000).

#### APLICACIONES EN HELICICULTURA

En primer lugar se busca una distri-

bución homogénea de los animales en los criaderos que maximice el uso de los recursos disponibles (superficie útil, alimento, etc.), a la vez que minimice los riesgos de la superpoblación (sanitarios, enanismo, etc.). Los fenómenos de superpoblación responden habitualmente a una distribución heterogénea de las características del hábitat. Por lo que aquellos factores que intervienen en la selección del hábitat han de contemplarse en el diseño de criaderos e instalaciones.

La mayor parte de los criaderos al aire libre (*parques externos*, Rousselet, 1982; *parques de Jacqueminot*, Cuellar y Cuellar, 2003; *cría biológica*, Mayordomo, 2003), proponen la utilización de refugios en los recintos; ya sea en forma de tejas, ladrillos, tablas, etc. Todo ello parte de la preferencia del caracol durante la fase de reposo por zonas oscuras y húmedas. Sin embargo, la revisión de los trabajos que han sido realizados, tanto a nivel de laboratorio (Perea, 2004, Perea *et al.*, 2004, 2005, 2006), como en los que se han llevado a cabo en parques de cría y a campo (Cowie, 1984; Attia *et al.*, 1997; Willing *et al.*, 1998), muestra la preferencia por zonas estructuralmente complejas, iluminadas indirectamente y alejadas del suelo. En consecuencia la vegetación del criadero puede constituir una superficie de reposo adecuada, a excepción de las hojas que reciben iluminación solar directa. Así, en los criaderos al aire libre se usan las plantas como refugio, superficie útil y alimento, lo que a su vez permite incrementar la densidad de cría. Por este motivo, se propone una estructura de parque con varios estratos vegetales intercalados

## SELECCIÓN DE HÁBITAT EN HELICULTURA

entre sí y sin refugios tradicionales.

Por otro lado, la agrupación de los caracoles en los refugios se debe a la utilización de prácticas inadecuadas de manejo. Así los animales buscan refugios tales como tejas y ladrillos en condiciones desecantes y desfavorables para el crecimiento. Además la concentración de animales en los refugios tradicionales incrementa el riesgo sanitario; tanto por parásitos (*Ricardoella limacum*, etc.), como por enfermedades infecciosas (*Salmonella* sp., etc.) (Fontanillas y García-Cuenca, 2002) a lo que se añade que actúan en mayor medida los inhibidores del crecimiento asociados a la densidad (Mayoral *et al.*, 2004).

Al analizar los criaderos en recinto cerrado, con bateas en planos verticales (Fontanillas y García-Cuenca, 2002; Cuellar y Cuellar, 2003) se observa la existencia de factores que distorsionan la selección de hábitat. Por otro lado, los planos verticales presentan estructura simple a la vez que compleja en su unión con los bastidores que los soportan. Los animales se concentran preferentemente en las partes superiores más alejadas del suelo y en la transición de la zona simple y compleja, situándose mayoritariamente en los bastidores. En consecuencia, se propone una revisión de este tipo de criaderos con el objetivo de optimizar la superficie útil disponible de acuerdo con las preferencias de microhábitat del caracol terrestre que se esté utilizando.

### CONCLUSIONES

El conocimiento de los factores que

modifican la selección de hábitat en caracoles terrestres, tanto en laboratorio como a campo, es fundamental para la estandarización del proceso productivo.

La selección de hábitat está determinada por distintos factores que condicionan la dispersión espacial de las poblaciones en los criaderos. Entre estos factores destacan: disponibilidad de alimentos, estructura del sustrato (geotropismo, complejidad estructural, entre otros), nivel de iluminación (fototropismo), condiciones ambientales (temperatura, humedad, presión atmosférica, etc.), rechazo a depredadores, etc.

Así, en el diseño y en la rutina de manejo de los criaderos se ha de procurar la distribución homogénea de los animales a partir de los siguientes factores: disponibilidad homogénea del alimento, estructura compleja del hábitat con varios estratos vegetales intercalados, distintos niveles de altura y finalmente iluminación natural aunque evitando el sol directo. No obstante es necesario seguir profundizando en el conocimiento de la selección de hábitat como herramienta para la mejora de la helicultura.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de la *Red Andaluza de Experimentación Agraria en Helicultura*, que se está desarrollando entre el CIFA de Hinojosa del Duque de la Junta de Andalucía (IFAPA) y el Centro Experimental Pecuario de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba.

*Archivos de zootecnia vol. 55 (R), p. 7.*

BIBLIOGRAFÍA

- Albuquerque de Matos, R.M. 1989. Contributions of genetics to snail farming and conservation. *Slug and Snails in World Agriculture*, 41: 11-18.
- Alcock, J. 1998. *Animal Behavior: An Evolutionary Approach* 6<sup>th</sup> edn. Sinauer Associates. Sunderland (USA).
- Anderson, O. 1984. Optimal foraging by largemouth bass in structural environments. *Ecology*, 65: 851-861.
- Ansart, A., P. Vermon and J. Daguzan. 2002. Elements of cold hardiness in a littoral population of the land snail *Helix aspersa* (Gastropoda: Pulmonata). *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic and Environmental Physiology*, 172: 619-625.
- Arad, A. and T.R. Avivi. 1998. Ontogeny of resistance to desiccation in the bush-dwelling snail *Theba pisana* (Helicidae). *Journal of Zoology*, 244: 515-526.
- Arad, Z., S. Goldenberg and J. Heller. 1998. Short- and long-term resistance to desiccation in a minute little-dwelling land snail: *Lauria cylindracea* (Pulmonata: Pulillidae). *Journal of Zoology*, 246: 75-81.
- Attia, J., A. Blanc, M. Hassnaoui, M. Rehaïlia and B. Buisson. 1997. Spatial distribution of a population of snails *Helix aspersa maxima* (Mollusc, Gastropoda) in outdoor rearing parks. *Journal of Applied Animal Research*, 11: 57-68.
- Bailey, S.E.R. 1975. The seasonal and daily patterns of locomotor activity in the snail *Helix aspersa* Müller, and their relation to environmental variables. *Proceedings of the Malacological Society of London*, 41: 415-428.
- Bailey, S.E.R. 1981. Circannual and circadian rhythms in the snail *Helix aspersa* Müller and the photoperiodic control of annual activity and reproduction. *Journal of Comparative Physiology (A)*, 142: 89-94.
- Bailey S.E.R. y M. Lazaridou-Dimitriadou. 1986. Circadian components in the daily activity of *Helix lucorum* L. from Northern Greece. *Journal of Molluscan Studies*, 52: 190-192.
- Barbeau, M.A., K. Durelle and R.B. Aiken. 2004. A design for multifactorial choice experiments: an example using microhabitat selection by sea slugs *Onchidoris bilamellata* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 307: 1-16.
- Blanc, A. 1993. Ultradian and circadian rhythmicity of behavioural activities in the young snail *Helix aspersa maxima* (Gastropoda, Helicidae). *Canadian Journal of Zoology*, 71: 1506-1510.
- Blanc, A. and J. Attia. 1992. Effect of population density on growth of land snail *Helix aspersa maxima*. *Journal of Applied Animal Research*, 2: 73-80.
- Cameron, R.A.D. and M.A. Carter. 1979. Intra- and inter specific effects of population density on growth and activity in some Helicid land snails (Gastropoda: Pulmonata). *Journal of Animal Ecology*, 48: 237-246.
- Campbell, G.S. 1977. An Introduction to environmental biophysics. Ed. Springer-Verlag, New York.
- Charrier, M. 1980. Contribution à la biologie et à l'écophysiologie de l'escargot petit gris, *Helix aspersa* Müller (Gasteropode Pulmoné Stylommatophore). Thèse de Doctorat de tercer cycle: Université de Rennes I.
- Chevallier, H. 1977. La variabilité de l'Escargot Petit-Gris *Helix aspersa* Müller. *Bulletin du Muséum Nationale D'Histoire Naturelle*, 3<sup>o</sup> série, n<sup>o</sup> 448, Zoologie, 311, 425-445.
- Chevallier, H. 1979. Les Escargots. Un élevage d'Avenir. Dargaut. Neuilly-Sur-Seine.
- Cowie, R.H. 1984. The life-cycle and productivity of the land snail *Theba pisana* (Mollusca : Helicidae). *Journal of Animal Ecology*, 53: 311-325.
- Cowie, R.H. 1985. Microhabitat choice and high temperature tolerance in the land snail *Theba pisana* (Mollusca: Gastropoda). *Journal of*



## SELECCIÓN DE HÁBITAT EN HELICULTURA

- Zoology*, 207: 201-211.
- Cuellar, R. y M.C. Cuellar. 2003. Producción de caracoles. Bases fisiológicas, sistemas de producción y patología. Mundi-Prensa. Madrid.
- Daguzan, J. 1982. Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-Gris: *Helix aspersa* Müller (Mollusque, Gastéropode, Pulmoné stylomatophore). II-Evolution de la population juvénile de l'éclosion à l'âge de 12 semaines, en bâtiment et en conditions d'élevage contrôlées. *Annales de Zootechnie*, 31: 87-110.
- Daguzan, J. 1985. Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-gris: *Helix aspersa* Müller (Mollusque, Gasterópode, Pulmoné stylomatophore) III. *Annales de Zootechnie*, 34: 127-148.
- Daguzan, J. et D. Verly. 1989 Etude expérimentale de l'effet de la densité sur la reproduction de l'escargot petit-gris (*Helix aspersa* Müller). *Haliothis*, 19: 105-115.
- Dan, N. and S.E.R. Bailey. 1982. Growth, mortality and feeding rates of the snail *Helix aspersa* at different population densities in the laboratory and the depression of activity of Helicid snails by other individuals or their mucus. *Journal of Molluscan Studies*, 48: 257-265.
- Dupont-Nivet, M., A. Guiller and J.C. Bonnet. 1997a. Genetic and environmental variability of adult size in some stocks of the edible snail, *Helix aspersa*. *Journal of Zoology*, 241: 757-765.
- Dupont-Nivet, M., J. Mallard, J.C. Bonnet and J.M. Blanc. 1997b. Quantitative genetics of growth traits in the edible snail, *Helix aspersa* Müller. *Genetics, Selection, Evolution*, 29: 571-587.
- Dupont-Nivet, M., V. Coste, P. Coinon, J. Bonnet and J. Blanc. 2000. Rearing density effect on the production performance of the edible snail *Helix aspersa* Müller in indoor rearing. *Annales de Zootechnie*, 49: 447-456.
- Dyer, L.E. and D.A. Landis. 1996. Effects of habitat, temperature and sugar availability on longevity of *Erioborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology*, 25: 1192-1201.
- Elkin, C.M. and R.L. Baker. 2000. Lack of preference for low-predation-risk habitats in larval damselflies explained by costs of intraspecific interactions. *Animal Behaviour*, 60: 511-521.
- Flari, V. and M. Lazaridou-Dimitriadou. 1995. The locomotor activity rhythm of the edible snail, *Helix lucorum* L., in symmetrical skeleton photoperiod regimes. *Animal Behaviour*, 50: 635-644.
- Fonolla, J. and M.R. Sanz. 1984. Etude de la capacité cellulolytique de l'escargot *Helix aspersa* nourri avec des rations semisynthétiques. *Annales de Zootechnie*, 33: 99-110.
- Fontanillas, J.C. 1995. Sistemas de cría en helicultura. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Fontanillas, J.C. e I. García-Cuenca. 2002. *El caracol y la helicultura*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Gallien, W.M. 1985. The effects of aggregations on water loss in *Colisella digitalis*. *Veliger*, 28: 14-17.
- García, A., J. Perea, A. Mayoral, R. Acero, J. Martos, G. Gómez and F. Peña. 2006. Laboratory rearing conditions for improved growth of juvenile *Helix aspersa* Müller snails. *Laboratory Animals*, 40: 309-318.
- García-Mayoral, A. 2001. Memoria de actividades. Módulo Helicícola del Centro de Investigación y Formación Agraria de Hinojosa del Duque. Junta de Andalucía.
- Garrity, S.D. 1984. Some adaptations of gastropods to physical stress on a tropical rocky shore. *Ecology*, 65: 559-574.
- Heck, K.L. and L.B. Crowder. 1991. Habitat structure and predator prey interactions in vegetated aquatic systems. Bell, S.S., McCoy, E. D. & Mushinsky, H. R. Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space. Ed. Chapman & Hall, New York.
- Helmuth, B.S.T. 1988. Intertidal mussel microclimates: predicting the body temperature of a sessile invertebrate. *Ecology Monographic*,

*Archivos de zootecnia vol. 55 (R), p. 9.*

- 68: 51 - 74.
- Herreid, C.F. 1977. Metabolism of land snail (*Otala lactea*) during dormancy, arousal, and activity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 56: 211-215.
- Herzberg, F. 1965 Crowding as a factor in growth and reproduction of *Helix aspersa* Müller. *American Zoologist*, 5: 254-262.
- Hill, J.B.P., G.I. Holwell, A., Göth and M.E. Herberstein. 2004. Preference for habitats with low structural complexity in the praying mantid *Ciulfina* sp. (Mantidae). *Acta Oecologica*, 26: 1-7.
- Hughes, R.N. 1990. Behavioural mechanisms of food selection. Ed. Springer-Verlag, New York.
- Hunt, P.D. 1996. Habitat selection by American redstarts along a successional gradient in northern hardwoods forests: evaluation of habitat quality. *The Auk*, 113: 875-888.
- Iglesias, J., M. Santos and J. Castillejo. 1996. Annual activity cycles of the land snail *Helix aspersa* Müller in natural populations in north-western Spain. *Journal of Molluscan Studies*, 62: 495-505.
- Iglesias, J. and J. Castillejo. 1999. Field observations on feeding of the land snail *Helix aspersa* Müller. *Journal of Molluscan Studies*, 65: 411-423.
- Jensen, S.P., S. Gray and J.L. Hurst. 2005. Excluding neighbours from territories: effects of habitat structure and resource distribution. *Animal Behaviour*, 69: 785-795.
- Jeppesen, L.L. and K. Nygard. 1976. The influence of photoperiod, temperature and internal factors on the hibernation of *Helix pomatia* L. (Gastropoda, Pulmonata). *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening*, 139: 7-20.
- Jess, S. y R.J. Marks. 1989. The interaction of diet and substrate on the growth of *Helix aspersa* (Müller) var *maxima*. *Slug and Snails in World Agriculture, BCPC Mono*, 41: 311-317.
- Jess, S. and R.J. Marks. 1995. Population density effects on growth in culture of the edible snail *Helix aspersa* var. *maxima*. *Journal of Molluscan Studies*, 61: 313-323.
- Jess, S. and R.J. Marks. 1998. Effect of temperature and photoperiod on growth and reproduction of *Helix aspersa* var. *maxima*. *Journal of Agricultural Science*, 130: 367-372.
- Jones, K.M.M. and E.G. Boulding. 1999. State-dependent habitat selection by an intertidal snail: the costs of selecting a physically stressful microhabitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 242: 149-177.
- Lazaridou-Dimitriadou, M. and D.S. Saunders. 1986. The influence of humidity, photoperiod, and temperature on the dormancy and activity of *Helix lucorum* L. (Gastropoda, Pulmonata). *Journal of Molluscan Studies*, 52: 180-189.
- Lenderhändler, I., E.S. Barnes and D.L. Alkon. 1980. Complex responses to light of the nudibranch *Hermisenda crassicornis* (Gastropoda: Opisthobranchia). *Behavioural and Neural Biology*, 28: 218-230.
- Levy, M.G., M. Tunis and H. Isseroff. 1973. Population control in snails by natural inhibitors. *Nature*, 241: 65-66.
- Li, Y., D. Yu, X. Xu and Y. Xie. 2005. Light intensity increases the susceptibility of *Vallisneria spiralis* to snail herbivory. *Aquatic Botany*, 81: 265-275.
- Lima, S.L. 1985. Maximising feeding efficiency and minimising time exposed to predators: a trade-off in the black capped chickadee. *Oecologia*, 66: 60-67.
- Lima, S.L. 1993. Ecological and evolutionary perspectives on escape from predatory attack: a survey of North American birds. *Wilson Bulletin*, 105: 1-47.
- Lima, S.L. 1998. Nonlethal effects in the ecology of predator-prey interactions. What are the ecological effects of anti-predator decision making?. *BioScience*, 48: 25-34.
- Lima, S.L. and L.M. Dill. 1990. Behavioural decisions made under risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 68: 619-640.
- Lind, H. 1988. The behaviour of *Helix pomatia* in natural habitat. *Videnskabelige Meddelelser*

## SELECCIÓN DE HÁBITAT EN HELICICULTURA

- fra Dansk Naturhistsk Forening*, 147: 67-92.
- Lorvelec, O. et J. Daguzan. 1990. Etude, en conditions climatiques naturelles, de la variation saisonnière de l'activité locomotrice chez l'escargot *Helix aspersa* Müller. Régulation des cycles saisonniers chez les Invertébrés. Les Colloques de l'INRA, 52, 61-64. Ed. INRA, Paris.
- Lorvelec, O., A. Blanc, J. Daguzan, R. Pupier et B. Buisson. 1991. Etude des activités rythmiques circadiennes (locomotion et alimentation) d'une population bretonne d'escargots *Helix aspersa* Müller en laboratoire. *Bulletin de la Societe Zoologique de France*, 116: 15-25.
- Mangel, M. 1990. A dynamic habitat selection game. *Mathematical Biosciences*, 100: 241-248.
- Marchetti, K.E. and J.B. Geller. 1987. The effects of aggregation and microhabitat on desiccation and body temperature of the Black Turban snail, *Tegula funebris* (Adams, 1855). *Veliger*, 30: 127-133.
- Martín, J. and A. Salvador. 1995. Microhabitat selection by the Iberian Rock lizard, *Lacerta monticola*: effects on density and spatial distribution of individuals. *Biological Conservation*, 79: 303-307.
- Mayoral, A.G., A. García, J. Perea, R. Martín, J. Martos, R. Acero and F. Peña. 2004. Efecto de la densidad de población sobre el tamaño del caracol *Helix aspersa* Müller. *Archivos de Zootecnia*, 53: 379-382.
- Mayordomo, I. 2003. Cría biológica del caracol. Ed. Agrotécnicas, Madrid.
- Meadows, P.S. and J.I. Campbell. 1972. Habitat selection in aquatic invertebrates. *Advances in Marine Biology*, 10: 271-382.
- Monteith, J. L. and M. H. Unsworth. 1990. Principles of environmental physics. Ed. Arnold, London.
- Moran, M.J. 1985. The timing and significance of sheltering and foraging behaviour of the predatory intertidal gastropod *Morula marginalba* Blainville (Muricidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 93: 103-114.
- Pennings, S.C., T.H. Carefoot, E.L. Siska, M.E. Chase and T.A. Page. 1998. Feeding preferences of a generalist salt-marsh crab: relative importance of multiple plant traits. *Ecology*, 79: 1968-1979.
- Perea, J. 2004. Caracterización zootécnica del *Helix aspersa*: evaluación económica de sistemas. Tesina de Licenciatura, Universidad de Córdoba.
- Perea, J., A. Mayoral, A. García, F. Peña y R. Martín. 2004. Preferencia en el área de reposo en el caracol *Helix aspersa* Müller. Libro de Actas de X Congreso Nacional y VII Iberoamericano de Etología, Aguadulce, España. Ed. Sociedad Española de Etología.
- Perea, J., M. Herrera, A. García, A. Mayoral, M. Luque, E. Félix and C. Pérez. 2005. Selection of the habitat in the rest phase of the *Helix aspersa* under laboratorial conditions. *Book of the 56<sup>th</sup> Annual Meeting of the EAAP*, pp 364. Ed. Wageningen Academic Publisher, Uppsala.
- Perea, J., A. García, G. Gómez, R. Acero, F. Peña and S. Gómez. 2006. Effect of light and substrate structural complexity on microhabitat selection of the snail *Helix aspersa* Müller. *Journal Molluscan Studies (in press)*.
- Pollard, E. 1975. Aspects of the ecology of *Helix pomatia* L. *Journal of Animal Ecology*, 44: 305-329.
- Roberson, M. and D.L. Moorhead. 1999. Consumption of three garden plants in west Texas by *Helix aspersa*. *The South-western Naturalist*, 44: 90-93.
- Rousselet, M. 1982. Cría del caracol. Ed. Mundi Prensa, Madrid.
- Sanz Sampelayo, R., L. Fonollá and F. Gil Extremera. 1991. Factors affecting the food intake, growth and protein utilization in the *Helix aspersa* snail. Protein content of the diet and animal age. *Laboratory Animals*, 25: 291-298.
- Savino, J.F. and R.A. Stein. 1989. Behavioural interactions between fish predators and their prey: effect of plant density. *Animal*

*Archivos de zootecnia vol. 55 (R), p. 11.*

PEREA, MARTÍN, ACERO, FÉLIX, GÓMEZ, MAYORAL, PEÑA Y GARCÍA

- Behaviour*, 37: 311-321.
- Schooley, R.L., P.B. Sharpe and B. Van Horne. 1996. Can shrub cover increase predation risk for a desert rodent? *Canadian Journal of Zoology*, 74: 157-163.
- Shaw, J.H. 1985. Introduction to wildlife management. Ed. McGraw-Hill. Nueva York.
- Staikou, A. and M. Lazaridou-Dimitriadou. 1989. Effect of crowding on growth and mortality in the edible snail *Helix lucorum* (Gastropoda: Pulmonata) in Greece. *Israel Journal of Zoology*, 36: 1-9.
- Takeda, N. and T. Ozaki. 1986. Induction of locomotor behavior in the giant African snail *Achatina fulica*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, 83: 77-82.
- Thomas, J.D. and P.W.G. Daldorph. 1991. Evaluation of bioengineering approaches aimed at controlling pulmonate snails: The effects of light attenuation and mechanical removal of macrophytes. *Journal of Applied Ecology*, 28: 532-546.
- Underwood, A.J., M.G. Chapman and T.P. Crowe. 2004. Identifying and understanding ecological preferences for habitat or prey. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 300: 161-187.
- Williams, G.A. and S. Morritt. 1995. Habitat partitioning and thermal tolerance in a tropical limpet, *Cellana grata*. *Marine Ecology Progress Series*, 124: 89-103.
- Willing, M.R., E.A. Sandlin and M.R. Gannon. 1998. Structural and taxonomic correlates of habitat selection by a Puerto Rican land snail. *The Southwestern Naturalist*, 43: 70-79.

*Recibido: 16-3-06. Aceptado: 22-6-06.*

*Archivos de zootecnia vol. 55 (R), p. 12.*