

CARACTERIZACIÓN DE ALGUNOS ASPECTOS BIOLÓGICOS BÁSICOS DEL CARACOL DE TIERRA *Helix aspersa* (MOLLUSCA: GASTROPODA: STYLOMMATOPHORA) EN LA IV REGIÓN DE CHILE. I. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS¹

Cristian Alan Olivares Reyes²

RESUMEN

Se determinaron algunas características reproductivas del caracol terrestre *Helix aspersa* Müller 1774 (*sensu* Daguzan, 1981), desde un stock de ejemplares adultos recolectados en el medio ambiente y cultivados durante 36 semanas en instalaciones de la ciudad de Ovalle (IV Región de Chile). Los resultados se comparan con datos obtenidos en experiencias similares del sur del país (Osorno, X Región de Chile) y Surgères (Francia). El promedio de las tasas de acoplamiento por caja de reproducción fue de $83,10 \pm 2,25\%$ en la IV Región, registro menor al de la X Región, pero superior al obtenido en Francia. El promedio de las tasas de reproducción por caja y de las tasas de natalidad semanal correspondieron a $24,50 \pm 3,33\%$ y $68,40 \pm 3,09\%$, respectivamente, ambos valores inferiores a los registrados en el sur del país y Francia. Por otro lado, los promedios del coeficiente de fecundidad y del coeficiente de eclosión semanal alcanzaron valores de $111,97 \pm 3,91$ y $82,70 \pm 5,02$, respectivamente, valores superiores a los registrados en las dos áreas geográficas mencionadas. Los datos mostraron *a priori*, que existen diferencias significativas entre algunos parámetros reproductivos de las tres zonas en comparación, por lo que las poblaciones silvestres de la zona centro-norte del país podrían considerarse una unidad biológica distinta para la implementación de actividades de helicultura comercial. Finalmente, se estudiaron acoplamientos de caracoles pertenecientes a distintos morfotipos, siendo el *lutescens* (Cockerell) Taylor 1911, el morfo más abundante y el que mostró la mayor frecuencia de cópulas (93,4% del total). Las observaciones de cópulas sugieren que el encuentro de individuos con fines reproductivos (cortejo precopulatorio) no ocurriría al azar y existiría algún tipo de selección que favorecería la cópula entre animales del mismo morfo. Los resultados obtenidos, conforman una plataforma empírica para la formulación de un método racional de cultivo de caracoles a escala local y, en consecuencia, también demuestran la importancia de incorporar en esta actividad estudios científicos y técnicos para el mejoramiento de las condiciones de manejo, los cuales favorecerán el desarrollo objetivo de una helicultura con fines comerciales en la IV Región de Chile.

Key words: Gastropoda, Stylommatophora, *Helix aspersa*, parámetros reproductivos, helicultura, IV Región de Chile.

ABSTRACT

Characterization of some basic biological aspects of the land snail *Helix aspersa* (Mollusca, Gastropoda, Stylommatophora) in the IV region from Chile. I. Reproductive parameters

Reproductive parameters (as defined by Daguzan, 1981) of the terrestrial snail *Helix aspersa* Müller 1774, were studied for a group of 408 marked adults and reared during 36 weeks in Ovalle (IV Region from Chile). The results were compared with data obtained from similar experiments of Osorno (X Region from Chile) and Surgères (France). The estimate of "average of the mating rates per reproduction box" was $83,10 \pm 2,25\%$ in the IV Region, lower than X Region, but higher than those obtained in France. The "average of the reproduction rates per box" and the "weekly hatching rates" were $24,50 \pm 3,33\%$ and $68,40 \pm 3,09\%$ respectively, lower those registered in Osorno and France. On the other hand, the averages of the "fertility coefficient" and of the "weekly hatching coefficient"

Recebido em: 06.07.05; aceito em: 09.11.05.

¹ Financiamiento: Dirección de Investigación de la Universidad de Valparaíso (DIUV), Proyecto n° 26/97.

² Universidad de Valparaíso, Chile. Dirección actual: Crepúsculo 969, Mirador del Limarí, Ovalle-Chile, Fono Fax: 56-53-628261 – E-mail: colivaresm @ hotmail.com

reached values of $111,97 \pm 3,91$ and $82,70 \pm 5,02$, respectively, higher than those observed in the latter geographical areas. The data showed *a priori* that statistically significant differences exist among some reproductive parameters of the three areas in comparison, for what the population cultivated in the IV Region from Chile should be considered a different biological unit for the implementation of heliciculture activities. Finally, mating of snails belonging to different morphotypes was studied, being the *lutescens* (Cockerell) Taylor 1911, the most abundant and the one that showed the biggest copulatory frequency (93,4% of the total). These observations suggest that the precopulatory courtship would not happen at random and would exist a selection type that could favor the cross copulation among snails of the same morph. The results presented form a basis for a rational method of raising snails at local level and, as a consequence, they also demonstrate the importance of to incorporate scientific and technological studies for the improvement of the handling conditions, which will allow the development of a commercial heliciculture in the IV Region from Chile.

Key words: Gastropoda, Stylommatophora, *Helix aspersa*, reproductive parameters, heliciculture, IV Region of Chile.

INTRODUCCIÓN

Los moluscos terrestres participan en las cadenas tróficas de múltiples animales, vertebrados e invertebrados (GOODHART, 1962; REICHARDT et al., 1985), siendo un componente importante en diversas comunidades naturales debido a su acción como presas, consumidores primarios y como descomponedores (ROLLO, 1988). Para el hombre, los caracoles terrestres representan aspectos perjudiciales y beneficiosos. Constituyen importantes plagas en la agricultura de muchos países (GODAN, 1983), pueden actuar como vectores de virus y esporas de hongos con importancia fitopatológica y en numerosos casos son huéspedes intermediarios de parásitos de animales domésticos (MANGA; MORRONDO-PELAYO, 1989; CABARET; MORAND, 1990). Por otra parte, cabe destacar la capacidad que tienen los moluscos terrestres para almacenar en sus tejidos corporales contaminantes químicos y metales pesados, por lo que resultan unos excelentes indicadores biológicos de contaminación (GODAN, 1983; ALBUQUERQUE DE MATOS et al., 1990). Además, muchas especies de caracoles terrestres son consumidas por el hombre en todo el mundo (VILADEVALL, 1983; GALLO, 1984; MARASCO; MURCIANO, 1986; MAINARDI, 1989; CUÉLLAR et al., 1991; MIOULANE, 1995) constituyendo una importante fuente de ingresos para los distintos países que los comercializan.

El caracol común *Helix aspersa* Müller, 1774, es un molusco gastrópodo terrestre de origen esencialmente mediterráneo (CHEVALLIER, 1977) que ha sido introducido en las islas Británicas, América del Norte y del Sur, en Asia Occidental, en el sur de África y en Oceanía (CHEVALLIER, 1992). Esta y otras

especies de caracoles terrestres son consideradas como plagas en la agricultura de muchos de los países en donde han sido introducidos (GODAN, 1983), mientras que en su zona de origen son apreciadas como un valioso recurso natural, que se encuentra al amparo de medidas legislativas de protección (Francia, Italia, Bélgica, Alemania, Suiza, Luxemburgo). En estos países, el elevado valor económico de los caracoles de tierra y la consiguiente sobre-explotación de las poblaciones naturales han sido las principales causas del gran impulso experimentado por la helicicultura en Europa, a partir de la década del ochenta.

En la actualidad, el cultivo de caracoles se realiza según tres técnicas diferentes. La cría de ciclo completo en parques exteriores es el método mayoritariamente empleado en Italia (ELMSIE, 1989; IGLESIAS, 1995). En cambio, la cría en edificios bajo condiciones ambientales controladas, ha sido propuesta por varios autores españoles (FONTANILLAS, 1989; CUÉLLAR et al., 1991) y es muy utilizada en Bélgica (DE GRISSE, 1991). Finalmente, existe un método mixto, desarrollado en Francia (DAGUZAN, 1985), en donde la reproducción, la eclosión y las primeras fases de crecimiento de los juveniles tienen lugar en locales climatizados, mientras que el engorde es realizado en recintos exteriores.

Estudios previos sobre la biología reproductiva del *H. aspersa* han abordado aspectos como la caracterización de las distintas fases de crecimiento, determinación de los parámetros reproductivos al nivel de laboratorio como en terreno, el efecto del fotoperíodo sobre la frecuencia de acoplamientos y el control neuroendocrino de las ovoposiciones, y la relación entre talla y fecundidad en algunas subespecies

(DEFAYE, 1945; HERZBERG; HERZBERG, 1962; CHARRIER, 1980; DAGUZAN, 1981; GUÉMÈNÈ; DAGUZAN, 1982; 1983; DAGUZAN, 1985; GOMOT; DERAY, 1987; GOMOT, 1990; MADEC et al., 1998).

El cultivo comercial del caracol de tierra, ha tenido un pobre desarrollo en la actividad agropecuaria de Chile, dado principalmente por las escasas investigaciones sobre el particular (ZAPATA et al., 1989; ZAPATA; ZULETA, 1994). El conocimiento regional de los parámetros reproductivos básicos, genética y patologías específicas que afectan al caracol *H. aspersa*, es una herramienta imprescindible en el manejo comercial de este recurso biológico.

En este estudio, se tuvo como objetivo general la determinación de los parámetros reproductivos básicos (*sensu* Daguzan, 1981) y la cuantificación de los acoplamientos entre distintos morfotipos del caracol de tierra *H. aspersa*, basándose en un stock de 408 reproductores acondicionados en instalaciones helicícolas de la ciudad de Ovalle, (30°15' S; 71°10' W; IV Región de Chile). Esto permitirá establecer los fundamentos técnicos para iniciar el cultivo rentable del *H. aspersa* en la zona. Los resultados obtenidos se comparan con los registrados en Osorno (40°35' S, 73°09' W, X Región; Zapata et al., 1989) y con los comunicados en una zona próxima a la costa del mar Atlántico en Francia (Centro Helicícola de la Estación I.N.R.A. de Magneraud, Surgères, 46°7' N, 0°45' W; DAGUZAN, 1981) bajo la siguiente hipótesis de trabajo: "Sí, a escala continental, las distintas poblaciones de *Helix aspersa* conforman una entidad biológica con parámetros reproductivos (*sensu* Daguzan, 1981) de expresión heterogénea, vale decir, dependientes de los factores ambientales locales, entonces, los parámetros reproductivos de las poblaciones de la zona centro-norte de Chile, presentarán diferencias significativas con los datos registrados en poblaciones del sur de Chile y del este de Francia".

MATERIALES Y MÉTODOS

a) Parámetros reproductivos (Tabla 1)

Estos parámetros se cuantificaron durante 36 semanas, a partir del 10 de julio de 1987 hasta el 18 de agosto de 1998, en un cultivo experimental de *H. aspersa* implementado en la ciudad de Ovalle. Para la contrastación de los datos, se optó por el cálculo de la media aritmética, la desviación estándar y el error estándar de la media (\bar{x} , DE, EE) cuantificándose las diferencias mediante un análisis de varianza (ANOVA de una vía, Sokal; Rohlf, 1979). El cultivo se realizó

en un recinto cerrado a temperatura y humedad ambiente, variables registradas diariamente con un termo higrómetro digital LCD ($t^{\circ} = 0-50^{\circ}\text{C}$; $H^{\circ} = 2-98\%$ HR). Los adultos destinados a reproducción fueron recolectados desde poblaciones naturales de zonas urbanas en las IV y V regiones del país. Estos individuos cumplieron sólo con el requisito de poseer un borde o labio peristomal curvo y engrosado. La formación del labio es el criterio utilizado generalmente como indicador de madurez sexual en helícidos (WOLDA, 1970; BAUR, 1988). Los individuos adultos así recolectados, fueron depositados, previo un período de acondicionamiento de tres días, en ocho jaulas plásticas de cuatro niveles cada una. Todos los individuos recolectados ($n = 408$) fueron marcados con un número de identificación en la última espira de la concha, se registró el diámetro máximo, la abertura peristomal y la altura de la concha (CHEVALLIER, 1977; ÖRSTAN, 2003) con un pié de metro aproximando las medidas a 0,01 mm. Por último, se registró el peso de cada caracol vivo y el de su respectiva concha con una balanza OHAUS (sensibilidad = 0,02 g). Las conchas se obtuvieron de aquellos animales marcados que murieron en el curso de la investigación, las cuales fueron vaciadas y secadas al sol para eliminar residuos que viciaran las mediciones del peso. Las jaulas de reproducción consistieron en dos estructuras plásticas, cada una con cuatro niveles (= cajas) desmontables y numerados, cuyas paredes se confeccionaron con láminas de mica transparente ($25,0 \times 45,2 \times 29,0$ cm). Cada jaula alojó 51 caracoles adultos. En el interior de cada nivel se dispuso agua y alimento concentrado (CUÉLLAR; CUÉLLAR, 1991) *ad libitum* y cuatro potes plásticos transparentes (1/2 kg) conteniendo arena de río, la cual fue sometida a $t^{\circ} > 300^{\circ}\text{C}$ por 15 minutos, para la recepción de las ovoposiciones y su posterior incubación a temperatura ambiente (DAGUZAN, 1981). Las eclosiones y las dos fases de crecimiento se dispusieron en cajas de plástico numeradas (**Fase I:** $30 \times 20 \times 6$ cm; **Fase II:** $30 \times 20 \times 12$ cm) cuyas paredes presentaban perforaciones de 2 mm^2 . En su interior se dispuso agua y alimento permanentemente, para un seguimiento de la dinámica poblacional. Se realizó el aseo de las jaulas de reproducción y cajas de crecimiento cada 5-6 días. Se registraron cada mañana, durante 36 semanas, los acoplamientos existentes en los ocho niveles de las dos jaulas de reproducción junto con las ovoposiciones presentes en las mismas (cantidad y calidad de las ovas), anotándose en cada pote o ponedero, el número del reproductor parental, la fecha de ovoposición, el nú-

mero de caja de la cual fue obtenida y posteriormente la fecha de eclosión y la cantidad de juveniles eclosionados. Así mismo, se registraron diariamente los caracoles adultos muertos o enfermos, los que fueron eliminados de las jaulas. Aquellos escasos animales que presentaron epifragma, fueron mantenidos en su lugar de reposo.

b) Acoplamiento entre distintos morfotipos

Se identificaron los distintos morfotipos de *Helix aspersa* a través de la determinación del patrón de bandeado y la coloración de la concha según Chevallier (1977) y Albuquerque (1985). Las observaciones realizadas para describir selección de pareja y acoplamientos se hicieron todos los días durante las 8h y las 12h AM. Como *H. aspersa* es un animal de costumbres fundamentalmente nocturnas, también durante la noche (21h-24h) se registraron las conductas de apareamiento utilizándose para este propósito linternas manuales con luz roja. Simultáneamente, se anotaron la temperatura y humedad para estos dos tiempos de observación. Se utiliza el test de χ^2 para poner a prueba la hipótesis de una probable conducta de selección de pareja según el morfotipo de los individuos en cópula.

c) Definición de términos para el cálculo de los parámetros reproductivos

- Promedio del n° de acoplamientos por caja
= N° total de cópulas por caja / 35
- Promedio del n° de acoplamientos por semana
= N° total de cópulas por semana / 35
- Promedio de las tasas de acoplamiento por caja
= \bar{c} (tasas de acoplamiento por caja) / 8
- Tasa de acoplamiento por caja
= $(N^\circ \text{ total de individuos que copulan durante 35 semanas en cada caja} / 51) * 100$
- Promedio de las tasas de acoplamientos por semana
= \bar{c} (tasas de acoplamiento por semana) / 35
- Tasa de acoplamiento por semana
= $(N^\circ \text{ de individuos que copulan por semana en todas las cajas} / 408) * 100$
- Promedio del n° de ovoposiciones por caja
= N° total de ovoposiciones por caja / 36
- Promedio del n° de ovoposiciones por semana
= N° total de ovoposiciones registradas semanalmente / 36
- Promedio de las tasas de reproducción por caja
= \bar{c} (tasas de reproducción por caja) / 8
- Tasa de reproducción por caja
= $(N^\circ \text{ de individuos que ovopositan durante 36 semanas en cada caja} / 51) * 100$

- Promedio de las tasas de reproducción por semana
= \bar{c} (tasas de reproducción semanal) / 36
- Tasa de reproducción semanal
= $[(N^\circ \text{ total de individuos que ovopositan por semana}) / 408] * 100$
- Promedio del coeficiente de fecundidad por caja
= N° total de ovas por caja / 36
- Coeficiente de fecundidad promedio
= N° total de ovas / 144
- Duración media de la incubación
= \bar{c} (N° de días de incubación en todas las ovoposiciones con eclosiones) / 81
- Promedio de la mortalidad por caja
= N° de individuos muertos por caja / 36
- Mortalidad total (= Tasa de mortalidad)
= $(N^\circ \text{ total de individuos muertos durante 36 semanas} / 408) * 100$
- Promedio de la mortalidad por semana
= N° total de individuos muertos por semana / 36
- Tasa promedio de mortalidad
= $[(N^\circ \text{ caracoles muertos} / \text{semana} / 8 \text{ cajas}) / 408] * 100$
- Promedio de las tasas de natalidad semanal
= \bar{c} (tasas de natalidad registradas durante 36 semanas de estudio) / 86
- Tasa de natalidad semanal
= $(N^\circ \text{ juveniles eclosionados} \text{ semanalmente por ovoposición} / N^\circ \text{ ovas por ovoposición}) * 100$
- Promedio de los coeficientes de eclosión por caja
= \bar{c} (N° total de juveniles eclosionados por caja) / 36
- Promedio de los coeficientes de eclosión por semana
= \bar{c} (N° total de juveniles eclosionados por semana) / 97
- Rendimiento de reproducción
= $(N^\circ \text{ total de juveniles eclosionados} \text{ semanalmente}) / 408$
- Rendimiento ponderal de reproducción
= $\text{Peso total de los juveniles recién eclosionados} / \text{Peso total de los reproductores}$
8 = N° de cajas de reproducción
51 = N° de reproductores en cada una de las ocho cajas
35/36 = N° de semanas de muestreo
81 = N° total de ovoposiciones con registro de eclosiones
86 = N° de datos de tasas de natalidad semanal
97 = N° total de datos de eclosiones semanales
144 = N° total de ovoposiciones
408 = N° total de reproductores en todas las cajas de reproducción

RESULTADOS

Para cuantificar algunos aspectos reproductivos de los caracoles en estudio y comparar estos datos con los resultados de otros autores, se empleó un cierto número de parámetros ya definidos por Daguzan (1981) (ver tabla 1). Las dimensiones de las cajas de

reproducción se muestran en la Tabla 2. De las mediciones morfométricas y ponderables del stock de reproductores, destacó la buena correlación entre las variables diámetro/abertura de la concha y la mayor variabilidad del peso del animal vivo y del peso de la concha vacía (Tabla 3). La distribución de temperatura y humedad relativa del aire durante la experiencia, se muestra en la Figura 1.

1. Variación de la frecuencia y tasa de acoplamiento

Después de 35 semanas de investigación, no se constataron diferencias significativas entre los **promedios del n° de acoplamientos por caja** (ANOVA: $F = 0,73$; $p > 0,05$; $n = 35$). En este mismo periodo, se observó un **promedio del n° de acoplamientos por semana** de 13,69 (DE = 14,369; EE = 14,37; $n = 35$). Los acoplamientos se iniciaron el 10 de julio de 1997, aproximadamente nueve días después de su acondicionamiento a las nuevas características experimentales, y se prolongaron hasta la 35ª semana. El **promedio de las tasas de acoplamiento por caja** alcanzó un valor de 83,1% (DE = 6.37; EE = 2,25; $n = 8$) (Tabla 4). En cambio, el **promedio de las tasas de acoplamiento por semana**, alcanzó una media de 6.6% (DE = 6.8; EE = 1.15; $n = 35$). Se verificó que esta variable mostró máximos importantes entre la 5ª y la 23ª semana, correspondientes principalmente a la estación de primavera (Figura 2). Durante nueve meses de muestreo, el 50% de los individuos se apareó 2.7 veces y el 15,5% lo hizo de cinco a diez veces (Figura 3).

2. Variación de la frecuencia de las ovoposiciones y de la tasa de reproducción.

El **promedio del n° de ovoposiciones por caja**, no mostró diferencias significativas durante el transcurso del estudio (ANOVA: $F = 1,07$; $p > 0,05$; $n = 36$), aunque sí se observó un aumento de este parámetro desde la semana n° 11 a la 20 (Primavera). El **promedio del n° de ovoposiciones por semana**, fue de 4,47 (DE = 5.01; EE = 0.835; $n = 36$). Los caracoles ovopositaron sólo a partir del 17 de julio de 1997, o sea, un mínimo de siete días después de los acoplamientos y 17 días posteriores al acondicionamiento experimental. El **promedio de las tasas de reproducción por caja** fue de 24,5 % (DE = 9.43; EE = 3.33; $n = 8$; ver Tabla 4). Por otra parte, y teniendo en cuenta la mortalidad de los reproductores en el transcurso de la experiencia, el **promedio de las tasas de reproducción por semana** fue de 1.06% (DE = 1.22; EE = 1.22; $n = 36$); los valores más altos

de esta variable se observaron entre el 18/09/97 y el 26/11/97, que corresponden al período de primavera (ver Figura 4). De 408 caracoles adultos, el 24,5% ovopositó al menos una vez. Los individuos pudieron ovopositar hasta tres veces en el lapso de tiempo que duró este estudio, pero esto ocurrió en forma muy poco frecuente (2%); la mayoría de ellos lo hizo entre una (78%) o dos veces (20%) en el curso de las 36 semanas de estudio.

3. Variación del Coeficiente de Fecundidad y duración de la incubación.

El **promedio del coeficiente de fecundidad por caja** mostró un aumento en sus valores durante el período de primavera (Figura 5), pero para cada una de las ocho cajas de reproducción no hubo diferencias significativas en el comportamiento semanal de esta variable (ANOVA: $F = 1,09$; $p > 0,05$; $n = 36$). El valor promedio del **coeficiente de fecundidad** fue de 111,97 (DE = 46,96; EE = 3,91; $n = 144$; ver Tabla 4) variando de 20-273 ovas/ovoposición. La cantidad total de ovas producidas fue de 16.124 La **duración promedio de la incubación** fue de 18,97 (DE = 5,52; EE = 0.61; $n = 81$) y el rango total varió de 8 a 32 días (ver Figura 6).

4. Importancia de la mortalidad de los caracoles adultos en el curso de 36 semanas de observación

La mortalidad de los reproductores, relativamente baja durante las primeras semanas de estudio, mostró gran variabilidad y máximos importantes a partir de la semana N° 25 (ver Figura 7). Los **promedios de mortalidad por caja** no exhibieron diferencias estadísticamente significativas (ANOVA: $F = 0,44$; $p > 0,05$; $n = 36$). En 36 semanas de muestreo, la **tasa de mortalidad** alcanzó un valor de 69,61%. El **promedio de la mortalidad por semana** alcanzó un valor de 7,89 individuos (DE = 10.53; EE = 1,76; $n = 36$). El rango para las tasas promedio de mortalidad semanal para todas las cajas en su conjunto, fue de 0,13 G 0,12 y 6,13 G 0,79 (media aritmética G EE).

5. Tasa de natalidad y coeficiente de eclosión

De un total de 16.124 ovas se lograron producir 8.024 juveniles pertenecientes a la fase I. La **tasa de natalidad semanal** varió de 2,33-100,0% alcanzando un promedio de 68,4 % (DE = 28.62; EE = 3.09; $n = 86$) (Tabla 4); los máximos importantes se observaron en los primeros 21 días y entre las semanas 12 y 33 (ver Fig. 8). Los **promedios de los coe-**

coeficientes de eclosión por caja no arrojaron diferencias significativas durante el período de estudio (ANOVA, $F = 1,07$; $p > 0,05$; $n = 36$). El **coeficiente promedio de eclosión semanal** fue de 82,7 juveniles por eclosión (DE = 49,54; EE = 5,02; $n = 97$; ver Tabla 4). La variación semanal del coeficiente de eclosión (Fig. 9), muestra que en primavera se concentraron los principales registros de eclosiones de juveniles (fase I).

El **rendimiento de reproducción** alcanzó la cifra de 19,67 juveniles por reproductor (vale decir, un reproductor en promedio produce aproximadamente 20 juveniles fase I) y el **rendimiento ponderal de reproducción** fue igual a 0,137 (1 kg de caracoles reproductores rinde 137 g de juveniles fase I).

6. Acoplamiento de los distintos morfotipos de *Helix aspersa*

Se reconocieron siete morfos de *H. aspersa* (Tabla 5); los cuales, al cabo de 36 semanas de observación, efectuaron en total 755 acoplamientos. Una prueba de chi cuadrado mostró preferencias por el tipo de pareja involucrada en los acoplamientos ($\chi^2 = 54,05$; $p < 0,001$). De los morfos que exhibieron una mayor frecuencia de cópulas, destacó el **lutescens** (93,4%) (Tabla 5). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el promedio de cópulas por individuo de cada morfotipo (ANOVA, $F = 1,41$, $p > 0,05$; ver Figura 10).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio, muestran que es factible implementar actividades de helicultura con fines comerciales en la IV Región de Chile, específicamente en la Provincia del Limarí. Al comparar los datos con los del sur del país, tenemos que Zapata et al. (1989) registran una tasa de acoplamientos y de reproducción, mayores que las obtenidas en la IV Región (un 16,9 % y un 75,5% más altos, respectivamente), situación que puede ser producto del bajo número de especímenes adultos ($n = 16$) que se emplearon en esta experiencia con respecto a los 408 reproductores utilizados en las instalaciones de Ovalle. Estas densidades, al ser tan bajas (22,8 individuos/m² en Osorno, contra los 389 individuos/m² en Ovalle), facilitan el manejo y el hacinamiento se reduce al mínimo, factores que afectan significativamente el crecimiento y la reproducción de *H. aspersa* (LUCARZ, 1982; BAUR, 1988). Para Gomot; Deray (1987), las condiciones

ideales de densidad en las cajas de cría corresponden a 24 individuos adultos/m². Daguzan (1981) mostró una tasa de acoplamientos menor en un 10,7% a la observada en este trabajo ($t = 2,23$; $p < 0,05$), pero la tasa de reproducción fue un 65,4% mayor ($t = 11,4$; $p < 0,01$).

El hecho de que las primeras ovoposiciones hayan ocurrido sólo siete días después de las primeras cópulas, se corresponde con los datos entregados por otros autores como Cuéllar et al. (1991); Daguzan (1981); Guèmnè; Daguzan (1982) y Gomot; Deray (1987) quienes, además de demostrar la gran variabilidad de los registros, limitan la fase de puesta entre 10 y 84 días después de ocurridos los acoplamientos, según la duración del período de hibernación previo a la adecuación de los adultos en las cajas de reproducción. Chevallier (1992), señala, como promedio, un período de 10 días entre acoplamiento y puesta, pero este lapso de tiempo podría reducirse a dos días (BONNET et al., 1991). Debe destacarse que varias de las ovoposiciones tempranas observadas en nuestro estudio, pudieron tener como origen la recolección, desde su ambiente natural, de ejemplares que ya habían copulado antes de su adaptación a las condiciones experimentales de este estudio. Zapata et al. (1989) encuentran coeficientes de fecundidad y de eclosión inferiores en un 32,3% y 15,0%, respectivamente, a los registrados en la IV Región. Esto puede implicar ventajas comparativas con respecto a la producción intensiva de ovas y juveniles de la fase I. Sin embargo, la tasa de natalidad es mayor en un 23,1% en la X Región. Daguzan (1981), registra un mínimo de 99 y un máximo de 135 ovas por ovoposición, que al igual que las cifras arrojadas por el presente estudio (Tabla 4), difieren considerablemente de los datos obtenidos por Herzberg; Herzberg (1962), quienes observan en el medio exterior un máximo de sólo 53 ovas por puesta. Aunque el alto número de ovas por puesta observado en este estudio ($n = 273$) podría deberse a registros de ovoposiciones realizadas simultáneamente por dos o más reproductores en un mismo pote, mantenemos el dato, ya que la estructura y homogeneidad de esta y otras nidadas con más de 200 ovas, sugirió que habían sido realizadas por un mismo individuo. La tasa de natalidad informada por Daguzan (1981), supera en un 15,9 % a la observada en la IV Región. La tasa de mortalidad del stock reproductor fue mayor en un 43,1% a la registrada en Francia, aunque el promedio de la mortalidad por semana fue inferior en un 72,1%. Esta alta tasa de mortalidad, probablemente se deba a la mortalidad normal de los

individuos de los cuales no se conoce la edad exacta ni su estado parasitológico y al agotamiento de los caracoles colocados en reproducción intensiva durante 9 meses.

En cuanto a la posibilidad de acoplamiento entre distintos morfos de *H. aspersa* algunos autores, como Gutiérrez et al. (1989), postulan que las distintas variedades, razas, formas y tipos de la especie *H. aspersa* nunca copularán entre sí, lo que puede traducirse en problemas de producción helicícola al disminuir los valores de los parámetros reproductivos del molusco. Sin embargo, se comprueba en esta experiencia que los acoplamiento efectivamente ocurren entre los distintos morfotipos (ver Tabla 5) y que, aparentemente, estos no se realizarían al azar, sino que existiría algún tipo de selección de pareja; en este sentido, debe destacarse que los acoplamiento ocurrieron principalmente entre ejemplares del morfotipo más numeroso (75%, ver Tabla 5), vale decir, *lutescens*, situación que no sería resultado de su mayor abundancia y, por tanto, de una mayor probabilidad de encuentro entre los individuos. Por tanto, es clara la conveniencia de cultivar el morfotipo más abundante, dada la facilidad con que puede ser recolectado para fines reproductivos o de selección genética.

Los resultados hasta aquí descritos, apoyarían la hipótesis de que las poblaciones silvestres del sur y del centro del país y las de Francia, conformarían poblaciones heterogéneas con respecto a sus parámetros reproductivos, por lo que ambas áreas geográficas deberían considerarse como unidades helicícolas distintas para implementar estrategias de cultivo comercial. Sin embargo, es claro que son necesarios estudios sectoriales y de mayor significancia estadística que pongan a prueba consistentemente la hipótesis de trabajo.

Finalmente, comparando en su globalidad los datos obtenidos en nuestro estudio con aquellos registrados por Daguzan (1981) y Zapata et al. (1989), podemos concluir que: "Para iniciar y poner en marcha una actividad de helicicultura intensiva en la Provincia del Limarí, a partir de individuos extraídos de poblaciones naturales de la zona centro-norte de Chile, es necesario implementar métodos específicos de cultivo los cuales deben ser coherentes con las características reproductivas locales de esta especie y con las características climáticas de la IV Región (p. e., considerar densidades óptimas; fijación de caracteres de importancia cultural mediante selección genética; disminución de las mortalidades de adultos; manejo eficiente del fotoperíodo, t° y H° ; determinar

los períodos de dormancia, adaptación de tecnología computarizada para el control de parámetros ambientales en el laboratorio de hatchery, etc.). En este sentido, es primordial contar con: (a) reproductores producidos en laboratorio, lo que nos permitiría conocer gran parte de su historial biológico, (b) una investigación profunda sobre la biología reproductiva del stock parental y la dinámica poblacional de las Fases I y II, (c) un método de profilaxis adecuado para las actividades de producción, basado en un estudio acabado de los agentes patológicos el que permitiría un eficiente control de enfermedades y (d) determinación de las características etológicas de esta especie bajo condiciones de cultivo locales (p.e., conductas de "homing" y de agrupamiento). Contar con estos factores permitirá diseñar y poner a prueba un protocolo y cronograma de producción basados en sólidos fundamentos biológicos. Por último, para potenciar futuros objetivos de comercialización (p.e., caviar y juveniles fase I), deben considerarse con atención valores como los correspondientes a la **tasa de acoplamiento, coeficiente de fecundidad y coeficiente de eclosión** registrados en la IV Región, los cuales son superiores o muy similares a los obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en Francia (ver Tabla 4), país que está a la vanguardia en la investigación y cultivo del *Helix aspersa*.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Srta. Laura Robles, por su valioso aporte técnico en la implementación y puesta en marcha del estudio, así como a la Dirección de Investigación de la Universidad de Valparaíso por el financiamiento prestado a la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS

- ALBUQUERQUE DE MATOS, R. M. Variação intraespecífica, morfos e sua determinação genética em *Helix aspersa* Müller 1774. **Publicações Ocasionais da Sociedade Portuguesa de Malacologia**, Lisboa, n. 5, p. 15-30, set. 1985.
- ALBUQUERQUE DE MATOS, R. M.; SERRA, J.; SIMÕES, M.; CAPELA, S. Gastropodes terrestres e dulcícolas como indicadores da qualidade do ambiente a nível regional e local. In: Conferência Nacional sobre Qualidade do Ambiente, 2, Lisboa, 4-6 de abril de 1990.
- BAUR, B. Population regulation in the land snail *Arianta arbustorum*; density effects on adult size, clutch size and incidence of eggs cannibalism. **Oecologia**, Berlin n. 77, p. 390-394, 1988.
- BONNET, J.; AUPINEL, P.; VRILLON, J. **L'escargot *Helix aspersa*. Biologie-Élevage**. Versailles: INRA. 1991. 125 p.
- CABARET, J.; MORAND, S. Single and dual infections of the land snail *Helix aspersa* with *Muellerius capillaris* and *Allionema appendiculatum* (Nematoda). **Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 76, n. 4, p. 579-580, 1990.

- CUÉLLAR, R.; CUÉLLAR, L.; GARCÍA T. **Helicicultura. Cría moderna de caracoles**. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 138 p.
- CHARRIER, M. **Contribution a la biologie et a l'ecophysologie de l'escargot Petit-gris *Helix Aspersa* Müller (Gasteropode, Pulmoné, Stylommatophore)**. 1980. 330 p. Tesis Doctoral. Universidad de Rennes, Rennes, 1980.
- CHEVALLIER, H. La variabilité de l'Escargot Petit-gris *Helix aspersa* Müller. **Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle**, Paris, III serie, n. 448, Zoologie, n. 331, p. 425-442, 1977.
- CHEVALLIER, H. **L'élevage des escargots. Production et preparation du Petit-gris**. Maison Alfort: Point Vétérinaire, 1992. 144 p.
- DAGUZAN, J. Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-gris: *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). I. Reproduction et éclosion des jeunes en bâtiment et en conditions thermohygro-métriques contrôlées. **Annales de Zootechnie**, Nancy, n. 30, p. 249-272, 1981.
- DAGUZAN, J. Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-gris: *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). III. Élevage mixte (reproduction en bâtiment contrôlées et engraissement en parc extérieur): activité des individus et évolution de la population juvénile selon la charge biotique du parc. **Annales de Zootechnie**, Nancy, n. 34, p. 127-148. 1985.
- DEFAYE, J. Les phases de croissance chez *Helix aspersa* Müller. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, III serie, n. 220, p. 411-412, mar/1945.
- DE GRISSE, A. Automatisatie van de vetmesting van escargots. **Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen**, Gent, n. 56, p. 83-96, 1991.
- ELMSLIE, L. Snail farming in field pens in Italy. In: HENDERSON, I. (Ed.). **Slugs and Snails in World Agriculture**. Proceedings of a Symposium in Guilford, 10-12.04.1989. Thornton Heath: British Crop Protection Council, 1989. 422p. [BCPC Monograph, n. 41, p. 19-25].
- FONTANILLAS, J. **El caracol. Biología, patología y helicicultura**. Madrid: Mundi Prensa, 1989. 102 p.
- GALLO, G. **El Caracol. Cría y explotación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 179p.
- GODAN, D. **Pest slugs and snails. Biology and control**. Berlin: Springer, 1983. 445p.
- GOMOT, L.; DERAY, A. Les escargot. **La Recherche**, Paris, v.186, n.18, p. 302-311, mar/1987.
- GOMOT, L.; DERAY, A. Photoperiod and temperature interaction in the determination of reproduction of the edible snail, *Helix pomatia*. **Journal of Reproduction and fertility**, Cambridge, n. 90, p. 581-585, 1990.
- GOODHART, C. Variation in a colony of the snail *Cepaea nemoralis* (L.). **Journal of Animal Ecology**, Oxford, n. 31, p. 207- 237, 1962.
- GUÈMÈNÈ, D.; DAGUZAN, J. Variations des capacités reproductrices de l'escargot "Petit-gris", *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore), selon son origine géographique. I – Accouplement et ponte. **Annales de Zootechnie**, Nancy, v. 31, n. 4, p. 369-390, 1982.
- GUÈMÈNÈ, D., DAGUZAN, J. Variations des capacités reproductrices de l'escargot "Petit-gris", *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore), selon son origine géographique. II – Incubation des oeufs et éclosion des jeunes. **Annales de Zootechnie**, Nancy, v. 32, n. 4, p. 525-538. 1983.
- GUTIÉRREZ, V.; MEDINA, M.; DUQUE, I.; BRAVO, R. La Helicicultura en Chile. **Informativo Agroeconómico**, Santiago, 1989, v. 6, n. 4, p. 8-12.
- HERZBERG, F.; HERZBERG, A. Observations on reproduction in *Helix aspersa*. **The American Midland Naturalist**, Indiana, n. 68, p. 297-306, 1962.
- IGLESIAS, P. **Biología del caracol común *Helix (Cornu) aspersa* (O.F. Müller, 1774), en poblaciones naturales de Galicia. Implicaciones en su conservación y cría zootécnica (Helicicultura)**. 1995. 274 p. Memoria para optar al Grado en Doctor en Biología, Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela, España, 1995.
- LUCARZ, A. Effet du groupement sur la croissance ponderale d'Escargots *Helix aspersa* Müller. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, III serie, n. 294, p. 753-756. 1982.
- MADEC, L.; GUILLER, A.; COUTELLEC-VRETO, M.; DESBUQUOIS, C. Size-fecundity relationships in the Land snail *Helix aspersa*: preliminary results on a form outside the norm. **Invertebrate Reproduction and Development**, Rehovoth, v. 34, n. 1, p. 83-90, 1998.
- MAINARDI, F. **Cría Rentable del Caracol**. Barcelona: De Vecchi., 1989. 112 p. [Colección Animales domésticos y Acuarios].
- MANGA, M.; MORRONDO-PELAYO, M. Experimental infection by ovine *Muellerius capillaris* (Nematoda, Protostrongylidae) larvae on five species of molluscs (Hygrominae, Helicodontinae and Helicinae). **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée**, Paris, n. 64, p. 30-41, 1989.
- MARASCO, F.; Y MURCIANO, C. **Guía completa de la cría de caracoles**. Barcelona: De Vecchi, 1986. 127 p.
- MIOULANE, P. **Los Caracoles. Cría Moderna y Rentable**. Barcelona: De Vecchi, 1995. 126 p. [Colección Ganadería y Apicultura].
- ÖRSTAN, A. Calculation of the coefficient of variation from the diameter measurement of snail shells. **Triton**, Rehovot, n. 8, p. 21-32, sept. 2003.
- REICHARDT, A.; RABOUD, C.; BURLA, H.; BAUR, B. Causes of death and possible regulatory processes in *Arianta arbustorum* (L., 1758) (Pulmonata, Helicidae). **Basteria**, Leiden, n. 49, p. 37-46, 1985.
- ROLLO, C. A quantitative analysis of food consumption for the terrestrial mollusca: allometry, food hydration and temperature. **Malacologia**, Michigan, n. 28, p. 41-51, 1988.
- SOKAL, R.; ROHLF, F. **Biometría**. Madrid: H. Blume, 1979. 832 p.
- VILADEVALL, I. **El caracol. Cría y producción**. Barcelona: Aedos, 1983. 147 p.
- WOLDA, H. Variation in growth rate in the land snail *Cepaea nemoralis*. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, n. 12, p. 185-204, 1970.
- ZAPATA, J.; MORALES, V.; PÉREZ, E. Reproducción en condiciones de laboratorio, de un stock de *Helix aspersa* introducido en el sur de Chile (Gastropoda: Pulmonata). **Biota**, Osorno, n. 5, p. 55-61, ene-jun/1989.
- ZAPATA, J.; ZULETA, C. Cultivo mixto de *Helix aspersa* Müller (Gastropoda, Pulmonata) en el sur de Chile. **Agro-Ciencia**, Chillán, v. 10, n. 1, p. 33-36, 1994.

TABLA 1 – Definición de los parámetros usados en la evaluación de algunos aspectos reproductivos del caracol de tierra *Helix aspersa* (*sensu* Daguzan, 1981).

Variable	Fórmula
Tasa de acoplamientos	$\frac{\text{N}^\circ \text{ individuos que se aparean}}{\text{N}^\circ \text{ total de individuos}} * 100$
Tasa de reproducción (%)	$\frac{\text{N}^\circ \text{ individuos que ovopositan}}{\text{N}^\circ \text{ total de individuos}} * 100$
Coficiente de fecundidad (Tasa de Fertilidad)	Nº de ovas por ovoposición
Coficiente de eclosión	Nº de juveniles por eclosión
Tasa de natalidad (%)	$\frac{\text{N}^\circ \text{ juveniles eclosionados}}{\text{N}^\circ \text{ ovas por ovoposición}} * 100$
Duración de la incubación	Nº días entre la ovoposición y la eclosión
Rendimiento reproductivo	$\frac{\text{N}^\circ \text{ juveniles eclosionados}}{\text{N}^\circ \text{ reproductores en cultivo}}$
Rendimiento ponderal de la reproducción	$\frac{\text{Juveniles eclosionados (peso total)}}{\text{Reproductores cultivados (peso total)}}$

TABLA 2 – Características de las cajas utilizadas en el estudio de los parámetros reproductivos (*sensu* Daguzan, 1981) del caracol de tierra *H. aspersa*.

Características	Zapata (1989)	Daguzan (1981)	Olivares (2005)
Dimensiones (cm)	30 × 20 × 10	76 × 34 × 22	45 × 25 × 29
Nº de individuos/caja	16	100	51
Peso medio de los caracoles (g)	9,7 ± 0,2 ¹	10,65 (2,20) ²	7,26 (1,995) ²
Densidad/m ² de suelo	22,8	400	389
Carga biótica/m ² de suelo (g)	222,7	4.100	2.824
Carga biótica/m ³ de suelo disponible (g)	2.024,6	1.900	11.288

¹ Media aritmética ± Error estándar.² Media aritmética (Desviación estándar).

TABLA 3 – Estadística morfométrica y peso del stock reproductor del *H. aspersa*.

Variable	\bar{x} ⁽¹⁾	S ⁽²⁾	n ⁽³⁾	CV% ⁽⁴⁾
Peso del animal vivo (g)	7,26	1,995	408	27,5
Diámetro de la concha (cm)	2,85	0,246	408	8,6
Abertura de la concha (cm)	1,74	0,176	408	10,1
Altura de la concha (cm)	2,81	0,252	408	8,9
Peso de la concha (g)	1,38	0,502	295	36,4
Correlaciones		r	r ²	p
Peso del animal vivo/Diámetro de la concha:		0,78	0,61	0,00
Peso del animal vivo/Abertura de la concha		0,70	0,49	0,00
Peso del animal vivo/Altura de la concha:		0,82	0,67	0,00
Diámetro de la concha/Altura de la concha		0,75	0,56	0,00
Altura de la concha/Abertura de la concha		0,75	0,56	0,00
Peso de la concha/Peso del animal vivo		- 0,03	0,0009	0,62

(1) Media aritmética.

(3) Número de individuos.

(2) Desviación estándar.

(4) Coeficiente de variación en porcentaje.

TABLA 4 – Comparación de algunos parámetros reproductivos (*sensu* Daguzan, 1981) obtenidos por distintos autores para el caracol de tierra *H. aspersa*.

Variable	Zapata (1989)	Daguzan (1981)	Olivares (2005)
Duración de la experiencia (días)	45	98	252
Nº de cajas de reproducción	1	10	8
Nº de caracoles reproductores	16	1.000	408
Tasa de acoplamiento (%)	100	74,2 ± 2,8 ⁽¹⁾	83,1 ± 2,2 ⁽¹⁾
Tasa de reproducción (%)	100	70,9 ± 2,1 ⁽¹⁾	24,5 ± 3,3 ⁽¹⁾
Coefficiente de fecundidad	75,7 ± 4,4 ⁽¹⁾	111,8 ± 32,4 ⁽¹⁾	111,9 ± 3,9 ⁽¹⁾
Coefficiente de eclosión	70,3 ± 5,0 ⁽¹⁾	31,8 ± 4,4 ⁽¹⁾	82,7 ± 5,03 ⁽¹⁾⁽²⁾
Tasa de natalidad (%)	89,0	81,3 ± 8,4 ⁽¹⁾	68,4 ± 3,09 ⁽¹⁾

(1) Media aritmética ± Error estándar.

(2) Incluye ovoposiciones abortadas.

TABLA 5 – Número de individuos por morfotipo de *H. aspersa* (*sensu* Chevallier, 1977) y su frecuencia de acoplamientos durante 36 semanas de estudio.

Morfotipo	Nº Individuos (%)	Cruza	Nº de Acoplamientos	Nº de Acoplamientos (%)
Lutescens	76,8	Lutescens × Lutescens	566	74,97
Typica	12,3	Lutescens × Typica	74	9,80
Zonata	6,0	Lutescens × Zonata	30	3,97
Obscurata	2,7	Lutescens × Obscurata	20	2,65
Suzanae	0,9	Lutescens × Suzanae	8	1,06
Fasciata	0,9	Lutescens × Exalbida	5	0,66
Exalbida	0,3	Lutescens × Fasciata	2	0,26
		Typica × Typica	27	3,58
		Typica × Zonata	4	0,53
		Typica × Obscurata	4	0,53
		Typica × Fasciata	3	0,40
		Zonata × Zonata	4	0,53
		Zonata × Obscurata	3	0,40
		Obscurata × Obscurata	4	0,53
		Obscurata × Exalbida	1	0,13
		Total	755	100,00

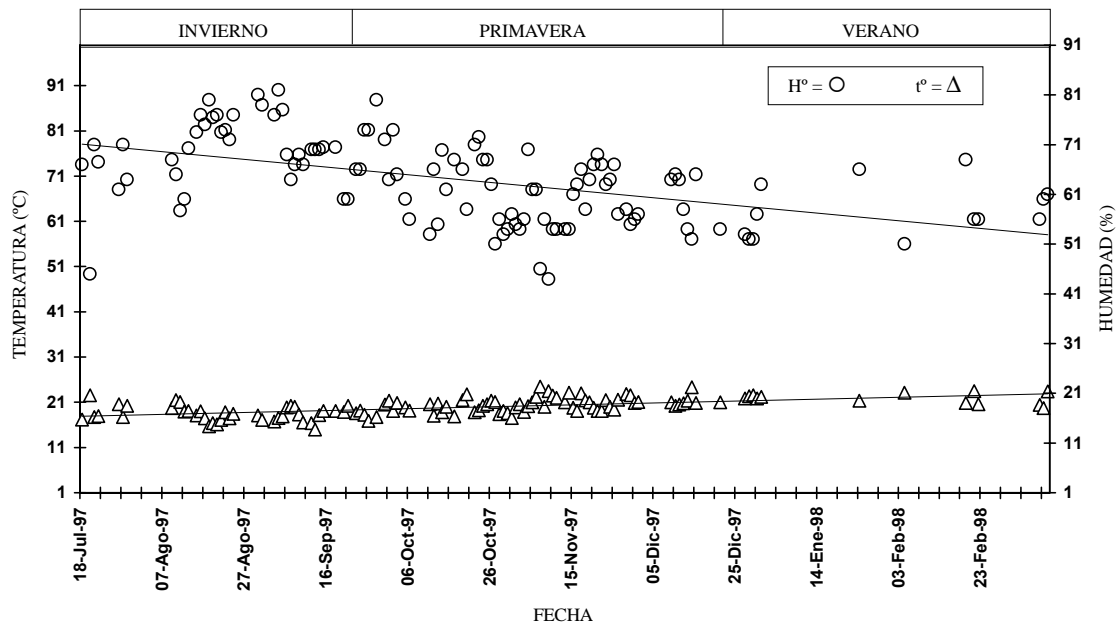


Fig. 1. Distribución diaria de temperatura y humedad ambiental en la sala de reproducción de *Helix aspersa* (18/julio/1997 – 11/marzo/1998). Se incluyen rectas de tendencia lineal.

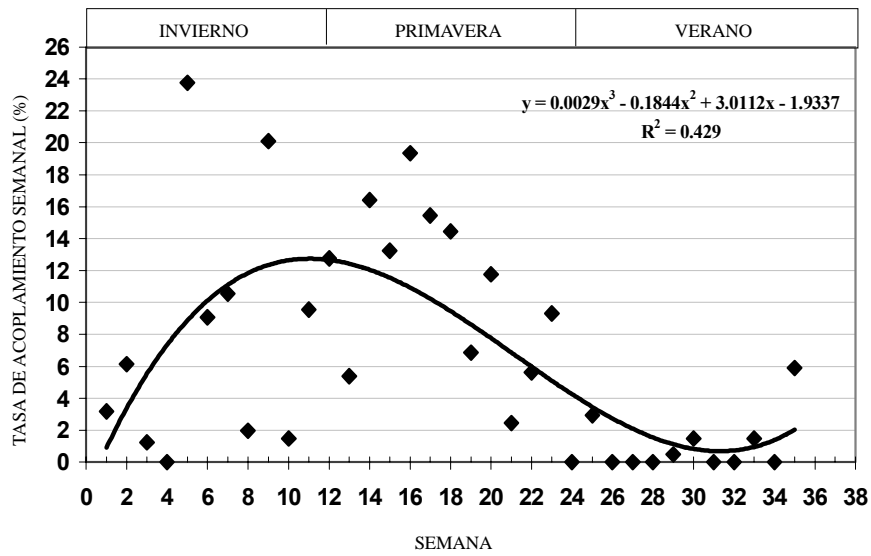


Fig. 2. Promedio de las tasas de acoplamiento semanal (%) en *Helix aspersa*.

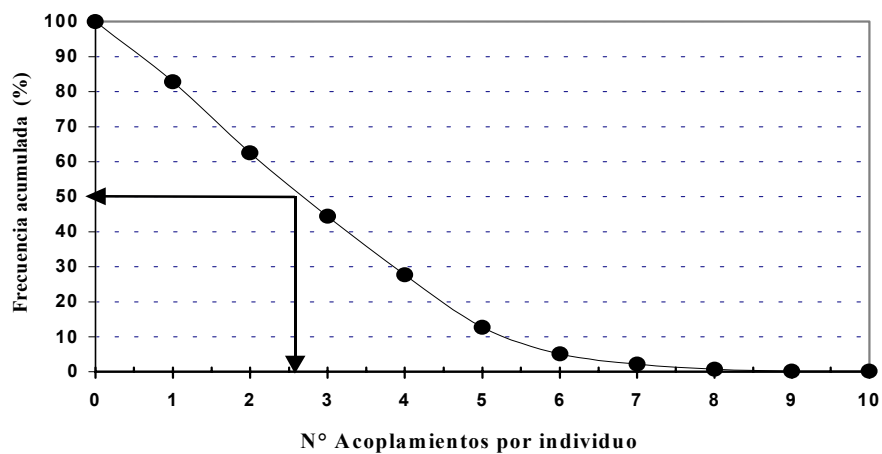


Fig. 3: Frecuencia acumulada (%) del n° de acoplamientos por individuo de *Helix aspersa*. Las flechas indican que el 50% de la población de reproductores se apareó al menos 2.7 veces.

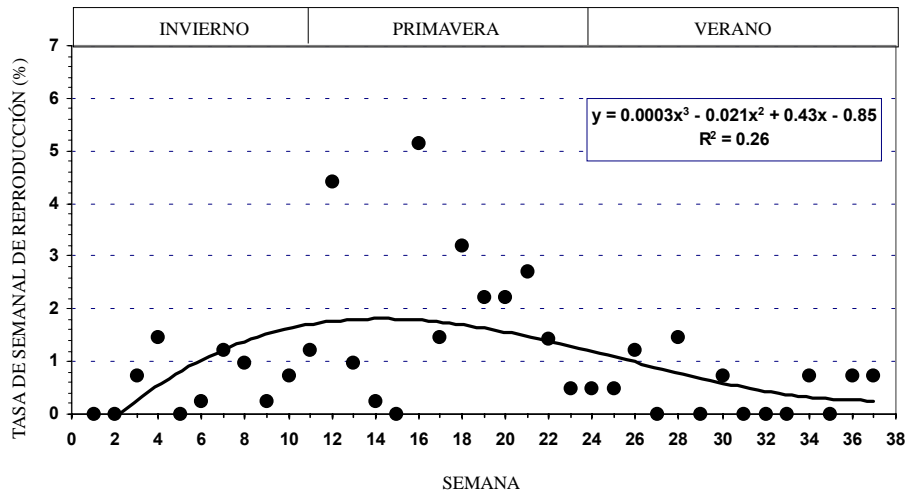


Fig. 4. Promedio semanal de las tasas de Reproducción por caja en *Helix aspersa*.

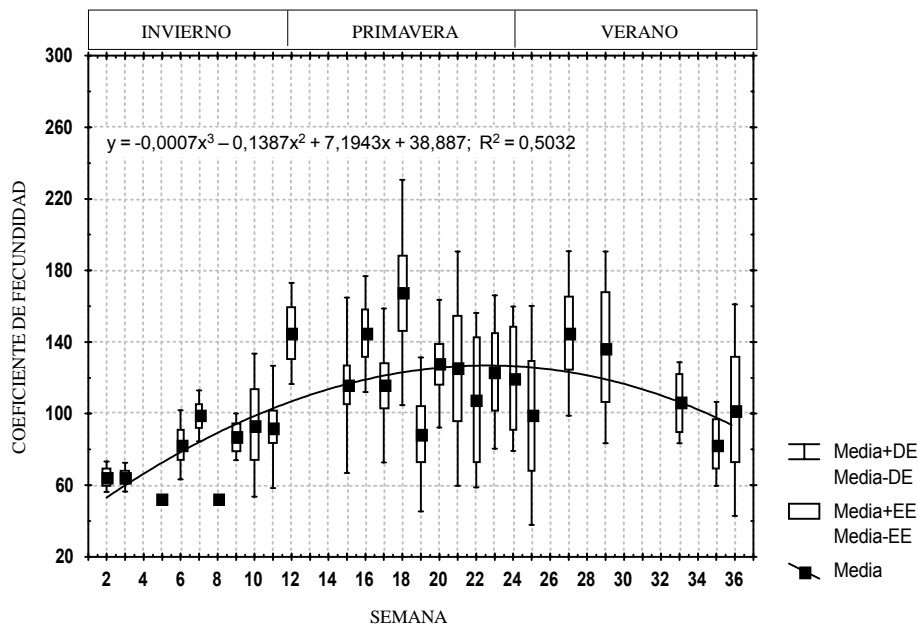
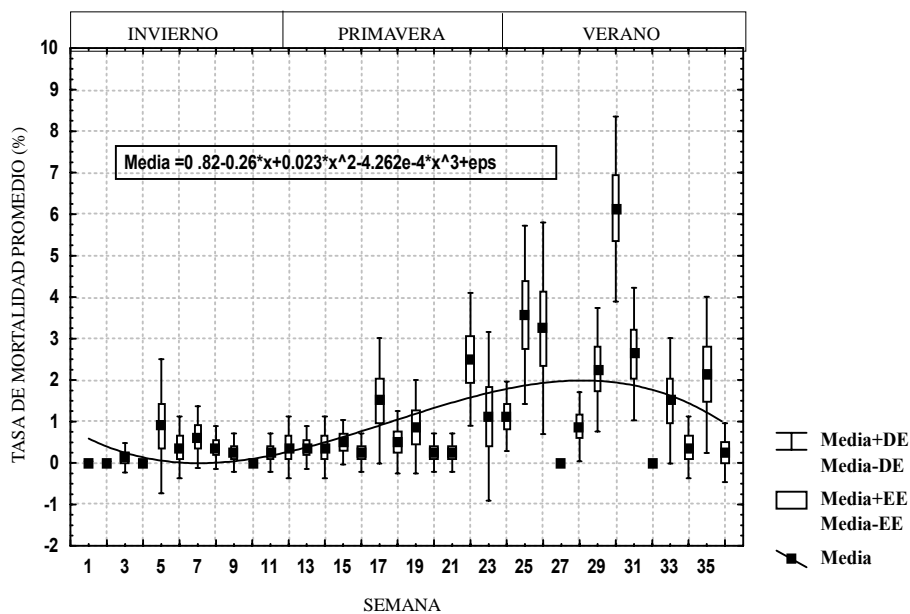
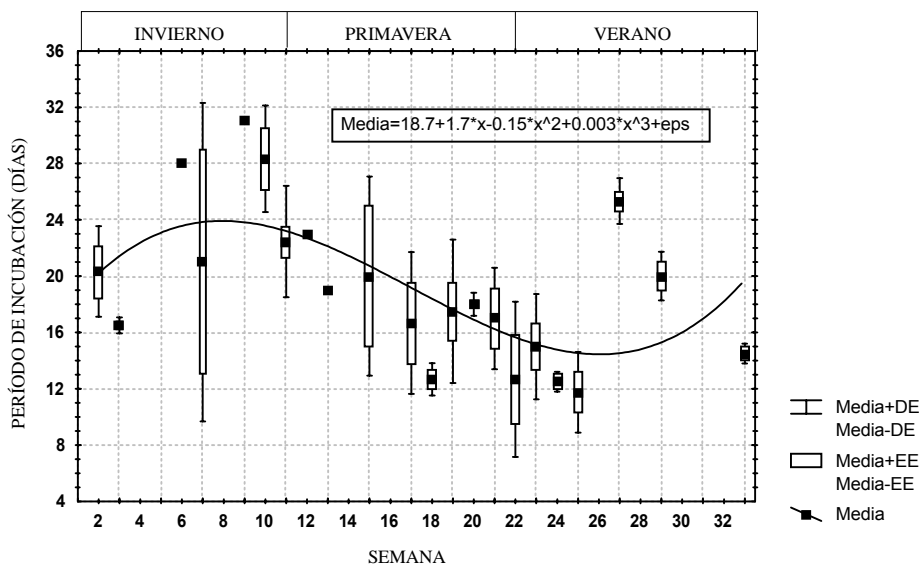


Fig. 5. Promedios del coeficiente de fecundidad por caja en *Helix aspersa*. Se excluyen semanas sin ovoposiciones. (Abreviaturas: DE = Desviación estándar; EE = Error estándar)



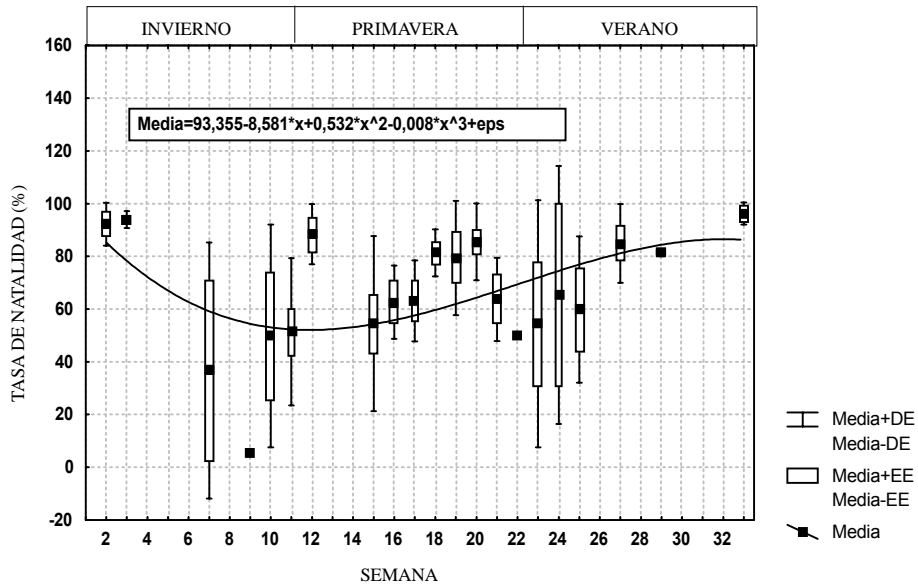


Fig. 8. Variación semanal de la tasa de natalidad (%) en *Helix aspersa*. (Abreviaturas: DE = Desviación estándar; EE = Error estándar)

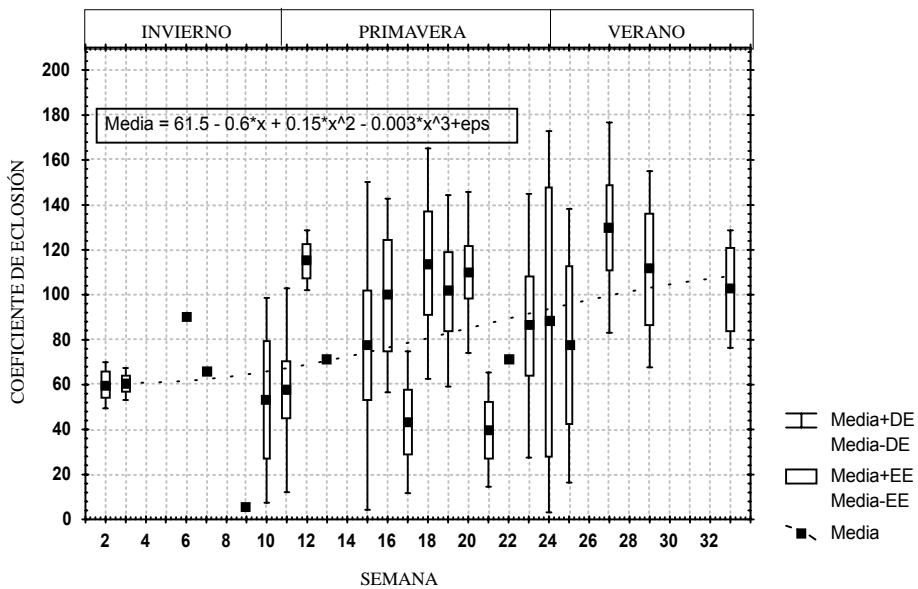


Fig. 9. Variación semanal del coeficiente promedio de eclosión en *Helix aspersa*. (Abreviaturas: DE = Desviación estándar; EE = Error estándar)

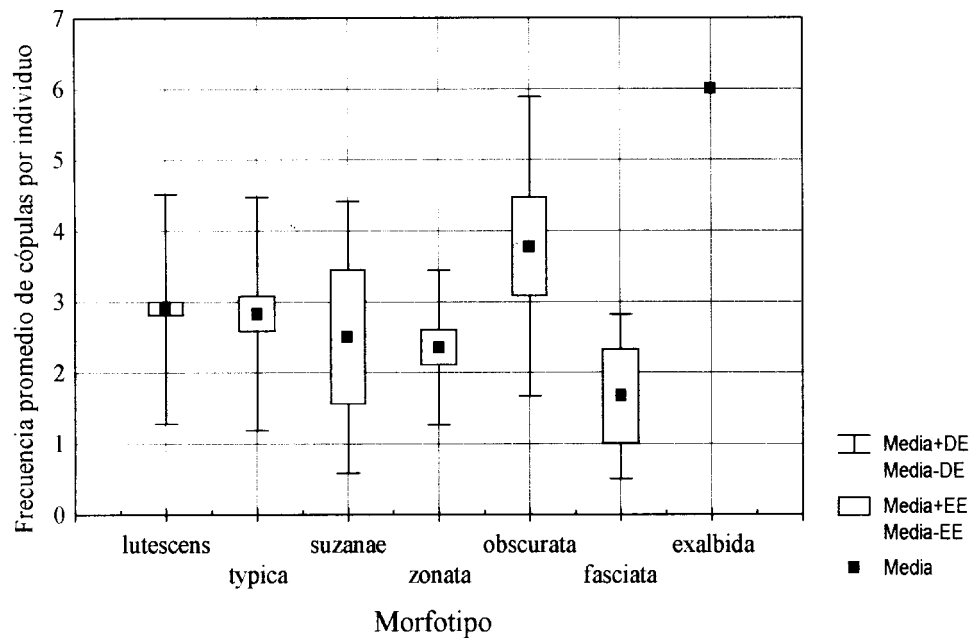


Fig. 10: Número promedio de cópulas por individuo, registradas para cada morfotipo de *Helix aspersa*. (Abreviaturas: DE = Desviación estándar; EE = Error estándar)