



E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
(Campus de Palencia)

**MASTER UNIVERSITARIO EN CALIDAD, DESARROLLO
E INNOVACIÓN DE ALIMENTOS**

**EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CICLO
PRODUCTIVO DEL *Helix aspersa* Müller.**

JAVIER MARTÍNEZ DE ARRIBA

RESUMEN.

Uno de los mayores problemas a la hora de poner en marcha un criadero de caracoles, es adaptar la explotación a las condiciones climáticas de la zona donde se ubica. En el presente trabajo se estudia el ciclo biológico del *Helix aspersa* Müller en un sistema de cría extensivo (cielo abierto) frente un sistema de cría mixto para la localidad de Cervera de Pisuerga (Palencia).

Tras el análisis de varianza del peso y diámetro de las muestras y la modelización del crecimiento en ambos tratamientos, los resultados nos permiten concluir que para la zona sometida a estudio, con el tratamiento mixto se obtienen mejores rendimiento en el peso y diámetro que con el tratamiento extensivo, además de reducir un 8% la mortalidad acumulada en el ciclo mixto y un aumento de 2 ciclos biológicos por año.

ABSTRACT.

One of the biggest problems when putting up a snail farm is operating adapt to the climatic conditions of the area where it is located. In this paper we study the life cycle of *Helix aspersa* Müller in extensive farming system (Open Sky) versus mixed farming system for the town of Cervera de Pisuerga (Palencia).

After analysis of variance of the weight and diameter of the samples and modeling of growth in both treatments, the results allow us to conclude that the area under study, combined treatment produces better performance in weight and diameter with extensive treatment and reduce 8% cumulative mortality in the combined cycle and an increase of 2 biological cycles per year.

1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente, las poblaciones naturales de caracoles están disminuyendo debido a las capturas masivas para consumo, introducción de especies no autóctonas, el uso de productos tóxicos en la agricultura y ganadería (herbicidas, fungicidas, molusquicidas, insecticidas, etc.) y la reducción de su hábitat natural por el uso de las tierras para otros fines (Arrebola, 1995).

Como una alternativa a la extracción del hábitat natural, surgió la producción de caracoles terrestres en cautiverio para el consumo humano (González *et al*, 2005; Dupont-Nivet . *et al*,2000),

Cubrir el incremento de la demanda de caracoles, sumado a su valor económico cada vez mayor, indujo a algunos pioneros de principios del siglo XX a realizar los primeros intentos de cría verdadera, es decir, controlando todas las fases del ciclo del caracol, incluyendo la producción de crías. Actualmente ya se puede hablar de la cría de caracoles terrestres o helicicultura como una actividad zootécnica reconocida internacionalmente (Cuellar *et al.*, 1991) y debido al creciente interés que ha despertado la helicicultura, se han renovado los esfuerzos para avanzar en el conocimiento de las especies de caracoles comestibles (Perea, 2004). Como consecuencia la cría en cautiverio de este molusco es una necesidad ineludible, como lo demuestran las instalaciones de granjas caracoleras que se están realizando desde hace años en Europa que, aunque han alcanzado importantes volúmenes de producción, no son suficientes para cubrir la gran demanda interna (Cuellar *et al.*, 1991).

La demanda proviene principalmente de consumidores de origen español e italiano, en España el consumo es de aproximadamente 10.000 toneladas anuales en sus distintas presentaciones, lo cual representa 250 gr a 300 gr por persona/año (Arrébola *et al.*, 2004; Arrébola y Álvarez, 2001).

El caracol variedad *Helix aspersa* Müller es el que atrae principalmente la atención del consumidor, y, por consiguiente, el que se produce en mayor cantidad. Los calibres más utilizados son a partir de 25mm de diámetro y 15g peso (Fontanillas y García, 2002). Su comercialización se presenta en diversas formas y lo habitual es la venta en vivo o en congelado.

El caracol (también llamado escargot) es un producto gastronómico por excelencia debido a que su carne es utilizada en la preparación de comida internacional, aunque es cada vez más popular en restaurantes de otro tipo de especialidades. Mas allá de ser apreciado por sus propiedades gastronómicas Los caracoles poseen también peculiaridades nutritivas. Un motivo más por el que están experimentando una creciente demanda debido a la tendencia mundial de consumir alimentos bajos en grasa y de alto valor proteico (Borja, 2003)

Componentes	Cantidades
Calorias	76Kcal
Glicidos	2%
Proteinas	15%
Vitamina C	15mg
Yodo	0,006mg
Azufre	140mg
Agua	82%
Lípidos	0,80%
Calcio	170mg
Hierro	3,5mg
Magnesio	250mg
Zinc	2,2mg

Nutrientes en 100g de carne cruda de caracol
Fuente Borja (2003)

	Caracol	Vaca	Cerdo	Pollo	Pescado
Agua (%)	82	71	73	71	81
Proteína (%)	15	17	14	18	15
Grasas (%)	0,8	11,5	12	12	1,5
Minerales (%)	1,93	0,9	0,7	0,8	2,5
Calorias / 100g	70	163	180	120	70

Comparación alimenticia entre carne de caracol y otras carnes
Fuente Borja (2003)

Fontanillas, J. y García, I. (2002), reportan que desde el punto de vista taxonómico al escargot se lo puede clasificar dentro de la escala zoológica de la siguiente manera:

Reino: Animal.

Subreino: Metazoos.

Tipo: Molusco (del latín mollus = blando), cuerpo blando. Sin esqueleto interno

Clase: Gasterópodos o Gastrópodos (gaster, gasterós = vientre y Podos = pie), animales que se desplazan arrastrándose sobre el Vientre

Subclase: Eutineuros. Los conectivos pleura visceral no están cruzados y son muy cortos.

Orden: Pulmonados, respiran aire por medio de una cavidad pulmonar o Pseudo pulmón.

Suborden: Estilomatóforos, ojos en los extremos de los tentáculos sup.

Familia: Helicidae, concha en forma helicoidal.

Genero: *Helix*.

Especie: *aspersa*.

Los sistemas de producción de caracol en cautiverio son a cielo abierto (extensivo), a cielo cerrado (intensivo) o sistemas de producción mixtos (Arditi *et al.*, 2003; Dignan y Obschatko, 2003; Marasco y Murciano, 2000).

El sistema a cielo abierto (extensivo) consiste en recintos al aire libre, en los que los caracoles habitan en las diferentes etapas de producción con vegetación implantada para tal fin (Sastre, 2006). En sistemas de producción abiertos se recomienda una densidad de 100 caracoles m² en la fase de terminación. Para lograr esta población se debe considerar del 20 al 50% de mortalidad y/o fugas en el proceso de la cría y engorde (San Román *et al.*, 2004; Lagrifa, 2002). La densidad puede afectar el ciclo de vida de los moluscos terrestres en poblaciones naturales y en cautiverio (Mayoral *et al.*, 2004; Dupont-Nivet *et al.*, 2000; Cameron y Carter, 1979). Si la densidad es

elevada, el crecimiento, la reproducción y el engorde se reducen o incluso se inhiben, aunque el alimento sea suficiente y de calidad. En estas condiciones es posible que feromonas, presentes en las secreciones naturales de los individuos, desencadenen la inhibición del ciclo productivo (Dupont-Nivet *et al.*, 2000; Cameron y Carter, 1979). Según Lagrifa (2002) en sistemas a cielo abierto ocurre una disminución del 50% entre muertes y fugas desde la siembra de juveniles en los canteros hasta el fin del ciclo productivo.

El sistema cielo cerrado (intensivo) se realiza en salas totalmente cerradas, en mesas de cría compuestas de planos verticales que permiten incrementar la superficie y obtener un mayor rendimiento por metro cuadrado. El ambiente de estas salas debe estar totalmente controlado respecto de los parámetros de temperatura, humedad y fotoperiodo, provocando una eterna primavera, de otra manera no estaríamos maximizando los recursos, con la consiguiente pérdida económica (Vieites *et al.*, 2007; Arditi *et al.*, 2003). Este sistema, además de ser el de mayor rendimiento, permite la instalación de criaderos en zonas donde las condiciones climáticas no son del todo favorables. No obstante ello, se necesita mayor cantidad de mano de obra y de inversión en materiales afectando considerablemente la rentabilidad de la explotación.

El sistema de cría mixto es el más adecuado para una explotación controlada de caracoles por su menor coste en comparación con el sistema anterior, y el que más recomiendan los especialistas. Fundamentalmente el sistema se basa en la modificación artificial de la época de reproducción siempre que ésta se dé bajo condiciones ambientales controladas durante el invierno trabajando con humedades relativas entre 80 y 100% y temperaturas entre 18°C a 22°C (San Román *et al.*, 2004), es decir, se trata de adelantar unos meses la producción de los adultos, de esta forma se logra disponer de las crías a finales del invierno o principios de primavera, momento en el que se procede a realizar el engorde en parques al aire libre o invernaderos bajo condiciones climáticas naturales, reduciendo así el coste de sistemas de climatización y el coste en horas de trabajo necesarias para el mantenimiento de los caracoles. Las ventajas de este sistema de cría son que durante las primeras fases de desarrollo, los caracoles no están expuestos a los depredadores y a los cambios de humedad y de temperatura, como sucede en la cría extensiva (Gallo, 1998). La reproducción, incubación y primera fase de cría se realiza en un ambiente controlado y el cebo se efectúa en invernaderos, o al aire libre con la protección de mallas que impiden el paso de insectos y depredadores (Cuellar *et al.*, 1991).

Si el ambiente es propicio, el estímulo percibido por los organismos vivos provoca respuestas favorables de acuerdo con Perea *et al.* (2006). En ambientes hostiles, las manifestaciones de los individuos se relacionan con situaciones de ansiedad y estrés,

inhibiendo el crecimiento e incrementando los aumentos de tasas de mortalidad (González, 2007; Grandin, 2002).

Independiente del sistema de cría las fases fisiológicas son las mismas y el crecimiento es muy rápido al principio, se modera poco a poco y se paraliza en los adultos. La velocidad de crecimiento, medida en el diámetro de la concha, es más rápida para los caracoles nacidos en primavera que para los nacidos en otoño (Cuellar, R. y Cuellar, M. 2000).

Las fases fisiológicas definidas para el caracol son: Fase alevín (de la eclosión al primer mes de edad), Borja (2003), manifiesta que los caracoles eclosionados se extraen de la incubadora y son trasladados a los parques de cría. En esta fase el desarrollo es muy activo y llegan a pesar hasta 0,50 gramos al final del primer mes con todas las características físicas y morfológicas de un escargot adulto. Esta fase es la más crítica de todas, la mortalidad asciende del 10 al 15% y la densidad recomendable es de 2000 caracoles por m², a esta edad requieren una humedad del 85% a 90% y una temperatura de 14 a 25°C (San Román *et al.*, 2004).

Fase juvenil (1 a 3 meses de edad) Borja (2003), señala que los caracoles continúan en el parque de cría. En esta fase permanecerán dos meses, llegando a pesar hasta 2.5 g y la mortalidad es del 5 al 10%. La densidad disminuye a 1000 animales por metro cuadrado.

Fase de engorde (3 a 6 meses de edad) Borja (2003), manifiesta que una vez situados los caracoles en el parque de engorde por un lapso de 4 meses, estos individuos llegarán a obtener un peso de 15 g a una edad de 6 meses, y el índice de mortalidad disminuye al 8%. La densidad que se debe utilizar es de 100 animales por m² (San Román *et al.*, 2004; Lagrifa, 2002). Se debe evitar que en esta fase los caracoles superen los 6 meses de edad, debido a que pueden alcanzar la madurez sexual y ovopositor, lo que restará valor económico al producto (Fontanillas, J. y García, I. 2002),

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El estudio se realiza en la localidad de Cervera de Pisuerga (Palencia). Para la determinación del clima del entorno de Cervera de Pisuerga se han empleado los datos de la estación meteorológica del *Pantano de Requejada* con las series de los últimos 30 años. Se ha elegido esta estación por coincidir en la orientación respecto a la cadena montañosa, y además es la que más se acerca en altitud a la zona de estudio. Las coordenadas de la estación son 4° 31'47" de longitud oeste y 42° 54'30" de latitud norte, la altitud es de 1024 m sobre el nivel del mar, y está a una distancia de 5 Km de Cervera, el cual está situado a una altitud media de 1013 m, los intervalos de heladas seguras son de Noviembre hasta Abril y por ello la ejecución de la experiencia se realiza entre los meses de Abril y Mayo para la etapa juvenil con una temperatura media exterior de 11,6°C y una humedad relativa media del 71,7% y los meses de Junio y Julio para la etapa de engorde con una temperatura media exterior de 20,1°C y una humedad relativa media del 48,15%.

Para llevar a cabo el estudio, se tomaron dos muestras de una población de *Helix aspersa* Muller, cada una de ellas formada por 100 individuos. Los individuos de cada muestra se seleccionaron para que su peso y diámetro fuese el mismo, $0,5800 \pm 0,0090$ g de peso medio y $4,6200 \pm 0,0487$ mm de diámetro medio. La experiencia se desarrolla desde su etapa alevín (con 30 días de vida tras su eclosión) hasta que uno de los tratamientos del estudio llegue a su etapa final de engorde y madurez sexual en la cual el caracol ha de tener un peso medio de 15g y un diámetro medio de 30mm para su puesta en el mercado.

Hay dos líneas tratamiento o sistemas de cría sometidos a estudio, el tratamiento mixto y el tratamiento extensivo.

Los individuos en el tratamiento mixto pasarán su etapa juvenil (61 días, Abril y Mayo) criados en interior, distribuidos en un parque de cría dividido en 100 ubicaciones de 10cm x 10cm haciendo una superficie de cría de 1m², ya que en sistemas de producción abiertos se recomienda una densidad de 100 caracoles m² (San Román *et al.*, 2004; Lagrifa, 2002). Condiciones controladas, con iluminación artificial (fotoperiodo 14h luz / 10h oscuridad). El tamaño que alcanzan los *Helix aspersa*, está fuertemente relacionado con el fotoperíodo (Mayoral *et al.* 2004), temperatura media de 21°C y una humedad relativa del 88%. Las variables se regulan mediante un calefactor eléctrico, ventilación y humidificación por micro aspersión; en estas condiciones los caracoles descansan en el día y desarrollan su actividad y se alimentan en la noche (García *et al.*, 2006). Pasada la etapa juvenil los individuos del tratamiento mixto serán trasladados a otro parque de cría exterior de los mismos

materiales y dimensiones que el interior, protegido por un sombraculo pero en el cual no se controla el fotoperiodo, la temperatura ni la humedad; el tiempo que pasara en exterior será la etapa de engorde (90 días de vida tras su eclosión) hasta alcanzar el peso y diámetro deseado, (desde Junio hasta fin del estudio).

En el tratamiento extensivo los individuos pasarán su etapa juvenil y de engorde en exterior. Se distribuirán los individuos de la muestra en un parque de cría de los mismos materiales y dimensiones que los utilizados en el tratamiento mixto, desde los 30 días tras su eclosión hasta que alcancen el peso y diámetro objetivo (desde Abril hasta fin del estudio). En exterior se protege el parque de cría por un sombraculo pero no se controla el fotoperiodo, la temperatura ni la humedad.

Para que la alimentación no sea una variable y se mantenga constante a lo largo del estudio, la cuna de los parques de cría tanto en extensivo como en mixto será de Trébol Enano (*Trifolium repens*) con uso exclusivo para la protección de los individuos y no alimentario, es importante que los individuos dispongan de refugios naturales, así se reduce el riesgo de depredación y los protege del estrés ambiental (Lagrifa, 2002). Algunos expertos consideran conveniente proveer sólo refugios naturales, provenientes de la implantación de especies vegetales (Perea *et al.*, 2006). La alimentación se realiza cada tres días con la misma formula balanceada de acuerdo con lo indicado por Brittante (1984) Stephanou (1986) y Jess y Marks (1989) sobre las necesidades correspondiente a cada etapa y para ambos tratamientos estudiados.

FORMULA DE ALEVIN A JUVENIL		%	FORMULA DE ENGORDE		%
Harina de cebada		52	Harina de maíz		66
Salvado de trigo		10	Salvado de trigo		15
Torta de soja		14	Torta de soja		5
Carbonato cálcico		17	Carbonato cálcico		10
Fosfato bicálcico		3	Complemento vitamínico mineral		4
Complemento vitamínico mineral		4			
		100			100

Fuente Brittante (1984) Stephanou (1986) y Jess y Marks (1989)

Durante el estudio se registra de forma diaria la temperatura y humedad, se controla el fotoperiodo y se retiran posibles muertos. Al comienzo y final de cada etapa se registra el peso y el diámetro de cada individuo de la muestra así como el cómputo total de mortalidad.

Para analizar peso y el diámetro de los individuos en función de los dos tratamientos de cría y de las dos etapas de crecimiento se va a ajustar el modelo lineal de medidas repetidas de ecuación:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + T_i x E_j + \xi_{ijk}$$

Donde y_{ijk} es la variable respuesta (peso, diámetro), μ representa el efecto de media general, T_i es el factor tratamiento (mixto, extensivo) y E_j es el factor de medidas repetidas que representa la etapa de crecimiento (juvenil, engorde). ξ_{ijk} Es el término de error aleatorio del modelo, que se supone normal y de media cero, además se han ajustado varianzas REML para cada tratamiento de cría y se ha considerado una correlación entre etapas de crecimiento para cada tratamiento.

Para el estudio de los factores significativos se llevará a cabo el test de rango múltiple LSD y se realizarán contrastes ortogonales para verificar la significatividad de diferentes hipótesis.

También se ha modelizado mediante regresión lineal simple el crecimiento de los individuos en ambos tratamientos de cría. Para poder apreciar sus diferencias se realizaran contratos sobre la igualdad de sus términos independientes y la igualdad de sus pendientes.

Todos los análisis estadísticos se han realizado con los paquetes SAS 9.2 y Statgraphics Centurion XVI

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. EVOLUCIÓN DEL PESO.

La Tabla I Muestra los resultados del ajuste del modelo lineal de medidas repetidas para la variable peso final.

Tabla I. Tabla Anova para el Peso Final.

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	173	1112,68	<.0001
Etapa	1	167	16813,3	<.0001
Tratamiento*Etapa	1	167	0,18	0,6755

Tratamiento Mixto: 60 días en interior H y T⁹ controladas + 60 días en exterior.
Tratamiento Extensivo: 120 días en exterior.

Resultan significativos los factores Tratamiento y Etapa. Por tanto, existen diferencias estadísticamente significativas de los pesos medios finales entre los tratamientos y entre las etapas, no existiendo una interacción significativa entre ambos factores.

En la Tabla II y en la Figura I se muestra la evolución del peso (g) en las diferentes etapas de cada uno de los tratamientos desde el comienzo del estudio, en su etapa alevín, hasta el final de su etapa de engorde, momento en el cual uno de los tratamientos presenta un peso óptimo para la puesta de los individuos en el mercado.

Tabla II. Peso medio y error std. (g) de los caracoles (*Helix aspersa*) observado durante las diferentes etapas de cada uno de los tratamientos.

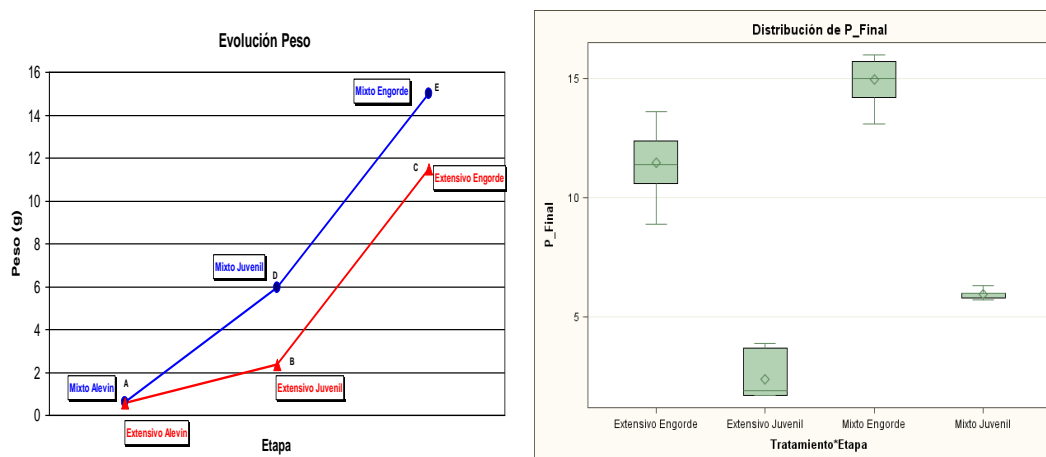
COMPARATIVA ENTRE PUNTOS		
Tratamiento	Etapa	Peso
Mixto	Alevín	0,5800 ± 0,0090 A
	Juvenil	5,9348 ± 0,0145 D
	Engorde	14,9809 ± 0,0880 E
Extensivo	Alevín	0,5780 ± 0,0091 A
	Juvenil	2,3663 ± 0,0992 B
	Engorde	11,4711 ± 0,1205 C

Test LSD, letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

El peso de los individuos al inicio de la experiencia muestra poca variabilidad ya que se parte de una muestra homogénea tanto para el tratamiento Mixto como para el Extensivo. En la etapa juvenil (90 días tras su eclosión) ya se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; con el tratamiento mixto se obtiene un peso medio de 5,93g mientras que con el extensivo sólo se llega a 2,36g. Además, se puede observar una menor dispersión de los valores en el tratamiento mixto que en el extensivo. Este aumento de peso y menor dispersión en la etapa

juvenil del tratamiento mixto se debe a unas condiciones constantes y controladas de temperatura (21°C) y humedad relativa (88%) optimas para su crecimiento, contra una temperatura media de 11,6°C y humedad relativa media del 71,7% hasta la etapa juvenil del tratamiento extensivo. Respecto a la etapa de engorde de cada tratamiento (150 días tras su eclosión), podemos apreciar que se ha producido un aumento significativo del peso final respecto a la etapa juvenil (Tabla III) en ambos tratamientos, además de seguir manteniéndose la diferencia estadísticamente significativa entre los dos tratamientos en esta etapa. También se puede apreciar una mayor dispersión en los valores del engorde extensivo (Figura I).

Figura I: Evolución y Distribución del peso medio (g) de la muestra en cada una de las etapas de cada tratamiento.



En la Tabla III se presentan las diferencias, o incrementos, de los pesos de los individuos entre tratamientos y etapas, donde apreciamos que diferencias estadísticamente significativas existen entre los niveles de estos factores.

Tabla III. Diferencias del peso, media y error std. (g), entre tratamientos y etapas.

Tratamiento	Etapas	Tratamiento	Etapas	Peso	Pr > t
Mixto	Juvenil	Mixto	Alevín	5,3548 ± 0,0187	<,0001
Extensivo	Juvenil	Extensivo	Alevín	1,7883 ± 0,0994	<,0001
Mixto	Juvenil	Extensivo	Juvenil	3,5685 ± 0,1002	<,0001
Mixto	Engorde	Extensivo	Engorde	3,5098 ± 0,1492	<,0001
Mixto	Engorde	Mixto	Juvenil	9,0461 ± 0,0885	<,0001
Extensivo	Engorde	Extensivo	Juvenil	9,1048 ± 0,1084	<,0001

Si analizamos las diferencias entre los incrementos de peso entre las diferentes etapas y tratamientos, podemos observar (Tabla IV) una diferencia estadísticamente significativa entre los incrementos de los pesos medios de la etapa juvenil de los tratamientos, diferencia que no se observa en la etapa de engorde. Esto se debe a que

hasta la etapa juvenil del tratamiento mixto se controlan las condiciones de temperatura y humedad, mientras en el tratamiento extensivo los individuos se han de adaptar a un hábitat de crecimiento más hostil. Sin embargo, cuando las condiciones de crecimiento se igualan para ambos tratamientos (desde la etapa juvenil a engorde) las diferencias en el incremento del peso se reducen llegando a igualarse (Figura II).

Figura II: Evolución y Distribución del Incremento del peso medio (g) de la muestra en cada una de las etapas de cada tratamiento.

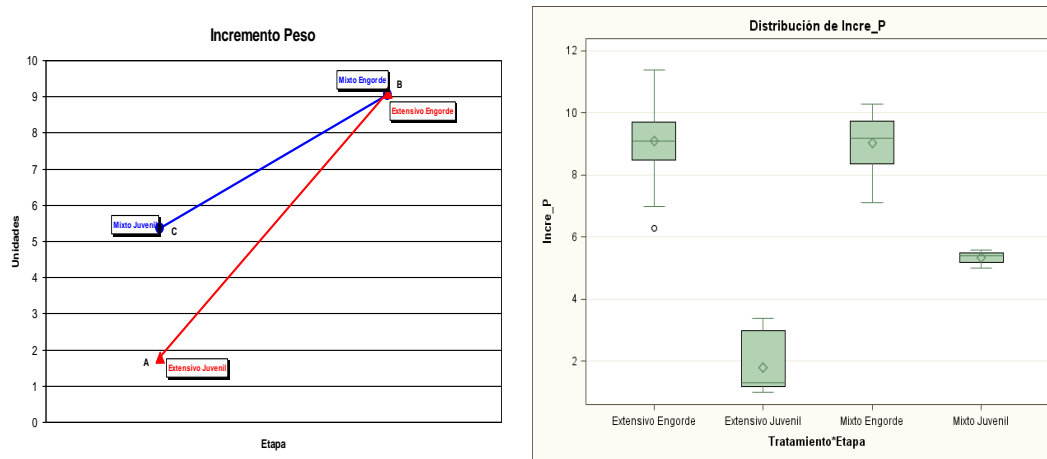


Tabla IV. Diferencias entre los incrementos del peso, media y error std. (g) entre las etapas de cada tratamiento.

Tratamiento	Etapas	Tratamiento	Etapas	Incremento Peso	Pr > t	
Mixto	Juvenil	Extensivo	Juvenil	3,5690 ± 0,1017 CA	<,0001	CA
Mixto	Engorde	Extensivo	Engorde	0,0583 ± 0,1400 BB	0,6774	BB

Contrastes ortogonales. Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

3.2. EVOLUCIÓN DEL DIÁMETRO.

La Tabla V Muestra los resultados del ajuste del modelo lineal de medidas repetidas para la variable diámetro final.

Tabla V. Tabla Anova para el Diámetro Final.

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	173	493,81	<,0001
Etapa	1	167	7847,57	<,0001
Tratamiento*Etapa	1	167	0.00	0,9883

Tratamiento Mixto: 60 días en interior H y Tª controladas + 60 días en exterior.
Tratamiento Extensivo: 120 días en exterior.

Resultan significativos los factores Tratamiento y Etapa. Por tanto, existen diferencias estadísticamente significativas de los diámetros medios finales entre los tratamientos y entre las etapas, no existiendo una interacción significativa entre ambos factores.

En la Tabla VI y Figura III se muestra la evolución del diámetro (mm) en las diferentes etapas de cada uno de los tratamientos desde el comienzo del estudio, en su etapa alevín, hasta el final de su etapa de engorde.

Tabla VI. Diámetro medio y error std. (mm) de los caracoles (*Helix aspersa*) observado durante las diferentes etapas de cada uno de los tratamientos.

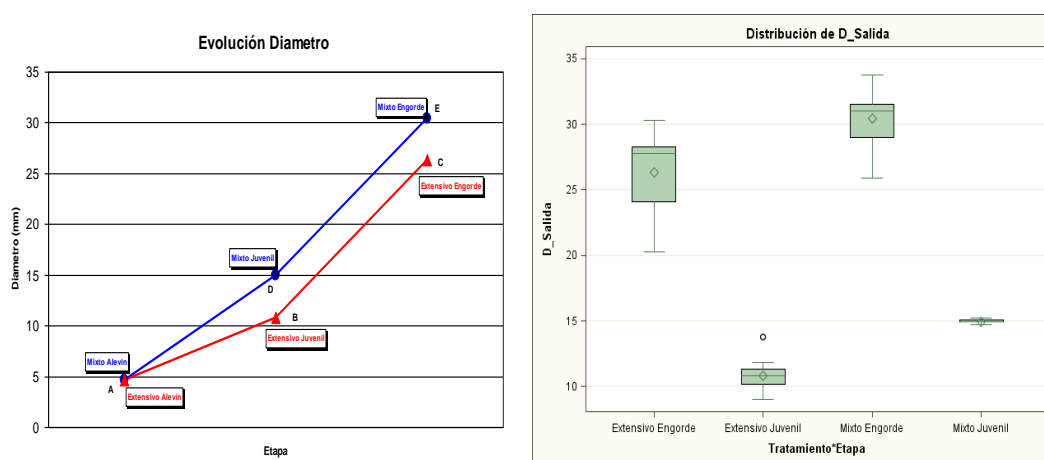
COMPARATIVA ENTRE PUNTOS		
Tratamiento	Etapa	Diámetro
Mixto	Alevín	4,6200 ± 0,0487 A
	Juvenil	14,9533 ± 0,0132 D
	Engorde	30,4500 ± 0,1847 E
Extensivo	Alevín	4,6300 ± 0,0485 A
	Juvenil	10,8096 ± 0,0969 B
	Engorde	26,3115 ± 0,2949 C

Test LSD, letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

El diámetro de los individuos al inicio de la experiencia muestra poca variabilidad ya que se parte de una muestra homogénea tanto para el tratamiento Mixto como para el Extensivo. En la etapa juvenil ya se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; con el tratamiento mixto se obtiene un diámetro medio de 14,95mm mientras que con el extensivo sólo se llega a 10,80mm. Además, se puede observar una menor dispersión de los valores en el tratamiento mixto que en el extensivo. Este aumento de diámetro y menor dispersión en la etapa juvenil del tratamiento mixto se debe a unas condiciones constantes y controladas de

temperatura (21°C) y humedad relativa (88%) optimas para su crecimiento, contra una temperatura media de 11,6°C y humedad relativa media del 71,7% hasta la etapa juvenil del tratamiento extensivo. Respecto a la etapa de engorde de cada tratamiento, podemos apreciar que se ha producido un aumento significativo del diámetro final respecto a la etapa juvenil (Tabla VII) en ambos tratamientos, además de seguir manteniéndose la diferencia estadísticamente significativa entre los dos tratamientos en esta etapa. También se puede apreciar una mayor dispersión en los valores del engorde extensivo (Figura III).

Figura III: Evolución y Distribución del diámetro medio (mm) de la muestra en cada una de las etapas de cada tratamiento.



En la Tabla VII se presenta la comparativa de la evolución del diámetro (mm) de la muestra, entre tratamientos y etapas donde apreciamos si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y etapas.

Tabla VII. Diferencias del diámetro, media y error std. (mm), entre tratamientos y etapas.

Tratamiento	Etap	Tratamiento	Etap	Diámetro	Pr > t
Mixto	Juvenil	Mixto	Alevín	10,3333 ± 0,0501	<,0001
Extensivo	Juvenil	Extensivo	Alevín	6,1796 ± 0,1097	<,0001
Mixto	Juvenil	Extensivo	Juvenil	4,1436 ± 0,0978	<,0001
Mixto	Engorde	Extensivo	Engorde	4,1385 ± 0,3480	<,0001
Mixto	Engorde	Mixto	Juvenil	15,4967 ± 0,1872	<,0001
Extensivo	Engorde	Extensivo	Juvenil	15,5019 ± 0,2956	<,0001

Si analizamos los incrementos de diámetro entre las diferentes etapas y tratamientos, podemos observar (Tabla VIII) una diferencia estadísticamente significativa entre los incrementos de los diámetros medios de la etapa juvenil de los tratamientos, diferencia que no se observa en la etapa de engorde. Esto se debe a que hasta la etapa juvenil del tratamiento mixto se controlan las condiciones de temperatura y humedad, mientras en el tratamiento extensivo los individuos se han de adaptar a un hábitat de

crecimiento más hostil. Sin embargo, cuando las condiciones de crecimiento se igualan para ambos tratamientos (desde la etapa juvenil a engorde) las diferencias en el incremento del diámetro se reducen llegando a igualarse (Figura IV).

Figura IV: Evolución y Distribución del Incremento del diámetro medio (mm) de la muestra en cada una de las etapas de cada tratamiento

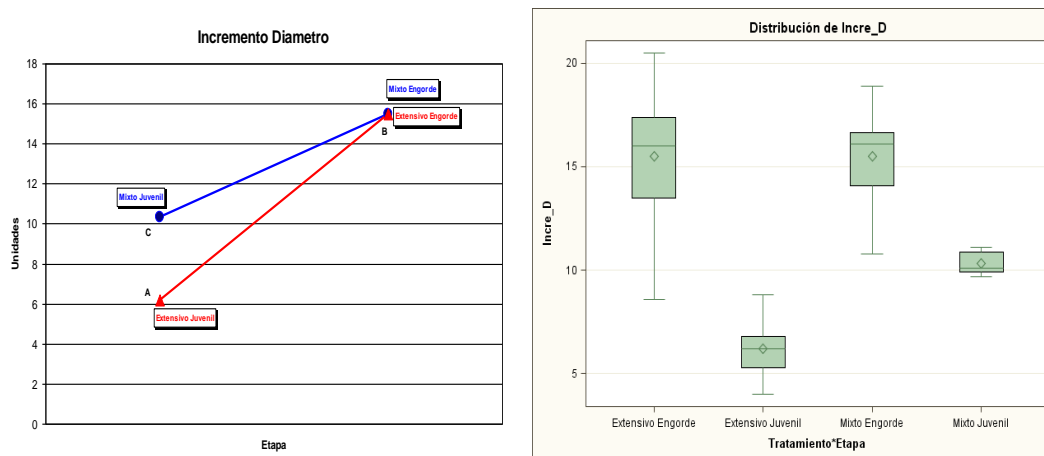


Tabla VIII. Diferencias entre los incrementos del diámetro, media y error std. (mm) entre las etapas de cada tratamiento.

Tratamiento	Etapa	Tratamiento	Etapa	Incremento Diámetro	Pr > t	
Mixto	Juvenil	Extensivo	Juvenil	4,1397 ± 0,1207 CA	<,0001	CA
Mixto	Engorde	Extensivo	Engorde	0,0021 ± 0,3501 BB	0,6774	BB

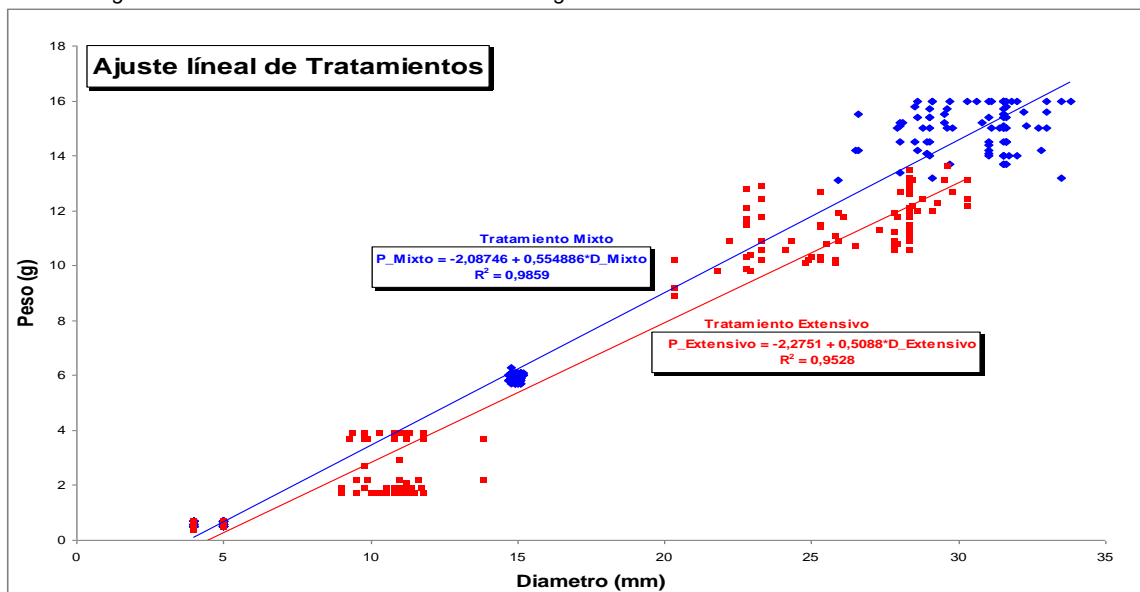
Contrastes ortogonales. Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

3.3. MODELOS DE CRECIMIENTO.

En la Figura V se muestran los modelos de crecimiento para cada uno de los tratamientos; al superponer ambos modelos, se aprecia la mayor dispersión y menor incremento en los valores del tratamiento extensivo respecto a los valores del tratamiento mixto.

El modelo de crecimiento del tratamiento mixto, se ajusta a un modelo lineal con un coeficiente de determinación del 98%; es la curva de crecimiento con mayor ganancia de peso en la fase juvenil del caracol *Helix aspersa* Muller y menor dispersión de datos. La baja dispersión de los datos, permite predecir el peso en función del diámetro y modelizar el crecimiento de este tratamiento.

Figura V: Curvas de crecimiento modelizadas según el tratamiento.



P_{Mixto} : Peso del tratamiento mixto.

D_{Mixto} : Diámetro del tratamiento mixto.

$P_{\text{Extensivo}}$: Peso del tratamiento Extensivo.

$D_{\text{Extensivo}}$: Diámetro del tratamiento Extensivo.

R^2 : Coeficiente de determinación.

En la tabla IX, se encuentra el contraste de igualdad entre las dos rectas de regresión estimadas para cada uno de los tratamientos de cría.

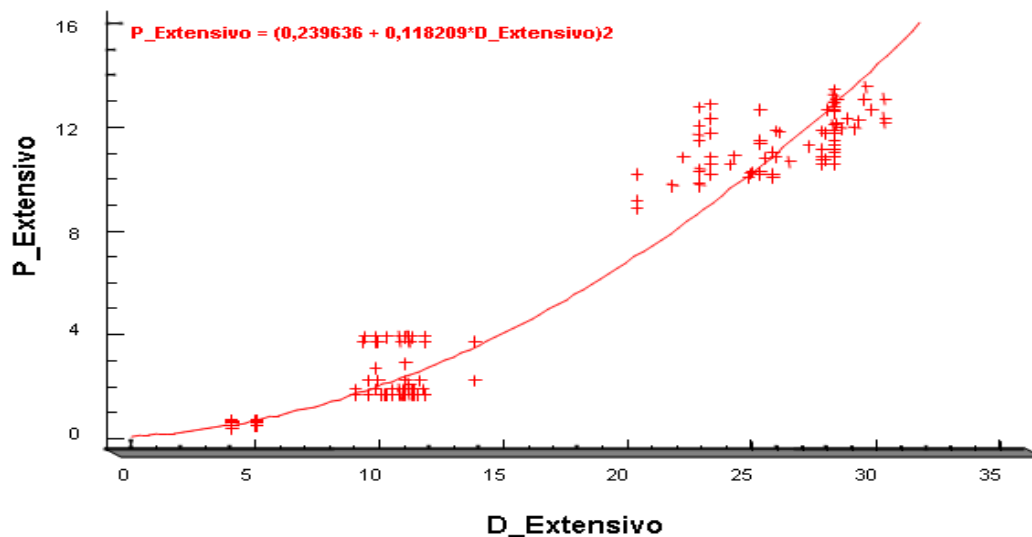
Tabla IX. Contraste de Igualdad de las rectas.

Parámetro	Diferencia	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
Término Independiente	0.187596	0.143211	130.993	0.1908
Pendientes	0.0460408	0.00798374	576.682	0.0000

Podemos observar que no existe una diferencia estadísticamente significativa en los términos independientes, pero sí que es significativa la diferencia entre pendientes. Es decir, con el tratamiento mixto la tasa de crecimiento de peso de los individuos es significativamente superior a la tasa de crecimiento en peso en el tratamiento extensivo

Por otra parte, como se puede observar en la Figura VI el crecimiento del tratamiento extensivo muestra mayor bondad en el ajuste con el modelo raíz cuadrada de Y con un coeficiente de determinación del 96% (1 punto mas que el ajuste al modelo lineal)

Figura VI: Curva de crecimiento del tratamiento extensivo, ajustada al modelo raíz cuadrada de Y



P_Extensivo: Peso del tratamiento Extensivo.

D_Extensivo: Diámetro del tratamiento Extensivo.

3.4. MORTALIDAD.

En la mortalidad que sufren los individuos del tratamiento mixto también se aprecia en la Figura VII una reducción frente a los individuos del tratamiento extensivo, sobre todo en los primeros 60 días de estudio.

Un valor importante a comentar es el 17% de mortalidad del tratamiento extensivo en su etapa juvenil contra el 7% de mortalidad del tratamiento mixto; esto es debido al control de las variables del estudio (humedad, temperatura y fotoperiodo) en el tratamiento mixto, mientras en el extensivo se realiza dejando a los individuos de la muestra con un peso medio de 0,57g en exterior y sin control de estas variables; Sin embargo cuando las muestras de los dos tratamientos pasan la etapa de engorde, la mortalidad del mixto (4,3%) es superior a la del extensivo (2,4%), los individuos que sobrevivieron del tratamiento extensivo están mejor adaptados al exterior que los individuos que pasaron su etapa juvenil en un ambiente interior y controlado. A pesar de ello la mortalidad total del tratamiento mixto (11%) es 8 puntos inferior comparada al 19% de la mortalidad total del tratamiento extensivo; Mayoral *et al.* (2004), Cameron y Carter (1979) y San Román *et al.* (2004) refieren que del 20 al 40% de los ejemplares no se logran en la etapa de cría en el sistema abierto extensivo.

Figura VII: Mortalidad relativa de cada etapa y la acumulada por tratamiento.

	Nº Individuos por etapa			Nº Muertos por etapa			Mortalidad por etapa (%)			Mortalidad total del sistema de cría (%)
	Alevin	Juvenil	Engorde	Alevin	Juvenil	Engorde	Alevin	Juvenil	Engorde	
Tratamiento Mixto	100	93	89	0	7	4	0	7	4,3	11
Tratamiento Extensivo	100	83	81	0	17	2	0	17	2,4	19

4. CONCLUSIÓN.

Mediante un sistema de cría mixta, en interior durante los 60 días desde la etapa alevín hasta la etapa juvenil con unas condiciones de humedad y temperatura controladas y los siguientes 60 días en exterior sin control de estas variables, se obtienen individuos con un peso medio 23,4% mayor y un diámetro medio 13,5% mas que en individuos criados con un sistema extensivo de 120 días en exterior sin control de humedad y temperatura, además de obtener una muestra mucho mas homogénea tanto en el diámetro como en el peso en contradicción con los resultados indicados por Sanz Sampelayo *et al.* (1990), lo cual se justifica porque el sistema utilizado en ambiente controlado reproduce el ecosistema natural del caracol y potencia el ritmo circadiano natural del mismo, lo cual es muy favorable porque un mayor porcentaje de la muestra llega en un mismo periodo al peso y dimensiones de reproducción o venta. Otro aspecto muy importante en el sistema mixto es la reducción de un 8% en la mortalidad de la muestra, teniendo unos valores de supervivencia del 89% frente al 81% en el sistema de cría extensivo lo que aumenta la optimización del proceso repercutiendo de forma directa en el incremento de los beneficios.

En la Figura VIII, se presenta lo mas importante y beneficioso para decantarse por el sistema de cría mixto en condiones controladas, dentro de la zona donde se localiza el estudio; es el incremento de ciclos biológicos por año del *Helix aspersa* pudiendo aumentar en 2 ciclos con el sistema mixto respecto a los 4 ciclos presentados en la Figura IX del sistema tradicional. Esto se hace posible porque al tener solo dos meses de exterior, podemos explotar al máximo los meses fuera del Intervalo de heladas seguras de nuestra zona, de Abril a Noviembre.

Figura VIII: Ciclos Biológicos del tratamiento Mixto.

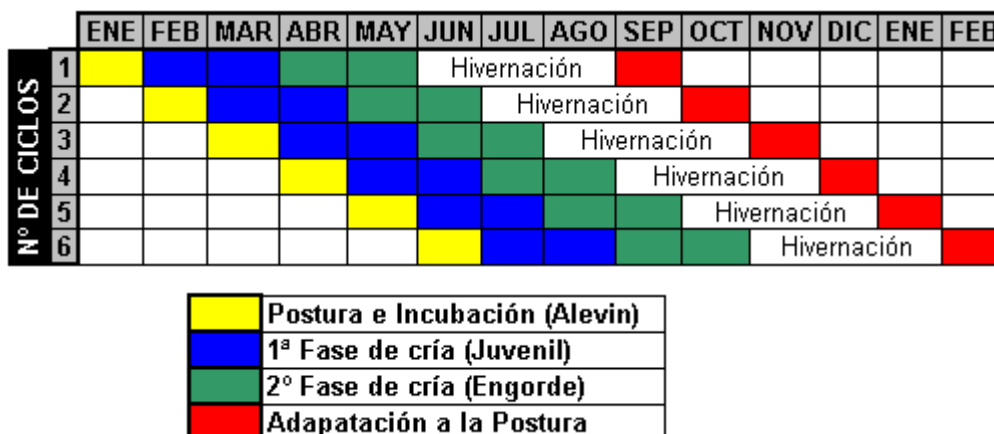


Figura IX: Ciclos Biológicos del tratamiento Extensivo.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
CICLOS	1								Hivernación					
	2								Hivernación					
	3								Hivernación					
	4								Hivernación					

		Postura e Incubación (Alevin)
		1ª Fase de cría (Juvenil)
		2º Fase de cría (Engorde)
		Adapatación a la Postura

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Arditi, A., D. Rodríguez y R. Villar. (2003). Plan de Negocios para La cría, procesamiento y comercialización de caracoles *Helix aspersa*. Tesina, Universidad Centro de Estudios Macroeconómicos. Buenos Aires, Argentina, 150p.

Arrébola, J.R. (1995). Caracoles terrestres (Gastropoda, Stylommatophora) de Andalucía con especial referencia a las provincias de Sevilla y Cádiz. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

Arrébola, J. y R. Álvarez. (2001). La explotación de los caracoles terrestres en España: aspectos biológicos y socioculturales. *Temas de Antropología Aragonesa*, 11, 139-172.

Arrébola, J., A Porrás, A. Cárcaba y A. Ruiz. (2004). Caracterización del sector helicícola andaluz: la captura de caracoles terrestres en Andalucía occidental. *Sociedad Española de Malocología. Iberus (España)*, 22, 31-41.

Borja, D. (2003). Estudio de prefactibilidad de la cría de escargot. Tesis de Grado. Carrera de Ciencias Agropecuarias. Escuela Superior Politécnica del Ejército. Facultad de Ciencias Agropecuarias Quito, Ecuador, 117p.

Brittante, G. (1984). Voluntary intake and digestibility of barley and wheat bran by *Helix pomatia* and *Helix aspersa*. *Zootécnica e Nutrizione Animale*, 10, 449-462.

Cameron, R. y M. Carter. (1979). Efectos intra e interespecíficos de la densidad de población sobre el crecimiento y la actividad de algunos caracoles terrestres (Gastropoda: Pulmonata). *Journal of Animal Ecology*, 48, 237-246.

Cuellar, R., Cuellar, L., Pérez, T. (1991). Helicicultura; cría moderna de caracoles. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 53p.

Cuellar, R., Cuellar, M. (2000). Producción de caracoles: Bases fisiológicas de producción y patologías. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 157p

Dignan, V. y E. Obschatko. (2003). Panorama de las producciones agroalimentarias no tradicionales en la Argentina. Estudio 1.EG.33.7. Unidad de Preinversión (UNPRE). Banco Interamericano de Desarrollo. Buenos Aires, Argentina. 75p.

Dupont-Nivet, M., V. Coste, P. Coinon, J.C. Bonnet y J.M. Blanc. (2000). Rearing density effect on the reproduction performance of the edible snail *Helix aspersa* Müller in indoor rearing. *Ann. Zootech*, 49, 447-456.

Fontanillas, J. García, L. (2002). El caracol y La helicultura. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 136p.

Gallo, G. (1998). El caracol: cría y explotación. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 179p.

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, 309-316.

González, OM (2007). El comportamiento animales y las Especies Animales Alternativas. *Agronegocios Alternativos*, 4, 107-126.

González, O.M., C.P. Basso y C.M. Vieites. (2005). Actividad helicícola en la Argentina: actualidad y acciones futuras. Rev. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 25, 83-91.

Grandin, T. (2002). Entender la Motivación animales. *Rural Patrimonio*, 27, 22-23.

Jess, S. and 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*, 41, 311-317.

Lagrifa. (2002). Helicultura: Cultivo del caracol terrestre. Editorial Propia. La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 119p.

Marasco, F. y C. Murciano. (2000). Guía Completa de la Cría de Caracoles. Editorial De Vecchi, S.A. Barcelona, España. 128p.

Mayoral, A.G., A. García, J. Perea, R. Martín, J. Martos, R. Acero y F. Peña. (2004). Efecto del nivel de densidad sobre el crecimiento del *Helix aspersa* Müller en la fase juvenil. *Archivos de Zootecnia*, 53, 120-124.

Perea, J. (2004). Caracterización zootécnica del *Helix aspersa*: evaluación económica de sistemas. Tesina de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.

Perea, J., R. Martín, R. Acero, F. Gómez, A.M. García Mayoral, F. Peña y A. García. (2006). Selección de hábitat en caracoles terrestres y sus aplicaciones a la helicultura. *Archivos de Zootecnia*, 55R, 1-12.

San Román, J., G. Giammarino y S. Vidal. (2004). Manual Helicícola: Cría de Caracoles a Cielo Abierto. Editorial Orientación Gráfica. Buenos Aires, Argentina. 175p.

Sanz Sampelayo, R., J. Fonolla and F. Gil Extremera. (1990). Land snails as experimental animals: a study of the variability and distribution of individual weights in *Helix aspersa* snails born from the same clutch. *Laboratory Animals*, 24, 1-4.

Sastre, R. (2006). Helicultura. Cría de caracoles en la Argentina: una alternativa innovadora en agronegocios. Tesis de Maestría. Área Agronegocios y Alimentos. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 139p.

Stephanou, D. (1986). Experiments on the nutrition of *Helix cincta* (Kobelt) and *Helix aspersa* Müller. *Snail Farming Research, Associazione Nazionale Elicicoltori*, 1, 42-49.

Vieites, C.M., O.M. González y C. Acuña Seery. (2007). Producciones Animales Alternativas con Potencial de Desarrollo Mediato e Inmediato en la Argentina. Estudio LEE.152. Unidad de Preinversión (UNPRE). Banco Interamericano de Desarrollo. Editorial Fundación I+I. Buenos Aires, Argentina. 185p.