



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

ÍNDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT	2
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1.- Aspectos biológicos del caracol terrestre	3
2.2.- Helicultura	3
2.2.1.- Historia y aspectos generales	3
2.2.2.- Marco legal, producción y consumo de caracoles en España.....	3
2.3.- Anatomía y fisiología del caracol <i>Helix aspersa aspersa</i>	5
2.3.1.- Morfología externa	5
2.3.2.- Aparato digestivo	7
2.3.3.- Aparatos respiratorio y circulatorio.....	8
2.3.4.- Sistema nervioso y órganos de los sentidos	9
2.3.5.- Aparato excretor	10
2.3.6.- Aparato genital y reproducción	10
2.3.7.- Ritmos biológicos	13
2.4.- Producción de caracoles	14
2.4.1.- Granja de reproductores.....	15
2.4.2.- Granjas de cebo	16
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	19
4. METODOLOGÍA.....	20
4.1.- Revisión bibliográfica	20
4.2.- Estudio laboratorio.....	20
4.2.1.- Objetivo del estudio	20
4.2.2.- Muestras empleadas.....	20
4.2.3.- Análisis laboratorio de la carne	21
4.2.4.- Análisis laboratorio del pienso	22
4.2.5.- Análisis estadístico	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5.1.- Composición de los caracoles	26
5.2.- Composición del pienso	27
6. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS	29
7. VALORACIÓN PERSONAL	30
8. BIBLIOGRAFÍA	31

1. RESUMEN/ABSTRACT

Este trabajo se ha planteado con el objetivo de profundizar en el campo de la helicultura. Para ello se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica, visitas a granjas de caracoles junto con el veterinario de campo y, por último, un breve estudio laboratorial. Primero, se ha explicado el progreso de la helicultura en España durante los últimos años y, además, el consumo de caracoles y la normativa que la regula. En segundo lugar, se ha estudiado la anatomía y fisiología del caracol, profundizando en la reproducción y los ritmos biológicos debido a la gran influencia que tienen sobre la producción; seguido de una descripción general de los tipos de explotaciones, de cebo y reproducción, y los ciclos productivos de estos moluscos.

Asimismo, para reforzar el trabajo y con el fin de aprender técnicas laboratoriales aplicadas a la producción animal, se realizaron varias pruebas analíticas: se compararon los pesos de caracoles silvestres vs. granja y se observó que existía diferencia significativa, se estudió la composición química de sus carnes, se comparó la composición nutricional estimada de un pienso de caracoles (detallada en la etiqueta) con la analizada (obtenida en el laboratorio) y a su vez con las recomendaciones de FEDNA de otras especies animales, sin obtener resultados concluyentes debido al bajo número de muestras.

Introduction to heliculture: physiology and snail farming.

This final project has been proposed with the objective of going into detail about heliculture. For this, a bibliographic review, visits to snail farms with the veterinarian and a brief laboratory study have been carried out. First, the progress of heliculture in Spain of the last years and, moreover, its regulations and the consumption of snails has been explained. Secondly, the snail's anatomy and physiology has been studied, going deep into reproduction and biological rhythms due to the important influence they have on its production; all this followed by a general description of the type of farms, fattener and breeding, and the productive cycle of these mollusks.

Likewise, to reinforce the assignment and in order to learn laboratory techniques applied to animal production, several analytical tests were performed: the weights of wild and farm snails were compared and it was observed that there was a significant difference between them, the chemical composition of their meats was studied, the estimated nutritional composition of a snail feed (detailed on the label) was compared to that analyzed (obtained in the laboratory) and, also with FEDNA recommendations of other animal species, obtaining no conclusive results due to a low number of samples taken.

2. INTRODUCCIÓN

2.1.- Aspectos biológicos del caracol terrestre

El caracol terrestre es un molusco gasterópodo que pertenece al Orden Pulmonata y a la familia *Helicidae*. Entre las especies con mayor interés zootécnico y bromatológico destacan *Helix pomatia* (caracol de Borgoña), *Helix lucorum* (caracol turco) y *Helix aspersa* (caracol común), esta última con mayor importancia en nuestro país (1, 2, 3, 4).

La especie *Helix aspersa* se divide en dos subespecies (5, 6, 7, 8):

- *Helix aspersa aspersa* o Petit Gris. Es la que más se consume en España, tiene un peso que varía de 6 a 20 g y su carne puede ser blanca o grisácea.
- *Helix aspersa maxima*, también conocido como Gros Gris. Es más característica del norte de España y de Francia, tiene un peso que supera los 20 g, pudiendo llegar incluso a 40 g y su carne es de color verdoso oscuro.

2.2.- Helicicultura

2.2.1.- Historia y aspectos generales

La introducción de los caracoles en la dieta de los humanos surgió en la prehistoria, dato que se conoce gracias al descubrimiento de restos fósiles en cavernas en Europa y América. Siglos después, los romanos fueron los primeros en construir recintos con el fin de criarlos para alimentarse de ellos, donde separaban a los caracoles por especies y seleccionaban e introducían los mejores para reproducirlos. Estos fueron los inicios de la producción de caracoles o, lo que actualmente se denomina, helicicultura (9, 10).

La palabra helicicultura está compuesta por “Helici” que deriva de *Helix*, nombre dado a un género de caracoles por tener su caparazón en forma helicoidal, y “Cultura” que deriva del latín *cultivare*, es decir, cultivar (11).

2.2.2.- Marco legal, producción y consumo de caracoles en España

A nivel comunitario, y según el Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones territoriales, el sector helicícola está regulado por el Reglamento (CE) 1234/2007 (12), que estipula un mecanismo de protección fronterizo y disposiciones generales. Además, es de obligado cumplimiento el “paquete de higiene”, que tiene como objetivo garantizar unos

requisitos higiénicos y de inocuidad de los alimentos. En la Guía de prácticas correctas de higiene – Helicicultura, elaborada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en colaboración con la Asociación Interprofesional del Caracol de Crianza Interhelix (13), se define al caracol como un alimento y a las explotaciones como empresas alimentarias, lo que obliga a éstas a tener un control y registro de las visitas, los medicamentos empleados, los movimientos de los animales, los certificados de los piensos y los protocolos de limpieza, desinfección, desinsectación y desratización, entre otros (2, 14, 15).

Dentro del ámbito nacional, la Ley 8/2003, de Sanidad Animal (16) establece que todas las explotaciones de animales deben estar registradas en su Comunidad Autónoma y que los datos de estos registros estén incluidos en un registro nacional. Con todo esto se concluye que la venta de caracoles silvestres se encuentra fuera de la normativa y que, por lo tanto, su comercialización está prohibida (2, 13, 14, 15).

Por otra parte, la recogida de caracoles silvestres está regulada por una normativa autonómica. Un ejemplo es la de la Comunidad Valenciana, en la que se establece el límite de 1 kg por persona y día (2, 13, 14, 15).

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación español (17) hay más de 100 explotaciones helicícolas en estado de alta (38% en Andalucía, 12% en Aragón, 10% en Cataluña y 10% en Castilla-La Mancha); sin embargo, la comercialización de sus caracoles supone solamente el 3% del total. Esto significa que el 97% de los caracoles que se consumen en nuestro país provienen de la recolección de caracoles silvestres y de importaciones. España fue el país líder en importación de kg de caracoles (con más de 11 millones de kg) seguido por Francia, Portugal y Grecia. No obstante, se encuentra en tercer lugar, por detrás de Francia e Italia, entre los países que más caracoles consumen. Los datos estimativos indican un consumo de 400 g de caracoles/persona/año en España (equivale a 16 millones de kg por año), permaneciendo muy por debajo de 1 kg/persona/año estimado para Francia (5, 18, 19).

En nuestro país, las comunidades autónomas donde más caracoles se consumen son Galicia, Aragón, Andalucía, País Vasco, Valencia y Cataluña, esta última siendo la más importante, concretamente en la ciudad de Lérida (3, 20).

2.3.- Anatomía y fisiología del caracol *Helix aspersa aspersa*

2.3.1.- Morfología externa

Dentro de la especie *Helix aspersa aspersa*, existen tres variedades en función de su tamaño en la fase adulta: *minor*, *normalis* y *major* (Tabla 1) (21).

Tabla 1. Variedades de *Helix aspersa aspersa*.

Variedad	Diámetro de la concha	Peso total del caracol
<i>minor</i>	<28 mm	<6 g
		Talla pequeña 6-8 g
<i>normalis</i>	28-39 mm	Talla media 8-10 g
		Talla grande 10-14 g
<i>major</i>	≥39-43 mm	14-20 g

En la morfología externa del caracol se distingue la concha y el cuerpo.

La concha es el exoesqueleto, el elemento de protección de los caracoles. Como respuesta frente estímulos adversos, tiene la capacidad de esconder en su interior el cuerpo del animal por completo gracias a la acción de varios músculos. En épocas de inactividad, el animal se introduce totalmente en la concha y forma un velo mucomembranoso-calcáreo denominado epifragma que cierra la apertura (Figura 1). Su función principal es permitir el paso de aire, pero no de agua, impidiendo la deshidratación del caracol (1, 22, 23).



Figura 1. Caracol con epifragma u “operculado”.
Fuente propia

La concha (Figura 2) es univalva, globoide y se enrolla en espiral en distintos planos, generalmente dextrógira. Está formada por 4 o 5 espiras, delimitadas por las líneas de sutura, que giran alrededor del eje columelar, que recorre una línea imaginaria del ápice al ombligo. El ápice es el punto del cual parten las espiras y el ombligo es el que finalizan. El orificio de la concha se delimita por un reborde exterior (peristoma) cuando los caracoles alcanzan el estado adulto (1, 21, 22).

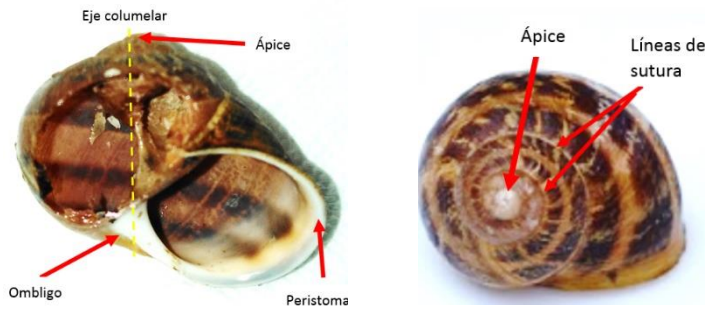


Figura 2. Partes de la concha.
Fuente propia

La composición de la concha es un 98-99% sales minerales y un 1-2% materia orgánica. Su crecimiento en longitud y su reparación (Figura 3) tienen lugar gracias al manto (parte del tegumento que recubre la masa visceral, justo debajo de la concha) a partir del calcio absorbido de los alimentos. El deterioro de la concha es reparable siempre que el animal tenga suficientes reservas o el aporte de sales minerales sea el necesario (1, 24).



Figura 3. Caracol de granja reconstruyendo su concha.
Fuente propia

El cuerpo está recubierto por el tegumento y se divide en cabeza, pie y masa visceral (1):

- En la cabeza se encuentran los tentáculos retráctiles: dos oculares y dos táctiles y olfativos, estos últimos de menor tamaño (1, 22).
- El pie tiene forma alargada, sobre él descansa todo el cuerpo y posee una lenta y potente capacidad de desplazamiento mediante reptación. Asimismo, en su región media superior derecha desembocan los orificios respiratorio, reproductor, excretor y el ano, y se encuentra fuertemente unido a la concha por el músculo columelar (1, 22).

Los movimientos del caracol son mínimos y se limitan a desplazarse para alimentarse, buscar refugio, realizar la cópula o efectuar la puesta. El caracol se desliza mediante una fuerza de tracción que se inicia en un punto fijo de la parte posterior del pie, desde el cual aleja la parte

anterior con un movimiento ondulatorio. Las ondas se mueven siempre hacia adelante, lo que les impide el desplazamiento hacia atrás (1, 22).

El caracol es capaz de desplazarse por cualquier tipo de superficie, excepto por las que son muy absorbentes (cenizas, serrín, sal, etc.) ya que, debido a su efecto desecante, les provoca la muerte por deshidratación (1).

- La masa visceral se halla en el interior de la concha y está recubierta por el manto. Contiene los aparatos digestivo, circulatorio, respiratorio, excretor y reproductor (1).

2.3.2.- Aparato digestivo

Los helícidos son animales herbívoros y en algunos casos detritívoros. El aparato digestivo (Figuras 4 y 5) empieza en la boca, que está formada por el bulbo bucal musculoso, que contiene una mandíbula denticular quitinosa en su parte dorsal, y la rádula, órgano muscular recubierto por una lámina córnea, quitinosa y amarillenta con varias filas de dientes puntiagudos. Los alimentos son cortados y triturados mediante movimientos alternativos de vaivén, entre la mandíbula superior y la rádula. Los dientes se levantan para romper la estructura del alimento y se aplanan para facilitar la ingestión. En la base la rádula se encuentra el odontóforo, que se encarga de regenerarla de forma continua (1, 22).

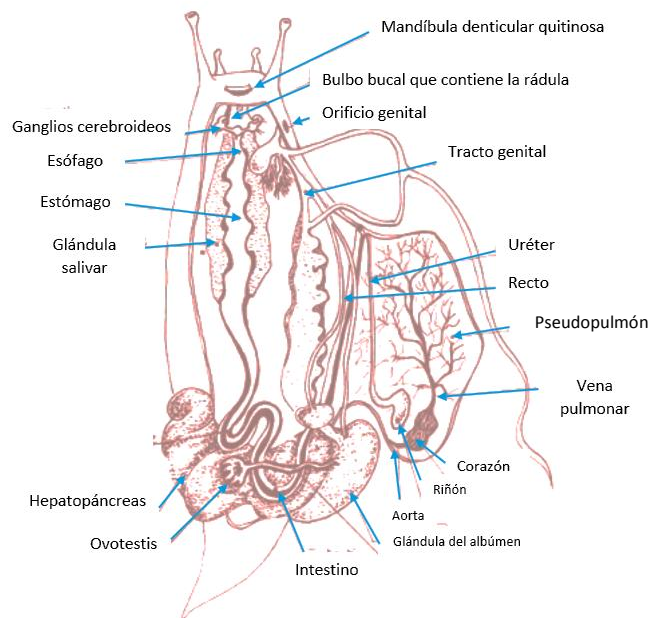


Figura 4. Anatomía interna de *Helix aspersa aspersa*.
Fuente: imagen modificada de L'élevage des escargots, production et préparation du petit-gris (Chevallier, H).

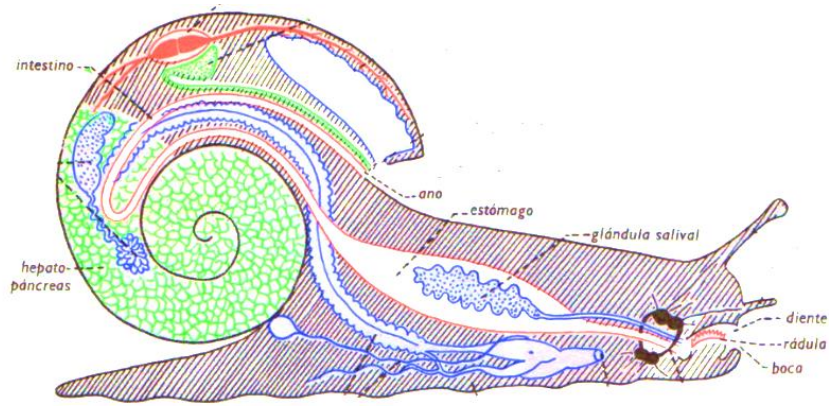


Figura 5. Representación esquemática del aparato digestivo del caracol.

Fuente: imagen modificada de

http://quadrado natural.com/bat1/05_nutri/nutriciolb.php

La cavidad bucal se continúa con el esófago, que se dilata a nivel del estómago. Éste último es fusiforme y posee dos glándulas salivares adosadas a sus paredes, que desembocan en el bulbo bucal. El intestino es de gran longitud, tiene forma de uve y una doble circunvalación alrededor del hepatopáncreas. Se encarga de eliminar excretas de los residuos alimenticios y del desdoblamiento de la celulosa gracias a su flora microbiana (1, 22).

El hepatopáncreas está formado por dos lóbulos que se extienden entre el estómago y el intestino y desembocan en el ano. Es un órgano mixto, cuya función principal a nivel digestivo es la de secretar las enzimas y otros productos para la digestión de glúcidos y proteínas. Además, es el órgano encargado de almacenar el glucógeno del animal (1, 22).

La digestión tiene una duración media de tres horas. Los caracoles pueden permanecer sin ingerir alimentos durante largos periodos de tiempo, manteniéndose a base de sus reservas (1).

2.3.3.- Aparatos respiratorio y circulatorio

El aparato respiratorio (Figura 4) consta de un órgano principal denominado cavidad paleal, saco pulmonar o pseudopulmón, que posee una salida con el exterior a través del orificio respiratorio o pneumostoma (Figura 6) y está recubierto por vasos finamente ramificados (donde se produce la hematosis) que confluyen en la vena pulmonar (1, 22).

La respiración de estos gasterópodos es fundamentalmente de tipo pulmonar, similar a la de los animales superiores, con una frecuencia respiratoria de 3-4 respiraciones por minuto, y se complementa con respiración cutánea (1).

El ciclo respiratorio comienza con la inspiración, que se produce gracias a la acción de la musculatura inferior que comprime los órganos viscerales, creando una corriente de aire. Una

vez que el pseudopulmón se llena de aire, el pneumostoma se cierra. En la espiración, el pneumostoma se abre y el aire es expulsado por un movimiento muscular inverso (1, 22, 24).

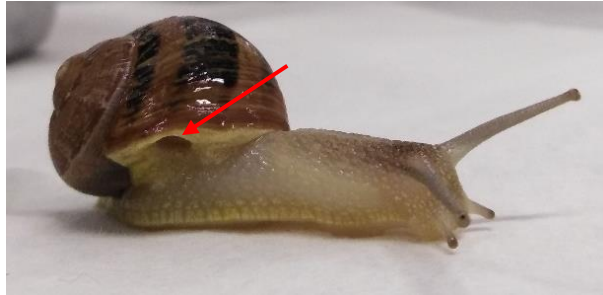


Figura 6. Detalle del pneumostoma.
Fuente propia.

El aparato circulatorio (Figura 4) está formado por el corazón y dos aortas. Por su interior circula la hemolinfa, un líquido viscoso e incoloro que se vuelve azul al entrar en contacto con el oxígeno (en el pseudopulmón) debido a la presencia de hemocianina (1, 21, 22).

El corazón está envuelto por el pericardio e incluye una aurícula piriforme y un ventrículo alargado. Del ventrículo parten las aortas anterior y posterior; a partir de ellas se originan las restantes arterias, creando a un sistema vascular arterio-venoso formado por un entramado en el que se intercalan senos venosos (1, 21, 22).

La circulación es de tipo sencilla y abierta: la hemolinfa, oxigenada en el pseudopulmón, alcanza la aurícula a través de la vena pulmonar, pasa al ventrículo, es impulsada a las aortas y se distribuye por todo el sistema vascular. Tras la irrigación de los tejidos, órganos y glándulas corporales, la hemolinfa no oxigenada llega a los senos venosos que se continúan con las venas, volviendo al pseudopulmón dónde es oxigenada de nuevo (1, 22).

La frecuencia cardiaca varía según la temperatura ambiental, de 100 a 110 contracciones por minuto a 38°C hasta 3 contracciones por minuto a 0°C (22, 24).

2.3.4.- Sistema nervioso y órganos de los sentidos

El sistema nervioso de los gasterópodos presenta una organización primitiva. Está formado por cinco grupos de ganglios unidos entre sí por cordones nerviosos. Consta de cinco tipos de ganglios interconectados (25, 26, 27): cerebroideos, bucales, pedios, pleurales y viscerales, cada uno de los cuales inerva y controla la musculatura, glándulas o vísceras de la región donde se encuentran localizados.

Los órganos sensoriales táctiles y los olfativos están formados por células neuroepiteliales del tegumento, distribuidas por toda su superficie, con una mayor proporción en los tentáculos, la boca y el borde del pie (1). El tacto es el sentido más desarrollado y generalizado, ya que poseen una gran sensibilidad al contacto, la temperatura y al grado higrométrico, especialmente en la cabeza y en los tentáculos inferiores (1, 22). Los caracoles son capaces de distinguir olores sutiles (hasta a 0,5 m de distancia) a través de toda su superficie corporal, especialmente de los tentáculos y los labios (1).

Los ojos se encuentran en el extremo de cada uno de los dos tentáculos mayores. Están compuestos por la córnea, el cristalino, el cuerpo vítreo y el nervio óptico (1, 22). A pesar de tener el sentido de la vista poco desarrollado, son capaces de discernir objetos de escasa coloración a una distancia de 2-6 cm y de distinguir la luz de la oscuridad, ya que su actividad depende, en gran parte, del fotoperiodo (1).

Además, poseen dos órganos del equilibrio denominados estatocistos, localizados en la región anterior del pie. Son un conjunto de células sensoriales y cilios de forma circular que en su interior contienen un estatolito. Éste provee información a las células adyacentes de la posición en la cual se encuentra en función al movimiento (25, 26, 27, 28).

2.3.5.- Aparato excretor

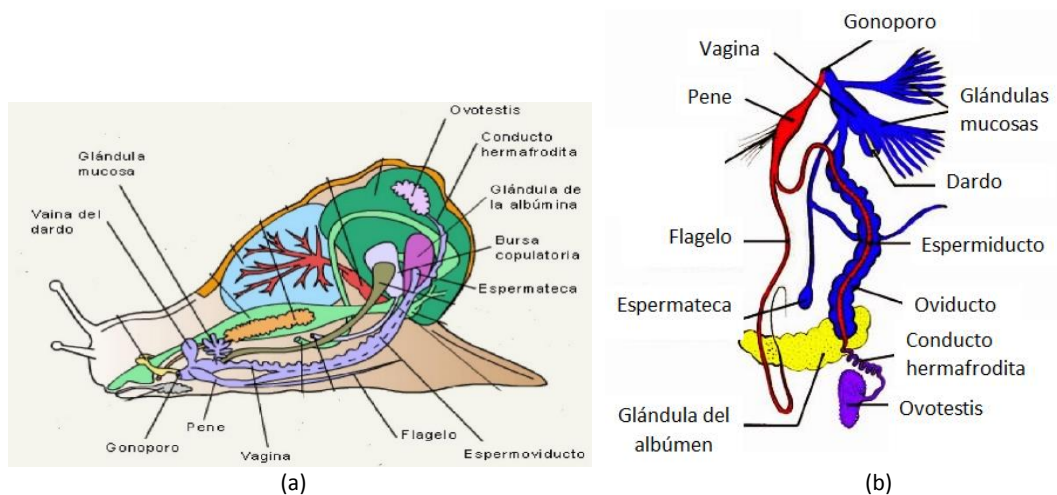
El aparato excretor (Figura 4) está formado por un riñón u órgano de Bojanus de color amarillento y un uréter, paralelo al recto, que desemboca en el orificio excretor. En cuanto a la eliminación de los desechos metabólicos, hasta el momento no hay estudios que determinen su procesado (1, 22, 29).

2.3.6.- Aparato genital y reproducción

El aparato reproductor (Figura 7) ocupa un gran volumen de la cavidad visceral en los caracoles adultos. Su anatomía es compleja y consta del ovotestis, que se encarga de producir gametos masculinos y femeninos con diferente secuencia temporal. Éste se continúa por un conducto flexuoso denominado conducto hermafrodita, que desemboca en el espermooviducto, donde también lo hace la glándula del albumen, que produce la albúmina de los huevos (1).

El espermooviducto está formado por el espermiducto y el oviducto: por una parte, el espermiducto se divide y origina el pene y un conducto ciego helicoidal denominado flagelo, en el que se aglomeran los espermatozoides; por otro lado, el oviducto termina en una dilatación

(vagina) donde desembocan la vaina del dardo, las glándulas mucosas y la espermateca. La vaina del dardo es evaginable y aloja un dardo que sirve de órgano excitador y fijador durante la cópula. La vagina finaliza en el orificio genital o gonoporo, situado cerca de la base del tentáculo ocular derecho (1).



(a) Fuente: imagen modificada de <http://www.geocities.ws/caracolchagua/caracol.htm>

(b) Fuente: imagen modificada de <http://affreuxbiologiste.blogspot.com/2015/>

Figura 7. Anatomía del aparato reproductor de un *Helix aspersa* adulto.

Se describe la función reproductora como “hermafroditismo insuficiente de fecundación cruzada”. Se entiende por hermafrodita el individuo que posee los aparatos genitales femenino y masculino; e insuficiente como el individuo hermafrodita que necesita la intervención de otro para ser fecundado a la vez que fecunda (22, 23).

La temperatura, la humedad, el fotoperíodo y la época de nacimiento son factores ambientales que determinan el momento de alcanzar la madurez sexual del caracol. En condiciones naturales, *Helix aspersa* ya es maduro sexualmente a los 8 meses y se reproduce a partir de los 12-14 meses. En cambio, en la cría controlada, a los 5-6 meses ya alcanza la madurez sexual y se inician los apareamientos (1).

La reproducción de los caracoles está compuesta por cinco fases: cópula, fecundación, puesta, incubación y desarrollo embrionario y eclosión.

La cópula (Figura 8) va precedida de un período preliminar durante el cual los dos animales se reconocen y se frotran repetidamente con las rádulas, adoptando una postura horizontal en direcciones opuestas. Estos movimientos, junto con la segregación de una sustancia mucosa (por las glándulas mucosas), facilitan la salida de los dardos de sus vainas, que actúan recíprocamente como órganos excitadores mediante estímulos de picado provocando la evaginación de los

penes al exterior. De este modo, el pene de cada caracol se introduce en la vagina del congénere, intercambiándose los espermatozoides. Estos son almacenados en la espermateca. La duración media de la cópula es de 10 h, existiendo variaciones entre especies e individuos (1, 22).



Figura 8: caracoles de granja realizando la cópula.
Fuente propia

Una vez finalizada la cópula, cuando las condiciones para realizar la puesta son adecuadas, el caracol pasa a la fase de hembra, produce los óvulos y los fecunda con los espermatozoides almacenados en la espermateca. Los huevos fecundados pasan por el oviducto, donde son rodeados por una capa de albúmina y, posteriormente, por una capa calcárea blanquecina que se endurece en contacto con el aire (segregada por las glándulas mucosas). A medida que se van formando los huevos, se van depositando a través del gonoporo (1, 22).

Antes de realizar la puesta (Figura 9), el caracol excava un orificio en la tierra, introduce la parte anterior del pie por completo y deposita un huevo cada 5-20 min, hasta poner un total de 70-90 huevos. Por último, cubre el orificio con los restos de tierra de la excavación (1, 23).

El periodo de incubación y desarrollo embrionario tiene una duración de 10-25 días, en función de la temperatura exterior (1, 27). La eclosión tiene lugar por rotura de la cáscara, cuando el embrión se ha desarrollado por completo y ocupa todo el espacio interior del huevo. Una vez liberado del huevo, el caracol juvenil o alevín permanece entre 5 y 10 días en el nido, alimentándose de los restos de la cubierta calcárea y de los detritus orgánicos. Después, eliminan la tierra que cubre el «nido» y salen al exterior (1, 20, 27).



Figura 9. Secuencia temporal del proceso de puesta.
Fuente: www.biology.mcgill.ca

2.3.7.- Ritmos biológicos

La actividad de los caracoles está condicionada por tres parámetros climáticos: la humedad, la temperatura y el fotoperiodo.

Existe equilibrio constante entre el contenido en agua de sus tejidos y la humedad ambiental, absorbiendo o eliminando agua gracias a la permeabilidad del tegumento. Tanto el exceso como el defecto de hidratación suponen una disminución de las funciones vitales, llegando a ocasionar la muerte en casos extremos (1).

Su intervalo óptimo de temperatura se encuentra en 15-25°C. Por debajo, se disminuye o se paraliza su actividad, produciéndose la hibernación alrededor de los 6°C y la muerte por congelación a temperaturas inferiores a los 0°C. En cambio, por encima de los 20°C, incluso a 30°C, se mantiene activo siempre que el grado de humedad sea el adecuado (1).

Los caracoles son animales fotófobos. Esta característica junto con el mayor grado higrométrico ambiental nocturno, provoca una mayor actividad durante la noche. Sin embargo, también existe actividad durante el día, buscando zonas de penumbra y húmedas para evitar el calor y la luz solar. Una vez finalizado el periodo de actividad, regresa al mismo lugar de descanso ocupado durante el día (1, 2, 4, 16, 30).

El ciclo vital de los caracoles en la naturaleza se divide en tres fases fisiológicas, en función de las condiciones ambientales higrométricas y térmicas, lo que tiene gran importancia desde el punto de vista de su cría de forma controlada (2):

a) Estivación: tiene lugar durante los meses de verano, coincidiendo con una baja humedad ambiental y una alta temperatura. Estas condiciones climáticas inducen al caracol a un estado letárgico, en el que disminuye su metabolismo. Puede durar hasta cuatro meses o puede no existir, si no se dan unas condiciones climáticas extremas (1, 4, 30).

Según Attia (2004) existen interacciones complejas con el medio ambiente (ciclos de luz/oscuridad, frío/calor) que sincronizan las actividades de comportamiento diarias. En el estudio llevado a cabo observaron que los caracoles están activos todo el día cuando la humedad relativa es del 100% y que la estivación aparece con alta temperatura externa y muy baja humedad relativa induciendo el cese completo de las actividades de comportamiento (31). Además, se ha encontrado relación entre la frecuencia de cópula y de puesta con la temperatura y la humedad ambiental, de tal modo que, con alta temperatura y baja humedad ambas disminuían, con alta temperatura y alta humedad aumentaban las cópulas y con una temperatura más baja disminuía el número de acoplamientos, pero aumentaba la cantidad de huevos, incluso con baja humedad relativa (21).

b) Hibernación: de igual modo que en la estivación se produce un estado letárgico, pero esta vez debido a las bajas temperaturas invernales, la disminución del fotoperiodo y la escasez de alimentación. Se paralizan las funciones digestivas y la frecuencia cardiaca disminuye. El caracol se mantiene vivo gracias al glucógeno almacenado en el hepatopáncreas (1, 2).

c) Vida activa: durante esta fase los caracoles se alimentan y presentan actividad. Se produce un rápido crecimiento de los alevines y la recuperación de los adultos (que provienen de la estivación/hibernación), iniciándose el periodo reproductivo. Tiene lugar principalmente durante los meses de primavera y otoño, cuando las temperaturas rondan los 10-12°C y la humedad ambiental es del 80% aproximadamente (1, 4, 30).

Estas fases tienen una gran relevancia sobre la cría del caracol en granja. En el caso de las explotaciones al aire libre, la climatología de la región afectará de forma directa a la actividad y, por lo tanto, al desarrollo y crecimiento de los caracoles. Y en las instalaciones cerradas, los parámetros ambientales tendrán que ser controlados de forma precisa para conseguir una óptima producción.

2.4.- Producción de caracoles

El helicultor elige la especie en función de la demanda por el consumidor, la prolificidad, rusticidad, resistencia, facilidad de adaptación a la cría controlada, índice de crecimiento y facilidad de adquisición de reproductores. *Helix aspersa* posee una serie de características deseables que facilitan su cría intensiva: alta tasa de huevos por puesta (hasta 120 huevos en cada puesta), capacidad de adaptabilidad a los diferentes climas, adaptación al cautiverio y gran rusticidad y resistencia (32, 33, 34).

Actualmente existen dos sistemas de producción:

- El sistema italiano o de ciclo completo se lleva a cabo en granjas al aire libre (extensivo). Se introducen los reproductores, se aparean y ponen sus huevos dentro de los recintos; las crías nacen y crecen allí, alimentándose de la vegetación existente (8).
- El sistema mixto combina la cría de reproductores en instalaciones cerradas (intensivo) con el cebo en granjas al aire libre (extensivo) y es el más empleado en España (8).

A continuación, se describen las granjas de reproductores y de cebo y su funcionamiento. Hay que destacar que no existe un modelo de “granja ideal” y que cada helicultor la establece a su modo.

2.4.1.- Granja de reproductores

Las granjas dedicadas a la reproducción de caracoles (Figura 10) consisten en locales cerrados, de modo que existe un control absoluto de temperatura, humedad y horas de luz. En su interior, se disponen unas mesas de cría con planos verticales, y entre ellos macetas que contienen turba (materia orgánica procedente de la descomposición de vegetales). Adicionalmente, consta de un sistema antifuga y de riego en las mesas de cría (2).

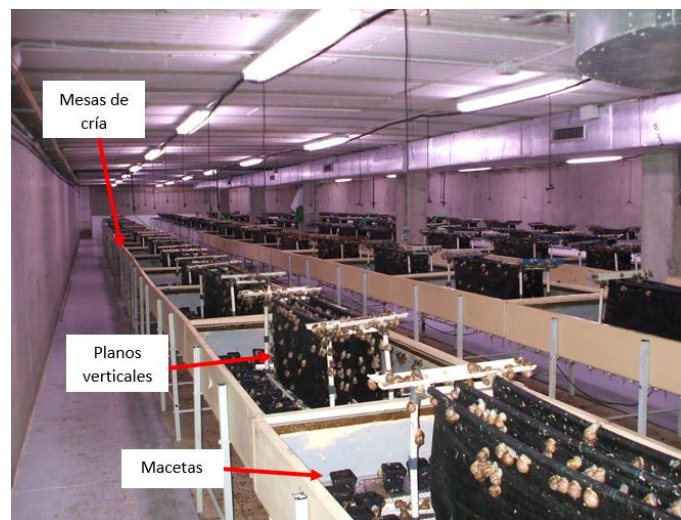


Figura 10. Interior de una granja de reproducción de caracoles.
Fuente: imagen cedida por Enrique Navarro

Ciclo productivo: previamente a la colocación de los caracoles adultos en las mesas de cría, se les induce a hibernar un mínimo de 3 meses. Una vez colocados, se mantienen unas condiciones ambientales con fotoperiodo de días largos (Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones ambientales recomendadas para favorecer la reproducción de los caracoles.

	Día	Noche
Fotoperiodo	18 horas de luz	6 horas de oscuridad
Temperatura	20°C	17°C
Humedad	75%	90%

En general, se introducen en las mesas en el mes de enero y se mantienen en la granja un máximo de 4 meses. Los reproductores realizan la cópula en los planos verticales y depositan la puesta en el interior de las macetas. Diariamente se recogen los huevos de las macetas y se traspasan a unas bandejas que se trasladan a una sala de incubación, donde se mantiene una temperatura de entre 12 y 20°C. Los días de incubación varían entre 13 y 20 días, de modo que según interese en función de la demanda de alevines, es posible retrasar la eclosión disminuyendo la temperatura ambiental y viceversa (8, 35).

2.4.2.- Granjas de cebo

Una granja de cebo en extensivo (Figura 11) consiste en un vallado cerrado, que contiene zonas de refugio (maderas o tablas con material aislante) y vegetación y zonas de paso de forma intercalada. Además, posee un sistema de riego por toda la superficie y un sistema antifuga en el perímetro.



Figura 11. Granja de cebo de caracoles en extensivo.
Fuente propia

Ciclo productivo: antes del invierno se realiza el vacío sanitario de la granja. Se labra y se desinfecta la tierra (exponiendo la tierra que ha sido removida al sol y al aire, mediante la aplicación de cal viva o peróxido de hidrógeno) y se siembran semillas de trigo, cebada, raigrás,

acelga, trébol blanco, etc. La finalidad del cultivo de esta vegetación es crear un microclima, proteger a los caracoles del sol y mantener la humedad.

Tras el invierno, a partir de marzo, según la climatología, se introducen los alevines esparciéndolos por la vegetación. Éstos pasarán la mayor parte del tiempo bajo los refugios, ya que se trata de la zona más protegida del sol.

Los caracoles se encuentran activos del ocaso al amanecer, de modo que se aporta el pienso en el ocaso y se realiza uno o varios riegos durante la noche para aumentar la humedad ambiental y, consecuentemente, su actividad con el fin de que se alimenten.

Cuatro meses después, coincidiendo con el inicio del verano, la mayoría de los caracoles son adultos y se empiezan a recolectar. La recolección se realiza durante varios días y de forma manual; se levantan los refugios, se seleccionan los caracoles adultos “bordeados” y se colocan en mallas. Los caracoles que aún no han crecido lo suficiente permanecen en la granja y tras el verano se recolectan todos, separando los adultos (que se colocan en mallas) del resto (se conservan en refrigeración, es decir, induciendo la hibernación hasta el próximo ciclo).

A continuación, las mallas con los caracoles adultos se trasladan a un secadero (Figura 12), que consiste en un habitáculo con ventiladores y deshumidificadores, con el fin de extraer el vapor de agua ambiental y secar a los caracoles. Los días de secado dependen de la cantidad de caracoles, de la potencia de los ventiladores y del tamaño del habitáculo, oscilando entre 3 y 10 días. Tras este proceso, el caracol forma el epifragma (Figura 1).



Figura 12. Secadero de caracoles.
Fuente propia

Una vez secos, se almacenan en un refrigerador hasta su venta. Pueden permanecer en refrigeración hasta 7 meses, teniendo en cuenta que cada mes que transcurre el caracol pierde peso y, por lo tanto, valor económico.

La venta se realiza en función de la demanda de los clientes y es fundamental que los caracoles estén “rebordeados”, “operculados” y secos.

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La razón de elegir este trabajo fue la posibilidad de profundizar en el conocimiento del sector helicícola, ya que se trata de un sector desconocido y que no abordamos durante el Grado, pero que tiene cierta relevancia, sobre todo en algunas regiones de nuestro país, concretamente en la ciudad de Lérida, la ciudad de donde soy.

Además, la propuesta de TFG incluía varios asuntos; realizar una revisión bibliográfica, visitar varias granjas para tomar contacto con ganaderos y veterinarios del sector, desarrollar un trabajo laboratorial y, aunque a pequeña escala, también de investigación. El hecho de combinar diferentes ámbitos de estudio facilita y contribuye a un aprendizaje más diverso. Por otro lado, la nutrición animal es la parcela a la que me gustaría dedicarme en el futuro y el presente trabajo me permitía entrar en contacto con ella.

Así pues, el principal objetivo de este trabajo era aprender sobre el sector helicícola. Como objetivos específicos estaban:

- Indagar sobre la anatomía y fisiología del caracol
- Averiguar acerca de los factores que influyen en su cría
- Valorar la calidad nutricional de su carne
- Reflexionar sobre la composición del pienso de caracoles

4. METODOLOGÍA

4.1.- Revisión bibliográfica

Para realizar la revisión bibliográfica de este trabajo se han consultado diversas fuentes de información; por un lado, los libros de la biblioteca de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza y, por otro, la base de datos electrónica Web of Science, para la cual se han utilizado términos de búsqueda como «snail» y «heliculture». También se han visitado distintas páginas webs y se han buscado en internet artículos de divulgación científica usando principalmente como palabras clave: caracol, helicultura, fisiología, anatomía, alimentación. No se han descartado artículos por su antigüedad ya que la información relacionada con este tema es bastante limitada. De esta manera se han recopilado 45 trabajos publicados en inglés, español, francés y/o gallego, la mayoría de ellos posteriores a 2005.

4.2.- Estudio laboratorial

4.2.1.- *Objetivo del estudio*

Comparar la composición de caracoles de granja frente a caracoles silvestres, así como aprender las técnicas de análisis de piensos y reflexionar sobre los resultados.

4.2.2.- *Muestras empleadas*

Se utilizó un total de 75 caracoles para el estudio de los que 30 eran de granja (comprados en un centro comercial, Zaragoza) y 45 eran silvestres (recogidos del campo, Lérida). Para ello, primero se pesaron enteros, de forma individual. A continuación, se sacrificaron introduciéndolos en un baño de agua caliente a 50-60°C durante 3 min. Tras sacarlos del baño, se extrajeron los cuerpos de las conchas manualmente con palillos de madera y se separó el hepatopáncreas del resto de carne (parte comestible). Las conchas y las carnes se dejaron secar al aire durante 15 min sobre papel de filtro pesando, después, la carne de cada uno. Las conchas se secaron en estufa a 105°C durante 24 h y se pesaron. El peso del hepatopáncreas se obtuvo por diferencia entre el peso del caracol entero y la concha y la carne.

Por otro lado, se tomó una muestra de pienso de aproximadamente 300 g, en forma de harina, especialmente formulado para caracoles de cebo (Piensos Cinco Villas, S.C.L., Ejea de los Caballeros, Zaragoza) y se trasladó al laboratorio, donde se conservó a temperatura ambiente hasta su análisis. Antes de dicho análisis, el pienso fue molido en un molino de martillos con un tamiz de malla de 1 mm para todas las determinaciones nutricionales excepto para el almidón, que se requería un tamaño de 0,5 mm.

Todas las muestras (carne y pienso) se analizaron en el laboratorio de la Unidad de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

4.2.3.- Análisis laboratorial de la carne

Para el análisis de composición química se utilizó exclusivamente la parte comestible de los caracoles. Antes de nada, se picaron las carnes de cada grupo (granja vs. silvestres) para la obtención de una masa homogénea. Cada muestra se analizó por triplicado.

La materia seca se determinó de acuerdo al procedimiento 934.01 de AOAC (45). En crisoles de boca ancha, se pesaron 15 g de arena fina lavada al ácido, se introdujo una varilla de vidrio y se metieron a la estufa a 100°C durante 30 min. Transcurrido este tiempo y una vez atemperados, se pesaron 5 g de carne en los recipientes anteriores, se añadieron 5 ml de etanol 96º y se removió con la varilla. Se llevó a evaporación el etanol en un baño de agua a 70°C y, después, se secaron en la estufa a 105°C durante 48 h y se pesaron. Para calcular el porcentaje de materia seca se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{peso materia seca}) - \text{peso crisol}}{\text{materia fresca}} * 100$$

Para la determinación de las cenizas y de la materia orgánica, se pesaron 5 g de muestra en crisoles cerámicos de boca ancha, previamente atemperados en un desecador, tras sacarlos de la estufa a 100°C. Se añadió 1 ml de una disolución de acetato magnésico tetrahidrato (25 g de la sal en 100 ml) y se carbonizaron las muestras en un baño de arena. Después, se introdujeron en la mufla donde pasaron 7 h a 550°C, se pasaron a la estufa donde estuvieron a 105°C durante 30 min y se pesaron. Para calcular el porcentaje de cenizas y de materia orgánica se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{tara crisol} + \text{cenizas} - \text{óxido de magnesio formado}) - \text{tara crisol}}{\text{materia fresca}} * 100$$

$$\% \text{ Materia orgánica} = 100 - \% \text{ Cenizas} - \% \text{ Agua}$$

El contenido en grasa se valoró mediante el método Ankom. Se partió de 8 bolsitas de filtro; 6 contenían muestra (3 de granja y 3 silvestres) (con 0,5 g de SiO₂ y 1 g de carne) y 2 eran blancos (con 0,5 g de SiO₂ y sin muestra) y. Se sellaron por calor y se colocaron en el equipo de hidrólisis. Se añadieron 500 ml de HCl y se programó a 90°C durante 40 min. A continuación, se pusieron a la estufa a 100°C durante 3 h y se pesaron. Se introdujeron en el extractor de grasa a 90°C durante 1 h y se pasaron de nuevo a la estufa donde permanecieron a 100°C durante 20 min

para finalmente volver a pesarlos. Para calcular el porcentaje de grasa se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ grasa total} = \frac{100 * (\text{peso tras hidrólisis} - (\text{peso tras extracción} + (\text{blanco tras hidrólisis} - \text{blanco tras extracción})))}{\text{peso inicio}}$$

El contenido en proteína se determinó mediante la cuantificación de N total con el método Kjeldahl, de acuerdo al procedimiento 2001.11 de AOAC (2005). Se pesó 1 g de carne sobre papel de fumar y se introdujo todo en un tubo digestor de vidrio, junto con una pastilla de catalizador (6,25% de sulfato de cobre pentahidratado) y 15 ml de H₂SO₄ al 95-98%. Se analizaron un total de 8 tubos; 2 tubos por cada réplica y 2 blancos (incluyen los reactivos pero no muestra). Los tubos se colocaron en el digestor y se programó tiempo y temperatura, empezando por 120°C durante 10 min y aumentando la temperatura de 50°C en 50°C, hasta alcanzar los 420°C durante 1 h y 15 min. Una vez finalizado, se dejaron enfriar durante 90 min, se limpiaron las paredes de los tubos con agua destilada y se taparon con un tapón de goma. Al día siguiente, se valoró el volumen consumido de HCl en un equipo 2300 Kjeltec Analyzer Unit. En primer lugar, se valoraron los tubos blancos para que quedara el resultado guardado como referencia y, después, se valoraron los tubos con las muestras de forma individual y se obtuvieron los resultados por diferencia entre el volumen de HCl consumido y del blanco. A partir de este dato se determinó la cantidad de NH₄ que tiene la muestra teniendo en cuenta que:

$$\text{número de equivalentes de HCl} = \text{número de equivalentes de NH}_4$$

De este modo, se puede establecer la cantidad de proteína de la muestra:

$$\text{g de proteína} = \text{g de N total} * 6,25$$

4.2.4.- Análisis laboratorial del pienso

Los análisis químicos descritos a continuación se realizaron por duplicado.

La materia seca se analizó de acuerdo al procedimiento 934.01 (45). Se pesaron dos crisoles vacíos por muestra (sacados de la estufa a 100°C y atemperados en un desecador) y se añadieron 2 g de pienso en cada uno. Tras pasar 24 h a 105°C en la estufa se pesaron de nuevo. Para calcular el porcentaje de materia seca se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{peso materia seca}) - \text{peso crisol}}{\text{materia fresca}} * 100$$

Para conocer el contenido en cenizas y de materia orgánica, tras la determinación de materia seca, se introdujeron los crisoles en la mufla a 550°C durante 8 h y después se llevaron a la estufa a 105°C durante 30 min y se pesaron. Para calcular el porcentaje de dichos nutrientes se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{tara crisol} + \text{cenizas}) - \text{tara crisol}}{(\text{tara crisol} + \text{materia seca}) - \text{tara crisol}} * 100$$

$$\% \text{ Materia orgánica} = 100 - \% \text{ Cenizas}$$

El contenido de proteína bruta se determinó siguiendo la misma metodología descrita para la carne.

El extracto etéreo (grasa total) del pienso se determinó también con la misma técnica utilizada para la carne pero, en este caso, no se realizó hidrólisis antes de la extracción de grasa.

El análisis de fibra bruta se realizó mediante la técnica de la bolsa de filtrado. Se pesaron 3 bolsas, se introdujo en su interior 1 g de pienso y se sellaron con calor. A continuación, se extrajo la grasa de las muestras sumergiéndolas en acetona en un cristalizador, agitando y dejando reposar 10 veces. Se repitió la operación desechando la acetona utilizada y añadiendo acetona fresca. Se dejaron secar las bolsas durante 5 min al aire y se colocaron en el suspensor. En el depósito de digestión del Analizador se añadieron 2000 ml de solución ácida (0,2 N H₂SO₄). Se sumergió el suspensor con las muestras y se encendió el agitador y el calefactor (100°C). Tras 45 min se desconectaron ambos, se dejó salir la solución caliente y se añadieron 2000 ml de agua a 100°C aproximadamente para el lavado, se agitó durante 5 min y se desconectó la temperatura. A continuación, se añadió solución básica (0,3 N NaOH) y se realizaron 3 lavados siguiendo el procedimiento explicado anteriormente. Se retiraron las bolsas del suspensor y se eliminó el exceso de agua. De nuevo, se sumergieron en acetona en un cristalizador durante 3 min, se dejaron secar en una campana de extracción, se colocaron en la estufa a 105°C durante 2 h y se pesaron. Finalmente, se incineraron las bolsas con las muestras en crisoles, durante 2 h a 550°C y se volvieron a pesar para saber el peso de la materia orgánica. Para calcular el porcentaje de fibra bruta se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra bruta} = 100 * \frac{(\text{peso de materia orgánica} - (\text{peso bolsa} * 0,973))}{(\text{peso muestra})}$$

El análisis de fibra neutro detergente se realizó mediante la técnica de la bolsa de filtrado. Se pesaron 3 bolsas, se introdujo 0,5 g de pienso en cada una y se sellaron con calor. Además, se pesó una bolsa vacía (utilizada como blanco). Se colocaron las bolsas en el suspensor, se

añadieron 2000 ml de solución detergente neutra a temperatura ambiente, 20 g de sulfito sódico y 4 ml de enzima alfa-amilasa (estable al calor durante la digestión) en el recipiente de reacción, se sumergió el suspensor con las muestras y se encendió el agitador y el calefactor. Tras 75 min se desconectaron ambos, se abrieron las válvulas y se dejó salir la solución caliente. Después, se añadieron 2000 ml de agua a 100°C aproximadamente y 4 ml de alfa-amilasa para el lavado, se encendió el agitador y se desconectó el calefactor. Se agitaron las bolsas en el agua de lavado durante 5 min. Se repitió el lavado con agua caliente y alfa-amilasa 2 veces más y se realizó un tercer lavado de igual modo, pero sin añadir alfa-amilasa. Se retiraron las bolsas del suspensor, se eliminó el exceso de agua y se sumergieron en acetona en un cristizador durante 3 min. Se dejó secar en una campana de extracción, se introdujeron en la estufa a 105°C durante 2 h y se pesaron. Para calcular el porcentaje de fibra neutro detergente se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra neutro detergente} = 100 * \frac{(\text{peso tras extracción} - (\text{peso bolsa} * 1,004))}{(\text{peso muestra})}$$

La determinación de fibra ácido detergente se llevó a cabo mediante la técnica de la bolsa de Filtrado, de igual modo que en el caso de la fibra neutro detergente, con la excepción de que se añadieron 2000 ml de solución de detergente ácida y que se realizaron los tres lavados con agua muy caliente (aproximadamente 100°C). Para calcular el porcentaje de fibra ácido detergente se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra ácido detergente} = 100 * \frac{(\text{peso tras extracción} - (\text{peso bolsa} * 1,004))}{(\text{peso muestra})}$$

Para la determinación de lignina, se situaron las bolsas secas con las muestras de la determinación anterior en un vaso de precipitado de 3 L y se añadió H₂SO₄ al 72% hasta cubrirlas. Se agitó 30 veces cada 30 min durante 3 h, se evacuó el ácido y se lavó con agua a 100°C para eliminarlo por completo. Se repitieron los lavados hasta que el pH fue neutro y después se lavó con 250 ml de acetona durante 3 min para eliminar el agua. Se dejó secar en una campana de extracción hasta que se evaporó completamente la acetona. Finalmente, se mantuvieron las bolsas en una estufa a 105°C durante 4 h y se pesaron. Para terminar, se colocaron las bolsas en crisoles (previamente pesados) y se incineraron a 525°C durante 3 h para calcular la pérdida de peso. Para calcular el porcentaje de lignina se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lignina} = 100 * \frac{(\text{peso final de la bolsa y de la muestra tras dgestión} - (\text{peso bolsa} * 0,992))}{(\text{peso muestra})}$$

La determinación de almidón se realizó con el kit Megazyme edición 07/11. Se pesó 0,1 g de cada muestra, por duplicado, en tubos de ensayo de vidrio roscados, que se introdujeron en un baño de agua a 50°C. A cada tubo se añadió 200 µl de etanol 80%, un imán agitador y 2 ml de KOH 2 M. Inmediatamente se pasaron los tubos a un baño de hielo y se agitaron durante 20 min. Después se colocaron en la gradilla y, manteniendo la agitación, se añadió por orden: 8 ml de tampón acetato sódico 1,2 M, 100 µL de amilasa y 100 µL de amiloglucosidasa. Se volteó y se introdujeron en un baño de agua a 50°C durante 30 min, manteniendo una agitación horizontal continua y volteándolos cada 10 min. Posteriormente se llevó todo el contenido de cada tubo a un matraz aforado de 100 ml. Con ayuda de un frasco lavador de agua destilada, se lavó la boca del tubo, el imán agitador y el tubo y se enrasó el matraz con agua destilada. Se vertió una alícuota de cada matraz de aproximadamente 5 ml a un tubo PP de 10 ml y se centrifugó a 1800x g durante 10 min. Se transfirió de cada tubo 100 µL del sobrenadante, por duplicado, a tubos de ensayo de vidrio. En los tubos de ensayo se preparó el blanco y el patrón de glucosa, ambos por duplicado: para el blanco se añadieron 100 µL de agua destilada y para el patrón 100 µL de la disolución estándar. A todos los tubos de vidrio se les añadió 3 ml de reactivo GOPOD y se volteó. Se incubaron en un baño de agua a 50°C durante 20 min, se atemperaron, se voltearon y se pipetearon 200 µL en una microplaca. Finalmente, se leyó la absorbancia a 510 nm. Para calcular el porcentaje de almidón se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Almidón} = \frac{\text{Absorbancia muestra} - \text{absorbancia blanco}}{\text{Absorbancia patrón} - \text{Absorbancia blanco}} * \frac{1 \text{ mg glucosa}}{\text{ml}} * 100 \text{ ml} * \\ * \frac{162 \text{ mg almidón}}{180 \text{ mg glucosa}} * \frac{1}{\text{mg muestra} * \% \text{ materia seca}} * 10^4$$

4.2.5.- Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los pesos de los caracoles y de sus partes fueron analizados mediante un ANOVA usando el paquete estadístico SAS (2016). El modelo incluyó el tipo de caracol (de granja vs. silvestre) como variable independiente y, como variables dependientes, el peso entero, de la carne, de la concha y del hepatopáncreas. Se consideró que las diferencias eran significativas cuando el valor de P fue <0,05. El resto de los datos (procedentes del análisis químico de la carne y del pienso) son presentados de forma descriptiva.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.- Composición de los caracoles

En la tabla 3 se muestran los pesos de los caracoles enteros y de sus componentes en función del origen. Se observa que los caracoles de granja pesaron casi un 100% más que los caracoles silvestres (7,56 vs. 3,80 g; $P < 0,001$). Esto podría atribuirse a varias cosas. Por un lado, los caracoles silvestres recolectados en la zona de Lérida probablemente son de una variedad de menor tamaño (*Helix aspersa minor*) que los comprados en el supermercado que suelen ser de la variedad *Helix aspersa normalis*. Por otro lado, la recolección en las granjas se realiza en base al tamaño, escogiendo cada vez aquellos que han alcanzado un tamaño (peso) lo suficientemente grande, que sería el demandado por el mercado. La gran desviación estándar detectada en el peso de los silvestres, además, nos sugiere que el recolector puntual de caracoles no es tan selectivo, cogiendo no sólo los grandes sino también muchos de pequeño tamaño.

Debido a las diferencias en el tamaño, los caracoles de granja tuvieron más carne (2,92 vs. 1,29 g; $P < 0,001$), mayor hepatopáncreas (2,71 vs. 1,72 g; $P < 0,001$) y conchas más pesadas (1,94 vs. 0,80 g; $P < 0,001$) que los silvestres. Además, la carne del caracol de granja supone una proporción algo mayor del total del peso que en el caso del caracol silvestre (38 vs. 34%).

Tabla 3. Peso completo y de sus partes de caracoles de granja y silvestres (expresados como media \pm desviación estándar).

	Tipo		Significación
	Granja	Silvestre	
Entero (g)	7,56 \pm 1,521	3,80 \pm 1,461	<0,0001
Carne (g)	2,92 \pm 0,645	1,29 \pm 0,498	<0,0001
Concha (g)	1,94 \pm 0,540	0,80 \pm 0,404	<0,0001
Hepatopáncreas (g)	2,71 \pm 0,669	1,72 \pm 0,668	<0,0001

La Figura 13 muestra los resultados del análisis químico de la carne de caracol.

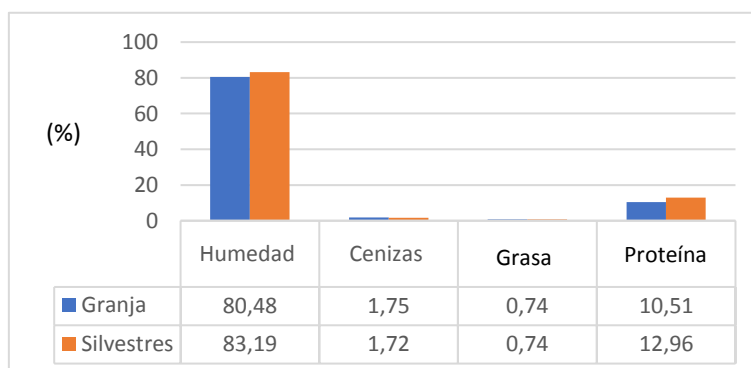


Figura 13. Composición química de la carne de caracoles de granja y silvestres.

Se observa que alrededor del 80% es agua en ambos casos, siendo ligeramente mayor en el caso de los silvestres. La proporción de cenizas (parte mineral) es muy pequeña (1,7%), así como la grasa (0,74%) mientras que la proteína asciende a un 10,5% en los de granja y a un 13% en los silvestres. Apenas hay bibliografía sobre el valor nutricional del caracol. Tan solo hemos encontrado dos trabajos (36, 37). En ellos se observa un contenido similar en proteína (10,6 y 16,3%) y algo mayor en grasa (1,34 y 1,4%). Quizás la diferencia en grasa se deba al empleo de diferentes métodos laboratoriales de extracción.

Si comparamos estos resultados con los de otras especies de uso común en alimentación humana, hay que destacar que resulta ligeramente menos nutritiva. Por ejemplo, la carne de ternera tiene 76,4% de agua, 21,3% de proteína y 0,8% de grasa (38), la de cerdo tiene 73% de agua, 23% de proteína y 3% de grasa (39) y la de pollo 75% de agua, 22,8% de proteína y 0,9% de grasa (38). No obstante, tenemos que ser cautelosos a la hora de comparar nuestros resultados con los de la bibliografía puesto que partimos de una única muestra y esto no es representativo.

5.2.- Composición del pienso

A continuación se muestra la composición en ingredientes y nutrientes del pienso, que es la información que aparecía en la etiqueta comercial (Tabla 4). Hay que matizar que los nutrientes son los resultados de la formulación en la fábrica de piensos.

Tabla 4. Ingredientes y nutrientes de la etiqueta del pienso.

Ingredientes	Nutrientes estimados (%)
Harina de extracción de soja	Cenizas 30,79
Maíz	Proteína bruta 15,95
Trigo	Calcio 12,45
Cebada	Fibra bruta 3,73
Carbonato cálcico	Aceites y grasas 2,29
Fosfato bicálcico	Fósforo 1,18
Cloruro sódico	Lisina 0,69
Aditivos (por kg)	Metionina 0,21
Vitamina A 13.000 UI	Sodio 0,12
Vitamina D3 2.000 UI	
Vitamina E (&-Tocoferol) 30 mg	
ZnO 100 mg	
MnO ₂ 80 mg	
CuSO ₄ · 5H ₂ O 10 mg	
2CoCO ₃ +3Co(OH) ₂ ·H ₂ O 80 mg	

En la Tabla 5 aparecen los resultados del análisis del pienso en el laboratorio de nuestra Facultad.

Tabla 5. Composición nutricional analizada el pienso de caracoles de cebo.

Nutriente analizado	%
Materia seca	93,34
Cenizas	35,02
Almidón	26,98
Proteína bruta	15,60
Extracto etéreo	1,16
Fibra bruta	10,25
Fibra neutro detergente	7,14
Fibra ácido detergente	2,38
Lignina ácido detergente	0,71

La composición analizada en el laboratorio resultó ser considerablemente parecida a la reflejada en la etiqueta de fábrica en todos los nutrientes salvo en el caso de la fibra bruta, no teniendo una explicación para ello.

La Tabla 6 compara la composición del pienso de caracoles con las recomendaciones para otras especies ganaderas (pollos, gallinas y cerdos) que proporciona FEDNA. Comprobamos que el nivel de proteína, fibra, grasa, aminoácidos y sodio es notablemente similar en todos ellos. Pero hay que destacar el elevado contenido en calcio y fósforo que tiene el pienso de caracoles (12,45% y 1,18%, respectivamente), lo que es fácilmente justificable por las grandes necesidades de estos minerales para la formación de la concha (40, 41). Dichos niveles son mucho mayores incluso que en el caso de las de las gallinas ponedoras que tienen también necesidades muy altas como consecuencia de la formación de la cáscara del huevo.

Tabla 6. Comparación nutricional de la etiqueta del pienso de cebo de caracoles con las recomendaciones para piensos de otras especies ganaderas.

	Caracoles de granja (etiqueta)	Pollos cebo (FEDNA, 2008)	Gallinas ponedoras (FEDNA, 2008)	Cerdos cebo (FEDNA, 2013)
Proteína bruta (%)	15,95	19,7-22,8	15,8	15,1-17
Calcio (%)	12,45	0,9-1	3,9-4,2	0,66-0,8
Fibra bruta (%)	3,73	3-4,3	3,6-5,8	3,5-6,3
Grasa (%)	2,29	-	-	5-9
Fósforo (%)	1,18	0,6	0,52	0,55
Lisina (%)	0,69	1,2	0,71	0,96
Metionina (%)	0,21	0,45	0,35	0,27
Sodio (%)	0,12	0,16-0,18	0,15	≤ 0,18

6. CONCLUSIONES

1. La helicultura es una actividad que se encuentra en auge desde los últimos años en España y el consumo de caracoles se rige por las tradiciones culturales de cada región.
2. Las condiciones ambientales modifican la actividad de los caracoles, por lo que, el conocimiento de su fisiología es fundamental para llevar a cabo una óptima producción.
3. Existen diferencias notables en la composición (en términos de peso de sus partes) de caracoles silvestres y de granja. Además, es destacable la mayor homogeneidad en el peso de los de granja.
4. El estudio laboratorial llevado a cabo sugiere que el valor nutricional de la carne de los caracoles es independiente de su origen (granja o silvestres) pero es menor que el de la carne de las especies ganaderas cárnicas más comunes.
5. En la formulación del pienso para caracoles de cebo es fundamental el calcio y el fósforo por tener estos animales unas necesidades nutricionales mucho mayores, en dichos minerales, que otras especies animales.

CONCLUSIONS

1. Heliculture is an activity that has been increasing since the last years in Spain and the consumption of snails depends on the cultural traditions of each region.
2. The environmental conditions modify the activity of the snails, therefore, the knowledge of their physiology is essential to carry out an optimal production.
3. There are significant differences in the composition (in terms of weight of its parts) of wild and farm snails. In addition, it is remarkable the higher homogeneity within the weights of the farm snails.
4. The laboratory study carried out suggests that the nutritional value of snail meat is independent of its origin (fatten or wild) but it is lower than the meat of the most common cattle meat species.
5. In formulation of feed for fatten snails, calcium and phosphorus are essential because of their higher nutritional needs in these minerals than other animal species.

7. VALORACIÓN PERSONAL

La combinación entre una revisión bibliográfica y un trabajo experimental me han permitido aprender de una forma muy completa. Las visitas a granjas y el conocimiento que han compartido conmigo los granjeros y el veterinario de las explotaciones me han ayudado a entender y ver, desde una perspectiva real, el mundo del caracol. El desarrollo de los análisis laboratoriales me ha enseñado una parte de la nutrición animal, el sector al cual me gustaría dedicarme en un futuro.

Debo agradecer la realización de este trabajo a mis tutores, Javier, María Ángeles y Enrique, a los helicultores, a los técnicos del laboratorio, Belén y Jesús, y a todas las personas que me han ayudado.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Cuéllar R, Cuéllar MC. Producción de caracoles. Bases fisiológicas, sistemas de producción y patología. 2nd ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa; 2003.
2. Vera García RE, Mas Gordi J, Calvo i Torras MÀ. Microbiología del caracol *Helix aspersa* Müller. Aplicaciones biotecnológicas para su mejoramiento sanitario con impacto en su comercialización. Tesis doctoral. Barcelona: Facultat de biociències, Universitat de Barcelona, Departamento de genética y microbiología; 2016.
3. Arrébora JR, Álvarez RM. La explotación de los caracol terrestre en España: aspectos ecológicos y socioculturales. *Temas de Antropología Aragonesa*. 2001;11.
4. Pereyra RL, Maiorano L, Raimondi N, Ybalo C. La Helicicultura. *Invenio: Revista de investigación académica*. 2003; 11.
5. MAPA. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. [Internet]; 2019. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/helicicola/>.
6. Guiller A, Madec L. Historical biogeography of the land snail *Cornu aspersa* a new scenario inferred from halotype distribution in the Western Mediterranean basin. *BMC evolutionary biology*. 2012 Enero; 10(18).
7. Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. [Internet]; 2019. Disponible en: <http://www.racve.es/publicaciones/helicicultura-moderna-en-espana/>.
8. Iglesias J, Castillejo J. Técnicas para a cría do caracol Agricultura. Servicio de Estudios e Publicaciones da Consellería de Agricultura, editor. Noia: Xunta de Galicia; 1997.
9. Mead JI, Naranjo-García ED, Gilbertson LH, Van Devender RW. Moluscos terrestres Molina-Freaner FE VDT, editor. Mexico: Diversidad biológica sonora; 2010.
10. Diéguez C, Montero A. Colección de invertebrados fósiles del museo nacional de ciencias naturales (CSIC). *Graellsia*. 1997; 53.
11. Wallach Beovic RE, Ortiz Castillo A. Helicicultura: Cría de Caracoles Terrestres. Proyecto de Título. Puerto Varas: Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Economía Agraria; 2005.

12. Reglamento (CE) nº 1234/2007 del Consejo de 22 de Octubre de 2007 por el que se crea una organización común de mercados agrícolas y se establecen disposiciones específicas para determinados productos agrícolas (Reglamento único para las OCM).
13. MARM. Guías de prácticas correctas de higiene: Helicicultura. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en colaboración con la Asociación Interprofesional del Caracol de Crianza Interhelix. Madrid; 2009.
14. Porcar i Coderich J. Helicicultura. Dossier Tècnic. Noviembre 2010(46).
15. Gállego Franco L. Parasitación de *Cornu aspersum* Müller, 1774 (Helicidae) por metacercaria del género *Brachylaima* sensu lato Dujardin, 1843 (Brachylaimidae): tratamiento antihelmíntico y consumo humano. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona, Facultat de farmàcia i ciències de l'alimentació; 2017.
16. Jefatura del Estado (BOE). Ley 8/2003, de 24 de abril, de sanidad animal.
17. MAPA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. [Internet].; 2010. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DT/DT_2010_46_completa.pdf.
18. Hatzioannou M, Issari A, Nefitou C, Aifadi S, Matsiori S. Economic Analysis and Production Techniques of Snail Farms in Southern Greece. *World Journal of Agricultural Research*. Octubre 2014; 2(6).
19. Conte R. Heliciculture: Purpose and economic perspectives in the European community. *The Official Journal of the Institute of Science & Technology*. Abril 2015.
20. Alimentación en España 2018. 21ª ed. Mercasa ediciones; 2018. ISBN 846956171-5.
21. Chevallier H. *l'élevage des escargots, production et préparation du petit-gris* Maisons-Alfort: Editions du Point Vétérinaire; 1985.
22. Fontanillas JC, García-Cuenca I. *El Caracol y la Helicicultura* Madrid: Ediciones Mundi-Prensa; 2002.
23. Gallo G. *El caracol. Cría y explotación*. 2ª ed. Madrid: Mundi-Prensa; 1984.
24. Wagge LE. The activity of amoebocytes and of alkaline phosphatases during the regeneration of the shell in the snail, *Helix aspersa*. *Journal of Cell Science*. 1951; 3(19).

25. Barnes R, Ruppert EE. Zoología de los invertebrados. 6ª ed. México: McGraw Hill Interamericana; 1995.
26. Brusca RC, Brusca GJ. Invertebrados. 2ª ed. México: McGraw Hill Interamericana; 2005.
27. Gorrostieta Hurtado E, Falcón Alcántara A, Aguilar Ramírez B, Heimer de la Cotera EP. El sistema nervioso de los gasterópodos. Revista Digital Universitaria. Marzo 2011; 12(3).
28. Fretter V, Grahamm A. British Prosobranch Molluscs. Their functional Anatomy and Ecology. Science. Enero 1994; 139(11).
29. Velásquez Díaz JL. Colección e identificación de ecotipos de caracoles terrestres en ecosistemas de la Cuenca del Bajo Mayo -San Martín. Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo. Tarapoto: Escuela académica de agronomía, Departamento académico agrosilvo pastoril; 2009.
30. Marasco F, Murciano C. Guía completa de la cría de caracoles Barcelona: Editorial De Vicchi, S. A; 2000.
31. Attia J. Behaviorual Rhythms of Land Snails in the Field. Biological Rhythm Research. Febrero 2004; 35(1/2): p. 35-41.
32. López R, Maiorano L, Raimondi N, Ybalo C. La helicultura. INVENIO. 2003 Noviembre; 1.
33. Abad Hernández P, Fernández Prieto A, Luna Novellón E, Peñalver Díaz M. Estudio de las explotaciones helicícolas y análisis de un caso práctico. Actividad agrosilvopastoral y medio ambiente. Huesca: Universidad de Zaragoza, Escuela Politécnica Superior; 2017.
34. Marco J. Explotación helicícola a ciclo biológico completo. Trabajo de fin de grado. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I, Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals; 2015.
35. Padilla Álvarez F, Cuesta López A. Zoología aplicada Madrid: Díaz de Santos; 2003.
36. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Tabla de composición de alimentos. Guía de prácticas. 16th ed. Madrid: Pirámide; 2013.
37. Gomot A. Biochemical composition of Helix snails: influence of genetic and physiological factors. The Malacological Society of London. 1998;(64).
38. FAO (Food and Agriculture Organization). fao.org. [Internet].; 2007. Disponible en: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html.

39. Latorre MA, Ripoll G, García-Belenguer E, Ariño L. The effects of gender and slaughter weight on loin and fat characteristics of pigs intended for Teruel dry-cured ham production. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2009; 7 (2): p. 407-416.
40. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA. 2ª ed. Madrid: Improitalia; 2013.
41. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Necesidades nutricionales para avicultura: pollos de carne y aves de puesta Animal. Madrid: Ediciones Peninsular S.L.; 2008.
42. Fontanillas JC. Mundo Ganadero. Desarrollo del Helix Aspersa (L.). *Mundo ganadero*; 1991(2).
43. Diéguez C, Montero A. La colección de invertebrados fósiles del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) Graellsia; 1997.
44. Caracol Asociación Nacional de Cría y Engorde del Caracol. *Helicultura sostenible*. 1ª ed. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, editor. Madrid; 2007.
45. AOAC. *Official Methods of Analysis*. Association Official of Analytical Chemistry, Gaithersburg, MA, EEUU; 2005.