

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE MONTES, FORESTAL
Y DEL MEDIO NATURAL



GRADO EN INGENIERÍA DEL MEDIO NATURAL

**PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL CORZO
(*Capreolus capreolus*) EN EL CENTRO DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA. VARIACIÓN SEGÚN LA
EDAD Y LA CONDICIÓN CORPORAL**

ELENA GARCÍA LOBATO

2018



PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL CORZO
(Capreolus capreolus) EN EL CENTRO DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA. VARIACIÓN SEGÚN LA EDAD Y
LA CONDICIÓN CORPORAL

Autora:

Vº Bº del Tutor:

Elena García Lobato

Alfonso San Miguel Ayanz

Vº Bº de las Directoras:

Marta Peláez Beato

María Moreno López

HOJA DE CALIFICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO
AUTOR
GRADO EN

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente/a: _____

Vocal: _____

Secretario/a: _____

Reunido el Tribunal de calificación con fecha _____. Acuerda otorgar la CALIFICACIÓN GLOBAL de _____

Indicar, en su caso, si se propone la concesión de la mención Matrícula de Honor

PRESIDENTE	SECRETARIO	VOCAL
Fdo:	Fdo:	Fdo:

Informe explicativo de la calificación:

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación del Corzo Español y a su presidente Pablo Ortega, por su implicación en la conservación de esta especie y la donación de las muestras para llevar a cabo este trabajo.

A Gonzalo Varas, por prestarnos su experiencia en la estimación visual de la edad por el desgaste dentario.

Al Centro Quintos de Mora de Toledo, y en especial a Amanda, por su gran trabajo de laboratorio y horas visualizando dudosas líneas de cemento dentario.

A la Dra. Concepción Azorit por enseñarnos en Jaén la técnica utilizada para el análisis de la edad con el método petrográfico.

A Ramón Perea, Daniel Gamba y José Luis Pancorbo por acompañarnos en los viajes y ensuciarse las manos en la tarea más dura para mí de todo el proyecto, la recogida de las muestras.

A Marta Peláez, por haber sido todo para mí en este proyecto, por tu cercanía, por ayudarme moralmente, por tus ganas y dedicación, de las que sin duda he aprendido y reproduciré en mi futuro.

A Alfonso San Miguel por haberme dado la oportunidad de trabajar contigo, por haberme animado a hacer algo totalmente desconocido para mí, y por haberme enseñado la importancia de trabajar con un equipo con el que todo es más fácil y bonito.

A Clau, por todos estos años conmigo, por ser un ejemplo para mí, por darme felicidad siempre que estás conmigo.

A Enrique, por ser tú y tan único, porque no pase el tiempo entre nosotros.

A Paula, por todo este año en Madrid, por darme cama, por ayudarme a pesar fetitos y hacerme mucha compañía en el laboratorio, porque consigamos un trabajo medio decente dentro de poco.

A Alejandro, por estar ahí cuando me agobio, por la tranquilidad que me das y lo agradecido que eres con todo, por ser la montaña que toda Cercei necesita.

A mis padres por esta oportunidad, porque sin ellos no hubiera sido posible.

A mi hermana Laura, por ser el motor de mi vida y uno de mis máximos apoyos, por enseñarme a pensar.

-Si no vas a por todas, no vayas-

Título: PARAMETROS REPRODUCTIVOS DEL CORZO (*Capreolus capreolus*) EN EL CENTRO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA. VARIACIÓN SEGÚN LA EDAD Y LA CONDICIÓN CORPORAL

Autora: Elena García Lobato.

Directoras: Marta Peláez Beato; Departamento de Sistemas y Recursos Naturales de la E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural y María Moreno López; Área de Conservación de Flora y Fauna de la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.

Tutor: Alfonso San Miguel Ayanz; Departamento de Sistemas y Recursos Naturales; E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural.

Resumen: La reciente expansión del corzo (*Capreolus capreolus*) y la desaparición de especies de caza menor en amplias comarcas españolas, han tenido como resultado una mayor predación del águila real ibérica (*Aquila chrysaetos homeyeri*) sobre las crías de corzo. Para estudiar esta “nueva relación” se crea el proyecto Aequilibrium, que requiere profundizar en el conocimiento científico sobre los parámetros reproductivos de las poblaciones de corzo dado que, actualmente, la información científica relativa a esta especie en la península ibérica es escasa.

El estudio se basó en el análisis de ovarios, úteros, riñones y mandíbulas junto a la toma de medidas (peso, longitud del metatarso y mandíbula) de 78 hembras de corzo abatidas en Guadalajara y Soria a principios de 2018. Se estudiaron los parámetros reproductivos de la población: ratio de ovulación, productividad media, tamaño de la camada y sex ratio. Además, se compararon métodos de estimación de la condición corporal y de la edad, cuyos resultados se relacionaron con los parámetros reproductivos obtenidos. Por último, se estudió la fenología reproductiva del corzo para poder estimar el grado de sincronización de sus partos con el nacimiento de los pollos de águila real.

Tras las comparaciones, se estableció un protocolo de recogida de datos y análisis para futuros estudios: se utilizará el índice de grasa perirenal (KFI) para calcular la condición corporal y el método petrográfico para estimar la edad.

Por otro lado, el análisis de los parámetros reproductivos determinó una ovulación del 100% para la población, un ratio de preñez del 88% y un tamaño de la camada de 1,87 crías por hembra preñada. Se encontró que las hembras más jóvenes liberaron un menor número de óvulos y que la mayor parte de los fallos en la implantación se dieron en las primarias y hembras senescentes.

La fecha de partos se estimó como la más tardía de las hasta ahora estudiadas en la península ibérica, ocurriendo el 80% de los partos entre el 2 mayo y el 6 junio debido, probablemente, al retraso fenológico de la vegetación de la zona de estudio por la altitud (1.100- 1.200 m) y latitud (41 °N). Dado que los pollos de águila real nacen en el centro de la Península entre finales de abril y principios de mayo, su sincronización con la paridera de los corzos es casi perfecta, por lo que pueden aprovechar este recurso tan abundante y accesible durante todo su periodo de desarrollo en el nido.

Palabras clave: ratio de ovulación, productividad media, tamaño de la camada, sex ratio, tamaño de la camada, fecha de implantación, fecha de partos.

Title: ROE DEER REPRODUCTIVE TRAITS IN CENTRAL SPAIN IN RELATION TO AGE AND BODY CONDITION.

Abstract: The recent expansion of the roe deer (*Capreolus capreolus*) and the disappearance of small game species in large areas of the Iberian Peninsula have resulted in a greater predation rate of golden eagle (*Aquila chrysaetos homeyeri*) on roe deer fawns. The Aequilibrium project was created to study this "new relationship" about which little is known. To study this relationship, firstly, a deeper knowledge of the reproductive traits of roe deer population is needed, as the current scientific knowledge regarding this species in the Iberian Peninsula is scarce.

Based on 78 roe deer females culled in Guadalajara and Soria at the beginning of 2018, we analyzed ovaries, uterus, kidneys and jaws along with measurements (weight, metatarsal length and jaw). With this information, the following reproductive parameters were studied: ovulation rate, mean female productivity, litter size and sex ratio. In addition, we compared different methods to estimate body condition and age. Finally, the reproductive phenology of the roe deer was assessed in order to estimate the degree of synchronization of roe deer births and golden eagle breeding phenology.

After comparing different methods for age and body condition estimation, we established a data collection and laboratory protocol for future studies: the kidney fat index (KFI) would be used to calculate the body condition and the petrographic method to estimate the age.

In addition, reproductive traits analysis determined that 100% of the females ovulated, a pregnancy rate of 88% and a litter size of 1.87 fawns per pregnant doe. It was also found that the youngest females released a smaller number of eggs than the adults. Finally, yearling and senescent females presented a higher implantation failure rate.

Mean parturition date was estimated on 22nd of May while 80% of parturition occurred between 2nd of May and 6th of June. This is the latest date reported for mean parturition in the Iberian Peninsula, probably due to the delay in the start of the growing season in the study area as its located at higher altitude (1,100- 1,200 m) and latitude (41 ° N) than the other studies performed to date. Since the golden eagle chicks are born between the end of April and the beginning of May, their synchronization with the start of roe deer breeding season is almost perfect. Therefore, they can take advantage of this abundant and accessible resource throughout their developmental period in the nest.

Keywords: ovulation rate, pregnancy rate, litter size, sex ratio, implantation date, breeding phenology.

ÍNDICE DE CONTENIDO

0. ANTECEDENTES	15
1. INTRODUCCIÓN	16
2. MATERIAL Y MÉTODOS	22
2.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	22
2.2. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS	24
2.3. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA ESTABLECER EL PROTOCOLO DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	25
2.3.1. Determinación de la condición corporal	25
2.3.2. Estimación de la edad	28
2.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS	33
2.4.1. Ratio de ovulación.....	33
2.4.2. Productividad media, tamaño de la camada y sex ratio	34
2.4.3. Estimación de la fecha de implantación y nacimientos.....	35
3. RESULTADOS Y DISCUSSION	38
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE LA POBLACIÓN	38
3.2. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS Y ESTABLECIMIENTO DEL PROTOCOLO DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	41
3.2.1. Estimación de la condición corporal	41
3.2.2. Estimación de la edad	42
3.2.3. Correlación entre las distintas medidas de los fetos	44
3.3. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS.....	44
3.3.1. Ratio de ovulación.....	45
3.3.2. Productividad media, tamaño de la camada y sex ratio	46
3.3.3. Estimación de la fenología reproductiva.....	48
4. CONCLUSIONES	51
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
6. ANEXO: INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO	59
7. PÓSTER	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del ciclo reproductor de las poblaciones de corzo del centro de la península ibérica (Mateos-Quesada, 1998).....	18
Figura 2. Distribución del corzo en la península ibérica española en 2007. Poblaciones distribuidas homogéneamente en el norte (Cordillera Cantábrica, Montes de León, Pirineos y Sistemas Ibérico y Central), en el centro en los Montes de Toledo, Sierra Morena y las sierras de Jaén y de forma aislada en el sur, en Málaga y Cádiz. Fuente: Fandos & Burón (2013).....	19
Figura 3. Localización de la zona de estudio. Puntos de recogida de ejemplares según localidades en municipios de Guadalajara y Soria: 1. Zayas de Torre, 2. Madruédano, 3. Retortillo de Soria, 4. Losana, 5. Bochones, 6. Atienza, 7. El Atance, 8. La Boderá, 9. Alboreca, 10. Palazuelos. Fuente: Elaboración propia con ArcGis. Mapa de España: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.....	22
Figura 4. Climodiagrama para la zona de estudio según datos de Rivas-Martínez para el periodo 1931-1969 en Atienza. Fuente: http://www.globalbioclimatics.org/station/es-atien.htm	23
Figura 5. Representación de un riñón y su grasa, así como del lugar donde deben realizarse los cortes y la grasa a desechar. Fuente: Adaptado de Riney (1955).....	26
Figura 6. Utensilio para medir la longitud de los metatarsos. 1) Tope movedizo para ajustar la lectura. 2) Escala milimetrada 3) Hueco para introducir la pata. Fuente: (Garel <i>et al.</i> , 2010)	27
Figura 7. fotografía de varias mandíbulas izquierdas con diferente nivel de desgaste dentario. Nº 33: Tercer premolar tricúspide (cría). Nº 36: Dentición definitiva (tercer premolar con dos lóbulos) que presenta poco desgaste (molares muy pinchudos; 1-2 años). Nº 15: Se aprecia desgaste en las crestas masticadoras y la dentina toma forma de media luna (3, 4 ó 5 años). Nº 68: Desgaste muy acentuado, dentina con forma de óvalo u oblonga (> 6 años). Fuente: propia.....	30
Figura 8. Mandíbula de cévido: a) descripción de las posiciones de los 4 incisivos, 3 premolares y 3 molares. b) Primer molar (M ₁) visto desde arriba, c) M ₁ vista lateral y d) molar de un individuo de 1 año (izquierda) sin cemento interradicular e individuo viejo (derecha). En el individuo viejo se ha representado el lugar donde se efectuará el corte atravesando la almohadilla interradicular que contiene las líneas de cemento. Fuente: White (1974) y Mitchell (1963).	31
Figura 9. Fotografía del laboratorio donde se realizó la foto-interpretación de las líneas de cemento dentario. Fuente: propia.....	32
Figura 10. Fotografías de las secciones grueso-pulidas de dos segundos molares (M ₂) correspondientes a un individuo de 2 años (izquierda) y a otro de 9 años	

(derecha). Se añade la medición del grosor del cemento dentario en milímetros. Fuente: propia.....	32
Figura 11. Fotografía de dos ovarios cortados transversalmente con sus respectivos cuerpos lúteos. Fuente: propia.....	33
Figura 12. Blastocito encontrado en un cuerno uterino perteneciente a una hembra de 6 años con 3 cuerpos lúteos pero sólo dos fetos implantados. Por lo tanto, se pudo determinar que existió un fallo en la implantación del tercer embrión. Fuente: propia.	34
Figura 13. Detalle del aparato genital de la hembra (izquierda) y del macho (derecha) en desarrollo. Fotografía de Alfonso San Miguel.....	35
Figura 14. Diagrama explicativo de la gestación de la especie <i>Capreolus capreolus</i> . Relación entre la raíz cubica del peso del feto con la edad del mismo (ef). Elaboración: propia con Autocad.	36
Figura 15. Representación gráfica de las medidas biométricas de la población (peso de la carcasa, longitud de la mandíbula y metatarso) según la edad.	39
Figura 16. Representación gráfica del número de óvulos liberados (nº de CL) por hembra frente al número de fetos encontrados en cada hembra. Elaboración: propia con RStudio.	45
Figura 17. Número de cuerpos lúteos por hembra según la edad. Elaboración: propia con RStudio.	46
Figura 18. Fallo en la implantación del embrión según la edad y el índice de grasa perirenal (KFI) de las hembras. Elaboración: propia con RStudio.....	47
Figura 19. A la izquierda se representa el peso de los fetos (peso medio de los fetos de cada hembra) frente a la fecha de captura; a la derecha la raíz cubica del peso frente a la fecha de captura, regresión lineal. Elaboración: propia con RStudio.	48
Figura 20. Fechas de implantación del embrión (3 dic-19 ene) y fechas de nacimientos (14 abr-31 mayo). Elaboración: propia con RStudio.....	49
Figura 21. a) Distribución normal y b) distribución asimétrica a la derecha. Fuente: http://www.tuveras.com	49
Figura 22. Cronograma del estudio.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reemplazamiento dentario del corzo (<i>Capreolus capreolus</i>). Fuente: Sáenz de Buruaga, Lucio & Iraizoz (1991).....	29
Tabla 2. Número de ejemplares recogidos en cada municipio y su fecha de recogida.....	38
Tabla 3. Medidas biométricas (peso carcasa, long. hemimandíbula y long. metatarso) según la edad estimada.....	39
Tabla 4. Peso de las hembras para distintas poblaciones de la península ibérica y Europa según la latitud.....	40
Tabla 5. Comparación de los métodos empleados en la estimación de la edad.....	43
Tabla 6. Época de partos para las poblaciones españolas de corzo estudiadas hasta ahora.....	50
Tabla 7. Costes del trabajo fin de grado: Parámetros reproductivos del corzo (<i>Capreolus capreolus</i>) en el centro de la península ibérica. Variación según la edad y la condición corporal.....	61

0. ANTECEDENTES

El presente estudio se desarrolla como una actividad incluida dentro del proyecto Aequilibrium (<https://aequilibrium-project.org/>) promovido en 2017 por la Asociación del Corzo Español (ACE) y el Grupo Tagonius y en el que, desde diciembre del mismo año, colabora con la Universidad Politécnica de Madrid a través de su Departamento de Sistemas y Recursos Naturales.

La reciente expansión del corzo *Capreolus capreolus* (Linnaeus, 1758) y la desaparición de especies de caza menor en amplias comarcas de España han generado una variación en el equilibrio ecológico de nuestro medio natural. Existen evidencias de que en los últimos años, algunos superpredadores como el águila real ibérica *Aquila chrysaetos homeyeri* (Severtzov, 1888) han adaptado su alimentación a la nueva presa, que además, está presente de forma abundante en terrenos históricos de cría del águila, permitiéndole así un éxito reproductor todavía mayor a esta especie protegida.

El objetivo del proyecto Aequilibrium es el conocimiento profundo de la predación del águila real ibérica sobre las crías de corzo (corcinos) en el interior de la península ibérica. Para ello se han monitorizado 30 territorios de la Comunidad de Madrid, Castilla y León y Castilla-La Mancha, en particular en las provincias de Madrid, Toledo, Cuenca, Guadalajara, Soria y Segovia, en los cuales convergen parejas nidificantes de águila real y poblaciones corceras.

Para determinar la sincronización entre el periodo reproductivo de ambas especies (predador-presa) es fundamental estudiar de forma detallada la fenología reproductiva del corzo, de la que existen escasas referencias científicas en la península ibérica (Mateos-Quesada & Carranza, 2000; FIDA, 2008). Además, debido al gran atractivo de este animal como especie cinegética desde tiempos remotos, se apuesta por un avance en el conocimiento científico que permita la correcta gestión y conservación de la especie. En esa línea de investigación es, precisamente, en la que se enmarca el presente Trabajo Fin de Grado.

1. INTRODUCCIÓN

El corzo (*Capreolus capreolus*) es el más pequeño de los cérvidos de Europa (San José, 2007). Dentro de la península ibérica, existen variaciones apreciables de tamaño en los individuos de las poblaciones ubicadas en Cádiz y los del centro o norte de España. En las primeras poblaciones, se encuentran los ejemplares más pequeños de todo el área de distribución de la especie (Aragón, 1993).

A pesar de que los machos tienen un tamaño ligeramente mayor que las hembras y presentan cuernas caedizas como las demás especies de cérvidos, el dimorfismo sexual es casi inexistente. La mancha caudal o posterior, es el otro elemento diferenciador entre sexos cuando los machos pierden la cuerna, tiene forma arriñonada y de color blanco-amarillento en éstos últimos, y forma de corazón invertido y con un mechón blanco en la base de la vulva en las hembras. Con la edad, los machos engrosan su cuello y cuartos delanteros mientras que las hembras ensanchan ligeramente su tercio posterior para prepararse para la maternidad (Mateos-Quesada, 2005).

Debido a la morfología de sus patas, las cuales son de mayor tamaño en la parte trasera, su preferencia por hábitats de tipo boscoso y su actividad constante, esta especie ha sido capaz de adaptarse al salto en un medio donde los obstáculos abundan y por ello se le ha llegado a calificar como “antílope de bosque” (San José & Dorado, 2007).

A diferencia de la mayoría de los cérvidos, el corzo es una especie territorial y solitaria en general, si bien, en ocasiones las condiciones del hábitat pueden determinar comportamientos más gregarios. La hembra suele ir acompañada generalmente de sus crías, 1 o 2 corcinos, a las que a veces se les une el macho (Farfán *et al.*, 2009).

El ciclo reproductivo del corzo varía de forma apreciable según su área de distribución. La época de celo, conocida como ladra, tiene en España la mayor dilatación de toda su área de distribución. En Centroeuropa, el celo se establece en torno a veinte días sobre la mitad de agosto, mientras que en las poblaciones de la península ibérica se sitúa con una duración de algo más de dos meses sobre el mes de julio (Mateos-Quesada, 1998), siendo anterior a la de otros cérvidos ibéricos como el ciervo (*Cervus elaphus*) y el gamo (*Dama dama*) (Carranza, 1986; Brunet *et al.*, 2005). El celo del macho polígamo viene marcado por el ciclo monoéstrico (único ciclo) de las hembras, las cuales disponen de un periodo de tan solo 36 horas para ser fecundadas sin tener otra oportunidad a lo largo del año (Kozdrowski *et al.*, 2005). Esta estrategia es poco común en los cérvidos ya que supone “jugarse” el éxito reproductivo a una sola carta; por ello, es realmente sorprendente que en el caso de poblaciones salvajes de corzo, en torno a un 98 % de las hembras queden cubiertas con un solo celo (Gaillard *et al.*, 1992).

La biología reproductiva del corzo es peculiar. Aparte del ya descrito carácter monoéstrico de las hembras, cabe destacar otras dos particularidades: la adquisición muy temprana de la madurez sexual y la presencia de la implantación diferida o diapausa embriogénica obligatoria en el periodo de gestación.

La madurez sexual se alcanza a partir de los 14 meses de vida (Strandgaard, 1972b). Con esa edad las hembras ovulan sistemáticamente y es posible que queden cubiertas (Hewison, 1996; Hewison & Gaillard, 2001). Sin embargo, el estudio de Hewison & Gaillard (2001) realizado en Gran Bretaña demuestra que el porcentaje de hembras de un año que se quedan preñadas varía entre el 5% y 48%, y que este hecho es debido a su bajo porcentaje de masa corporal, directamente relacionado con el número de cuerpos lúteos en menor proporción que se encuentran a esta edad (Strandgaard, 1972a). El factor masa corporal, al igual que en otras especies de ungulados, es el que determina la fecundidad de las hembras. Podría decirse, por tanto, que el desarrollo total del individuo se completa a los 18 meses de vida (Hewison & Gaillard, 2001), cuando las hembras ya son capaces de producir 1, 2 crías de forma habitual, o 3 crías de forma más inusual (Mateos-Quesada & Carranza, 2000). Esta especie precoz y poco longeva tiende a aumentar el tamaño de la camada para mantener la tasa de renovación (Fandos & Burón, 2013).

El peso de las crías al nacer va de 1 a 1,7 kg; los corcinos nacen totalmente cubiertos de pelo y con plena capacidad de visión (Sempéré, Sokolov, & Danilkin, 1996). Tras el nacimiento, los neonatos manifiestan una actividad motora mínima que incluso se refleja en su sistema cardiovascular (bradicardia), y que les sirve como defensa ante los predadores. La cría puede permanecer oculta a grandes distancias de la madre: de 50 a 150 metros, incluso a veces a más de 2,5 km. Este “reflejo” de inmovilidad desaparece alrededor de los 40 días (Santiago-Moreno, & López-Sebastián, 2010). La lactación es más acusada en los primeros meses (de 5 a 9 veces el primer mes) y comienza a declinar en agosto. El destete cesa normalmente en otoño, aunque ocasionalmente puede continuar hasta diciembre dependiendo de la dieta y condición corporal de la madre (Sempéré *et al.*, 1996)

El periodo de gestación del corzo tiene una duración de diez meses aproximadamente (entre 264 y 318 días), desde la cópula en julio o agosto hasta los nacimientos producidos en abril o mayo (Mateos-Quesada, 1998). Este periodo de gestación es más del doble de lo que le corresponde a una especie con su peso corporal; incluso es más largo que el de otros cérvidos de un tamaño mucho mayor como el ciervo y el gamo (233 y 230 días de gestación respectivamente; Fandos & Burón, 2013). Este hecho solo puede explicarse por el fenómeno evolutivo de la diapausa, un mecanismo único que permite detener casi en su totalidad el desarrollo del embrión dentro del útero, posibilita el retraso de los nacimientos y

la sincronización de los mismos en la época de condiciones favorables (Shandell, 1990). La diapausa se presenta en cada gestación de la especie desde principios de agosto a finales de diciembre (Short & Hay, 1966; Aitken *et al.*, 1973), durante aproximadamente 170 días desde la fecundación, cuando el blastocisto de 1 mm de diámetro pierde su zona “pellucida”. En estos cinco meses de mínima actividad, el blastocisto crece hasta alcanzar un tamaño de 5 mm, con el que se implanta en el endometrio para continuar su desarrollo (Aitken, 1974; Danilkin, 1990).

Con la fijación de la placenta y la subsecuente implantación del embrión producida a finales de diciembre (Sempéré *et al.*, 1989) o principios de enero (Sempéré *et al.*, 1996), el feto empieza a desarrollarse con un crecimiento rápido durante aproximadamente 5 meses hasta su nacimiento a finales del mes de mayo o principios de junio (Bischoff, 1854; Keibel, 1902; Short and Hay, 1966; Aitken, 1974). La representación del ciclo reproductor según las estaciones (Figura 1) y la revisión de la literatura científica mencionada anteriormente, sugieren que, debido a la situación más meridional de las poblaciones de corzo ibéricas, los procesos de cópula e implantación, y por lo tanto nacimientos, se espera que se produzcan con un adelanto significativo a los del centro de Europa.

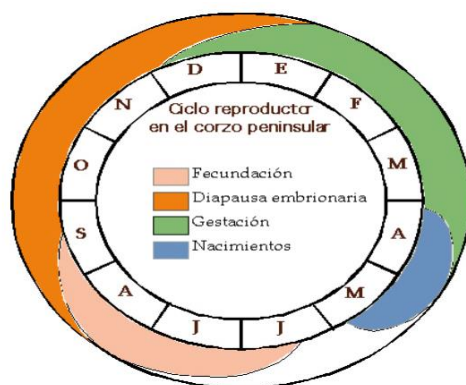


Figura 1. Esquema del ciclo reproductor de las poblaciones de corzo del centro de la península ibérica (Mateos-Quesada, 1998).

El corzo ocupa una amplia distribución en la región paleártica. Se extiende desde el sur de España hasta el norte de Escandinavia, pasa por los montes Urales en Rusia y aparece en poblaciones dispersas en Turquía, Israel y Jordania, con excepción de Irlanda, Grecia, y las islas del Mediterráneo (Vor *et al.*, 2010; Fandos & Burón, 2013).

En la península ibérica, la especie se encuentra ampliamente distribuida. Puede encontrarse de forma homogénea y abundante en el norte de España, en la Cordillera Cantábrica, Montes de León, Pirineos y Sistemas Ibérico y Central. En el sur, sin embargo, su presencia se limita a los Montes de Toledo, Sierra Morena y las sierras de Jaén de forma menos abundante y, por último, aparece en Málaga y Cádiz, con un mayor grado de aislamiento (Braza *et al.*, 1989; Aragón, Braza, & San

José, 1995; Farfán *et al.*, 2009; Figura 2). Las poblaciones andaluzas de estas últimas sierras constituyen la última frontera de distribución mundial de la especie en su límite sur-occidental (San José & Dorado, 2007). La ausencia de corzo en la mayoría de las montañas del sur puede explicarse por las características climáticas de los hábitats (Aragón *et al.*, 1995).

La comunidad autónoma con mayor población de corzos de España es Castilla y León, en la que destacan Burgos y Soria como las provincias con densidades más altas. También es la comunidad donde más se caza, llegando a contarse 9000 corzos abatidos en la temporada 2010-2011 (Fandos y Burón, 2013).

El incremento de las poblaciones de ungulados silvestres es un fenómeno generalizado en el continente europeo (Apollonio, Andersen, & Putman, 2010). Desde finales del siglo XX, las poblaciones españolas de corzo se han recuperado y han aumentado considerablemente desde los núcleos relictos en los que se encontraban debido a la acentuada presión de la caza y a la competencia con el ciervo por el alimento (López & García, 2007). La creciente expansión de esta especie en la península ibérica se debe a numerosas causas como la gestión cinegética, el abandono del campo y la consecuente transformación del monte, la reducción de la cabaña ganadera, con la cual ya no compite, y la gran capacidad de adaptación de la especie junto a una territorialidad propia que le hace expandirse (Mateos-Quesada, 2002; Aragón *et al.*, 1995 y Fandos & Burón, 2013). Esto último le ha llevado a colonizar zonas más bajas, como dehesas, medios agrícolas y pastizales abiertos (Farfán *et al.*, 2009; Mateos-Quesada, 2005).

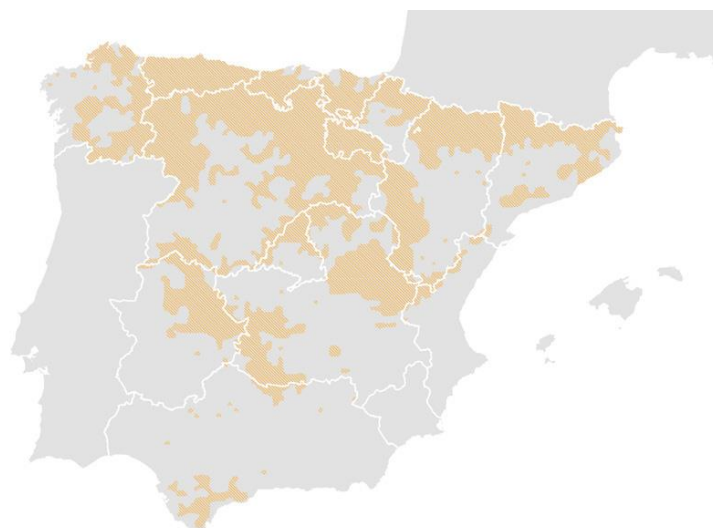


Figura 2. Distribución del corzo en la península ibérica española en 2007. Poblaciones distribuidas homogéneamente en el norte (Cordillera Cantábrica, Montes de León, Pirineos y Sistemas Ibérico y Central), en el centro en los Montes de Toledo, Sierra Morena y las sierras de Jaén y de forma aislada en el sur, en Málaga y Cádiz. Fuente: Fandos & Burón (2013).

Aunque en el resto de Europa esta especie no tiene problemas de conservación, aparece catalogada como "Vulnerable" en el Libro Rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía (Junta de Andalucía, 2001). Entre los factores de amenaza de estas poblaciones se encuentran los diversos agentes infecciosos que afectan a las hembras gestantes y que limitan la producción de crías y la alta mortalidad producida en los primeros estadios debido a la predación.

La expansión del corzo puede estar generando un desequilibrio de tamaño y estructura en las propias poblaciones, hecho que puede señalarse por la aparición de síntomas epidemiológicos y sanitarios en diversas y amplias comarcas de España donde puede haberse alcanzado ya la capacidad de carga del medio (Ortega, 2009). Aunque los numerosos predadores del corzo, como son: lobo, lince, águila real, perro asilvestrado, zorro, meloncillo, jabalí e incluso oso, que además puede alimentarse de ejemplares adultos (Fandos & Burón, 2013), regulen sus poblaciones, es necesario un conocimiento detallado de la relación de sexos, estructura y densidad de las poblaciones de corzo, así como de los territorios en los que se encuentra para garantizar una buena gestión.

Debido a un descenso de la población de conejo de campo *Oryctolagus cuniculus*, (Linnaeus 1758) (Cabezas-Díaz, Lozano, & Virgós, 2005), una de las presas características del águila real, parece que hoy en día las crías de corzo pueden suponer un alto porcentaje de presas para la rapaz. Aunque diversos estudios demuestran que el corzo forma parte de la dieta del águila real tanto en España como en otros países europeos (Ratcliffe & Rowe, 1979; Pedrini & Sergio, 2002; Fandos & Burón, 2013), la relación aún no ha sido debidamente estudiada. Sin embargo, ya se han dado a conocer algunos datos del proyecto Aequilibrium, habiéndose registrado restos de corzinos en el 87% de los territorios ya analizados: 20 de 23. Éstos corresponden a un 16 % de las presas aportadas a los nidos, que suponen a su vez un 34 % de la biomasa total consumida por las águilas (Ortega, 2018).

En España, la reproducción del corzo ha sido poco estudiada desde un punto de vista científico (Aragón, 1993; Mateos-Quesada, 1998; FIDA, 2008; Horcajada-Sánchez & Barja, 2016) y actualmente existe una laguna importante en cuanto a la fenología reproductiva del corzo. En Francia, en las reservas nacionales de Chizé y Trois Fontaines, se llevan estudiando los corzos desde hace más de 30 años, para lo cual realizan métodos de captura-marcaje y recaptura de los ejemplares. En esta zona, se han estudiado los efectos de la cohorte, del sexo y de la fecha de nacimiento sobre las variaciones del peso de las crías al nacer y sobre el desarrollo del individuo tras el nacimiento (Gaillard *et al.*, 1993a). La información que proporcionan estos estudios no es propia de nuestro territorio ya que existen diferencias de clima y hábitat (suelo, vegetación, relieve, altitud); por ello resulta fundamental obtener información científica relativa a la reproducción del corzo en

España para poseer al menos un conocimiento mínimo de la especie en el que poder basar su gestión.

El Trabajo de Fin de Grado que se presenta pretende contribuir a reducir esa laguna de conocimiento, aportando datos científicos sobre la fenología reproductiva del corzo, que permitan conocer la fertilidad y fecundidad de las hembras en función de su edad y condición corporal y estimar el grado de sincronización entre los periodos reproductivos de éste y el águila real. En particular, se establecen dos objetivos principales:

- a. Establecer el protocolo de recogida y tratamiento de los datos para que sirva de guía en estudios posteriores. En concreto se llevará a cabo una comparación de los tres métodos utilizados en la estimación de la edad y de los tres que se emplean para la estimación de la condición corporal.
- b. Realizar un estudio piloto para determinar parámetros reproductivos tales como el ratio de ovulación, la productividad media, el tamaño de la camada y el sex ratio, los cuales se relacionarán con la edad y la condición corporal. También, se estimará la fecha de implantación del embrión y la de partos para así poder estimar el grado de sincronización de los partos de los corzos con el nacimiento de los pollos de águila real.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha llevado a cabo en el centro de la península ibérica, en diversos cotos de caza situados en la zona norte o serranía de Guadalajara, y el sur de la provincia de Soria. El área de estudio se ha definido de forma conjunta y las muestras recogidas determinan una única población. En la figura 3 se representan y localizan los puntos de recogida de ejemplares:

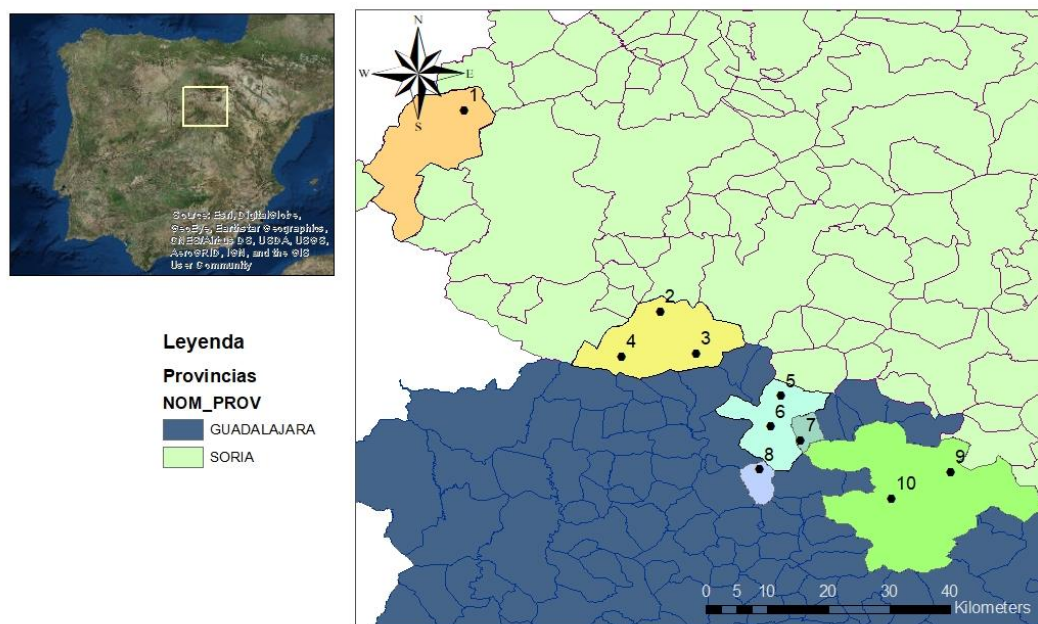


Figura 3. Localización de la zona de estudio. Puntos de recogida de ejemplares según localidades en municipios de Guadalajara y Soria: 1. Zayas de Torre, 2. Madruédano, 3. Retortillo de Soria, 4. Losana, 5. Bochones, 6. Atienza, 7. El Atance, 8. La Bodera, 9. Alboreca, 10. Palazuelos. Fuente: Elaboración propia con ArcGis. Mapa de España: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

Esta zona está afectada por un macrobioclima mediterráneo pluviestacional-oceánico, con termotipo supramediterráneo inferior y ombrotipo subhúmedo inferior (Rivas-Martínez, Penas, & Díaz, 2004). La temperatura media anual es de 11°C. Las temperaturas más bajas se dan en diciembre y enero, alcanzando más de 7 grados negativos, y las más altas en los meses de verano, julio y agosto, superando los 32°C. Las heladas son frecuentes en los meses de invierno, en el periodo de noviembre a marzo, y superan los 85 días al año. Las precipitaciones son moderadas, superiores a los 500 mm, si bien en las zonas más altas se registran mayores precipitaciones, también en forma de nieve. En los meses de verano, de junio a agosto, se produce una sequía estival propia del clima mediterráneo. El mes más húmedo es Noviembre con una media de en torno a 65

mm, aunque los datos actuales proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología sitúan al mes de Mayo como mes más húmedo (Figura 4).

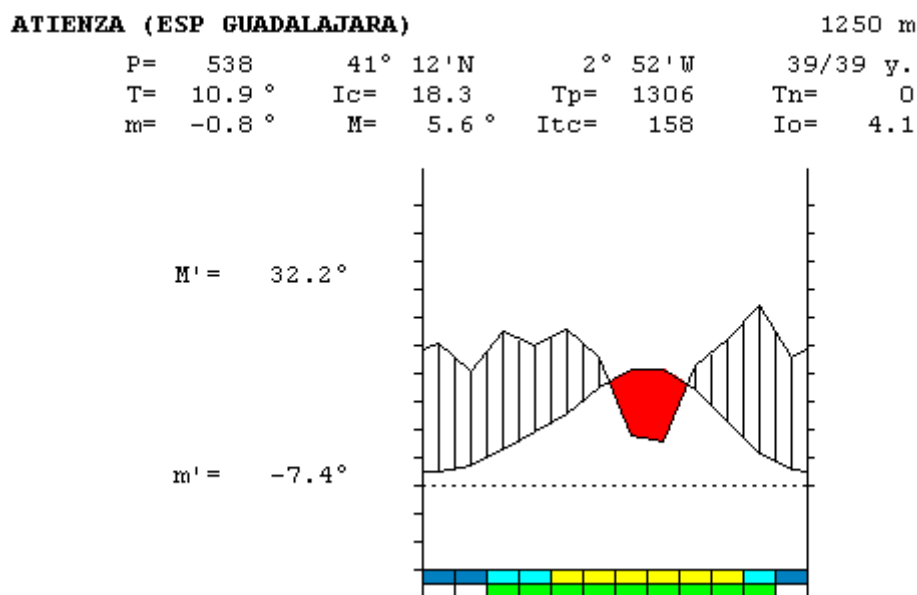


Figura 4. Climodiagrama para la zona de estudio según datos de Rivas-Martínez para el periodo 1931-1969 en Atienza. Fuente: <http://www.globalbioclimatics.org/station/es-atien.htm>

Las sierras del norte de la provincia de Guadalajara son el nexo de unión entre el sistema Central y el sistema Ibérico. En las serranías más orientales, donde se localiza la zona de estudio, se distingue un macizo más moderno que el de su parte occidental, compuesto por materiales sedimentarios mesozoicos de arenisca, yesos, arcillas y calizas.

Este territorio, se asienta sobre dos tipos de suelos, los pardos o pardo-rojizos calizos y los rojos mediterráneos. Ambos, presentan un horizonte A pobre en humus (dada la temperatura, la escasa vegetación y la erosión antrópica), poroso y con las capas superiores blandas arrasadas por la erosión y la acción del hombre, y un horizonte B compacto y muy duradero. Los primeros, constituyen paralelamente a la tierra parda meridional, el suelo clímax mediterráneo. La terra rosa, propia de éstos, constituye el tipo de suelo en zonas de bosque abierto y escaso con matorral espeso (Guerra *et al.*, 1968). La altitud varía desde los 1100 a los 1200 metros. El relieve de esta zona permite el desarrollo de diversos ríos, entre los que se encuentran el Bornova, el Cañamares, el Frío, y el Salado, que riega el embalse del Atance, de 280 ha, en Guadalajara, y los ríos Talegon, Pedro y Caracena al sur de Soria (MAPAMA, 2018).

El clima y el tipo de suelo dan lugar a un tipo de vegetación potencial característica en la que se distinguen tres tipos de series (Rivas-Martínez, 2011):

- **18a** Serie supramediterránea carpetano-iberico-alcarrena subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo (*Luzulo forsteri-Quercus pyrenaicae sigmetum*). VP, robledales de melojos.
- **19b** Serie supra-mesomediterránea castellano-alcarreno-manchega basófila de *Quercus faginea* o quejigo (*Cephalanthero rubrae-Quercus fagineae sigmetum*). VP, quejigares.
- **22a** Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basófila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Junipero thuriferae-Quercus rotundifoliae sigmetum*). VP, encinares.

Según la información contenida en el Mapa Forestal Español (1: 50.000), más de la mitad de la zona de estudio se encuentra sin formación arbolada (68%). En ésta, la formación predominante es de pastizal-matorral, y en segundo lugar la de cultivos (cultivo agrícola y pradera artificial), también en gran porcentaje.

El encinar es la formación vegetal arbolada predominante (34%), más abundante en los territorios de Guadalajara, seguida de del quejigar (16,5%), del bosque mixto de frondosas propio de esta región biogeográfica (14%) y del melojar en último lugar, el cual representa un 9% de la vegetación arbolada de la zona de estudio. De la vegetación arbolada de Soria se destacan además las mezclas de coníferas y frondosas autóctonas (23%) y los sabinares albares (18%).

2.2. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Se recogieron muestras de 78 ejemplares hembra de corzo procedentes de unas jornadas de descaste organizadas por la Asociación del Corzo Español (ACE) en las provincias de Soria y Guadalajara. Estas jornadas, celebradas entre finales del mes de enero y principios de febrero de 2018 (periodo temprano de gestación de las hembras), estaban dirigidas a la reducción de la densidad de población y al equilibrio de las pirámides poblacionales en los cotos de caza de la zona (caza no selectiva).

En campo, se tomaron las siguientes medidas: el peso entero, el peso de la carcasa (sin órganos) y la longitud de los metatarsos. También se extrajeron y conservaron los riñones y la grasa perirenal, las mandíbulas, el útero y los ovarios. Estos dos últimos se utilizaron para determinar los parámetros reproductivos, las mandíbulas se utilizaron para estimar la edad de las hembras y el resto de medidas para determinar las características biométricas de la población y la condición corporal.

A continuación se explicará cómo se recogieron las muestras y cómo se compararon los métodos para definir el protocolo de recogida de datos durante los próximos años.

2.3. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA ESTABLECER EL PROTOCOLO DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Puesto que este primer año se ha realizado la toma de datos por primera vez (año piloto), se optó por recoger más información de la que se recogerá en años sucesivos, es decir, se tomaron algunas medidas redundantes, para así poder determinar cuáles son las más fáciles y rápidas de obtener en campo o de procesar en el laboratorio y que, a su vez, confieran la precisión deseada para los análisis.

En concreto, se tomaron muestras para calcular de tres formas diferentes la condición corporal y se compararon tres técnicas diferentes para la estimación de la edad.

2.3.1. DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

La condición corporal es un indicador del estado de las reservas de grasa de un animal (Mitchell *et al.*, 1977). En cérvidos, como en muchas otras familias de mamíferos, dichas reservas tienen gran importancia en el éxito reproductivo de las hembras. De este modo, una buena condición corporal es un factor determinante para alcanzar la madurez sexual, determina el momento de ovulación y partos (Mitchell & Lincoln 1973), el número de crías e incluso el tamaño de las crías al nacer y su posterior crecimiento (Langvatn *et al.*, 2004). Por tanto, siempre que se estudia la reproducción en una determinada población, es conveniente hacer un estudio de la condición corporal de los individuos.

La condición corporal se expresa a través de índices capaces de captar las pequeñas variaciones estacionales en el estado nutricional de los individuos (Sanz de la Torre, Del Valle & Fandos, 1993). Existen dos maneras de calcularla: 1) realizando una evaluación directa de las reservas de grasa y 2) indirectamente relacionando el peso del individuo con una medida de tamaño corporal (Jakob, Marshall, & Uetz, 1996).

➤ **Determinación de la condición corporal a través de la evaluación directa de las reservas de grasa**

Las reservas de grasa en el cuerpo se depositan de manera secuencial empezando por la médula ósea, los riñones, la grasa mesentérica y por último la grasa subcutánea (Holland *et al.*, 1992). De éste modo, la evaluación de la grasa subcutánea es óptima para discriminar entre animales con muy buena condición corporal, el índice de grasa perirenal es preferible para diferenciar individuos con una condición media, mientras que el análisis de la grasa de la médula ósea está recomendado para discriminar entre individuos con baja condición corporal (Holland *et al.*, 1992). Puesto que el estudio se realizó entre principios de enero y finales de febrero (época de escasez de alimentos), las reservas de grasa deberían situarse en un nivel medio o bajo. Por consiguiente, sería adecuado utilizar el índice de grasa perirenal (Kidney Fat Index) o el índice de grasa de la médula ósea

(Bone marrow fat index; Ratcliffe, 1980). Siendo el análisis de la grasa de la médula un proceso más complejo (requiere la extracción de un hueso, normalmente el fémur, su cocción y posterior deshidratación), para el presente estudio se ha utilizado el **índice de grasa perirenal**. Este índice, ampliamente utilizado en estudios sobre cérvidos (p.ej. Mitchell & Lincoln, 1973), es conocido como Kidney Fat Index (KFI) y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de la grasa del riñón} = \frac{\text{peso de la grasa del riñón} + \text{peso del riñón}}{\text{peso del riñón}}$$

En campo, se extrajeron ambos riñones y se conservaron en un congelador hasta su procesamiento. Después, en el laboratorio, para tener una medida objetiva de la cantidad de grasa que rodea el riñón, se realizó un corte en ambos extremos del riñón ya descongelado para eliminar la grasa sobrante (Riney, 1955; Figura 5).

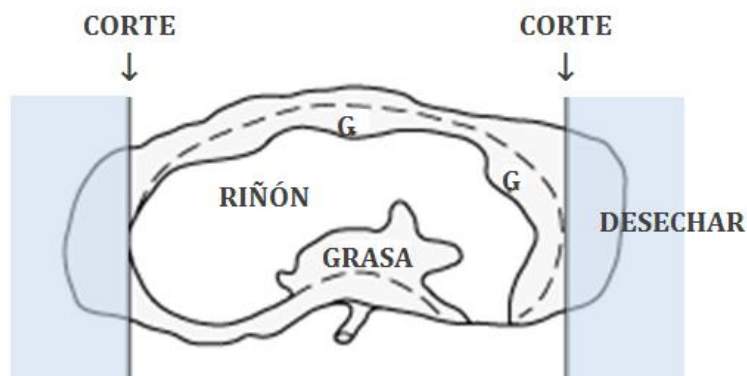


Figura 5. Representación de un riñón y su grasa, así como del lugar donde deben realizarse los cortes y la grasa a desechar. Fuente: Adaptado de Riney (1955).

Después, realizando una incisión en la parte alta del mismo, se separó la grasa del riñón junto con la piel que los recubre. Por último, se pesaron los riñones, primero sin grasa y después con ella con una precisión de 0,01 g y se calculó el índice de grasa del riñón (KFI).

➤ **Determinación de la condición corporal relacionando el peso del individuo con una medida de tamaño corporal**

Una manera indirecta de inferir la cantidad de grasa que tiene un individuo es dividiendo su masa total (peso) entre su tamaño corporal (Jakob *et al.*, 1996). Es decir, se asume que el peso se puede dividir en dos componentes; 1) el tamaño (esqueleto y órganos vitales) y 2) la condición (cantidad de grasa). De este modo, entre dos individuos del mismo tamaño suponemos que aquel de mayor peso será el que tenga mayor condición corporal.

El tamaño corporal se puede medir de muchas formas; dos medidas comunes son la longitud del metatarso y la longitud de la mandíbula (Jakob *et al.*, 1996). Por otro lado, el peso puede tomarse antes de eviscerar (peso entero) o después de

eviscerar (peso de la carcasa). El peso de la carcasa, en este caso, es el peso del animal sin vísceras (p.ej. corazón, pulmones, tracto digestivo, aparato reproductor etc.) pero con cabeza y patas. Normalmente se utiliza el peso de la carcasa puesto que el alimento o el peso de los fetos (si están preñadas) puede incrementar notablemente el peso del animal.

$$\text{Condición corporal} = \frac{\text{Peso de la carcasa (kg)}}{\text{longitud del metatarso o de la mandíbula (cm)}}$$

Los pesos se tomaron con un dinamómetro digital de 0,5 kg de precisión, la longitud de la mandíbula se midió con una escala milimetrada (Aitken, 1975) y las medidas de los metatarsos (desde la pezuña hasta la curva del talón) se tomaron con un utensilio de madera de 50 cm de longitud y 1 mm de precisión (Figura 6).

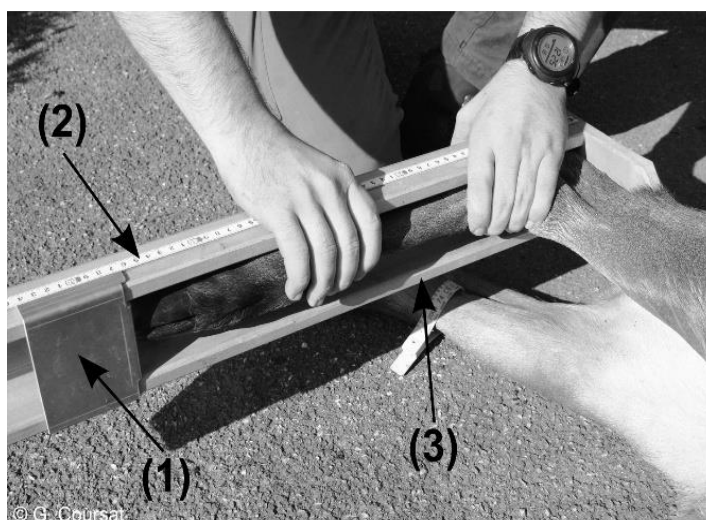


Figura 6. Utensilio para medir la longitud de los metatarsos. 1) Tope movible para ajustar la lectura. 2) Escala milimetrada 3) Hueco para introducir la pata. Fuente: (Garel *et al.*, 2010)

En resumen, se calcularon tres índices diferentes de condición corporal: el primero, relacionando el peso de los riñones con su grasa (índice de grasa perirenal); el segundo, el peso corporal (kg, carcasa) y la longitud de los metatarsos y el tercero, el peso corporal y el tamaño de la mandíbula. Una vez calculados los índices, se hizo una comparación entre ellos con el objetivo de elucidar si los métodos indirectos (peso/ longitud mandíbula o longitud metatarso) pueden utilizarse como proxis o aproximaciones de un método directo como el índice de grasa perirenal, de modo que en futuras campañas de trabajo de campo únicamente se calcule uno para minimizar el tiempo y el esfuerzo.

2.3.2. ESTIMACIÓN DE LA EDAD

La edad es un atributo de los individuos cuyo conocimiento es crítico para conocer la ecología de las especies. Muchos parámetros relacionados con el éxito reproductivo a nivel de individuo varían con la edad así como cualquier medición biométrica o parámetro fisiológico que estudiemos será dependiente de ésta. Además, la estimación de la edad es fundamental para evaluar los resultados de la gestión practicada, es imprescindible para conocer la estructura de edad de las poblaciones y también para realizar predicciones futuras sobre la dinámica poblacional. Consecuentemente, existen numerosas técnicas para estimar la edad en cérvidos, siendo unas más precisas que otras (Cederlund, Kjellander, & Stålfelt, 1991; Mysterud & Østbye, 2006). En nuestro caso se requiere un conocimiento lo más preciso posible ya que se valoran parámetros reproductivos y, por ello, se ha estimado la edad hasta con tres metodologías diferentes para comparar su precisión.

El método reconocido por ser el más preciso en la determinación de la edad es la técnica de descalcificación y corte histológico con micrótopo (Azorit, 2011). Sin embargo, esta metodología requiere un equipamiento de laboratorio sofisticado y costoso y también mucho tiempo de procesamiento de las muestras.

Con el objetivo de encontrar una técnica que ofrezca una precisión similar y requiera de un menor tiempo de procesamiento y menos equipamiento, se compararon varias metodologías con la anteriormente citada, utilizándola como edad real del animal, al no tener individuos de edad conocida. Las metodologías usadas fueron: 1) Erupción, reemplazamiento y desgaste dentario, 2) Corte histológico con micrótopo y 3) Corte petrográfico.

Para ello, se extrajo en campo la mandíbula inferior completa de cada hembra y se guardó en un congelador. Después, una vez en el laboratorio, se extrajeron tres piezas dentarias diferentes de cada hemimandíbula derecha después de ser medida: el incisivo, el primer molar y el segundo molar (I_1 , M_1 , M_2).

La extracción del incisivo fue muy sencilla al hacer un corte en la encía con un objeto punzante. Para la extracción del M_1 y M_2 fue necesario el uso de una sierra eléctrica para separar ambos dientes (junto con el hueso que los recubre) del resto de la mandíbula. Después, los M_1 se separaron del hueso con la ayuda de un gato, un martillo y un punzón, y los M_2 se conservaron con el trozo de mandíbula que los acompañaba. Todas las piezas fueron puestas en agua para su pudrición, necesaria para realizar los análisis de laboratorio.

Las hemimandíbulas izquierdas fueron cocidas y se conservaron para la estimación de la edad por el método de desgaste dentario.

➤ **Determinación de la edad por erupción, reemplazamiento y desgaste dentario**

La técnica para la determinación de la edad mediante el patrón de erupción, reemplazamiento y desgaste dentario ha sido ampliamente utilizada desde la antigüedad. Esta metodología tiene gran utilidad para la gestión pero no tanto para estudios de ecología animal, ya que únicamente aporta información sobre el grupo de edad al que pertenece el animal: crías, jóvenes y viejos (Azorit, 2011) y no sobre la edad precisa del individuo. Sin embargo, para edades inferiores a 15 meses, provee una precisión incluso de meses a través del patrón de erupción y reemplazamiento dentario de los dientes de leche, por lo que sí es óptima para estimar la edad de las crías (Tabla 1). Para este estudio, conocer la edad precisa de las crías no ha sido necesario, y únicamente se han distinguido las crías del resto para excluirlas de los análisis de parámetros reproductivos. Esta distinción se ha hecho gracias a la presencia de un tercer premolar de leche trilobulado (p_3) en individuos con menos de 14 meses ($n=8$; Figura 7).

Tabla 1. Reemplazamiento dentario del corzo (*Capreolus capreolus*). Fuente: Sáenz de Buruaga, Lucio & Iraizoz (1991).

Diente	Reemplazado por:	¿Cuándo?
i_1	I_1	5 ^o - 6 ^o mes
i_2	I_2	7 ^o - 9 ^o mes
i_3	I_3	8 ^o - 12 ^o mes
i_4	I_4	8 ^o - 12 ^o mes
p_1	P_1	12 ^o - 14 ^o mes
p_2	P_2	12 ^o - 14 ^o mes
p_3	P_3	12 ^o - 14 ^o mes
	M_1	3 ^o - 4 ^o mes
	M_2	5 ^o - 8 ^o mes
	M_3	9 ^o - 13 ^o mes

Para individuos mayores de un año (con dentición definitiva), esta metodología establece una relación entre el desgaste progresivo del esmalte y la dentina con la edad (Figura 7). No obstante, es evidente que dependiendo de la localización geográfica del individuo y por consiguiente de la composición y calidad de su alimentación, existirán importantes variaciones de desgaste dentario y de la edad estimada por este método (Varin, 1980), lo cual hace que esta metodología no sea muy precisa para estimar la edad de individuos adultos.

Para la determinación *de visu* se ha contado con la ayuda de un experto de la ACE y se ha utilizado la guía traducida al español de la asociación disponible en su página web (Boletín N^o 12), basada en la metodología propuesta por Aitken (1975), realizada sobre las partes izquierdas de las mandíbulas conservadas.



Figura 7. Fotografía de varias mandíbulas izquierdas con diferente nivel de desgaste dentario. Nº 33: Tercer premolar tricúspide (cría). Nº 36: Dentición definitiva (tercer premolar con dos lóbulos) que presenta poco desgaste (molares muy pinchudos; 1-2 años). Nº 15: Se aprecia desgaste en las crestas masticadoras y la dentina toma forma de media luna (3, 4 ó 5 años). Nº 68: Desgaste muy acentuado, dentina con forma de óvalo u oblonga (> 6 años). Fuente: propia.

➤ **Descalcificación y corte histológico con micrótopo**

Para realizar la técnica de descalcificación y corte histológico con micrótopo de los incisivos y primeros molares (**I₁**, **M₁**) se contó con la ayuda del laboratorio del Centro Quintos de Mora (Toledo), del O. A. Parques Nacionales, donde anualmente realizan la técnica que se explicará a continuación para la estimación de la edad de sus ciervos.

Para empezar, se retiraron los restos de materia orgánica antes de la descalcificación para no arrancar ninguna capa del diente. Después, se introdujeron en una solución de ácido nítrico durante dos o tres días. Una vez descalcificado, y ya blando, cada diente fue puesto en el micrótopo, donde se realizaron sucesivos cortes longitudinales de 20 µm a una temperatura de -17 °C, necesaria para que el diente se congele y el corte sea limpio. Los distintos cortes o láminas se introdujeron en hematoxilina para teñirlos, y se montaron en un portaobjetos. Por último, se leyeron las líneas de cemento dentario con la ayuda de un microscopio MC 100 (ZEISS) a 20 aumentos.

➤ Corte petrográfico

La metodología de corte petrográfico podría presentar una alternativa a la técnica histológica, ya que es más rápida y versátil, no requiere la descalcificación del diente y el equipamiento utilizado resulta más barato. Sin embargo, al igual que la anterior, requiere la extracción de la mandíbula. Para el aprendizaje de esta técnica se ha contado con la ayuda y el equipamiento de la Dra. Azorit, de la Universidad de Jaén. Existen dos procedimientos petrográficos para la preparación de molares:

- A) Preparación de láminas delgado-pulidas.
- B) Obtención de secciones gruesas pulidas (método simplificado).

Se optó por el método simplificado de obtención de secciones gruesas pulidas, el cual se explica a continuación:

Esta metodología se basa en la realización de un corte sobre el primer y/o segundo molar de manera transversal al eje longitudinal de la mandíbula (Figura 8a). En este estudio se utilizó el segundo molar o **M₂**.

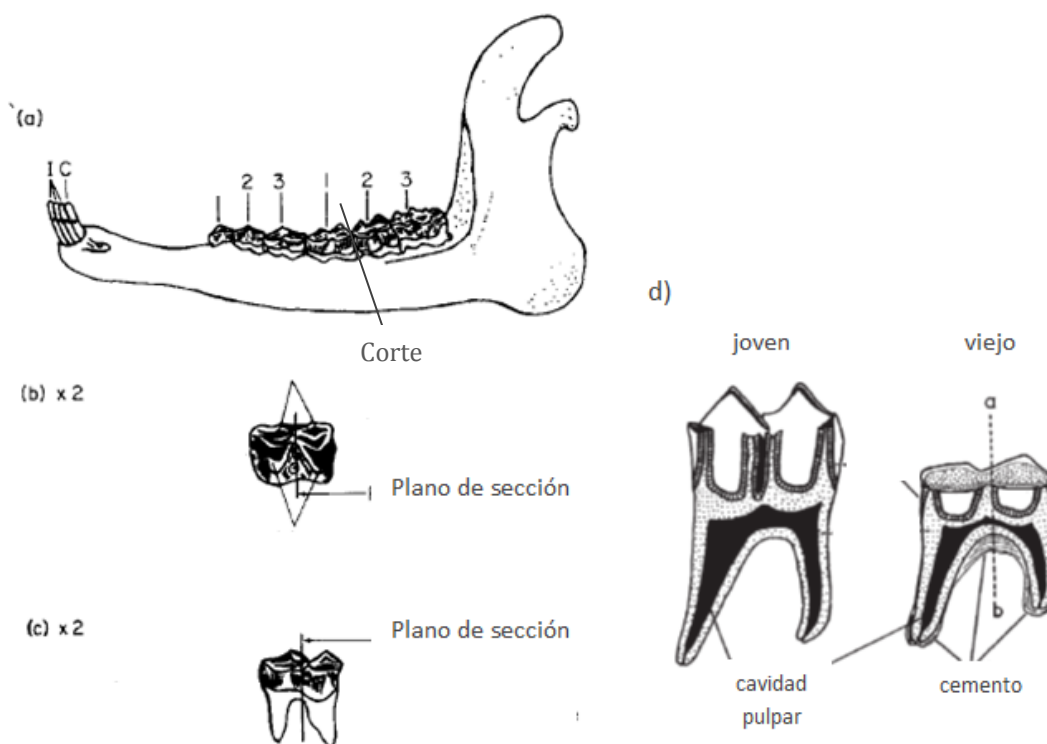


Figura 8. Mandíbula de cérvido: a) Descripción de las posiciones de los 4 incisivos, 3 premolares y 3 molares. b) Primer molar (M_1) visto desde arriba, c) M_1 vista lateral y d) molar de un individuo de 1 año (izquierda) sin cemento interradicular e individuo viejo (derecha). En el individuo viejo se ha representado el lugar donde se efectuará el corte atravesando la almohadilla interradicular que contiene las líneas de cemento. Fuente: White (1974) y Mitchell (1963).

El corte se realizó con una sierra circular con sistema de circulación de agua para evitar el sobrecalentamiento de la pieza (Azorit, 2011). La cuchilla cortadora, del mínimo grosor disponible, estaba diamantada para poder cortar el esmalte con facilidad. Así, el molar es cortado entre las dos raíces, atravesando la dentina y la almohadilla de cemento interradicular (Figura 8d).

Tras el corte, se realizó una primera lectura de las líneas con una lupa (2.5- 3.5x aumentos, LEICA). En los casos en los que el corte no alcanzó la zona del cemento, se realizó un lijado extra con una herramienta eléctrica de mano tipo Dremel. Por último, se realizó un pulido fino usando una lija de agua.

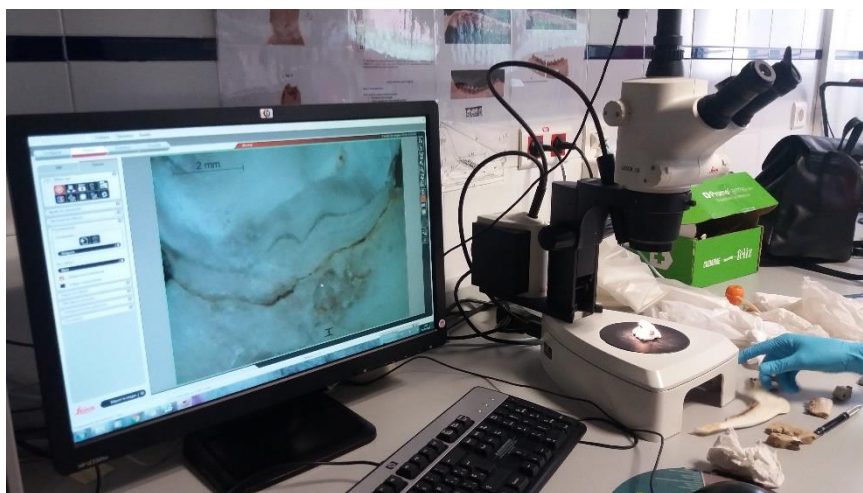


Figura 9. Fotografía del laboratorio donde se realizó la foto-interpretación de las líneas de cemento dentario. Fuente: propia.

La lupa se conectó a una cámara para guardar la imagen en el ordenador y tratarla mediante el software *Leica application suite* (Figuras 9 y 10). Además, con el empleo del software se pudieron tomar mediciones sobre el grosor del cemento (medidas siempre en la zona de más anchura, a la izquierda de la V que se forma), lo cual ayudó a elucidar la edad del individuo en las muestras con difícil lectura de las líneas (Figura 10).

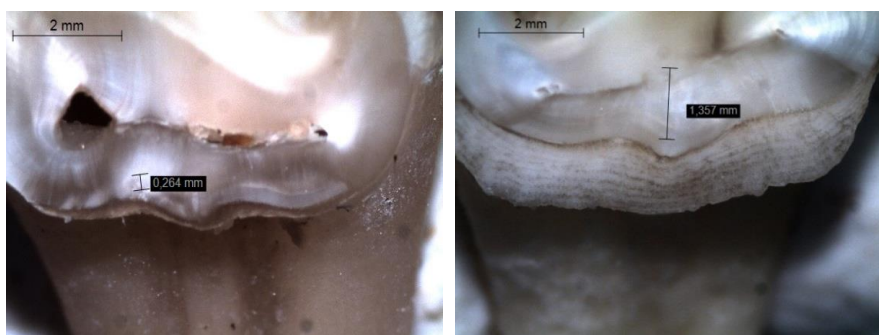


Figura 10. Fotografías de las secciones grueso-pulidas de dos segundos molares (M_2) correspondientes a un individuo de 2 años (izquierda) y a otro de 9 años (derecha). Se añade la medición del grosor del cemento dentario en milímetros. Fuente: propia.

2.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS

Para el análisis de los parámetros reproductivos se extrajo el útero y los ovarios a cada hembra y se conservaron refrigerados para ser analizados en días posteriores.

2.4.1. RATIO DE OVULACIÓN

La ovulación es la primera etapa del ciclo reproductivo y determina el potencial reproductivo de una hembra o tamaño potencial de la camada (número máximo de crías que tendrá en un determinado año). La ovulación y el número de óvulos liberados por una hembra pueden medirse gracias a una marca que deja cada óvulo en el ovario conocida como cuerpo lúteo (CL) o cuerpo amarillo. En cérvidos, por regla general, si una hembra queda preñada, estas estructuras se mantienen hasta el tercer mes de gestación gracias a la producción de progesterona. Si la fecundación no se produce, los niveles de progesterona disminuyen y se produce la regresión o desaparición de los mismos tras 10 o 12 días (Boyd *et al.*, 1969). Sin embargo, en el caso de los corzos, se produzca o no la fecundación del óvulo, esta estructura permanece activa durante toda la diapausa y manteniéndose visible hasta al menos tres meses después de esta (Short & Hay 1966; Lambert *et al.*, 2001). El número de CL que una hembra tenga, por tanto, es solo una aproximación del número de fetos que se van a encontrar en el útero, ya que podría ocurrir que la hembra no fuese fertilizada por un macho o que existiese un fallo en la implantación de uno o varios de los embriones.

Para determinar la ovulación se inspeccionaron los ovarios de cada hembra a los que se realizaron dos o tres cortes transversales para hacer un exhaustivo conteo del número de CL (Figura 11). Este parámetro se calculó para todas las hembras de las que se obtuvieron los dos ovarios.



Figura 11. Fotografía de dos ovarios cortados transversalmente con sus respectivos cuerpos lúteos. Fuente: propia.

2.4.2. PRODUCTIVIDAD MEDIA, TAMAÑO DE LA CAMADA Y SEX RATIO

Para todos los casos en los que se encontraron cuerpos lúteos en el ovario, se realizó una inspección cuidadosa de los cuernos uterinos en búsqueda de embriones o fetos implantados. Esta cuidadosa inspección también se llevó a cabo para buscar blastocistos no implantados (embriones <5 mm) (Figura 12).

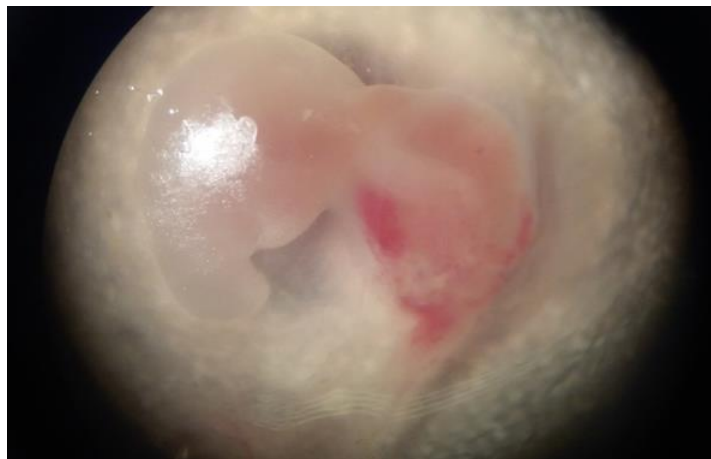


Figura 12. Blastocito encontrado en un cuerno uterino perteneciente a una hembra de 6 años con 3 cuerpos lúteos pero sólo dos fetos implantados. Por lo tanto, se pudo determinar que existió un fallo en la implantación del tercer embrión. Fuente: propia.

Una vez localizados, los embriones o fetos implantados se extrajeron del saco vitelino y se les cortó el cordón umbilical. Posteriormente fueron pesados con una balanza de 0,01 g de precisión, su longitud total fue medida desde la cabeza a la cola (crown-rump en inglés) con un calibre de precisión 1 mm, y por último se midió el contorno del feto con una fina cuerda desde la punta del hocico hasta la cola (precisión ± 1 mm). Después, se compararon los resultados y la correlación entre estas tres mediciones, con el objetivo de elegir la mejor para posteriores estudios (Véase apartado 3.2.3. de Resultados y Discusión).

Además, todos los fetos con un peso superior a 10 g y un contorno mayor a 10 cm fueron sexados. La distinción entre sexos es sencilla: las hembras tienen un agujero genital justo debajo del ano mientras que los machos solamente tienen la abertura anal. En fetos algo más desarrollados se aprecian en la zona baja del vientre las glándulas mamarias (hembras) y el aparato genital en machos (Crombrughe, Wauters, & Bertouille, 1989; Wauters *et al.*, 1995; Figura 13). Con esta información, se analizó el sex ratio o número de hembras por cada macho.

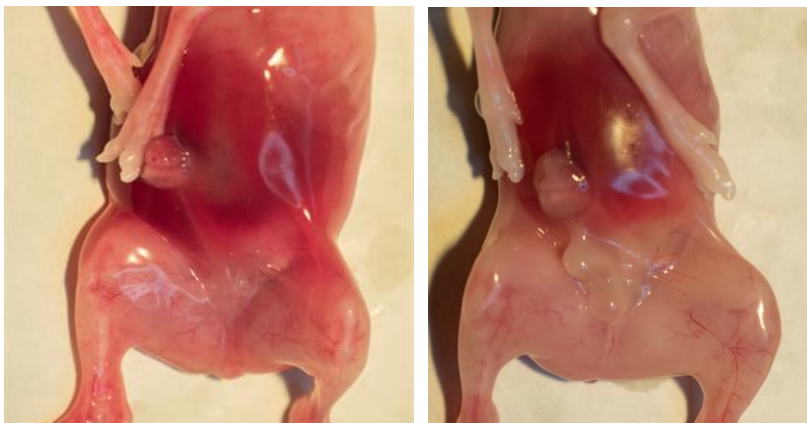


Figura 13. Detalle del aparato genital de la hembra (izquierda) y del macho (derecha) en desarrollo. Fotografía de Alfonso San Miguel.

A partir del número de fetos encontrados entre todas las hembras en edad fértil (edad ≥ 1 año), se calculó la productividad media de la población:

$$\text{Productividad media} = \frac{n^{\circ} \text{ de fetos}}{n^{\circ} \text{ de hembras en edad fértil}}$$

También se calculó el tamaño de la camada, como el número medio de fetos por hembra preñada, de esta forma:

$$\text{Tamaño de la camada medio} = \frac{n^{\circ} \text{ de fetos}}{n^{\circ} \text{ de hembras preñadas}}$$

Es preciso apuntar que el tamaño de la camada calculado no es exactamente igual que el que se hubiese tomado en el momento del parto puesto que todavía existía la posibilidad de que hubiese sucedido un aborto posterior a la captura de los ejemplares.

2.4.3. ESTIMACIÓN DE LA FECHA DE IMPLANTACIÓN Y NACIMIENTOS

Gracias a la fórmula de Huggett & Widdas (1951) es posible estimar la edad fetal de cualquier mamífero al relacionar linealmente la raíz cúbica del peso del feto (W) con el tiempo de gestación (tg):

$$tg = t_0 + \frac{W^{\frac{1}{3}}}{a}$$

Para ello, previamente se deben conocer 2 constantes características de cada especie: a que se puede definir como la velocidad de crecimiento fetal y t_0 como el tiempo de crecimiento insignificante del feto (Figura 14).

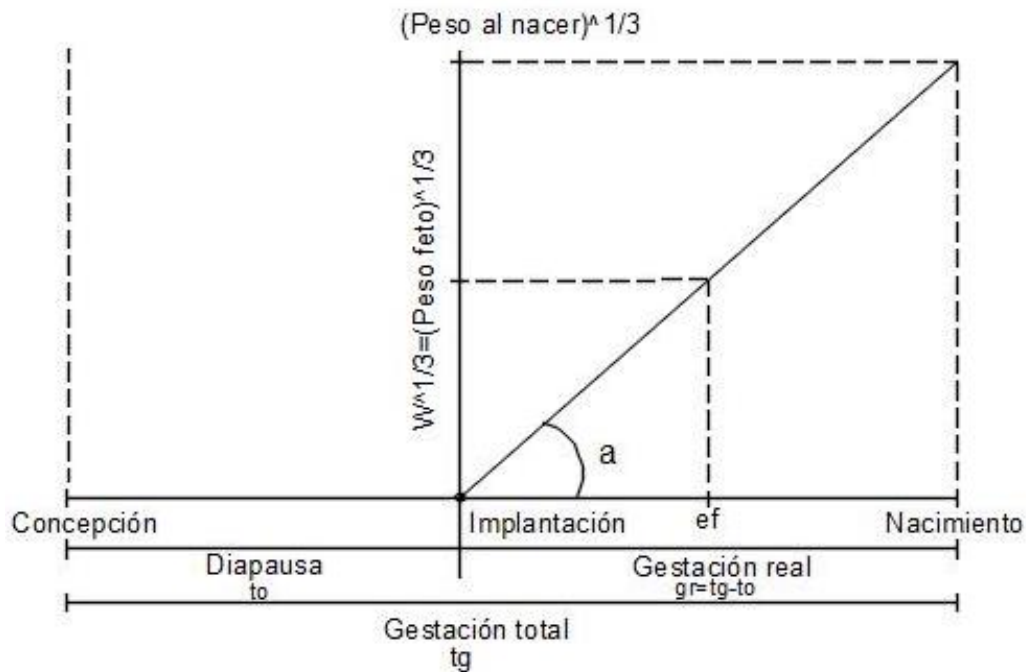


Figura 14. Diagrama explicativo de la gestación de la especie *Capreolus capreolus*. Relación entre la raíz cúbica del peso del feto con la edad del mismo (ef). Elaboración: propia con Autocad.

El tiempo de crecimiento insignificante t_0 en principio no tiene una explicación biológica sino que representa el punto de intersección de la regresión lineal con el eje X (Figura 14). Para la mayoría de los mamíferos t_0 se estima como un porcentaje del periodo de gestación, cuyo valor se obtiene mediante analogía con el de otras especies en las que se ha calculado este porcentaje empíricamente. Debido a la dificultad para estimar este periodo en especies con implantación diferida, el valor de t_0 se equipara al periodo anterior a la implantación. Al hacer esta analogía se debe asumir que se puede introducir un error del orden del 10% (Frazer & Huggett, 1974). Asumiendo tal error, en el caso del corzo, la fórmula para calcular el tiempo de gestación real sería:

$$g_r = t_g - t_0 = \frac{W^{1/3}}{a}$$

Por último, para calcular la velocidad de crecimiento fetal (a), únicamente se debe conocer el peso medio de las crías al nacer y la duración de la gestación real (g_r ; desde la fecha de implantación). El peso medio de las crías al nacer que utilizamos es de 1628 g, calculado mediante una regresión del peso y la edad de 209 crías con edad menor a 20 días (Gaillard *et al.*, 1992). Por otro lado, el periodo de gestación real tras la implantación se ha estimado en una duración de 141 días (entre 132-150 días; Sempéré *et al.*, 1989); aproximadamente 5 meses.

$$a = \frac{W^{\frac{1}{3}}}{gr} = \frac{1628^{0.33}}{141} = 0.083$$

Una vez calculada la velocidad de crecimiento fetal (a) y a partir del peso de cada embrión o feto, se calcula la edad fetal ef , en días, (desde la implantación del embrión hasta la captura de la hembra) mediante la siguiente fórmula:

$$ef = \frac{W^{\frac{1}{3}}}{0.083}$$

Una vez conocida la edad fetal, esta se restó a la fecha en la que se abatió cada hembra. De esta forma se pudo estimar el día en el que se realizó la implantación del embrión. Asimismo, sumando 141 días a la fecha de implantación se proyectó la hipotética fecha estimada de nacimiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSSION

Durante un total de 10 jornadas de caza realizadas en Guadalajara y Soria a comienzos de 2018, se recolectó información sobre 78 hembras de corzo. La tabla 2 muestra el número de ejemplares recogidos en cada municipio y los días en los que se tomaron los datos:

Tabla 2. Número de ejemplares recogidos en cada municipio y su fecha de recogida.

Municipio	Nº Ejemplares	Fecha de recogida	Municipio	Nº Ejemplare	Fecha de recogida
Palazuelos	6	26,27 de Enero	Losana	25	14, 27 de Enero
El Atance	1	28 de Enero			2,3, 22-25 de Febrero
La Boderá	4	26,27 de Enero			
Alboreca	3	27 de Enero	Retortillo de Soria	4	3 de Febrero
Atienza	15	27,28 de Enero	Madrúedano	7	27 de Enero
Bochones	9	27 de Enero	Zayas de Torre	4	3 de Febrero

Antes de mostrar los resultados de la comparación de metodologías y parámetros reproductivos, se ha realizado una descripción general de las medidas biométricas de la población para así poder compararlas con otras poblaciones de la península ibérica y Europa.

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE LA POBLACIÓN

Tal como se esperaba, las medidas biométricas de las hembras variaron según su edad siguiendo el patrón general de crecimiento, desarrollo y senescencia característico del ciclo de vida. Por consiguiente, tanto el peso de la carcasa como la longitud de la mandíbula y el metatarso aumentaron durante los primeros dos años de vida (< 2 años), para luego en la edad adulta (2-6 años) mantenerse dentro de unos parámetros máximos y decrecer ligeramente a edades más avanzadas (>6 años; Figura 15).

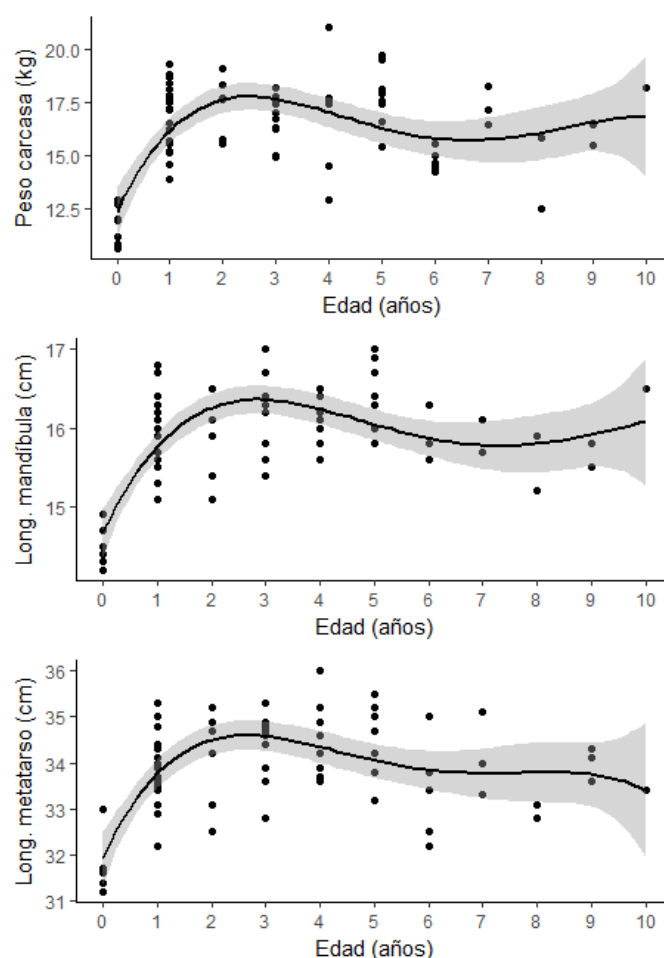


Figura 15. Representación gráfica de las medidas biométricas de la población (peso de la carcasa, longitud de la mandíbula y metatarso) según la edad.

Como valores de referencia, el peso entero de las hembras mayores de 2 años fue de $22,8 \pm 1,8$ kg (media \pm SD, $n=19$), mientras que el peso entero medio de las crías a los 8 meses de edad fue de $15,5 \pm 1,4$ kg ($n=2$). Por otro lado, el peso de la carcasa fue de $16,7 \pm 1,7$ ($n=47$) para las hembras mayores de 2 años y $11,7 \pm 0,9$ ($n=7$) para las crías. La tabla 3 resume las diferentes medidas biométricas de la población según la edad.

Tabla 3. Medidas biométricas (peso carcasa, long. hemimandíbula y long. metatarso) según la edad estimada.

Edad (años)	Peso carcasa (kg)			Long. mandíbula (cm)			Long. Metatarso (cm)		
	Media \pm SD	Rango [min, max]	N	Media \pm SD	Rango	N	Media \pm SD	Rango	N
0	11.7 \pm 0.9	[10.5, 13.0]	7	14.5 \pm 0.2	[14.2, 14.9]	8	31.7 \pm 0.6	[31.3, 33.0]	8
1	16.6 \pm 1.6	[14.0, 19.5]	22	16 \pm 0.4	[15.1, 16.8]	22	34 \pm 0.8	[32.3, 35.4]	22
2	17.3 \pm 1.3	[15.5, 19.0]	8	16 \pm 0.6	[15.4, 16.7]	7	34.1 \pm 1	[33.3, 35.3]	8
3	16.6 \pm 1.1	[15.0, 18.0]	9	16.1 \pm 0.5	[15.6, 17.0]	8	34.3 \pm 0.9	[32.8, 35.3]	9
4	16.6 \pm 2.5	[13.0, 21.0]	8	16.1 \pm 0.3	[15.6, 16.5]	8	34.5 \pm 0.8	[33.7, 36.0]	8
5	17.5 \pm 1.3	[15.5, 19.5]	7	16.3 \pm 0.5	[16.9, 15.8]	7	34.5 \pm 0.7	[33.5, 35.4]	7
6	14.7 \pm 0.6	[14.0, 15.5]	5	15.8 \pm 0.3	[15.8, 15.6]	5	33.4 \pm 1.1	[32.3, 35.0]	5
>7	16.3 \pm 1.6	[12.5, 18.0]	9	15.8 \pm 0.4	[16.5, 15.2]	8	33.7 \pm 0.7	[32.9, 35.1]	9

En cuanto al peso entero medio de nuestra población, se encuentra dentro de la horquilla de pesos descrito para otras poblaciones de la península ibérica (17-25 kg; Mateos-Quesada, 2005; Tabla 4). En todo su rango de distribución, la población más meridional, la de Cádiz, es la que presenta un peso menor (17 kg; Aragón 1993), mientras que las poblaciones más septentrionales (Lituania y Noruega) son las que presentan un tamaño mayor (27.7 y 26.5 kg respectivamente; Tabla 4). Esto concuerda con la ley de Bergmann que establece que dentro de una misma especie (homeoterma) los individuos que habitan las áreas más septentrionales, y por tanto más frías, tienen un tamaño corporal mayor.

Tabla 4. Peso de las hembras para distintas poblaciones de la península ibérica y Europa según la latitud.

Latitud °N	Península ibérica	Peso entero hembras (kg)	Referencia
36	Cádiz	17	Aragón (1993)
39	Cáceres	25	Mateos-Quesada (1998)
40	Madrid	20.1 (n=25)	FIDA (2008)
41	S. Guadarrama	22.9 (n=45)	Horcajada-Sánchez & Barja (2016)
41	Soria y Guadalajara	22.8 (n=19)	El presente estudio
41	Zamora	21.1 (n=4)	Grande (2008)
42	Álava	20.83	Markina 1998
43	C. Cantábrica	23.2	Costa (1992)
	Europa		
43	Italia	20	Perco & Perco (1979)
46	Suiza	21	Blant (1987)
46	Francia	24	Boisaubert & Boutin (1993)
55	Lituania	27.7 (n=37)	Pételis & Brazaitis (2003)
59	Noruega	26.5 (n=5)	Mysterud, Lian & Hjermann (1999)

La longitud media de los metatarsos para las hembras adultas (>2años) fue de $34,1 \pm 0,96$ cm (n=70). La única referencia encontrada en la Península fue del estudio realizado para la Comunidad de Madrid, que obtuvo una media de $30,9 \pm 2,8$ (n=28) para el tamaño del metatarso, aunque no se midió la pezuña, lo que dificulta la comparación (Horcajada-Sánchez & Barja, 2016). Si se compara con otras poblaciones europeas, el resultado es ligeramente inferior al del tamaño de medio de los metatarsos medidos en la reserva de Tres Fontaines en Francia, y similares a los de Chizé (35,67 y 34,32 respectivamente; Garel *et al.*, 2010). No obstante, estas últimas medidas se obtuvieron para el conjunto de la población (machos y hembras) aunque debido al bajo dimorfismo sexual la variación debería ser mínima.

La longitud media de la mandíbula para las hembras adultas (>2 años) fue de $16,0 \pm 0,45$ cm (n=43). El informe realizado por Fernández, Markina & De Garnica (2004), que analizó las características de distintas poblaciones en 12 provincias españolas, tuvo una media de $15,7 \pm 5,6$ cm (n=220). En especial, la media de Soria

fue de $15,9 \pm 5,01$ cm ($n=134$), muy parecida a la media obtenida en nuestro estudio, aunque las mediciones se realizaron únicamente sobre machos.

En principio, en la península ibérica, las variaciones de peso y tamaño no se corresponden con un gradiente determinado (exceptuando la población de Cádiz), sino que, probablemente, esta variabilidad depende de los factores climáticos, condiciones ecológicas y geográficas, capacidad de carga del medio y calidad del alimento (Delibes, 1996).

3.2. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS Y ESTABLECIMIENTO DEL PROTOCOLO DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

3.2.1. ESTIMACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

Los resultados de la condición corporal de las hembras indicaron que existe bastante variabilidad en la condición corporal a nivel poblacional. El índice de grasa perirenal varió entre 1,0 y 2,7 con una media de $1,44 \pm 0,4$ (media \pm SD). Similarmente, el índice calculado entre peso y la longitud del metatarso osciló entre 0,33 y 0,58 con una media de $0,46 \pm 0,09$ (media \pm SD), mientras que el mismo índice calculado con la longitud de la mandíbula tuvo un rango máximo y mínimo de 0,64 y 1,32 respectivamente, con una media de $1,01 \pm 0,12$ (media \pm SD).

Sin embargo, se encontró que el índice de condición corporal obtenido por medición directa de la grasa del riñón (KFI) presentaba una baja correlación con los índices que relacionan el peso con el tamaño corporal (KFI- longitud del metatarso: $r^2=0,09$, $p<0,01$; KFI-longitud de la mandíbula: $r^2= 0,06$, $p=0,02$; Figura 16).

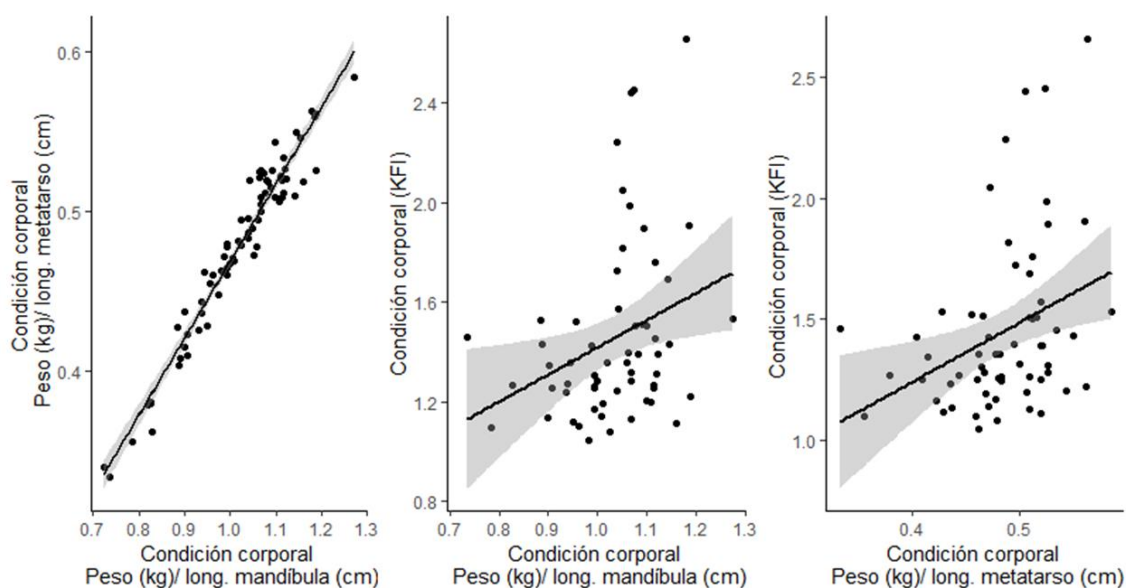


Figura 16. Comparación de las metodologías para la medición de la condición corporal, según la longitud de la mandíbula, la longitud del metatarso y la grasa del riñón. Elaboración: propia con R.

Esto nos indica que estos índices indirectos no son fiables a la hora de estimar las reservas de grasa de los animales. Por ello, se ha optado por utilizar el índice de grasa perirenal para definir la condición corporal puesto que es el método más ampliamente utilizado en cérvidos (Mitchell & Lincoln, 1973; Holand, 1992; Sanz de la Torre *et al.*, 1993). Además, tanto la recogida en campo como el trabajo de laboratorio son bastante simples y rápidos.

Los dos índices que definen la condición corporal a través del peso y el tamaño corporal tienen una alta correlación ($r^2=0,94$, $p<0.01$; Figura 16), lo que indica que ambas mediciones -longitud de la mandíbula o longitud del metatarso- son redundantes a la hora de expresar el tamaño corporal. Sin embargo, aunque como índice de condición corporal no es adecuado, es importante tener una medida del tamaño corporal de las hembras puesto que es útil a la hora de hacer un seguimiento de la evolución de una población o de los resultados de un tipo de gestión determinada (Garel *et al.*, 2010). Con el objetivo de minimizar esfuerzos para posteriores estudios, se optará por la toma de solo una de ellas, la longitud de la mandíbula, ya que se extraerán también con el fin de estimar la edad y puede medirse con más detenimiento en laboratorio ahorrando tiempo de trabajo de campo.

3.2.2. ESTIMACIÓN DE LA EDAD

Después de realizar la estimación de la edad por las tres metodologías (erupción, reemplazamiento y desgaste, método histológico y método petrográfico) se procedió a comparar los resultados. Es preciso apuntar, que la edad de las corzas se estimó como año cumplido aunque la edad real en el momento de la captura fuese unos 8 meses mayor; es decir, las corzas de 1 año por ejemplo, tenían una edad aproximada de 20 meses (12 + 8 meses).

Las tres metodologías coincidieron en un 19% de los casos, aunque si se admite un error de ± 1 año la coincidencia fue del 47%. Comparando una a una las metodologías frente al corte histológico, hubo un 63% de coincidencia total con el método petrográfico y un 47% con el método de desgaste dentario. Si incrementamos el error en ± 1 año la concordancia de los métodos asciende a un 78% y 64,7% respectivamente. Un 4,4% de las edades estimadas con el método de desgaste dentario obtuvieron un error de ± 3 años (error demasiado grande para ser asumido) con respecto al corte histológico mientras que sólo un 1,5% con el método petrográfico. De este modo, podemos concluir que el método que obtiene una coincidencia mayor con el método histológico fue el método petrográfico. En efecto, para el corzo, este método fue ya descrito por Aitken (1975) como un método óptimo para la estimación de la edad de esta especie.

Sin embargo, el método de erupción y reemplazamiento dentario es bastante útil para discriminar entre crías (<1 año) puesto que se puede conocer la edad exacta de las crías hasta los 12-14 meses (Sáenz de Buruaga, Lucio & Iraizoz, 1991).

A partir del año, la metodología más precisa y eficiente es la realizada por descalcificación y corte histológico, pero a su vez es la que requiere el equipamiento más costoso, el cual no está disponible en la universidad. El segundo método con mayor precisión para determinar la edad en adultos es el método petrográfico que requiere mucho menos tiempo a la hora de preparar la muestra para el corte y visualización de líneas. Además el equipo empleado es mucho menos costoso y podría ser posible su utilización en la universidad en años posteriores (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de los métodos empleados en la estimación de la edad.

	Método utilizado		
	Histológico	Petrográfico	Desgaste
Tiempo de procesamiento	Alto	Bajo	Bajo
Error	Bajo	Bajo	Alto
Coste y equipamiento	Alto	Medio	Bajo

Por último, al utilizar el método petrográfico cabe la posibilidad de medir el ancho del cemento dentario, que crece de manera lineal con la edad (Aitken, 1975). En los casos en los que la lectura de las líneas sea algo dudosa se podrá medir la anchura del cemento y obtener una estimación alternativa y objetiva de la edad (Figura 17).

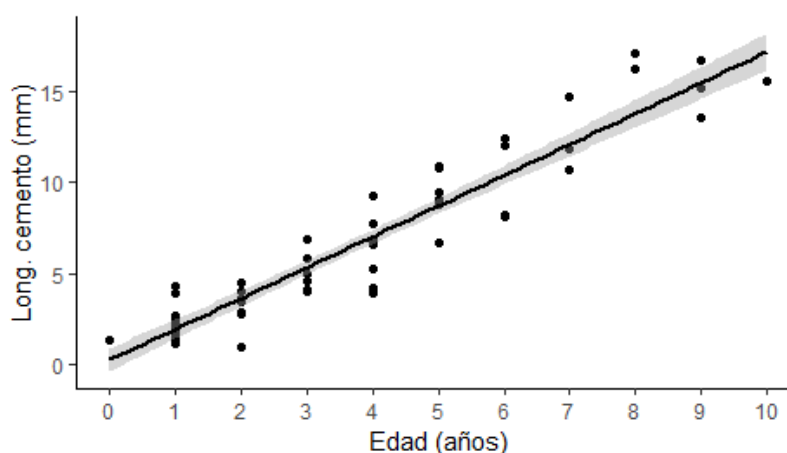


Figura 17. Regresión lineal de la anchura o longitud del cemento dentario (mm) y la edad de los individuos recogidos en este estudio. Fuente: propia con RStudio.

Por todo esto, para posteriores campañas de recogida de datos, se optará por utilizar el método de reemplazamiento y erupción para los individuos menores de un año y el método petrográfico para los demás. Además en los casos que sea algo dudosa la interpretación de las líneas se utilizará la fórmula de regresión que vincula el ancho del cemento con la edad. Sin embargo para este estudio, y ya que se ha estudiado, se utilizará la edad estimada por el método histológico para relacionarla con los parámetros reproductivos.

3.2.3. CORRELACIÓN ENTRE LAS DISTINTAS MEDIDAS DE LOS FETOS

La correlación entre las distintas mediciones de los fetos fue muy alta (Figura 18). La correlación entre peso y longitud del feto fue de $r^2=0.99$ ($p < 0.001$) mientras que entre peso y contorno del feto fue de $r^2=0.99$ ($p < 0.001$). Del mismo modo, las dos medidas de tamaño del feto, longitud (crown-rump) y de contorno del feto alcanzaron un r^2 de 0.99 ($p < 0.001$). Por este motivo, se sugiere que para próximos estudios, se realice una única medición de la longitud, preferiblemente crown-rump, ya que es más sencilla y requiere menos tiempo. El peso deberá tomarse también puesto que se usará para calcular la edad del feto.

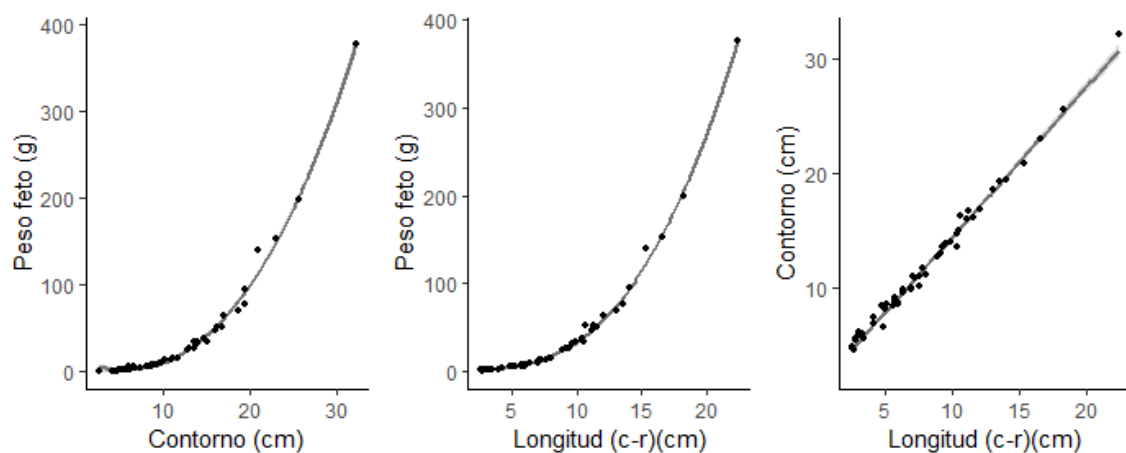


Figura 18. Comparación de los métodos empleados para la medición de los fetos. Relación lineal entre las dos medidas de longitud realizadas a los fetos, longitud (crown-rump) y contorno. Elaboración: propia con RStudio.

3.3. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS

De las 78 hembras cazadas, 8 tenían edad inferior a un año (crías), por lo cual han sido excluidas de los análisis de parámetros reproductivos. A un ejemplar adulto, por falta de tiempo y debido a las duras condiciones climatológicas, no se le pudo extraer el aparato reproductivo ni la mandíbula, aunque sí se tomó su peso entero y la longitud de los metatarsos. Por lo tanto, el análisis de los parámetros reproductivos se realizó sobre un total de 69 hembras.

3.3.1. RATIO DE OVULACIÓN

Del total de 69 hembras adultas (excluidas las crías) se extrajeron de manera satisfactoria los ovarios a 61 hembras, a 7 sólo se le localizó un único ovario y a una hembra no se le extrajeron. Tras el análisis de los ovarios, se observó que el 100 % de las hembras en edad fértil con dos ovarios presentaban cuerpos lúteos (CL), es decir, todas ellas ovularon. Sin embargo, aunque todas ovularon, hubo un 12% de hembras que no quedaron preñadas, o lo que es lo mismo, el ratio de preñez fue del 88%. Esto pudo ser debido a tres causas principalmente: 1) no se aparearon, 2) el óvulo no fue fertilizado o 3) aun habiendo sido fertilizado el óvulo hubo un fallo en la implantación del blastocisto.

El potencial reproductivo o media de cuerpos lúteos por hembra fue de $2,05 \pm 0,43$. La mayor parte de las hembras (un 82%) liberó dos óvulos, mientras que un 11% liberó tres y solamente un 7% liberó uno (Figura 16).

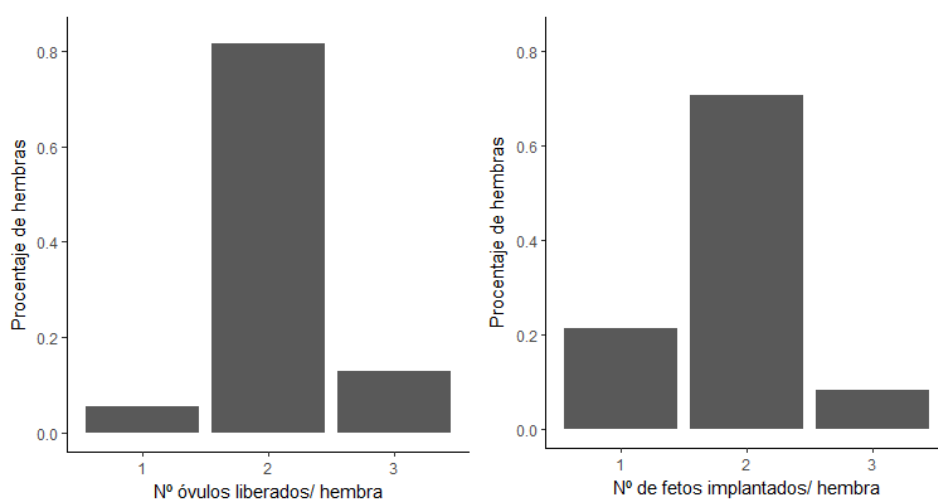


Figura 16. Representación gráfica del número de óvulos liberados (nº de CL) por hembra frente al número de fetos encontrados en cada hembra. Elaboración: propia con RStudio.

También se estudió si el número de CL encontrados varió con la edad. Aunque el tamaño muestral es pequeño, parece haber una tendencia en las hembras jóvenes a presentar un solo cuerpo lúteo en comparación con las de edad más avanzada. Recíprocamente, un porcentaje superior de hembras mayores presentaron tres cuerpos lúteos (Figura 17).

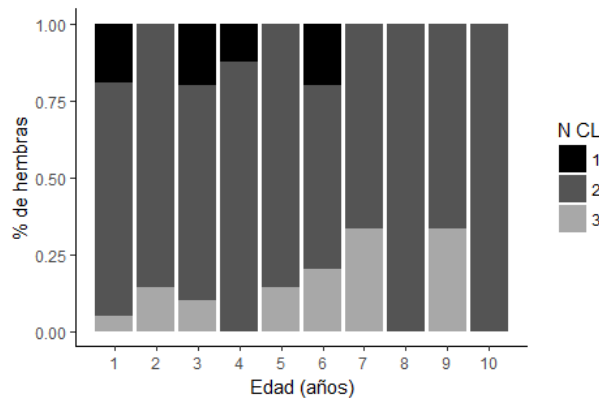


Figura 17. Número de cuerpos lúteos por hembra según la edad. Elaboración: propia con RStudio.

No se estudió si la condición corporal afectó a la ovulación puesto que esta fue medida en enero (momento de captura de la hembra) y no en julio o agosto (momento en el que se produjo la ovulación).

3.3.2. PRODUCTIVIDAD MEDIA, TAMAÑO DE LA CAMADA Y SEX RATIO

Tras examinar el útero de las 69 hembras adultas se encontraron un total de 114 embriones o fetos, lo que dio una productividad media fue de 1,65 fetos por hembra en edad fértil. Sin embargo, el número medio de fetos por hembra preñada o tamaño de la camada ascendió a 1,87.

El estudio realizado en Villuercas (Cáceres) por Mateos-Quesada & Carranza (2000) sugirió un tamaño de la camada bastante inferior al de nuestro estudio (media= 1,46). Esta diferencia pudo ser debida, en parte, a la metodología utilizada para estimar el tamaño de la camada, puesto que se estimó buscando a las crías recién nacidas (edad < 4 días) en campo. Esta metodología tiende a subestimar el tamaño de la camada puesto que, debido a su comportamiento críptico, a veces no se detecta alguna cría de la camada. Este método tampoco tiene en cuenta la mortalidad o predación durante los primeros días de vida. Por otro lado, en nuestra estimación, aún es posible que se hubiesen producido abortos o reabsorciones, por lo que quizá el tamaño de la camada en el momento del parto hubiese sido algo inferior al encontrado. En Europa, el tamaño de la camada varía entre 2,02 crías/hembra parida en Noruega (Andersen & Linnell, 1997) y 1,16 en Italia (Raganella-Pelliccioni, Scremin, & Toso, 2007).

En las hembras preñadas, con cierta regularidad, también se produjeron fallos en la fertilización de alguno de los óvulos o en la implantación. Una vez realizado el conteo de los fetos, se pudo constatar que muchas de las hembras con dos cuerpos lúteos presentaban un único embrión implantado, de manera que el porcentaje de hembras con dos fetos fue de un 71% (comparado con un 82% que liberaron dos óvulos; Figura 16). Igualmente, alrededor de un 30% de hembras que habían liberado tres óvulos presentaron solo dos fetos. Por lo tanto, aunque hubo un

porcentaje mayor de hembras que liberaron 3 óvulos (11%) frente a las que liberaron uno (7%), el porcentaje de hembras con tres crías (8 %) fue menor que el porcentaje de hembras con una sola cría (21%; Figura 16). También se han estudiado los factores que pudieron influir en el fracaso en la implantación (edad o condición corporal) y si este fracaso estuvo relacionado con un mayor número de fetos. El ratio de fallo en implantación fue similar para hembras con uno, dos o tres cuerpos lúteos (25%, 30% y 28% respectivamente).

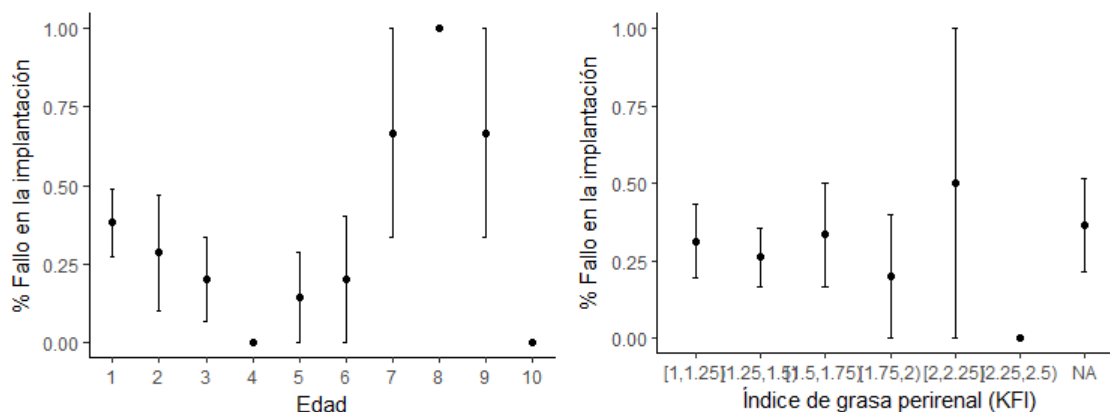


Figura 18. Fallo en la implantación del embrión según la edad y el índice de grasa perirenal (KFI) de las hembras. Elaboración: propia con RStudio.

Sin embargo, aunque todavía no hay datos suficientes para sacar conclusiones robustas, parece que existe una tendencia al fallo en la implantación en las más jóvenes y aún mayor en las más viejas (Sempéré *et al.*, 1989; Hewison & Gaillard, 2001; Figura 18). En cuanto a la condición corporal, no se observó una tendencia clara como tampoco se encontró en el estudio de Hewison & Gaillard (2001). En este caso, y al contrario que con la ovulación, la condición corporal se midió poco tiempo después de la implantación del embrión, por lo que esta medida sí es óptima para ver la influencia de este factor sobre la implantación.

Por último, se pudo determinar el sexo de los fetos en 52 casos, encontrando un 44,2% de hembras y un 55,8 % de machos. Estos datos no distan mucho de lo normal para la especie (1:1 hembras/macho), puesto que el sex ratio del corzo no está sesgado hacia ninguno de los sexos debido a su bajo dimorfismo sexual. En la población de Villuercas se encontró un número superior de hembras que de machos (55% vs 45% respectivamente; n=134; Mateos-Quesada & Carranza, 2001) aunque este resultado tampoco fue significativamente distinto del sex ratio de 1:1.

3.3.3. ESTIMACIÓN DE LA FENOLOGÍA REPRODUCTIVA

El desarrollo embrionario de los fetos se estudió entre los meses de enero y febrero. Gracias a que el muestreo se realizó en varias jornadas distribuidas en un periodo de tiempo de dos meses, se ha podido calcular la evolución del peso de los embriones a nivel poblacional. Como se puede observar en la figura 22, la variación en el peso de los embriones en una determinada jornada de caza fue grande, de este modo, encontramos por ejemplo un rango máximo de entre 0,2 g y 1,8 g en la jornada del 14 de enero mientras que un rango de 31,4 y 377,1 g en las jornadas de finales de febrero. Esta variación se debe a la variabilidad en la fecha de implantación existente entre las diferentes hembras.

Con estos datos, y para realizar una comprobación de las mediciones obtenidas, se realizó una regresión con los valores medios de peso y la fecha de captura para caracterizar el crecimiento fetal. Como se observa en la Figura 19, el peso de los fetos aumenta de manera cúbica con el tiempo, mientras que para obtener una relación lineal hay que realizar la raíz cúbica al peso tal y como describieron Huggett & Widdas (1951).

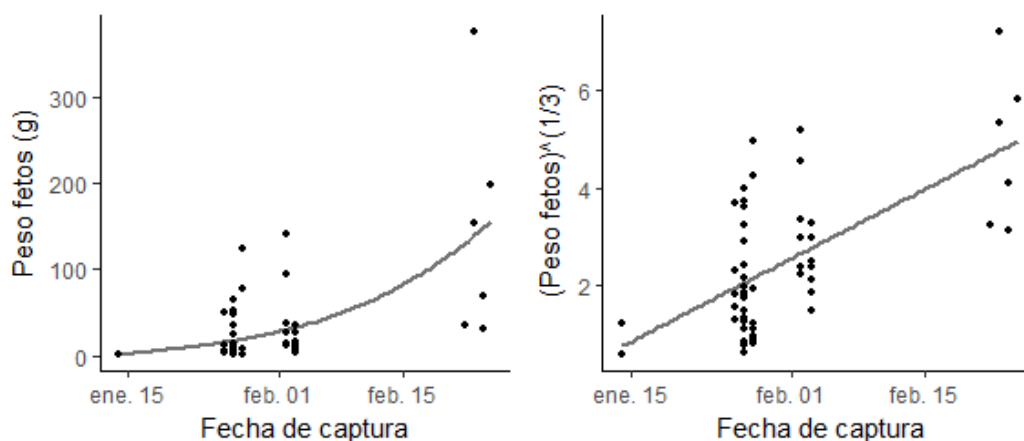


Figura 19. A la izquierda se representa el peso de los fetos (peso medio de los fetos de cada hembra) frente a la fecha de captura; a la derecha la raíz cubica del peso frente a la fecha de captura, regresión lineal. Elaboración: propia con RStudio.

Las estimaciones realizadas tras aplicar la fórmula de Huggett & Widdas (1951) sitúan la primera implantación de un embrión a finales de noviembre y la última a finales de enero (Figura 20). El pico (moda) de la implantación de los embriones se alcanzó a comienzos de año (media: 31 diciembre, mediana: 3 enero). La fecha de nacimientos se estimó en el periodo comprendido entre el 17 de abril y el 7 de junio, con un pico (moda) de nacimientos en la segunda quincena de mayo (media: 22 mayo, mediana 25 de mayo). De este modo, el 80% de los partos habría tenido lugar en un periodo de 35 días entre el 2 de mayo y el 6 de junio.

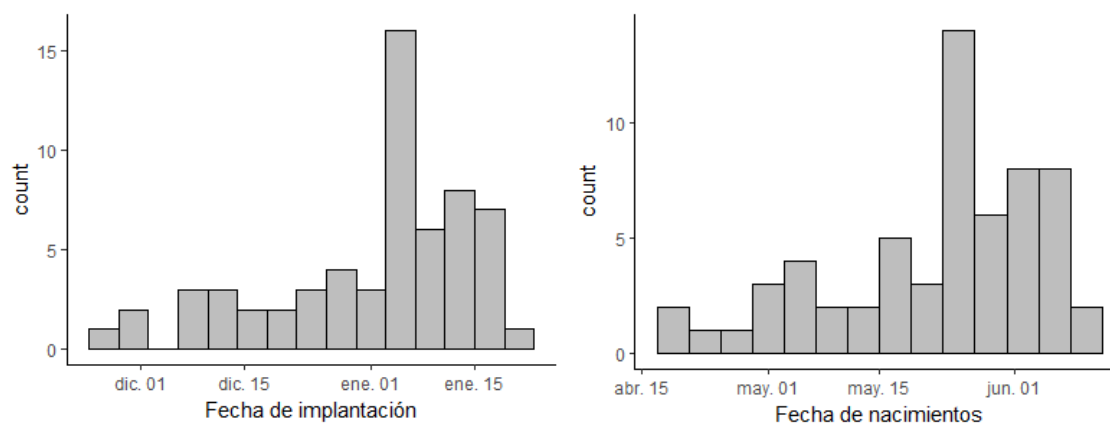


Figura 20. Fechas de implantación del embrión (3 dic-19 ene) y fechas de nacimientos (14 abr-31 mayo). Elaboración: propia con RStudio.

Aunque en nuestro estudio la media y la mediana no coinciden completamente, se ha comprobado en numerosas ocasiones que las fechas de implantación y partos siguen una distribución normal (Figura 21a) debida al ciclo monoéstrico de las hembras (Gaillard *et al.*, 1993b). Esto diferencia al corzo de otros cérvidos, como el ciervo y el gamo (poliestríticos estacionales), que siguen una distribución asimétrica a la derecha y por tanto con una media y mediana que difieren (Figura 21b). En nuestro estudio, no hemos obtenido una curva normal porque quizá necesitamos aún un tamaño muestral mayor.

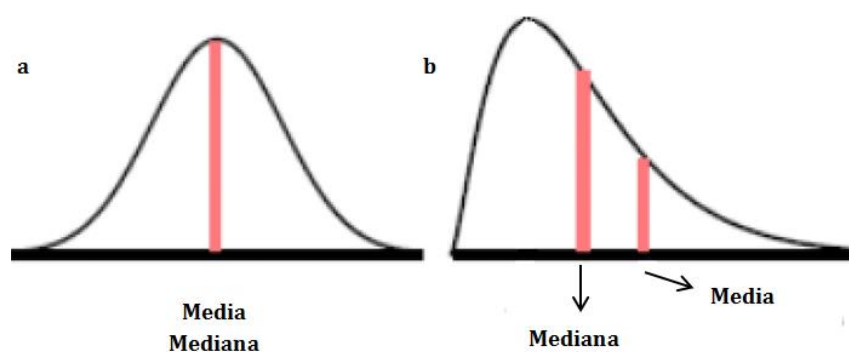


Figura 21. a) Distribución normal y b) distribución asimétrica a la derecha. Fuente: <http://www.tuveras.com>

En la Comunidad de Madrid, la fecha de nacimiento se estimó entre el periodo comprendido del 12 al 26 de mayo (FIDA, 2008). Más al sur, en Villuercas (Cáceres), se encontraron hembras seguidas de crías recién nacidas entre el 8 de Abril al 28 de Mayo (Mateos-Quesada & Carranza, 2000). Por último, en el sur de España la época de partos se sitúa en el mes de Abril (Linnell & Andersen, 1998; Tabla 6).

Tabla 6. Época de partos para las poblaciones españolas de corzo estudiadas hasta ahora.

Lugar	Latitud (°N)	Altitud (m)	Fecha partos	Referencias
Cádiz	36	200-400	Abril	Linnell & Andersen, 1998
Villuercas (Cáceres)	39	400-1000	8 Abril-28 Mayo	Mateos-Quesada & Carranza, 2000
Comunidad de Madrid	40	600-1200	12-26 Mayo	FIDA, 2008
Soria y Guadalajara	41	1100-1200	2 Mayo- 6 Junio (80% de los partos)	El presente estudio

El hecho de que las fechas de nacimientos estimadas sean ligeramente más tardías de las hasta ahora estudiadas en la península ibérica tiene sentido biológico. Se ha comprobado que la fecha de implantación y por tanto la fecha de partos varía tanto con la latitud (Linnell & Andersen, 1998) como con la altitud (Peláez, sin publicar). Así, en las zonas más meridionales se espera que las fechas de implantación y de nacimientos sean anteriores a la de otras zonas situadas más al norte. Esto es así porque la fenología de las plantas en primavera se encuentra más adelantada en las latitudes y altitudes más bajas. Los herbívoros tratan de acompañar su periodo de máximos requerimientos nutricionales (lactación) con el momento de mayor disponibilidad de alimento de calidad (primavera) y por eso adelantan su periodo de partos (Gaillard *et al.* 1993b). Teniendo en cuenta que las zonas de recogida de muestras se sitúan en cotas superiores a las de los demás estudios (1.100- 1.200 m) y que la latitud es la más septentrional de los estudios realizados en la Península (41 °N), la fecha media de implantación y partos es posterior a la de las otras poblaciones.

Como resultado, en nuestra área de estudio, el periodo en el que se produce la mayor concentración de partos (80 %) es entre el 2 de mayo y el 6 de junio, siendo el pico de partos el día 22 de mayo. Por otro lado, en el centro de la península ibérica, la puesta de águila real se produce de media el día 16 de marzo (n= 36; Fernández, 1991). Por lo tanto, la fecha media de eclosión de los huevos sería a principios de mayo, puesto que necesitan una incubación de unos 41-45 días. Esto implica que los pollos de águila real nacen al comienzo de la paridera de los corzos, por lo que pueden aprovechar este recurso tan abundante y accesible durante todo su periodo de desarrollo en el nido.

4. CONCLUSIONES

PROTOCOLO DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

En campo: se tomará el peso de las hembras, tanto entero como de la carcasa, con un dinamómetro digital (precisión $\pm 0,5$ kg) y se recogerá el útero con ambos ovarios, riñones y mandíbula. Las muestras serán conservadas en el congelador hasta su análisis.

En laboratorio: se examinarán los ovarios en búsqueda de cuerpos lúteos a través de la realización de cortes longitudinales con bisturí; se pesarán los fetos con una balanza de 0,01 g de precisión, se medirá de la longitud de los mismos desde la cabeza hasta la cola (crown-rump) con un calibre de 1mm de precisión y se determinará macroscópicamente el sexo.

- Para determinar la condición corporal: se medirá la grasa de los riñones con una báscula de 0,01 g de precisión. -También se medirá la longitud de la mandíbula (como medida de tamaño corporal) con una escala milimetrada.
- Para determinar la edad: se realizará el conteo de anillos de cemento dentario mediante el método del corte petrográfico.

PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LA POBLACIÓN

En cuanto a los parámetros reproductivos, la fertilidad fue del 100%, el ratio de preñez fue del 88%, la productividad media (número de crías por hembra fértil) fue de 1,65 mientras que el tamaño de la camada fue de 1,87. El sex ratio no fue significativamente distinto de la unidad, aunque se encontraron embriones machos en mayor porcentaje (56%).

Las medias de las fechas de implantación y de partos (31 de diciembre y 22 de mayo respectivamente) fueron las más tardías de las hasta ahora estudiadas en la península ibérica. Esto puede deberse a la situación más septentrional (41° N) y a la mayor elevación de nuestra zona de estudio (1100-1200 m). El 80 % de los partos se estima que hubiesen tenido lugar entre el 2 de mayo y el 6 de junio. En este periodo es cuando los huevos de águila real comienzan a eclosionar en el centro de la Península, con lo que el aprovechamiento de este recurso nutritivo asegura el éxito en el crecimiento y desarrollo de los pollos en el nido.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITKEN, R. J. (1974). Delayed implantation in roe deer (*Capreolus capreolus*). *Journal of Reproduction and Fertility*, 39(1): 225-233.

AITKEN, R. J. (1975). Cementum layers and tooth wear as criteria for ageing Roe deer (*Capreolus capreolus*). *Journal of Zoology*, 175(1): 15-28.

AITKEN, R. J., BURTON, J., HAWKINS, J., KERR-WILSON, R., SHORT, R. V., & STEVEN, D. H. (1973). Histological and ultrastructural changes in the blastocyst and reproductive tract of the roe deer, *Capreolus capreolus*, during delayed implantation. *Journal of reproduction and fertility*, 34(3): 481-493.

ANDERSEN, R., & LINNELL, J. D. C. (1997). Variation in maternal investment in a small cervid; the effects of cohort, sex, litter size and time of birth in roe deer (*Capreolus capreolus*) fawns. *Oecologia*, 109: 74-79.

APOLLONIO, M., ANDERSEN, R., & PUTMAN, R. (2010). European ungulates and their management in the 21st century. Cambridge University Press, New York.

ARAGÓN, S. (1993). El Corzo (*Capreolus capreolus*) en Cádiz. Caracterización y encuadre de sus poblaciones en el conjunto de la especie (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla).

ARAGÓN, S., BRAZA, F., & SAN JOSE, C. (1995). Socioeconomic, physiognomic, and climatic factors determining the distribution pattern of roe deer *Capreolus capreolus* in Spain. *Acta theriologica*, 40(1): 37-43.

AZORIT, C. (2011). Guía para la determinación de la edad del ciervo ibérico (*Cervus elaphus hispanicus*) a través de su dentición: revisión metodológica y técnicas de elección. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, (24): 235-264.

BISCHOFF, T. L. W. (1854). Entwicklungsgeschichte des Rehes. J. Ricker'sche Buchhandlung, Giessen.

BLANT, M. (1987). Dynamique de population, condition physiques lors d'un tir de reduction d'une population de chevreuils (*Capreolus capreolus* L.). En: XVIIth Congress of the IUGB.

BOISAUBERT, B., & BOUTIN, J. M. (1993). Le chevreuil. Hatier, Paris.

BOYD, H., BACSICH, P., YOUNG, A., & MCCRACKEN, J. A. (1969). Fertilization and embryonic survival in dairy cattle. *British Veterinary Journal*, 125(2): 87-97.

- BRAZA, F., VARELA, I., SAN JOSÉ, C., & CASES, V. (1989). Distribution actuelle du chevreuil (*Capreolus capreolus*), du daim (*Dama dama*) et du cerf (*Cervus elaphus*) en Espagne. *Zeitschrift fur Saugetierkunde*, 54 (6): 393-396.
- BRUNET, A. G., MORENO, J. S., DE BULNES, A. G., SEBASTIÁN, A. L., & DÍAZ, A. T. (2005). Caracterización de la actividad ovulatoria cíclica, gestación y anestro post-parto en la hembra de gamo (*Dama dama*). *Archivos de zootecnia*, 54 (205): 31-38.
- CABEZAS-DÍAZ, S., LOZANO, J., & VIRGÓS, E. (2005). El declive del conejo en España: evidencias a partir de las estadísticas de caza. *Quercus*, 236: 16-20.
- CARRANZA, J. (1986). Configuración espacial de los grupos mixtos en el Ciervo (*Cervus elaphus* L.) durante el periodo de celo. *Miscellània Zoològica*, 10: 347-352.
- CEDERLUND, G., KJELLANDER, P., & STÅLFELT, F. (1991). Age determination of roe deer by tooth wear and cementum layers-tests with known age material. In Transactions of the 20th Congress of the International Union of Game Biologists, Gödöllő.
- COSTA, L. (1992). Ecología del corzo en las montañas cantábricas. Modelo de gestión. Unpublished doctoral dissertation, Universidad de León.
- CROMBRUGGHE, S. A. DE, WAUTERS, L. A., & BERTOUILLE, S. B. (1989). Biometrische studie van het ree (*Capreolus capreolus* L.) in de Limburgse Kempen. Verslag Rijksstation voor Bos en Hydrobiologisch Onderzoek, Groenendaal.
- DANILKIN, A. A. (1990). Embryonal Diapause in Roe Deer (*Capreolus*, *Cervidae*) and the Ethological Hypothesis of Its Origin. *Zoologichesky Zhurnal*. 69: 120-124.
- DELIBES, J. R. (1996). Ecología y comportamiento del corzo en la sierra de Grazalema (Cádiz). Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- FANDOS, P., & BURÓN, D. (2013). Corzos. Ed Cerval, Barcelona.
- FARFÁN, M. A., DUARTE, J., VARGAS, J. M., & REAL, R. (2009). El corzo en la región más meridional de su área de distribución. Las zonas más favorables para su caza. *Galemys*, 21: 245-262.
- FERNÁNDEZ, M. C., MARKINA, F. A. & DE GARNICA R. (2004). Caracterización del crecimiento de la cuerna del corzo (*Capreolus capreolus* L.) en España. Informe técnico. Recuperado de <http://agua.rediris.es/pub/bscw.cgi/541681>
- FIDA (Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental, Eds.). (2008). Ecología y caracterización genética de las poblaciones de corzo de la Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, Madrid.
- FRAZER, J. F. D., & HUGGETT, A. S. G. (1974). Species variations in the foetal growth rates of eutherian mammals. *Journal of Zoology*, 174(4): 481-509.

- GAILLARD, J. M., DELORME, D., & JULLIEN, J. M. (1993a). Effects of cohort, sex, and birth date on body development of roe deer (*Capreolus capreolus*) fawns. *Oecologia*, 94(1): 57-61.
- GAILLARD, J. M., DELORME, D., JULLIEN, J. M., & TATIN, D. (1993b). Timing and synchrony of births in roe deer. *Journal of Mammalogy*, 74(3): 738-744.
- GAILLARD, J. M., SEMPÉRÉ, A. J., BOUTIN, J. M., LAERE, G. V., & BOISAUBERT, B. (1992). Effects of age and body weight on the proportion of females breeding in a population of roe deer (*Capreolus capreolus*). *Canadian Journal of Zoology*, 70(8): 1541-1545.
- GAREL, M., GAILLARD, J. M., CHEVRIER, T., MICHALLET, J., DELORME, D., & VAN LAERE, G. (2010). Testing reliability of body size measurements using hind foot length in roe deer. *The Journal of Wildlife Management*, 74(6): 1382-1386.
- GRANDE, J. I. R. (2008). Capturas, biometría y edades de corzos y ciervos en un coto de caza de Sanabria (Zamora). *Brigecio: revista de estudios de Benavente y sus tierras*, (18): 271-288.
- GUERRA DELGADO, A., GUITIÁN OJEA, F., PANEQUE GUERRERO, G., GARCÍA RODRÍGUEZ, A., SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, J. A., MONTURIOL, F., & MUDARRA GÓMEZ, J. L. (1968). Mapa de suelos de España. Península y Baleares (CSIC). Descripción de las asociaciones y tipos principales de suelos. Disponible en: <http://digital.csic.es/handle/10261/61769> [Acceso: Julio 2018].
- HEWISON, A. J. M. (1996). Variation in the fecundity of roe deer in Britain: effects of age and body weight. *Acta Theriologica*, 41: 187-198.
- HEWISON, A. J. M., & GAILLARD, J. M. (2001). Phenotypic quality and senescence affect different components of reproductive output in roe deer. *Journal of Animal Ecology*, 70(4): 600-608.
- HEWISON, A. J. M., ANGIBAULT, J. M., BOUTIN, J., BIDEAU, E., VINCENT, J. P. & SEMPÉRÉ, A. (1996). Annual variation in body composition of roe deer. *Canadian Journal of Zoology*, 74: 245-253.
- HOLAND, O. (1992). Fat indexes versus ingesta-free body-fat in European roe deer. *Journal of Wildlife Management* 56(2): 241-245.
- HORCAJADA-SÁNCHEZ, F., BARJA, I. (2016). Local ecotypes of roe deer populations (*Capreolus capreolus* L.) in relation to morphometric features and fur colouration in the centre of the Iberian Peninsula. *Polish Journal of Ecology*, 64 (1): 113-124.
- HUGGETT, A. S. G., & WIDDAS, W. F. (1951). The relationship between mammalian foetal weight and conception age. *The Journal of Physiology*, 114(3): 306-317.

- JAKOB, E. M., MARSHALL, S. D., & UETZ, G. W. (1996). Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos*: 61-67.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2001). Libro rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- KEIBEL, F. (1902). Die Entwicklung des Rehes bis zur Anlage des Mesoblast. *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 292.
- KOZDROWSKI R., DZIECIOL M. & DUBIEL A. (2005). Reproductive biology of roe deer. *Medycyna Weterynaryjna* 61: 1242-1244.
- LAMBERT, R. T., ASHWORTH, C. J., BEATTIE, L., GEBBIE, F. E., HUTCHINSON, J. S., KYLE, D. J., & RACEY, P. A. (2001). Temporal changes in reproductive hormones and conceptus-endometrial interactions during embryonic diapause and reactivation of the blastocyst in European roe deer (*Capreolus capreolus*). *Reproduction*, 121(6): 863-871.
- LANGVATN, R., MYSTERUD, A., STENSETH, N. C., YOCCOZ, N. G. (2004). Timing and synchrony of ovulation in red deer constrained by short Northern summers. *The American Naturalist*, 163(5): 763-772.
- LINNELL, J. D. C., & ANDERSEN, R. (1998). Timing and synchrony of birth in a hider species, the roe deer (*Capreolus capreolus*). *Journal of Zoology*, 244(4): 497-504
- LÓPEZ, P. F. S., & GARCÍA, J. M. S. (2007). La caza como factor de conservación del corzo en el parque natural Los Alcornocales. Una visión retrospectiva. *También Nosotros*, 43.
- MAPAMA (2018). Geoportal del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente [Acceso: Julio 2018].
- MARKINA, F. (1998) Estudio de las poblaciones de corzo (*Capreolus capreolus* L.) y jabalí (*Sus scrofa* L.) y análisis de su explotación cinegética en el territorio histórico de Álava. Tesis doctoral. Universidad de León.
- MATEOS-QUESADA, P. (1998). Parámetros poblacionales y sistema de apareamiento del corzo en las Villuercas. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- MATEOS-QUESADA, P. (2002). Biología y comportamiento del corzo ibérico. Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones, Extremadura.
- MATEOS-QUESADA, P. (2005). Corzo – *Capreolus capreolus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Barja, I. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

- MATEOS-QUESADA, P., & CARRANZA, J. (2000). Reproductive patterns of roe deer in central Spain. *Etología*, 8: 17-20.
- MITCHELL, B. (1963). Determination of age in Scottish red deer from growth layers in dental cement. *Nature*, 198 (4878): 350.
- MITCHELL, B., & LINCOLN, G. A. (1973). Conception dates in relation to age and condition in two populations of red deer in Scotland. *Journal of Zoology*, 171(2): 141-152.
- MYSTERUD, A., & ØSTBYE, E. (2006): Comparing simple methods for ageing roe deer *Capreolus capreolus*: are any of them useful for management? *Wildlife Biology*, 12(1): 101-107.
- MYSTERUD, A., LIAN, L. B., & HJERMANN, D. Ø. (1999). Scale-dependent trade-offs in foraging by European roe deer (*Capreolus capreolus*) during winter. *Canadian journal of zoology*, 77(9): 1486-1493.
- ORTEGA, P. (2009). Cosas de corzos. Apuntes de biología y caza en España. Ed Caïrel, Madrid.
- ORTEGA, P. (2018). Más cosas de corzos, por un necesario cambio de rumbo. Ed Planarquitectura SLP, Madrid.
- PEDRINI, P., & SERGIO, F. (2002). Regional conservation priorities for a large predator: golden eagles (*Aquila chrysaetos*) in the Alpine range. *Biological Conservation*, 103(2): 163-172.
- PERCO, F., & PERCO, D. (1979). Il capriolo. Carso, Sgonico.
- PĖTELIS, K., & BRAZAITIS, G. (2003). Morphometric data on the field ecotype roe deer in southwest Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 13(1), 61-64.
- RAGANELLA-PELLICCIONI, E., SCREMIN, M., & TOSO, S. (2007). Phenology and synchrony of roe deer breeding in northern Italy. *Acta Theriologica*, 52: 95-100.
- RATCLIFFE, P. R. (1980). Bone marrow fat as an indicator of condition in roe deer. *Acta theriologica*, 25: 26.
- RATCLIFFE, P. R., & ROWE, J. J. (1979). A Golden eagle (*Aquila chrysaetos*) kills an infant Roe deer (*Capreolus capreolus*). *Journal of Zoology*, 189(4): 532-535.
- RINEY, T. (1955). Evaluating condition of free-ranging red deer (*Cervus elaphus*) with special reference to New Zealand. *New Zealand Journal of Science and Technology, Sect B*, 36: 429-463.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (2011). Mapa de series, geoeseries y geopermaseries de vegetación de España. *Itinera Geobotanica*, 18 (1-2): 5-800.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., PENAS, A., & DÍAZ, T. E. (2004). Bioclimatic Map of Europe. Cartographic Service. University of León, Spain. http://www.globalbioclimatics.org/form/tb_med.htm [Acceso: Junio 2018].

SÁENZ DE BURUAGA, M. S., LUCIO, A. J., & IRAIZOZ, F. J. P. (1991). Reconocimiento de sexo y edad en especies cinegéticas. Diputación Foral de Álava, Vitoria.

SAN JOSÉ, C. (2007). *Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758. En: L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds). Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid.

SAN JOSÉ, C., & DORADO, A. (2007). Manual de conservación y gestión del corzo andaluz. Junta de Andalucía, Sevilla.

SANTIAGO-MORENO, J., & LÓPEZ-SEBASTIÁN, A. (2010). Ungulados silvestres de España: biología y tecnologías reproductivas para su conservación y aprovechamiento cinegético. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Ciencia e Innovación, Monografías INIA: Serie Medioambiental, Madrid.

SANZ DE LA TORRE, V., DEL VALLE, E. M., & FANDOS, P. (1993). Datos básicos para la elaboración de un plan de gestión de la población de ciervo (*Cervus elaphus*) en Los Quintos de Mora (Los Yébenes-Toledo). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Servicio Territorial de Castilla La Mancha, Madrid, Spain.

SEMPÉRÉ, A. J., RENAUD, G., & BARITEAU, F. (1989). Embryonic development measured by ultrasonography and plasma progesterone concentrations in roe deer (*Capreolus capreolus* L.). *Animal reproduction science*, 20(2): 155-164.

SEMPÉRÉ, A. J., SOKOLOV, V. E., DANILKIN, A. A. (1996). *Capreolus capreolus*. *Mammalian Species*, 538: 1-9.

SHORT, R. V. & HAY, M. F., (1966). Delayed implantation in the roe deer (*Capreolus capreolus*). *Symposia of the Zoological Society of London*, 15: 173-174.

STRANDGAARD, H. (1972a). An investigation of corpora lutea, embryonic development, and time of birth of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Denmark. *Danish Review of Game Biology*, 6 (7): 1-22.

STRANDGAARD, H. (1972b). The roe deer (*Capreolus capreolus*) population at Kalo and the factors regulating its size. *Danish Review of Game Biology*, 7: 1-205.

TRAGSA (Empresa de Transformación Agraria, S.A) (2018). *Tarifas Tragsa 2018*, [en línea]. Disponible en: <http://tarifas.tragsa.es> [Acceso: Agosto 2018].

VARIN, E. (1980). Chevreuil, cerf, sanglier: *Etudes et récits d'un chasseur*. De L'Orée, Bourndeax.

VOR, T., KIFFNER, C., HAGEDORN, P., NIEDRIG, M., & RÜHE, F. (2010). Tick burden on European roe deer (*Capreolus capreolus*). *Experimental and Applied Acarology*, 51(4): 405-417.

WAUTERS, L. A., DE CROMBRUGGHE, S. A., NOUR, N., & MATTHYSEN, E. (1995). Do female roe deer in good condition produce more sons than daughters. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 37(3): 189-193.

WHITE, G. (1974). Age determination of roe deer (*Capreolus capreolus*) from annual growth layers in the dental cementum. *Journal of Zoology*, 174(4): 511-516.

6. ANEXO: INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO

1. Condiciones técnicas específicas del estudio

Para la realización de este estudio se han requerido:

- Conocimientos sobre la biología y reproducción del corzo.
- Material para la recogida de muestras y un laboratorio para su tratamiento.
- Empleo de metodologías ya conocidas de estimación de la edad y de la condición corporal.
- Capacidad de análisis de la información científica contenida en los diferentes estudios realizados a nivel europeo.
- Manejo de aplicaciones informáticas para el tratamiento de los datos y la creación de figuras y mapas (Excel, R, AutoCAD, ArcGis).

2. Fases para la realización del estudio

1. Definición de objetivos y recopilación de bibliografía científica sobre el corzo.
2. Recogida de muestras.
3. Tratamiento y análisis de las muestras.
4. Envío de muestras tratadas (dientes) a otros centros para su análisis.
5. Obtención y análisis de resultados y comparación con otros estudios.
6. Redacción de la Memoria y los Anexos.

3. Descripción de las tareas

Para cada una de las fases descritas en el apartado anterior se han desarrollado las siguientes tareas por parte de la alumna:

1. Definición de objetivos y recopilación de bibliografía científica sobre el corzo.

Lectura y síntesis de la información bibliográfica contenida en los artículos científicos sobre el corzo referentes a las metodologías utilizadas y resultados obtenidos a nivel europeo.

2. Recogida de las muestras.

Para la recogida de muestras, se realizaron dos viajes a Soria (Losana) y uno a Guadalajara (el que realizó la alumna). Además, la alumna realizó dos viajes con su codirectora Marta Peláez y acompañantes a Quintos de Mora (Toledo) para aprender la metodología de separación de la grasa del riñón y de extracción del incisivo, y una vez más a recoger las muestras tratadas y analizadas de los dientes. Esta última vez, la alumna pudo aprender de la metodología de estimación de la edad por el conteo de anillos de cemento dentario realizada con ayuda de un micrótopo y de la lectura de los anillos en microscopio.

3. Tratamiento y análisis de las muestras

El análisis y tratamiento de las muestras se llevó a cabo en un laboratorio de la E.T.S de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural (Madrid). Tanto la alumna como su codirectora tomaron los datos referentes a los ovarios, fetos y riñones, los cuales se analizaron al poco tiempo de su recogida.

Las mandíbulas fueron separadas en dos (parte derecha e izquierda), para poder usar la derecha en la extracción dental y la izquierda como muestra para hacer el análisis visual del desgaste dentario. Después, la alumna y su codirectora buscaron diferentes formas para extraer el primer molar (M_1) sin hueso, hasta que contaron con una sierra tipo dremel para su corte y extracción. La codirectora enseñó a la alumna cómo proceder con seguridad y precisión. La extracción dental (I_1 , M_1 , M_2) la llevó a cabo la alumna, y preparó las muestras para su envío a los laboratorios.

La alumna estuvo presente en la estimación visual de la edad por el desgaste de los dientes, la cual realizó un experto de la ACE (Gonzalo Varas).

4. Envío de muestras tratadas (dientes) a otros centros para su análisis.

La alumna llevó los dientes destinados a Quintos de Mora al subdirector de la misma finca que vivía en Toledo, para que los llevase al centro de tratamiento y así ahorrar un viaje.

La codirectora se desplazó hasta Jaén con las muestras de los segundos molares (M_2) para aprender la técnica de corte petrográfico y datar ella misma la edad de nuestras corzas con la ayuda de Concepción Azorit-Casas.

5. Obtención y análisis de resultados y comparación con otros estudios.

Tras varios meses, se obtuvieron los resultados de la edad estimada de las hembras por cada uno de los métodos. Mientras tanto, la alumna realizó en análisis de los resultados relativos a la fenología reproductiva del corzo y a la condición corporal. Una vez obtenidos todos, se realizaron comparaciones entre los métodos y con ayuda de la codirectora se establecieron los mejores para los estudios que se pretenden llevar a cabo posteriormente. La codirectora también guió a la alumna en el uso de R para la presentación de los resultados que se compararon con los estudios ya realizados a nivel europeo.

6. Redacción de la Memoria y los Anexos.

La redacción de la memoria y elaboración de tablas y figuras se llevó a cabo durante todo el proceso. Tras diversas correcciones de la memoria por parte del tutor y las codirectoras, se ordenaron definitivamente los diversos puntos del trabajo. El tutor, Alfonso San miguel, realizó algunas fotografías de la fase de tratamiento de los úteros y fetos incluidas a lo largo de la memoria.

4. Cronograma



Figura 22. Cronograma del estudio.

5. Costes del estudio

Los costes del estudio han sido calculados en base a las Tarifas de TRAGSA (TRAGSA, 2018) actualizadas para 2018. El trabajo de campo se calcula como las horas realizadas por la alumna, y el de laboratorio como las realizadas por la misma y su tutora en la Escuela. Se incluye el desplazamiento y alojamiento (sin horas trabajadas) de la codirectora en Jaén.

Tabla 7. Costes del trabajo fin de grado: Parámetros reproductivos del corzo (*Capreolus capreolus*) en el centro de la península ibérica. Variación según la edad y la condición corporal.

Concepto	Unidad de medida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (Euros)	Importe (Euros)
Material		Estadillos, bolsas, guantes, recipientes, artilugios, etc.	Total		60
Desplazamientos*	Km	Vehículo ligero 71-100CV, sin mano de obra Totalidad de los viajes (7	2726	0,28€/km	763,28

Alojamiento	Noche	Dieta alojamiento dentro del territorio nacional+ día de dieta completa	3+1	70,71*3+110,79	322,92
Trabajo de campo	Hora (h)	Titulado medio o grado con menos de 1 año de experiencia	22	19,28	424,16
Trabajo de laboratorio			90		1735,2
Trabajo de gabinete			520		10025,6
TOTAL COSTES TRABAJO FIN DE GRADO					13331,16

*El desplazamiento se ha calculado como ida y vuelta: 2 viajes desde la Escuela a Losana (692 km), 1 viaje desde Toledo a Atienza (424 km) y otro desde Madrid a Atienza(302 km), 2 viajes desde la Escuela a Quintos de Mora (632 km) y 1 viaje desde la Escuela a Jaén (676 km)(alojamiento incluido). A cada viaje se le debería sumar 40,09 de dieta manutención por jornada y persona dentro del territorio nacional.

Los costes del Trabajo Fin de Grado “Parámetros reproductivos del corzo (*Capreolus capreolus*) en el centro de la península ibérica. Variación según la edad y la condición corporal” ascienden a la cantidad de TRECE MIL TRESCIENTOS TRENTA Y UNO CON DIECISÉIS CENTÍMOS DE EURO (13331,16€).