



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Manejo y control reproductivo en el macho de Muflón Europeo
(*Ovis orientalis musimon*).

Management and reproductive control in the male European
Mouflon (*Ovis orientalis musimon*).

Autor:

Jesús Manuel Torrero Grande.

Tutor:

Genaro C. Miranda de la Lama.

FACULTAD DE VETERINARIA

2025/2026

ÍNDICE.

1. RESUMEN/ABSTRACT.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL MUFLÓN.....	3
2.2. CONSIDERACIONES HISTÓRICAS DEL MUFLÓN EN EUROPA.....	5
2.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y SITUACIÓN DEL MUFLÓN EN ESPAÑA.....	5
2.4. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DEL MUFLÓN.....	7
2.5. METODOS DE CAPTURA Y CONTENCIÓN EN ANIMALES DE ZOOLOGICOS.....	8
2.6. METODOS DE CONTROL DE POBLACIÓN.....	10
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
3.1. ANIMALES Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
3.2. PROTOCOLO DE CAPTURA.....	15
3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO QUIRÚRGICO: ORQUIECTOMÍA ABIERTA.....	16
3.3.1. PREPARACIÓN PREOPERATORIA.....	16
3.3.2. TÉCNICA QUIRÚRGICA.....	16
3.3.3. PROTOCOLO TERAPÉUTICO POSTOPERATORIO.....	17
3.3.4. RECUPERACIÓN.....	17
4. METODOLOGÍA.....	19
4.1. METODOLOGÍA DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19
4.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL (TRABAJO DE CAMPO).....	20
5. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	23
5.1. JUSTIFICACIÓN.....	23
5.2. OBJETIVOS.....	24
6. RESULTADOS.....	24
7. DISCUSION.....	28
7.1. PROTOCOLO ANESTÉSICO: REALIDAD DE CAMPO VS LITERATURA.....	29
7.2. ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD Y COMPLICACIONES.....	29
7.3. EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA QUIRÚRGICA Y PROFILAXIS.....	30
7.4. JUSTIFICACIÓN DEL CONTROL POBLACIONAL.....	31
8. CONCLUSIONES.....	31
9. VALORACIÓN PERSONAL.....	32
10. BIBLIOGRAFÍA.....	34

1. RESUMEN.

Ante la necesidad actual de los parques zoológicos y acuarios de gestionar sus poblaciones animales, es imperativo establecer métodos eficaces de control reproductivo bajo estándares de bienestar animal y buenas prácticas de manejo. El presente trabajo analiza las diversas estrategias de control reproductivo en el siglo XXI, centrándose en el estudio de caso del muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) en el Safari Madrid, donde se evaluaron 17 intervenciones de orquiectomía, analizando tanto la técnica quirúrgica como el protocolo de inmovilización química empleado. El estudio concluye que la castración quirúrgica es un método definitivo y eficaz para la gestión poblacional, siempre que se optimicen los protocolos de seguridad anestésica para mitigar riesgos y garantizar el bienestar de los ejemplares.

Palabras clave: *Ovis orientalis musimon*, control poblacional, orquiectomía, bienestar animal, anestesia silvestre.

ABSTRACT:

Given the current need for zoos and aquariums to manage their animal populations, it is imperative to establish effective reproductive control methods under high standards of animal welfare and management practices. This paper analyzes various reproductive control strategies in the 21st century, focusing on a case study of the European mouflon (*Ovis orientalis musimon*) at Safari Madrid. Seventeen orchietomy procedures were evaluated, analyzing both the surgical technique and the chemical immobilization protocol used. The study concludes that surgical castration is a definitive and effective method for population management, provided that anesthetic safety protocols are optimized to mitigate risks and ensure animal welfare.

Keywords: *Ovis orientalis musimon*, population control, orchietomy, animal welfare, wildlife anesthesia.

2. INTRODUCCION.

El muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) representa en la actualidad una de las especies foráneas más emblemáticas del patrimonio cinegético en España. Tras su introducción a mediados del siglo XX, la especie ha experimentado una notable expansión por la geografía española, consolidándose como uno de los ungulados con mayor demanda debido al trofeo que suponen las cuernas de los machos (Santiago-Moreno et al., 2004). Esta tendencia no es exclusiva de la península ibérica; en el resto de Europa, especialmente en los países del arco central, el muflón se mantiene como un pilar fundamental del turismo cinegético. Su éxito biológico y el incremento de su distribución en el continente con un censo estimado de 109.000 ejemplares en 23 países, se explican por su extraordinaria plasticidad ecológica y capacidad de adaptación a hábitats diversos (Santiago-Moreno et al., 2003). Recientemente, se ha documentado que esta expansión histórica ha dado lugar a desafíos de gestión complejos en regiones donde la especie no es autóctona, obligando a replantear las estrategias de control poblacional (Nasiadka et al., 2021). Más allá de las fronteras europeas, el muflón ha adquirido un protagonismo relevante como especie exótica de valor ornamental y recreativo en regiones tan diversas como Estados Unidos (Hawái y Texas), las islas Kerguelen, Nueva Zelanda y Argentina (Santiago-Moreno et al., 2003). Esta dispersión global subraya la necesidad de establecer protocolos de gestión y control poblacional eficaces, especialmente en entornos de cautividad o semilibertad como los núcleos zoológicos, donde la ausencia de depredadores naturales y los recursos tróficos estables facilitan un crecimiento demográfico descontrolado en especies de alta capacidad reproductiva y con un bajo valor biológico, conocido como *Surplus animal* (Carter & Kagan, 2010).

2.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL MUFLÓN.

El muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) es reconocido actualmente como uno de los ungulados silvestres de menor tamaño y mayor plasticidad fenotípica de la cuenca mediterránea, encontrándose dentro del taxón NE del Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España (MITECO, 2022). Presenta un dimorfismo sexual altamente diferenciado: las hembras muestran una altura a la cruz de 65-75 cm y un peso de 25-35 kg, mientras que los machos son notablemente más vigorosos, alcanzando los 80 cm de altura y pesos de entre 35 y 55 kg. Su morfología está adaptada a terrenos escarpados, caracterizándose por extremidades largas y pezuñas pequeñas de gran agarre, un cuello estilizado y una cola corta, permitiéndole así a la especie una gran rusticidad (Santiago-Moreno et al., 2004). El rasgo más distintivo de los machos es su cornamenta de carácter cavicornio (*Imagen 1*). A diferencia de las cuernas óseas de los cérvidos, las del muflón son estructuras permanentes compuestas por un núcleo óseo

recubierto por una vaina queratinizada que crece de forma continua durante toda la vida del animal. Estas pueden alcanzar longitudes de 90 cm y pesos superiores a los 5 kg, pero todo esto dependerá de la disponibilidad de alimento y el clima en el que se encuentren (Toledano-Díaz et al., 2008). En las hembras (*Imagen 2*), la presencia de cuernos es variable y, de existir, se presentan como formaciones rudimentarias que rara vez superan los 12 cm. Como indicador de envejecimiento, la mancha blanca facial se extiende progresivamente conforme el individuo avanza en su vida, permitiendo una estimación visual de la edad en estudios de campo (Santiago-Moreno et al., 2004). El pelaje del muflón es un sistema dinámico regulado por el fotoperiodo y mediado endocrinamente por la prolactina (Santiago-Moreno et al., 2004). Durante el solsticio de invierno, el animal desarrolla un pelaje denso y oscuro (marrón chocolate) con fines de termorregulación, mientras que en verano la muda da paso a un manto más corto y claro. Los machos adultos exhiben una mancha blanquecina en el flanco denominada "silla" o "sella", la cual contrasta con la línea ventral negra abdominal. Fisiológicamente, el vellón se compone de dos tipos de fibras: pelos de cobertura (primarios) y subpelo aislante (secundario), cuya proporción varía estacionalmente para garantizar el bienestar térmico del ejemplar en climas extremos (Santiago-Moreno et al., 2004).

Imagen 1: Macho de Muflón Europeo del Safari Madrid (Fuente Safari Madrid).



Imagen 2: Hembra de Muflón Europeo de Safari Madrid (Fuente Safari Madrid).



2.2. CONSIDERACIONES HISTÓRICAS DEL MUFLÓN EN EUROPA.

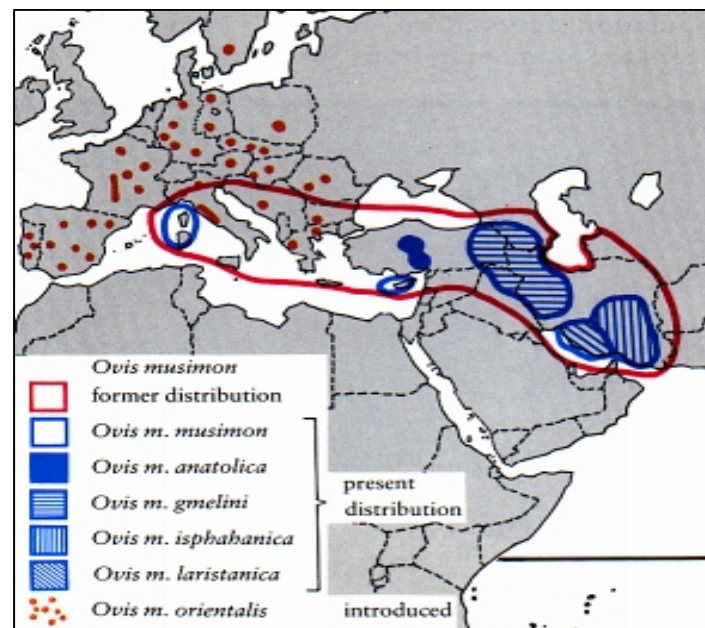
Se ha descubierto, gracias a la identificación de fósiles de ovino salvaje, que el género *Ovis* ya estaba presente hace cientos de miles de años distribuido por Europa, los cuales procedían de las poblaciones asiáticas que surgieron en el periodo Pleistoceno hace 2 millones de años. Estos restos encontrados nos han dado una idea de que nuestros antecesores ya practicaban la caza de estos animales al igual que en la actualidad. La comprensión del origen del muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) ha dado un giro radical en la última década gracias a los avances en arqueogenética (Chen et al., 2021). Tradicionalmente, se consideraba al muflón como un ancestro salvaje primigenio de la oveja doméstica. Sin embargo, estudios de secuenciación genómica completa han demostrado que el muflón actual es, en realidad, el descendiente de una de las primeras oleadas de ovejas domésticas neolíticas que fueron introducidas en las islas de Córcega y Cerdeña hace aproximadamente 8.000 años y que posteriormente regresaron al estado salvaje (Santiago et al., 2004; Chen et al., 2021). Este fenómeno, conocido como asilvestramiento secundario o feralización, dotó a la especie de una plasticidad genómica única, permitiéndole sobrevivir en entornos mediterráneos agrestes y recuperar rasgos morfológicos de sus ancestros salvajes, como la cornamenta desarrollada en los machos y el pelaje estacional (Rudge, 1986). En un principio, cuando aparece la etapa del Neolítico, los muflones de las islas mediterráneas (Córcega, Chipre y Cerdeña) son lo que queda del resto de muflones del continente europeo, debido a las diversas modificaciones de los ecosistemas causadas por: las glaciaciones, presión cinegética y la acción humana (Santiago-Moreno et al., 2004). Por tanto, a partir de estos individuos que quedaron encerrados en ambientes controlados, y que debido a la acción del hombre procesaron un periodo de domesticación, surge una especie de muflón anatoliano (*Ovis gmelini*) semi-domesticado que será el origen de los muflones silvestres futuros, es decir, que hipótesis afirman que tras un periodo de domesticación de una especie de muflón que queda controlada por diversas acciones ya mencionadas, surge la reintroducción y desarrollo de una especie silvestre, la cual se ira expandiendo por todo el continente Europeo hasta nuestros días (Santiago-Moreno et al., 2004).

2.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y SITUACIÓN DEL MUFLÓN EN ESPAÑA.

Como se ha mencionado anteriormente, el origen de esta especie proviene de las islas mediterráneas, pero su introducción a los parques y territorios europeos esta todavía sin resolver. Existen numerosas teorías de que podría haber sido la influencia de intereses cinegéticos y ornamentales que demandan la presencia de estos individuos para ponerlos en libertad y así establecer cotos de caza, ya que se le atribuyo como animal ornamental (Cassinello, 2003; Gortázar et al., 2000). Por lo tanto, debido a su creciente demanda y a la

capacidad adaptativa de la especie, se ha establecido una significativa población de la especie como patrimonio faunístico en aquellos países donde se aprovechan, dejando una distribución geográfica que alberga países como: Alemania, Austria, Francia, Hungría, Bulgaria, Armenia, República Checa, Croacia y España. Siendo Alemania y República Checa (Imagen 3) los países con mayor censo de animales siendo este de 20.000 individuos aproximados (Cassinello, 2003).

Imagen 3: Mapa de distribución de las diferentes especies de muflón (Fuente Jagen Weltweit).



Por otro lado, el muflón europeo llega a España en el año 1954 donde se hace una liberación de núcleos fundadores en el Coto Nacional de Cazorla, procedentes de la isla de Córcega, cuyo objetivo inicial era puramente cinegético, ya que se buscaba diversificar las especies de caza mayor en la Península Ibérica (Cassinello, 2003). Desde entonces, la especie ha experimentado una expansión poblacional y geográfica notable. Según los censos más recientes recogidos en el Inventario Español de Especies Terrestres (MITECO, 2022), el muflón se encuentra hoy distribuido en núcleos consolidados por casi todas las comunidades autónomas, destacando su presencia en Sierra Morena, los Montes de Toledo y el Maestrazgo (Imagen 4). Esta rápida colonización se debe a su carácter generalista y a una tasa reproductiva eficiente, lo que en ausencia de grandes depredadores ha generado situaciones de sobrepoblación en fincas valladas y núcleos zoológicos, lo que desencadena en elevadas densidades de poblaciones que comprometen tanto la regeneración vegetal como el estatus sanitario de la ganadería y otras especies silvestres, justificando así la necesidad de intervenciones de control como las analizadas en este estudio (Gortázar et al., 2006).

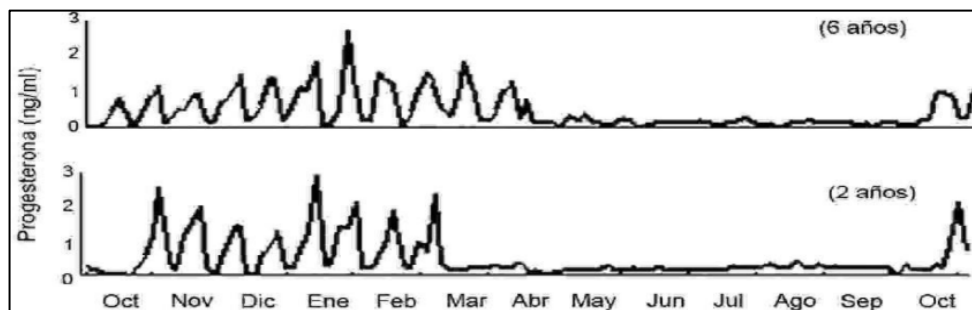
Imagen 4: Mapa poblacional de muflón europeo en España del Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España (Fuente MITECO).



2.4. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DEL MUFLÓN.

El muflón europeo es una especie de ovino que presenta un periodo de gestación que dura entre 152 y 157 días, donde las hembras suelen tener los partos llegada la primavera caracterizándose por una baja tasa de prolificidad, siendo mayoritariamente partos uníparos. A partir del nacimiento las crías pasaran entre 3 y 5 meses de lactación, periodo en el que la madre proporcionara leche rica en nutrientes, con un aporte energético mayor que el de la oveja doméstica. Después de este periodo las crías empezaran con una dieta de pastos hasta el alcance de su pubertad, el cual estará determinado según diversos factores como el momento del nacimiento de las crías o el peso alcanzado tras el destete (Santiago-Moreno et al., 2004). Por otro lado, la estacionalidad reproductiva del muflón europeo está determinada como una especie reproductora de días cortos, coincidiendo con la reducción de horas de luz durante el otoño (Imagen 5). A través de estudios realizados postmortem de los testículos y ovarios de machos y hembras de la especie, se ha determinado la estacionalidad de la época reproductiva del muflón. Referente a las hembras y sus valores hormonales representados por la progesterona, podemos deducir que presentan una estacionalidad que abarca desde octubre hasta febrero, donde comienzan su etapa de producción de progesterona a partir de la formación de cuerpos lúteos, llegando a provocarse varios picos de esta hormona. Cabe destacar que el ciclo sexual de las hembras tiene una duración de unos 17 días de media y con solo la producción de un folículo que podrá ser fecundado durante su ciclo de celo, el cual tiene una estimación de unas 48 horas máxima y donde se puede observar el comportamiento inmóvil de la hembra tras la presencia del macho (Santiago-Moreno et al., 2004).

Imagen 5: Actividad ovulatoria cíclica estacional en la muflona. Patrones de secreción de progesterona, representativos de una muflona joven (2 años) y una adulta (6 años) (Fuente Santiago-Moreno et al., 2004).



En cuanto al macho, tras estudios recogido de muestras de testículos y análisis de testosterona, podemos observar, al igual que ocurre con las hembras, que su actividad de mayor producción oscila entre los meses de octubre y enero, siendo esta producción mucho más marcada (Santiago-Moreno et al., 2004). A diferencia de las hembras, cuya ciclicidad se interrumpe totalmente, los machos experimentan una fase de quiescencia sexual estacional. Durante la época de apareamiento, la inversión energética es máxima para favorecer la espermatogénesis y el comportamiento jerárquico. Finalizado este periodo, se produce una involución testicular fisiológica y una parada en la producción espermática, adaptaciones evolutivas orientadas al ahorro metabólico hasta la siguiente estación reproductiva (Martínez-Fresneda, et al., 2019).

2.5. METODOS DE CAPTURA Y CONTENCIÓN EN ANIMALES DE ZOOLÓGICOS.

Dentro de la gestión de animales salvajes en cautividad, deberemos tener en cuenta ciertos factores que garanticen el estado de bienestar de las especies con las que vamos a trabajar. En el mundo de los zoológicos podemos encontrar diversas metodologías para la captura de los animales, pero como ya se ha comentado siempre deberemos minimizar el impacto sobre el individuo. La situación a la hora de controlar la captura de los animales supone un estrés en el propio individuo, por lo tanto, deberemos incidir en mejorar las condiciones de los animales, y evitar situaciones de alto estrés cuando hagamos una captura de los individuos (Brando & Buchanan-Smith, 2018; Olney, 2005; Miller et al., 2022). En primer lugar, hablaremos de la forma clásica de captura de los animales, la cual se trata de la anestesia mediante uso de dardos tranquilizantes o teleanestesia, que consiste en la administración de fármacos a distancia mediante dardos proyectables. El objetivo primordial es la inmovilización del individuo para facilitar un manejo clínico seguro (como exploraciones, curas o cirugías). Sin embargo, este método tiene sus riesgos ya que supone un añadido al estrés del animal, ya que, si el propio

manejo para capturarlo ya supone en si una respuesta negativa, el tener que pincharle y someterle a dormirse es añadirle un riesgo por el cual puede conllevar consecuencias (Miller et al., 2022). Además, cabe destacar que debemos tener en cuenta de que existen diferencias entre especies y estados fisiológicos previos que nos van a condicionar a la hora de la captura (Kreeger & Arnemo, 1996). Por ello, llegamos a la situación de no poder realizar esta técnica de captura ya que podríamos correr el riesgo de perder al animal debido a situaciones que pueden darse durante el manejo de esta práctica; la principal sería la miopatía de captura, siendo uno de los procesos patológicos más frecuentes que se produce cuando se manejan ungulados salvajes. Esta patología surge tras la captura o retención del animal, provocándole una situación de huida o lucha prolongada, que desencadena en la lisis (ruptura) de miocitos esqueléticos o cardíacos. Desencadenando la liberación de mioglobina y otras enzimas musculares en el torrente sanguíneo llegando a ocasionar insuficiencia renal, insuficiencia cardíaca aguda o un síndrome peragudo. En estos casos, si el animal experimenta un nuevo episodio de estrés en los días posteriores, su organismo, ya debilitado, sufre un colapso fatal (Montané et al., 2001). Los signos clínicos principales son ataxia, paresia, parálisis y mioglobinuria. La patogenia de este proceso se centra en una necrosis del músculo esquelético y/o cardíaco y de los túbulos renales. En los animales salvajes afectados por este proceso se han descrito cuatro síndromes clínicos, siendo estos: el shock de captura, el síndrome atáxico mioglobinúrico, el síndrome de ruptura muscular y el síndrome retardado-sobreagudo (Montané et al., 2001).

Otra forma para conseguir el manejo y captura de los animales podría ser el propio entrenamiento por refuerzo positivo de estos, ya que se trata de una idea revolucionaria aplicada en los zoos modernos durante los últimos 20 años (EAZA, 2014; AIZA, 2022). El hecho de entrenar supone en si una mejora, ya que a la hora del entrenamiento se establece un vínculo animal-cuidador, del cual podemos conseguir infinidad de cosas por voluntad del animal, ya sea desde pedir al animal que entre en una caja de transporte hasta que nos de la extremidad para obtener sangre de una de sus venas o administrar medicación (EAZA, 2014; AIZA, 2022). Sin embargo, el éxito de esta técnica requiere de formación, experiencia y tiempo, ya que, aunque se pueda entrenar a cualquier especie, si no se dispone de unas buenas rutinas y un personal formado el objetivo que invalidado. Por eso esta técnica a veces es costosa a la hora de implantarla, ya que dentro de los núcleos zoológicos es difícil poder atender y trabajar con todo el plan de colección que abarca, pero para ello se está trabajando y estudiando las mejores actuaciones y rutinas, con el fin de conseguir este vínculo que hemos mencionado y mejorar tanto el bienestar del animal como el del cuidador, evitando así las situaciones de estrés (West et al., 2008; EAZA, 2014; AIZA 2022).

2.6. METODOS DE CONTROL DE POBLACIÓN.

A pesar de ir en contra de las condiciones naturales de una especie, en cierta medida, los núcleos zoológicos tienen la obligación ética y legal de controlar las poblaciones dentro de sus instalaciones, ya que se trata de una situación en la que existen animales con altas tasa de prolificidad, individuos cuyo perfil genético no sea prioritario para los programas de cría, con el fin de prevenir la deriva genética y la consanguinidad dentro del núcleo (Olney, 2005), o también porque es la mejor opción para evitar problemas dentro del grupo de animales debido a las consecuencias de la jerarquía, como ocurre frecuentemente en los casos de grupos de grandes carnívoros o rumiantes polígamos (Olney, 2005). El bienestar de los animales en cautividad ha evolucionado de un modelo basado simplemente en la ausencia de enfermedad a un enfoque holístico conocido como 24/7, que garantiza que el animal tenga experiencias positivas durante todo el ciclo circadiano (Brando & Buchanan-Smith, 2018). En este contexto, el control poblacional es una herramienta esencial para evitar el hacinamiento y el estrés social, factores que degradarían gravemente la calidad de vida de los individuos fuera del horario de manejo humano, ya que la gestión de ungulados en manadas requiere un enfoque conceptual basado en la densidad de población para evitar problemas de bienestar derivados del hacinamiento (Carter & Kagan, 2010). En el zoo moderno, las Técnicas de Reproducción Asistida (ARTs) y el control reproductivo son pilares básicos para la sostenibilidad de las colecciones (Nebreda, 2019). Entonces dentro de los métodos de control necesarios para el manejo de las colecciones de animales en los núcleos zoológicos y acuarios se pueden destacar los siguientes:

CASTRACIÓN QUIRÚRGICA (ORQUIECTOMÍA/OVARIECTOMÍA).

Se trata del método más utilizado hasta la fecha, ya que se puede realizar en una amplia diversidad de entornos, incluyendo condiciones de campo, de manera sencilla, barata y eficaz, donde si el veterinario encargado en la práctica de castración realiza un trabajo correcto ya no será necesario preocuparse de futuros inconvenientes en la reproducción del individuo (Asa & Porton, 2005). Sin embargo, las desventajas que podemos obtener de esta práctica son que al tratarse de una forma irreversible ya estamos perdiendo esa variabilidad de ese individuo, por lo que en aquellas especies que están muy amenazadas no debería ser una primera opción, ya que si en un futuro se necesita hacer reproducción con esos individuos ya no se podrá revertir su potencial reproductivo si hemos optado por esta técnica. Además, requiere anestesia general profunda y manejo invasivo, lo que aumenta el riesgo de shock o miopatía de captura en especies silvestres (West et al., 2008). En conclusión, es el método definitivo, pero su impacto va más allá de la esterilidad, ya que la castración prepuberal en ungulados silvestres

supone una alteración significativamente en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios y el comportamiento social. Al eliminar la principal fuente de testosterona, se reduce la motivación por el combate y la defensa del territorio, lo que puede provocar una pérdida del estatus jerárquico dentro de la manada (Price & Stoinski 2007). En el caso del muflón, la ablación gonadal temprana impacta directamente en la morfología craneal, produciendo cuernos de menor grosor y curvatura (tipo hembra), un factor que fue evaluado según el objetivo estético y de manejo del centro zoológico Safari Madrid.

INMUNOCONTRACEPCION Y CASTRACIÓN QUÍMICA.

La inmuocontracepcion se trata de un método anticonceptivo innovador, empleado en animales salvajes y criados en cautividad, con el fin de obtener un control de fertilidad a largo plazo, ya que mediante el uso de vacunas hormonales se consigue una infertilidad en los individuos por acción del sistema inmunitario (Asa & Porton, 2005). Dentro de este método innovador podemos mencionar dos vacunas que se usan habitualmente en animales de zoo: la vacuna anti-GnRH (ej. Improvac® o GonaCon®); que bloquea la hormona liberadora de gonadotropinas, suprimiendo tanto la producción de esperma/óvulos como el comportamiento sexual (Benavides Valades et al., 2012). Por otro lado, tenemos la vacuna PZP (Zona Pelúcida Porcina); específica para hembras, impide la unión del espermatozoide con el óvulo sin alterar necesariamente los ciclos hormonales (Kirkpatrick, 1999; Nebreda, 2019). La principal ventaja es su reversibilidad, lo que permite reintegrar al animal a la reproducción si su genética fuera necesaria en el futuro. Además de las vacunas mencionadas, el uso de implantes de Deslorelina (Suprelorin®) se ha convertido en el estándar de oro en la medicina de zoo moderna. Estos implantes de liberación prolongada actúan como agonistas del GnRH, provocando inicialmente un pico hormonal seguido de una caída que suprime la función gonadal durante meses o años (Asa et al., 2014). Una ventaja crítica de la inmuocontracepción frente a la cirugía es que permite mantener la integridad física del animal, algo vital para su comportamiento de exhibición, y además ofrece una ventana de reversibilidad que permite recuperar la fertilidad si el valor genético del ejemplar aumenta dentro del programa de cría internacional (Massei & Cowan, 2007; Nebreda, 2019).

MOVIMIENTO ENTRE CENTROS.

Se trata de un procedimiento por el cual el centro zoológico consigue evitar la reproducción intercambiando ejemplares entre instituciones sin la necesidad de intervenciones clínicas. En este caso ambas partes llegan a un acuerdo de transporte de animales y así consiguen reestructurar a los individuos, que posiblemente no tuviesen espacio o podían suponer algún

problema en la manada. Estos movimientos suelen estar coordinados por programas internacionales como los EEP (European Endangered Species Programmes), asegurando que cada individuo se encuentre en un centro con el espacio y el grupo social adecuado para su bienestar, manteniendo su fertilidad intacta (Olney, 2005). Este método no es un simple transporte y papeleo, sino que forma parte de la gestión de metapoblaciones. Según Leizagoyen et al. (2010), los zoos modernos utilizan software de análisis genealógico (como PMx) para decidir qué individuos deben moverse basándose en su coeficiente de parentesco, siendo el objetivo de minimizar la endogamia a nivel global. Sin embargo, estudios como Miranda-de la Lama (2013), advierten que el transporte es uno de los eventos más estresantes en la vida de un animal, pudiendo alterar los niveles de glucocorticoides durante semanas, por lo que debe planificarse bajo estrictos protocolos de bienestar y sedación ligera si fuera necesario.

EUTANASIA DE GESTIÓN.

A pesar de ser un tema sujeto a debate ético y diversidad de posturas institucionales, se trata de otra forma igual que el resto para poder controlar la gestión de excedentes de una especie (Surplus management), siempre y cuando se hayan agotado todas las opciones anteriores y se realice de forma humanitaria (Carter & Kagan, 2010). Organismos como la EAZA (European Association of Zoos and Aquarium) defienden que, realizada bajo estrictos protocolos humanitarios, la eutanasia puede ser preferible a mantener animales en condiciones de hacinamiento o aislamiento social permanente que degraden su bienestar. Sin embargo, en el marco de la legislación actual (Ley 31/2003) y la percepción social, suele considerarse siempre el último recurso (Biodiversidad, F, 2010). La percepción de la eutanasia presenta diferentes puntos de vista según la región: los zoos europeos tienden a ser más abiertos a la "eutanasia de gestión" para mantener grupos sociales sanos, mientras que en América (AZA) se prioriza la anticoncepción (EAZA, 2014). Patton et al. (2007) argumentan que, en rumiantes polígamos con alta tasa de natalidad, la eutanasia puede ser una herramienta ética para evitar la castración masiva, permitiendo que las hembras críen de forma natural (lo cual es un comportamiento de bienestar positivo) y eliminando humanitariamente el excedente que no pueda ser reubicado. No obstante, se subraya que esta práctica solo es éticamente aceptable si se enmarca en una estrategia de conservación poblacional transparente (Gusset et al., 2015).

Tabla 1: Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de control de poblaciones en los zoológicos (Elaboración propia).

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CASTRACIÓN QUIRÚRGICA	Orquiectomía (extirpación de testículos) o vasectomía bajo anestesia.	Definitiva: 100% eficaz tras un solo manejo. Conducta: Reduce la agresividad y peleas. Económica: Bajo coste a largo plazo.	Riesgo quirúrgico: Requiere anestesia profunda (riesgo de parada o miopatía). Irreversible: Pérdida permanente de la genética del animal. Postoperatorio: Riesgo de infecciones o miasis.
INMUNOCONTRA-CEPCIÓN	Vacunas (ej. PZP, GnRH) que generan anticuerpos contra hormonas reproductivas.	Reversible: Permite criar en el futuro si es necesario. Remoto: Se aplica vía dardo (menos estrés de manejo).	Logística: Requiere dosis de recuerdo (boosters) frecuentes. Eficacia variable: No es 100% segura en todos los individuos. Coste: Las vacunas comerciales (ej. GonaCon®) son costosas.
TRASLADO DE ANIMALES	Movimiento de excedentes a otras instituciones (zoos/reservas).	Ético: Bien percibido por el público. Genética: Mantiene la variabilidad genética de la especie.	Saturación: Dificultad para encontrar centros receptores. Estrés: El transporte es una causa mayor de mortalidad en ungulados.
EUTANASIA DE GESTIÓN	Sacrificio humanitario de individuos excedentes (<i>Culling</i>).	Inmediato: Ajuste rápido de la carga animal. Bajo coste: No requiere mantenimiento a largo plazo.	Controversia: Fuerte rechazo social y dilemas éticos para el personal. Pérdida: Se elimina el potencial biológico del animal.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. ANIMALES Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

Durante la estancia de prácticas en el núcleo zoológico Safari Madrid, bajo la supervisión de la veterinaria del parque Jennifer Cabrera, se dio la oportunidad de trabajar en el control de población de los muflones europeos (*Ovis orientalis musinon*) en regimen de semilibertad, donde los animales se encontraban en un recinto de aproximadamente 75 hectáreas, conviviendo con otras especies de ungulados en condiciones que simulan su hábitat natural, pero bajo manejo nutricional y sanitario controlado. Este parque se encuentra en el municipio y localidad española Aldea del Fresno situado al suroeste de la Comunidad de Madrid, presentando una climatología mediterránea continentalizada, caracterizándose por una elevada amplitud térmica, siendo los inviernos fríos y húmedos, y con veranos calurosos y secos. Durante las semanas de julio y agosto que duró la estancia en el centro, se siguieron las directrices de gestión de excedentes para evitar el hacinamiento y asegurar el cumplimiento de los pilares básicos de los zoos modernos (Conservación, Investigación, Educación y Bienestar) (Cuadrado, M., 2013; Leizagoyen et al., 2010), seleccionando una muestra de 17 machos adultos (n=17) (Tabla 4) para la realización de orquiectomías bilaterales como método de control reproductivo definitivo.

Imagen 6: Mapa del recinto Safari Madrid con la localización de los animales (Fuente Safari Madrid).



3.2. PROTOCOLO DE CAPTURA.

Dada la fisiología de los rumiantes silvestres, la captura se diseñó bajo protocolos de mínima invasividad para prevenir riesgos metabólicos como la acidosis o la miopatía de captura (Montané et al., 2001; Mentaberre et al., 2021), siendo estos diseñados y revisados con anterioridad para que a la hora de la captura no hubiera ningún imprevisto. Después de seleccionar al individuo, localizado en la sección 2 del recinto del parque (Imagen 6), se procedía a preparar la inmovilización química mediante sistema de teleanestesia, cargándose en los dardos para ser disparados con la cerbatana (Imagen 7), ya que es el método de elección de los zoológicos para la captura de animales (Kreeger & Arnemo, 1996). Ya una vez dentro de la sección, al tratarse de una situación donde los animales se encontraban en un terreno de semilibertad como se mencionaba anteriormente, la dinámica de captura se adaptó al comportamiento etológico del rebaño, donde según Bolaños Arrieta (2015), la elección de realizar la cirugía en condiciones de campo (in situ) coincide con las tendencias actuales en medicina de animales salvajes en cautividad, ya que se han validado protocolos anestésicos y quirúrgicos innovadores que minimizan el traslado de los animales y el estrés asociado. En un principio, en los primeros individuos fue sencillo el acercamiento mediante el condicionamiento alimenticio, permitiendo al veterinario disparar con la cerbatana para poder aplicarle la anestesia, pero debido al aprendizaje asociativo y al aumento de la distancia de fuga en el grupo tras las primeras capturas, se tuvo que modificar la técnica hacia la aproximación mediante vehículo. Según West et al. (2008), esta técnica requiere una alta precisión técnica para asegurar la inyección intramuscular profunda en los grandes grupos musculares (glúteos o paletilla) y evitar traumatismos óseos.

Imagen 7: Material para la captura de los animales (Fuente: Elaboración propia).



3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO QUIRÚRGICO: ORQUIECTOMÍA ABIERTA.

El procedimiento se llevó a cabo en muflones adultos y subadultos con un rango de peso de 20 a 50 kg. La técnica que se llevó a cabo fue la orquiectomía abierta, ya que así se podían optimizar los tiempos quirúrgicos y reducir el riesgo anestésico en condiciones de campo (West et al., 2008).

3.3.1. PREPARACIÓN PREOPERATORIA.

Para la anestesia de los animales se establece un protocolo, revisado por la veterinaria del parque, en la que se va variando en las dosis administradas en los animales. Generalmente, estas sirvieron para permitir la caída y poder realizar las orquiectomías con pocas dificultades, sí que cabe mencionar que durante los procedimientos de las cirugías se tuvo que volver a implantar dosis de refuerzo en algunos casos, reflejado en la *Tabla 4*. Para permitir la inducción, los animales fueron inmovilizados mediante dardos anestésicos administrados por cerbatana (*Imagen 7*), utilizando una combinación de Ketamina (100 mg/ml) y Xilacina (20 mg/ml o 200 mg/ml), con un promedio de 6,82 mg/kg y 1,36 mg/kg respectivamente, aprovechando el efecto de sinergia entre los agonistas α -2 y los anestésicos disociativos en rumiantes silvestres (Galka et al., 1999; Montané et al., 2001; Miller et al., 2022). Después, una vez que hubieran alcanzado el plano anestésico, haciendo una comprobación de la pérdida de los reflejos y relajación muscular, se aplicó pomada oftálmica para prevenir la desecación corneal y se cubrieron los ojos con una toalla para reducir el estrés lumínico (West et al., 2008). Colocándose en decúbito supino para facilitar el acceso a la zona escrotal. Finalmente, para garantizar una analgesia multimodal, se realizó un bloqueo local con Lidocaína al 2% (5ml) de forma intratesticular e incisional para mejorar el bloqueo sensitivo en la zona de intervención (West et al., 2008).

3.3.2. TÉCNICA QUIRÚRGICA.

Antes del comienzo de la cirugía se realiza una limpieza y desinfección de la zona escrotal con povidona yodada, para que posteriormente se haga una incisión cutánea longitudinal paralela al rafe escrotal, luego se localiza uno de los testículos y se vuelve a incidir atravesando las capas escrotales hasta incidir en la túnica vaginal parietal. Después se exteriorizan los testículos mediante tracción manual y se procede a realizar una ligadura con una sutura reabsorbible 2/0 (Monosyn®) sobre el cordón espermático para asegurar la hemostasia tras la extirpación. Hay que destacar que en los casos finales registrados (*Tabla 4*: IDs 740 y 741), se utilizó un emasculador para realizar el corte y la compresión del cordón simultáneamente, ya que esta herramienta permite una hemostasia más rápida y segura, reduciendo así el riesgo de hemorragias postoperatorias en animales silvestres (West et al., 2008). Finalmente, debido a las

condiciones de semilibertad de los animales y para facilitar el drenaje natural, la incisión cutánea permanecerá abierta o con cierre mínimo, siguiendo los protocolos habituales en cirugía de campo para rumiantes (Wolff, 2009).

3.3.3. PROTOCOLO TERAPÉUTICO POSTOPERATORIO.

Al tratarse de animales en semilibertad se les administró una cobertura completa en el momento de la cirugía, ya que supone una dificultad el poder realizar un seguimiento y tratamiento diario. Por lo que a todo animal que había sido castrado se le preparó una antibioterapia con Amoxicilina 15%, que posteriormente se pasaría al uso de Ceftiofur (Naxel®) a 6,6 mg/kg, equivalente a 1ml por 30kg de peso vivo, por su mayor espectro en patógenos de campo y biodisponibilidad (Carpenter & Marion, 2017). También se les administro una analgesia y antiinflamatorios mediante el uso de Meloxicam (Metacam®) a 0,5 mg/kg, equivalente a 2,5ml por 100kg de peso vivo, para asegurar la analgesia durante las 24-48 horas posteriores a la operación. Finalmente, como antiparasitario se administró Ivermectina (PARAMECTIN®) a 0,2 mg/kg, equivalente a 1ml por 50kg de peso vivo, que permitía una prevención de infecciones oportunistas y miasis en las heridas (Siegal-Willot et al., 2009; Carpenter & Marion, 2017; Miller et al., 2022).

3.3.4. RECUPERACIÓN.

Finalmente se monitorizó al animal hasta la recuperación de los reflejos básicos. Durante esta fase, los animales fueron colocados en decúbito esternal para facilitar el eructo y prevenir la aspiración ruminal hasta que fueron capaces de incorporarse por sí mismos (West et al., 2008) En casos específicos (ej. ID 733), se utilizó Atipamezol (Revazol®) a 0,125 mg de Atipamezol por cada 1 mg de Xilacina para revertir los efectos y acelerar el despertar (Kreeger & Arnemo, 1996; Tsuruga et al., 1999; López Pacheco, 2017).

Fotografías tomadas por el autor durante las prácticas en Safari Madrid (2024) **Fuente:**
Elaboración propia.

INMOBILIZACIÓN DE MUFLONES TRAS TELEANESTESIA.	EVALUACIÓN DE LA EDAD MEDIANTE LA DENTICIÓN DEL ANIMAL.
	
MONITORIZACIÓN DEL ANIMAL.	EXTRACCIÓN DE TESTICULOS
	
BOLSA ESCROTAL TRAS LA CIRUGÍA.	RECUPERACIÓN DE LA ANESTESIA.
	

4. METODOLOGÍA.

4.1. METODOLOGÍA DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

La primera parte de este trabajo se basó en una revisión exhaustiva de la literatura científica con el objetivo de establecer el marco teórico necesario para el estudio experimental. Esta revisión se centró en tres pilares fundamentales: la biología del muflón, los métodos de inmovilización en fauna silvestre y las estrategias de control poblacional en zoológicos.

FUENTES DE BÚSQUEDA.

La búsqueda de información se realizó a través de bases de datos académicas especializadas y repositorios de literatura gris, utilizando los siguientes recursos marcados en la tabla 2:

Tabla 2: Fuentes de búsqueda y ejemplos del material visitado para la elaboración de este trabajo (Elaboración propia).

CATEGORÍA	BASES DE DATOS UTILIZADAS	EJEMPLOS DE LITERATURA GRIS
BASES DE DATOS CIENTÍFICAS	Google Scholar, PubMed (Medline), Scielo.	Reportes de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). BOE (Boletín Oficial del Estado) para la Ley 31/2003
REPOSITORIOS DE ZOOS	Guías de <i>Best Practice</i> de la EAZA (Asociación Europea de Zoos y Acuarios), documentación de la AZA (Association of Zoos and Aquariums).	Declaraciones de la WAZA (Asociación Mundial de Zoológicos y Acuarios) y EAZA (Asociación Europea de Zoológicos y Acuarios) sobre eutanasia de gestión y bienestar.
MANUALES VETERINARIOS	<i>Zoo and Wild Animal Medicine</i> , <i>Handbook of Wildlife Chemical Immobilization</i> , <i>Exotic Animal Formulary</i> y guías terapéuticas específicas.	Tesis doctorales y TFG relevantes sobre inmovilización de ungulados.

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.

Las palabras clave (Keywords) se combinaron utilizando operadores booleanos (AND, OR) para refinar las búsquedas. Las principales combinaciones utilizadas fueron:

- **Biología de la Especie:** *Ovis orientalis musimon* AND taxonomía OR comportamiento.
- **Anestesia/Manejo:** Mouflon immobilization AND Ketamine OR Xylazine OR Medetomidine
- **Control Poblacional:** Zoo animal contraception AND surgical castration OR immunocontraception OR surplus animals.

Tras la búsqueda inicial, se realizó una criba manual de los títulos y resúmenes para descartar estudios realizados en rumiantes domésticos de producción, priorizando aquellos con un enfoque específico en medicina de fauna silvestre o ungulados en cautividad. Se priorizaron los artículos y estudios publicados en los últimos 15 años para garantizar la actualidad de la información, aunque se incluyeron referencias clásicas de anestesiología silvestre.

4.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL (TRABAJO DE CAMPO).

DISEÑO DEL ESTUDIO Y MUESTRA.

El presente estudio se enmarca como un análisis retrospectivo de casos de campo. Se evaluaron 17 procedimientos de manejo y castración quirúrgica realizados sobre machos de muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) en régimen de semilibertad en las instalaciones del Safari Madrid (España) conviviendo en un recinto multiespecie de 75 hectáreas.

- **Muestra Animal:** Se intervino sobre machos adultos y subadultos de muflón, estimándose su peso corporal en un rango de 20 a 50 kg. Los animales fueron identificados mediante el uso de crotales tras su esterilización.
- **Ética:** Los procedimientos se realizaron bajo supervisión veterinaria directa (Jennifer Cabrera) y se justificaron como un método de control poblacional rutinario y necesario para la gestión del bienestar y la carga ganadera del parque zoológico, de acuerdo con las directrices de la Asociación Europea de Zoos y Acuarios (EAZA) sobre animales excedentes.

VARIABLES REGISTRADAS.

Para la evaluación del protocolo, se registraron las siguientes variables (tabla 3) en un cuaderno de campo y posteriormente transcritas para el análisis:

Tabla 3: Variables registradas durante los procedimientos de esterilización (Elaboración propia).

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PESO ESTIMADO	Kilogramos (kg)	Estimación visual del peso para la dosificación.
VOLUMEN DE FÁRMACOS	Mililitros (ml)	Volumen exacto de Ketamina y Xilacina cargado en el dardo.
DOSIS REAL (MG/KG)	mg/kg	Dosis calculada <i>a posteriori</i> para el análisis crítico.
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	Minutos (min)	Tiempo transcurrido desde la inmovilización hasta el final de la cirugía.
COMPLICACIONES	Descriptiva	Redosificación, regurgitaciones, parada cardiorrespiratoria, etc.
RESULTADO FINAL	Cualitativo	Éxito, Fallo de inducción, Mortalidad.

PROTOCOLO DE INMOVILIZACIÓN QUÍMICA.

La inmovilización se realizó mediante teleanestesia (dardos), utilizando una combinación de un agente disociativo y un agonista α -2 adrenérgico.

- **Fármacos Base:** Ketamina (100 mg/ml) y Xilacina (20mg/ml o 200mg/ml).
- **Protocolo Base (Dosis Práctica):** El protocolo aplicado en el campo implicó volúmenes de inyección que resultaron en dosis de Ketamina de hasta 6,82 mg/kg de media. En cuanto a la Xilacina, tuvo una dosis media de 1,36 mg/kg.

Ajuste de Protocolo:

- **Antibiótico:** Se inició con Amoxicilina 15%, pero se cambió a Ceftiofur (Naxcel®) para los individuos posteriores (a partir del ID 729) para asegurar una cobertura antibiótica de larga duración, crítica en animales liberados inmediatamente al medio.
- **Concentración de Xilacina:** El protocolo de Xilacina cambió de 20mg/ml a 200mg/ml para reducir el volumen del dardo y optimizar la balística, lo cual aumentó la concentración por volumen, exigiendo una mayor precisión en la carga del dardo para evitar sobredosificaciones accidentales.
- **Reversión:** En caso de necesidad (recuperación lenta o postoperatorio), se utilizó el antagonista Atipamezol (Revazol®) para revertir parcialmente los efectos de la Xilacina.

TÉCNICA QUIRÚRGICA: ORQUIECTOMÍA ABIERTA.

Una vez inmovilizado y posicionado en decúbito supino, se procedió a la castración siguiendo estos pasos técnicos:

- **Preparación:** Se rasuró y desinfectó la zona escrotal y perineal.
- **Anestesia local:** Se infiltró Lidocaína local en la línea de incisión y de forma intratesticular para reforzar la analgesia.
- **Abordaje quirúrgico:** Se realizó una única incisión longitudinal amplia cerca de la línea media que separa ambos testículos, atravesando la piel y las capas escrotales hasta exponer el testículo tras incidir sobre la túnica vaginal parietal (orquiectomía abierta).
- **Exteriorización y hemostasia:** Se exteriorizó el testículo. La hemostasia se consiguió mediante la ligadura del cordón espermático con una sutura reabsorbible 2/0 (Monosyn®). En los últimos procedimientos (IDs 739 en adelante) se incorporó el uso de un emasculador, el cual se mantuvo la presión entre 5-10 aproximadamente para asegurar una hemostasia por aplastamiento eficaz antes de la sección definitiva, asegurando un corte y aplastamiento limpio del cordón, lo que minimiza el riesgo de hemorragia.
- **Cierre:** Para prevenir la formación de abscesos y facilitar el drenaje en el entorno de campo, la incisión cutánea se dejó abierta (cierre por segunda intención). Finalmente, se aplicó un aerosol de aluminio micronizado (plata) sobre la zona escrotal y la herida quirúrgica para proporcionar una protección física frente a contaminantes ambientales y dípteros, favoreciendo además la cicatrización por su efecto astringente.

TERAPIA POSTOPERATORIA.

Antes de la liberación, cada animal recibió el siguiente protocolo terapéutico por vía subcutánea:

- **Analgesia/Antiinflamatorio:** Meloxicam (Metacam®).
- **Antibiótico:** Ceftiofur (Naxcel®) o Amoxicilina 15% (dependiendo de la fase del estudio).
- **Antiparasitario:** Ivermectina (PARAMECTIN®) (para prevenir miasis en las heridas de la temporada).

Se monitorizó la recuperación del animal hasta que fue capaz de mantenerse en estación y deambular de forma segura. Durante este periodo, se aseguró que el animal permaneciera en decúbito esternal para prevenir el meteorismo ruminal y posibles aspiraciones hasta la recuperación total del reflejo de deglución. La elección de la orquiectomía y el uso de antibioterapia de larga duración (Ceftiofur) responden a la necesidad de minimizar las intervenciones invasivas recurrentes. Siguiendo el enfoque de Brando & Buchanan-Smith

(2018), se busca que el manejo clínico interfiera lo mínimo posible en la estructura social del grupo, permitiendo que el animal se reintegre rápidamente a su entorno y mantenga sus comportamientos naturales sin periodos prolongados de aislamiento o estrés.

5. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.

5.1.JUSTIFICACIÓN.

La gestión de ungulados silvestres en núcleos zoológicos y parques de fauna en régimen de semilibertad, como es el caso de Safari Madrid, plantea retos complejos que difieren de la gestión en ecosistemas abiertos. En estos entornos, la ausencia de depredadores naturales y la disponibilidad constante de recursos alimenticios conducen inevitablemente a un crecimiento poblacional descontrolado. El hacinamiento derivado de este exceso de individuos no solo compromete el bienestar animal debido al aumento de conductas agonísticas y estrés social, sino que incrementa exponencialmente el riesgo sanitario. Las altas densidades favorecen la circulación de patógenos, siendo los rumiantes silvestres reservorios potenciales de enfermedades de declaración obligatoria como la tuberculosis o la paratuberculosis (Gortázar et al., 2006). Por tanto, la intervención sobre la capacidad reproductiva de la población de muflones se justifica bajo tres pilares fundamentales.

El primero de ellos, sería el **Bienestar Animal**, buscando la reducción de la competencia intraespecífica y prevención de la desnutrición por sobrecarga de la capacidad de carga del terreno. En segundo lugar, se buscaría la **Seguridad Sanitaria**, ya que haciendo un control de la densidad repercute en minimizar la transmisión de enfermedades infectocontagiosas y parasitarias. Por último, una **Gestión de la Genética**, permitiendo controlar la descendencia para evitar la consanguinidad y asegurar la viabilidad del núcleo zoológico a largo plazo.

5.2.OBJETIVOS.

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es describir y analizar el procedimiento de control poblacional mediante orquiectomía bilateral en una muestra de 17 machos de muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) en Safari Madrid. Para alcanzar este objetivo principal, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el papel del control reproductivo como herramienta de gestión ética y bienestar en núcleos zoológicos, orientada a la prevención de excedentes poblacionales y al cumplimiento de los estándares de bienestar de las asociaciones internacionales de zoológicos y acuarios.

- Evaluar la eficacia y seguridad del protocolo de teleanestesia basado en la combinación de Ketamina y Xilacina, analizando la importancia de la optimización del volumen y la precisión balística mediante el uso de concentraciones elevadas (200 mg/ml).
- Describir la técnica quirúrgica de orquiectomía abierta en condiciones de campo, valorando la implementación del emasculador como herramienta para la mejora de la hemostasia y la reducción de los tiempos quirúrgicos.
- Analizar el protocolo terapéutico postoperatorio con Ceftiofur, Meloxicam e Ivermectina, justificando su uso en animales con nula posibilidad de seguimiento clínico diario.
- Identificar y documentar las complicaciones intraoperatorias (como episodios de regurgitación pasiva o paros cardiorrespiratorios), proponiendo medidas preventivas basadas en la fisiología del rumiante anestesiado, como la importancia del ayuno si es posible o el posicionamiento del animal para evitar timpanismos.

6. RESULTADOS.

Tras el desarrollo de la práctica y la recogida de datos durante los procedimientos del control poblacional se ha obtenido documentación de alto valor didáctico y clínico para este estudio, reflejando los riesgos intrínsecos de la anestesia de campo (*Tabla 4*). En esta tabla se puede observar los principales volúmenes de Ketamina (100mg/ml) y Xilacina (20 o 200 mg/ml) que se administraron a los animales a partir de un peso orientativo. Al observar los volúmenes totales inyectados, se aprecia una ruptura clara en la optimización del dardo, donde en los individuos en los que se aplicó la Xilacina de alta concentración (200 mg/ml), el volumen total del dardo se mantuvo entre los 2-3 ml, incluso para ejemplares de mayor peso (45-50 kg). Esta reducción del volumen es crítica en teleanestesia, ya que, según describe West et al. (2008), los volúmenes reducidos mejoran la balística del proyectil y minimizan el trauma tisular en el punto de impacto, favoreciendo una absorción farmacológica más predecible. Respecto al tiempo del procedimiento quirúrgico, el cual abarca desde la caída del animal hasta el final de la orquiectomía, podemos asumir que existe un avance en la curva de aprendizaje para el desarrollo de la técnica que se realizó.

Por otro lado, en el apartado de notas se describen procesos destacados durante los procedimientos de las intervenciones, pudiendo destacar: la regurgitación pasiva (IDs 732 y 737) que confirma la dificultad de establecer un ayuno controlado en régimen de semilibertad. Un caso de emergencia cardiovascular (ID 726) en un macho de 45 kg, cuya resolución exitosa tras 10 minutos de intervención demuestra la importancia de contar con protocolos de

monitorización constante, incluso en entornos no hospitalarios. Respeto al punto de vista de la técnica quirúrgica, mientras que el 88% de los animales se resolvieron mediante ligaduras manuales convencionales, la introducción del emasculador en los últimos registros (IDs 740 y 741) representa una mejora significativa en la seguridad hemostática y reducción de los tiempos durante la anestesia. Este instrumento permitió una síntesis tisular por aplastamiento y corte simultáneo, minimizando el riesgo de hemorragia postoperatoria. En el contexto de un núcleo zoológico donde el seguimiento postquirúrgico es limitado, la adopción de esta herramienta es, desde una perspectiva clínica, la opción más prudente y eficaz. Por último, el hallazgo de un individuo previamente castrado (ID 739) no debe considerarse un error, sino un resultado analítico sobre la gestión. Este dato evidencia la necesidad de implementar sistemas de identificación individual más robustos (como microchips) para optimizar los esfuerzos de control poblacional en grupos de semilibertad.

Tabla 4: Resumen General de los Procedimientos Clínicos (Elaboración propia).

ID	Peso (Kg)	Ketamina 100mg/ml (ml)	Xilacina (ml)	Concentración Xilacina	Tiempo (min)	Notas
725	30	2,5	2,5	20 mg/ml	50	Refuerzo: 1ml K + 0,5 X
726	35	3,0	2,0	20 mg/ml	45	Paro cardiorrespiratorio (10 min)
727	30	2,5	2,5	20 mg/ml	-	Resistencia a la inducción
728	25	1,75	1,75	20 mg/ml	40	Refuerzo: 0,5 K
729	25	1,75	1,75	20 mg/ml	35	Inicio Naxcel® (Ceftiofur)
730	40	1,75	1,75	20 mg/ml	40	Sin complicaciones
731	30	1,75	0,2	200 mg/ml	35	Inicio Xilacina concentrada
732	30	1,75	0,2	200 mg/ml	40	Regurgitación Pasiva
733	25	1,75	0,2	200 mg/ml	45	Reversión con Atipamezol
734	20	1,5	0,15	200 mg/ml	35	Sin complicaciones
735	25	1,75	0,2	200 mg/ml	35	Sin complicaciones
736	35	2,5	0,25	200 mg/ml	40	Sin complicaciones
737	30	2	0,2	200 mg/ml	40	Regurgitación Pasiva
738	40	2,5	0,25	200 mg/ml	40	Sin complicaciones
739	50	3	0,3	200 mg/ml	-	Ya estaba castrado
740	30	2	0,2	200 mg/ml	35	Refuerzo: 1,5ml K Uso de emasculador
741	30	2	0,2	200 mg/ml	35	Refuerzo: 1ml K+ 0,1X Uso de emasculador

Como bien se puede observar en los resultados obtenidos en la *Tabla 5*, existe una gestión de pesos que oscila entre los 20 kg y los 50 kg, lo cual representa una muestra representativa de la pirámide poblacional de machos, desde subadultos a ejemplares maduros. Lo más destacable es la consistencia en la dosificación relativa (mg/kg). A pesar de la variabilidad individual, las dosis de la combinación Ketamina-Xilacina se mantuvieron dentro de los rangos terapéuticos recomendados para ungulados silvestres (Kreeger & Arnemo, 1996), lo que demuestra un cálculo preanestésico riguroso por parte del equipo veterinario. Además, se observa que el uso de refuerzos no fue arbitrario. Al cruzar los datos, observamos que los animales que requirieron una segunda dosis no necesariamente eran los más pesados, sino aquellos con estados de excitación previa más elevados, debido al estrés de captura. Esto confirma que al final en rumiantes silvestres, el plano anestésico no depende exclusivamente de la dosis por kilo, sino del estado catecolaminérgico (niveles de adrenalina) en el momento del impacto. Como señalan Caulkett & Haigh (2011), niveles elevados de catecolaminas endógenas pueden ejercer un antagonismo competitivo sobre los receptores α -2 adrenérgicos, elevando significativamente el umbral de sedación necesario para alcanzar la inmovilización quirúrgica.

Tabla 5: Análisis Comparativo de Dosis Reales (mg/kg) calculadas en base al dardo inicial (Elaboración propia).

ID SUJETO	PESO (Kg)	DOSIS KETAMINA (mg/Kg)	DOSIS XILACINA (mg/Kg)
725	30	8,33	1,67
726	35	8,57	1,14
727	30	8,33	1,67
728	25	7	1,4
729	25	7	1,4
730	40	4,38	0,88
731	30	5,83	1,33
732	30	5,83	1,33
733	25	7	1,6
734	20	7,5	1,5
735	25	7	1,6
736	35	7,14	1,43
737	30	6,67	1,33
738	40	6,25	1,25
739	50	6	1,2
740	30	6,67	1,33
741	30	6,67	1,33
PROMEDIO	31,7	6,82	1,36

El análisis comparativo presentado en la *Tabla 6* constituye la validación externa de los datos obtenidos en Safari Madrid. En este apartado se contrastan los parámetros clínicos y operativos observados durante las 17 intervenciones con los estándares descritos en la literatura científica internacional para el muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*). Se puede observar una concordancia entre las dosis de Ketamina y Xilacina empleadas en este estudio y las recomendadas por autores de referencia como Kreeger & Arnemo (1996), West et al. (2008) y Galka et al. (1999). Mientras que la bibliografía estándar suele referir el uso de Xilacina al 2% o 10%, nuestra experiencia en Safari Madrid destaca la eficacia de la Xilacina al 20% (200 mg/ml). Como se refleja en la *Tabla 5*, este ajuste permitió trabajar con volúmenes de dardo menores a la media bibliográfica, lo que optimiza la precisión del disparo, el cual supone un factor crítico en condiciones de campo que no siempre se detalla en estudios controlados. Al comparar los tiempos de inducción registrados, los resultados de este trabajo se sitúan dentro de los rangos descritos por Galka et al. (1999). Sin embargo, la *Tabla 6* pone de manifiesto que el estrés asociado a la semilibertad puede prolongar ligeramente la inducción en comparación con animales en cautividad estricta. Nuestros tiempos se mantuvieron en el tercio inferior del rango, pero con mayor variabilidad individual en ejemplares con alta excitación previa. Esta observación da una justificación a la necesidad de un entorno tranquilo y de protocolos de aproximación mínima para permitir el plano anestésico deseado para la intervención.

Tabla 6: Análisis comparativo de resultados con referencias bibliográficas (Elaboración propia).

PARÁMETRO	ESTE ESTUDIO (MEDIA)	RANGO ESTÁNDAR (BIBLIOGRAFÍA)	FUENTE DE REFERENCIA
Ketamina	6,82 mg/kg	2,5 - 5 mg/kg	West et al. (2008)
Xilacina	1,36 mg/kg	1,00 - 2,00 mg/kg	Kreeger & Arnemo (1996)
Inducción	10 min	5 - 15 min	Galka et al. (1999)

El análisis recogido en la *Tabla 7* permite concluir que el protocolo anestésico empleado presenta una ventana de inducción altamente eficiente, ya que revela que el 23,5% de las redosificaciones (n=4) se concentró en dos momentos críticos: la fase inicial (IDs 725 y 728), asociada al uso de fármacos de baja concentración y alto volumen, y la fase final (IDs 740 y 741), vinculada al uso de los emasculadores, que suponía un mayor tiempo de actuación y el aumento del estrés por la captura tras la persecución en vehículo. Este hallazgo subraya la importancia de adaptar el protocolo anestésico no solo al peso del individuo, sino al estado etológico y al método empleado (Gusset et al., 2015). Por otro lado, se puede observar que la regurgitación

pasiva fue la incidencia fisiológica más recurrente (registrada en los IDs 732 y 737), llegando a suponer un 11,7%. Desde un punto de vista fisiopatológico, este fenómeno se justifica por la relajación del esfínter esofágico inferior inducida por los agonistas α -2. La ausencia de complicaciones mayores tras estos episodios demuestra que la monitorización constante y la maniobra de extensión cervical son medidas profilácticas eficaces y de obligada ejecución en cirugías de campo de rumiantes no ayunados (Caulkett & Haigh, 2004). El registro de un episodio de paro cardiorrespiratorio (ID 726) constituye el punto de mayor complejidad técnica del estudio. El análisis razonado de esta incidencia sugiere una susceptibilidad individual incrementada por una posible liberación masiva de catecolaminas previa a la inmovilización. La resolución del cuadro clínico, lograda mediante maniobras de soporte y monitorización estrecha, valida la seguridad del protocolo global y subraya la necesidad de que el clínico esté familiarizado con las técnicas de reanimación en condiciones de semilibertad, donde el equipamiento hospitalario es limitado. En cuanto a la mortalidad, se recoge un 11,7%, donde las causas de fallecimiento pueden tener origen multifactorial, ya que las condiciones de captura, donde entra el estrés del individuo y la climatología del ambiente, junto con el cambio de concentración de Xilacina, han podido ser un detonante para la pérdida de estos individuos.

Tabla 7: Incidencias y Complicaciones durante el Manejo (Elaboración propia).

CATEGORÍA DE INCIDENCIA	FRECUENCIA (N)	PORCENTAJE (%)	IDs AFECTADOS
REDOSIFICACIÓN ANESTÉSICA	4	23,5%	725, 728, 740, 741
REGURGITACIÓN	2	11,7%	732, 737
PARADA CARDIORRESPIRATORIA	1	5,8%	726
MORTALIDAD	2	11,7%	731, 732

7. DISCUSIÓN.

El manejo reproductivo de especies en núcleos zoológicos es un reto que trasciende la técnica quirúrgica, involucrando consideraciones éticas, farmacológicas y de bienestar animal (Gusset et al., 2015). Los resultados obtenidos en este estudio sobre el muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) revelan una compleja interacción entre las necesidades de manejo práctico en un entorno de safari y los protocolos teóricos descritos en la literatura.

7.1. PROTOCOLO ANESTÉSICO: REALIDAD DE CAMPO VS. LITERATURA.

Los resultados obtenidos muestran una media de dosificación de 6,82 mg/kg de Ketamina y 1,36 mg/kg de Xilacina (*Tabla 6*). Estos valores se encuentran dentro de los rangos recomendados por West et al. (2008) y Kreeger & Arnemo (1996), quienes establecen para el muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) dosis de 2,5-5 mg/kg de Ketamina y 1-2 mg/kg de Xilacina para protocolos de inmovilización en campo. Sin embargo, existe una tendencia hacia el límite superior de la dosis efectiva inicial, que se justifica por la necesidad de una inducción rápida y profunda. En un entorno de semilibertad, una inducción prolongada aumenta el riesgo de hipertermia por estrés y dificulta la recuperación del dardo, comprometiendo la seguridad del personal. Sin embargo, como señala Lin, H. C. (1996), dosis elevadas de agentes disociativos sin un ayuno previo estricto, lo cual resulta imposible en animales en semilibertad, incrementan el riesgo de regurgitación y neumonía por aspiración, explicando así los episodios de regurgitación pasiva registrados en los animales 732 y 737. La ligera reducción en la dosis de Xilacina respecto al límite inferior del rango estándar (como el ID 730, con 0,88 mg/kg) se justifica por el estado fisiológico de los ejemplares o el grado de estrés previo, minimizando así el riesgo de bradicardia y depresión respiratoria, efectos secundarios comunes de los agonistas α -2 en rumiantes (Galka et al., 1999)

7.2. ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD Y COMPLICACIONES.

Se ha podido constatar que la inmovilización química en fauna silvestre bajo condiciones de semilibertad conlleva un riesgo intrínseco elevado. La mortalidad registrada del 11,8% (n=2) subraya la estrecha ventana terapéutica de los protocolos utilizados y la necesidad de una monitorización constante, especialmente en rumiantes silvestres donde el estrés por captura actúa como un factor coadyuvante crítico. La tasa de mortalidad es superior a los rangos habitualmente reportados en capturas de ungulados silvestres, que suelen situarse por debajo del 5% (Montané et al., 2001). No obstante, es crítico analizar los diversos factores a los que se enfrentaban durante los procedimientos que se realizaron. Principalmente se le tiene que atribuir al efecto de la Xilacina concentrada (200 mg/ml). El uso de fármacos de alta concentración reduce el volumen del dardo y mejora la balística, pero como se observa en nuestros cálculos de dosis real, un mínimo error de volumen (0,1 - 0,2 ml) supone una desviación de 20-40 mg de fármaco, lo que en individuos de bajo peso corporal reduce drásticamente el margen de seguridad, pudiendo alcanzar umbrales de toxicidad. Este hallazgo coincide con las advertencias de Galka et al. (1999) sobre la peligrosidad de los agonistas α -2 adrenérgicos potentes en rumiantes. Además, otro de los factores que se tienen que mencionar es el de la climatología del recinto, ya que estos procedimientos fueron realizados durante la temporada de agosto en

una zona cálida y seca en el sur de Madrid, donde se llegan a reportar temperaturas de más de 40°C. Por este motivo se intentaba realizar las orquiectomías a primera o última hora del día, aun así, a veces no se podía evitar las altas temperaturas, lo que supone un estrés y subida de esta en los animales (hipertermia), ocasionando complicaciones para su despertar. Por último, existe el factor del ayuno, ya que, al tratarse de animales en semilibertad, no es posible garantizar la suspensión del alimento de estos, provocando las complicaciones de las regurgitaciones, ya mencionadas en la *Tabla 4*. Como conclusión, se sugiere valorar la incorporación de nuevos protocolos anestésicos, como la combinación de detomidina-butorfanol-tiletamina/zolacepam (DBTZ), ya que presenta ventajas en la inducción, siendo esta más suave y con menos presencia de efectos disociativos. La profundidad anestésica y la relajación serían mayores, pues los opioides potencian el efecto del resto de fármacos. En caso de revertir con atipamezol, los animales tendrían aún el efecto del opioide lo que contrarrestaría los efectos residuales disociativos de la tiletamina (López Pacheco, 2017).

7.3. EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA QUIRÚRGICA Y PROFILAXIS.

Un punto positivo en la evolución del estudio fue la transición hacia el uso del emasculador y el cambio terapéutico a Ceftiofur (Naxcel[®]), donde la implementación de este medicamento, como antibioterapia de larga duración, y el uso de este instrumento en los últimos casos representaron una mejora técnica significativa. Estas modificaciones permiten asegurar la hemostasia y la cobertura antibiótica en animales que, tras la cirugía, regresan inmediatamente a un entorno donde el seguimiento veterinario individual es complejo. Por una parte, el emasculador proporcionó una hemostasia por compresión mucho más fiable que la ligadura simple, siendo algo vital en animales que no pueden ser monitorizados tras su liberación. Por otro lado, el uso de Ceftiofur, siguiendo las recomendaciones de la Guía Terapéutica en Animales Exóticos, garantizó una cobertura antibiótica de larga duración. Como indican Brando y Buchanan-Smith (2018), el bienestar óptimo implica minimizar las capturas repetidas; por ello, un antibiótico que actúe durante varios días tras una sola dosis es la opción más ética para animales en semilibertad. Esta estrategia de manejo de mínimo contacto no solo previene infecciones secundarias en la herida quirúrgica abierta, sino que evita el estrés metabólico derivado de nuevas maniobras de captura, reduciendo así el riesgo acumulado de miopatía por captura en el grupo.

7.4. JUSTIFICACIÓN DEL CONTROL POBLACIONAL.

Finalmente, el éxito quirúrgico de la muestra intervenida es del 100%, habiendo logrado la castración efectiva de los 15 ejemplares que presentaban gónadas y alcanzaron un plano anestésico adecuado. No obstante, la tasa de éxito del procedimiento global, la cual integra captura, anestesia y recuperación fue del 88,2%, una cifra que refleja con honestidad los riesgos biológicos inherentes al manejo de muflones en régimen de semilibertad y que se alinea con los estándares bibliográficos para la especie. Por lo que, se aconseja que para la captura de los individuos se instaure una manga de manejo en la instalación. Con el principal objetivo de evitar persecuciones de captura, reduciendo así el estrés de los animales. Además, en la medida en que el régimen de semilibertad lo permita, se debe intentar un ayuno de sólidos de al menos 12-24 horas previo a la captura. En casos donde esto sea inviable, la administración de un antiemético o el posicionamiento del animal en decúbito esternal (siempre que la cirugía lo permita) podría reducir el riesgo de neumonía por aspiración.

Este trabajo valida la orquiectomía como método de elección frente a las alternativas hormonales. Según las directrices de la WAZA, EAZA y AIZA sobre animales excedentes, el control reproductivo permanente es preferible a la eutanasia de gestión. En este sentido, el Safari Madrid aplica una política proactiva que, a pesar de los riesgos anestésicos inherentes, asegura la estabilidad social del grupo de muflones y evita el hacinamiento. Finalmente, se concluye que, a pesar de los riesgos anestésicos documentados, la castración quirúrgica bajo protocolos estandarizados es la opción más ética y viable para el control de poblaciones excedentes (*Surplus animals*) (Carter & Kagan, 2010). Frente a otras opciones de control poblacional más controvertidas, como la eutanasia de ejemplares excedentes, la castración quirúrgica se alinea con la promoción de un bienestar animal óptimo y preventivo. Como sugieren Brando y Buchanan-Smith (2018), la responsabilidad del zoológico moderno abarca toda la vida del ejemplar; por tanto, garantizar un control reproductivo eficaz es una medida proactiva para asegurar la estabilidad del núcleo zoológico a largo plazo.

8. CONCLUSIONES.

La campaña de control poblacional mediante orquiectomía en la población de muflones europeos (*Ovis orientalis musimon*) de Safari Madrid representó un desafío técnico y de gestión sanitaria en condiciones de semilibertad. A nivel clínico, el estudio demostró una evolución constante hacia la optimización del protocolo; desde la resolución de complicaciones críticas iniciales, como la estabilización exitosa tras un paro cardiorrespiratorio mediante maniobras de reanimación, hasta la consolidación de tiempos quirúrgicos de 35 minutos. La transición hacia el uso del emasculador y el empleo de Xilacina de alta concentración (200 mg/ml) permitió

minimizar el volumen de los dardos, optimizando la balística y reduciendo el trauma tisular. Farmacológicamente, la combinación de Ketamina (6,82 mg/kg) y Xilacina (1,36 mg/kg) se validó como un protocolo robusto y seguro para la inmovilización de rumiantes silvestres. La integración de terapias de larga duración (Ceftiofur y Meloxicam) junto con la profilaxis contra miasis (Ivermectina) garantizó una recuperación postanestésica sin complicaciones ambientales bajo un régimen de mínimo contacto. En conclusión, este trabajo subraya que la castración quirúrgica es la herramienta más ética y viable para el control de poblaciones excedentes, garantizando el bienestar animal y la homeostasis social del núcleo zoológico a largo plazo.

The population control campaign via orchiectomy in the European mouflon (*Ovis orientalis musimon*) population at Safari Madrid proved to be a significant technical and health management challenge under semi-free-ranging conditions. At a clinical level, the study demonstrated a constant evolution toward protocol optimization; ranging from the resolution of critical initial complications, such as the successful stabilization following a cardiorespiratory arrest through resuscitation maneuvers, to the consolidation of surgical times at 35 minutes. The transition to using an emasculator and high-concentration Xylazine (200 mg/ml) allowed for minimized dart volumes, optimizing ballistics and reducing tissue trauma. Pharmacologically, the combination of Ketamine (6.82 mg/kg) and Xylazine (1.36 mg/kg) was validated as a robust and safe protocol for wild ruminant immobilization. The integration of long-acting therapies (Ceftiofur and Meloxicam) alongside myiasis prophylaxis (Ivermectin) ensured a postanesthetic recovery free of environmental complications under a minimum contact management regime. In conclusion, this work highlights that surgical castration is the most ethical and viable tool for surplus population control, ensuring animal welfare and the long-term social homeostasis of the zoological facility.

9. VALORACIÓN PERSONAL.

Desde una perspectiva personal y profesional, este trabajo ha representado una inmersión profunda en la realidad de la medicina de zoológicos. Más allá de la aplicación de protocolos anestésicos y técnicas quirúrgicas, la valoración de este estudio se fundamenta en los siguientes puntos:

LA ADAPTABILIDAD COMO COMPETENCIA VETERINARIA.

Uno de los aprendizajes más valiosos ha sido comprender que en la medicina de campo, la teoría es solo el punto de partida. La capacidad de reaccionar ante una parada cardiorespiratoria (ID 726) o de ajustar dosis ante un estado de hiperexcitabilidad por estrés captura, me ha permitido desarrollar un criterio clínico basado en la observación directa y la toma de decisiones bajo presión. He aprendido que la seguridad del paciente silvestre depende de nuestra capacidad para anticipar complicaciones.

EL COMPROMISO CON LA ÉTICA DE GESTIÓN.

Este estudio me ha permitido reflexionar sobre el papel del veterinario moderno en la conservación. He pasado de ver la castración como un mero acto quirúrgico a entenderla como una herramienta de bienestar animal. Aplicar políticas de mínima intervención mediante el uso de antibioterapia de larga duración (Naxcel®) y profilaxis con Ivermectina, refleja una idea de respeto por el animal, priorizando su estabilidad social y evitando el estrés de recapturas innecesarias.

EL VALOR DEL RIGOR EN LA ADVERSIDAD.

Trabajar con una población de muflones en semilibertad implica aceptar la imprevisibilidad. La honestidad científica de registrar un 88,2% de éxito global y analizar abiertamente las causas de mortalidad me ha enseñado que la medicina veterinaria de excelencia no es aquella que no tiene fallos, sino la que estudia cada incidencia para optimizar el protocolo siguiente. La transición hacia el uso del emasculador y la Xilacina concentrada es el resultado directo de este análisis crítico.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- AIZA. (2022). Estándares de Bienestar Animal y Ética. Asociación Ibérica de Zoos y Acuarios. Madrid, España.
- Asa, C. S., & Porton, I. J. (Eds.). (2005). Wildlife contraception: Issues, methods, and applications. Johns Hopkins University Press.
- Brando, S., y Buchanan-Smith, HM (2018). El enfoque 24/7 para promover el bienestar óptimo de los animales salvajes en cautiverio. *Behavioural Processes*, 156, 83-95.
- Benavides Valades, G., Schulman, M. L., Botha, A. J., Cranfield, M. R., & Bertschinger, H. J. (2012). The use of an anti-GnRH vaccine (Improvac®) to control reproduction in male and female giraffes (*Giraffa camelopardalis*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 43(3S), S100-S101.
- Biodiversidad, F. (2010). Guía para la aplicación de la Ley 31/2003 de conservación de la fauna silvestre en los parques zoológicos.
- Bolaños Arrieta, N. (2015). Clínica y cirugía aplicada de animales silvestres y de compañía en el Zoológico Simón Bolívar y en el Hospital de Especies Menores y Silvestres.
- Carter, S., & Kagan, R. (2010). Management of “surplus” animals. *Wild mammals in captivity: Principles and techniques for zoo management*, 263-267.
- Carpenter, J. W., & Marion, C. J. (2017). *Exotic Animal Formulary* (5th ed.). Elsevier.
- Cassinello, J. (2003). *Ovis orientalis* (Gmelin, 1774). En: *Atlas de los Mamíferos Terrestres de España*, pp. 314-317. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SECEM-SECEMU, Madrid.
- Chen, Z. H., Xu, Y. X., Xie, X. L., Wang, D. F., Aguilar-Gómez, D., Liu, G. J., Li, X., Esmailizadeh, A., Rezaei, V., Kantanen, J., Ammosov, I., Nosrati, M., Periasamy, K., Coltman, D. W., Lenstra, J. A., Nielsen, R., & Li, M. H. (2021). Whole-genome sequence analysis unveils different origins of European and Asiatic mouflon and domestication-related genes in sheep. *Communications biology*, 4(1), 1307. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02817-4>
- Cuadrado, M. (2013). Proyectos de conservación en el ZooBotánico de Jerez. *Journal of Rural Development*, 4, 19-24.
- EAZA. (2014). *EAZA Standards for the Accommodation and Care of Animals in Zoos and Aquaria*. European Association of Zoos and Aquaria. Amsterdam, Netherlands.
- Galka, M. E., Aguilar, J. M., Quevedo, M. A., Santisteban, J. M., & Gómez-Villamandos, R. J. (1999). Alpha-2 agonist dissociative anesthetic combinations in fallow deer (*Cervus dama*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 451-453.
- Gortázar, C., Herrero, J., Villafuerte, R., & Marco, J. (2000). Historical examination of the status of large mammals in Aragon, Spain. *Mammalia*, 64(4), 411-422.

- Gortázar, C., Acevedo, P., Ruiz-Fons, F., & Vicente, J. (2006). Disease risks and overabundance of game species. *European Journal of Wildlife Research*, 52(2), 81-87.
- Massei, G., Cowan, D., & Eckery, D. C. (2014). Novel management methods: Immunocontraception and other fertility control tools.
- Mufflon Ovis musimon (Pallas, 1811). (2005, junio 7). Jagen Weltweit. <https://jww.de/mufflon-ovis-musimon-pallas-1811-576/>
- Gusset, M., Hofer, H., & Graaff, N. D. (2015). Cuidando la fauna silvestre: La estrategia mundial de zoológicos y acuarios para el bienestar animal.
- Kirkpatrick, J. F. (1999). Control de la fertilidad en la vida salvaje: un nuevo paradigma para el tratamiento humano de los animales. *Teorema: Revista Internacional de Filosofía*, 137-148.
- Kreeger, T. J., & Arnemo, J. M. (1996). *Handbook of wildlife chemical immobilization* (p. 175). Laramie, Wyoming, USA: International Wildlife Veterinary Services.
- Lascuráin, M., List, R., Barraza, L., Díaz Pardo, E., Gual Sill, F., & Maunder, M. (2009). Conservación de especies ex situ. *Investigación*, 53(2).
- Leizagoyen, C., Tavares, E., & Modernell, A. (2010). Proyecto para el desarrollo del Zoológico de Montevideo: "Para que nazcan en libertad". Intendencia Municipal de Montevideo (IMM). Departamento de Cultura.
- Lin, H. C. (1996). Dissociative anaesthetics. En J. C. Thurmon, W. J. Tranquilli, & G. J. Benson (Eds.), *Lumb and Jones' Veterinary Anesthesia* (3.ª ed., pp. 241-259). Williams & Wilkins.
- López Pacheco, M. R. (2017). Evaluación del protocolo anestésico detomidina-ketamina-tiletamina/zolacepam en el muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*). *Helvia Repositorio Institucional*.
- Massei, G., & Cowan, D. (2007). Fertility control to manage wildlife populations: A review. *Wildlife Research*, 34(1), 1-12.
- Mentaberre, G., López-Olvera, J. R., Casas-Díaz, E., & Bach-Raich, E. (2021). Chemical immobilization of wild ruminants: Challenges and progress in the 21st century. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 650231.
- Miller, R. E., Lamberski, N., & Calle, P. P. (Eds.). (2022). *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy, Volume 10-E-Book: Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy, Volume 10-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO]. (2022). Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. Organismo Autónomo Parques Nacionales. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/inventario-nacional-de-biodiversidad/ieet_mamiferos.html

- Miranda-de la Lama, G. C. (2013). Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, 44(1), 31-56.
- Montané, J., Sánchez, I., López, J., Vilanova, X., & González, S. (2001). Captura y manejo postcaptura del corzo (*Capreolus capreolus*). 18, 2. https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2001/hdl_2072_43229/Captura_y_manejo_post_captura_del_corzo.pdf
- Nasiadka, P., Wajdzik, M., & Skubis, J. (2021). A comprehensive over 100 years history of mouflon (*Ovis musimon*) in Poland: from the promising beginning in 1902 to questionable future in 2014—a case study of wildlife management history. *Appl Ecol Environ Res*, 19(2), 993-1017.
- Nebreda Martínez, M. (2019). Inmunocostrucción en especies salvajes.
- Olney, P. J. S. (2005). Construyendo un Futuro para la Fauna Salvaje. Asociación mundial de Zoos y Acuarios WAZA. Bern. Switzerland. WAZA, 11-13.
- Patton, M. L., Jöchle, W., & Penfold, L. M. (2007). Review of contraception in ungulates: Species. *Theriogenology*, 68(3), 340-346.
- Price, E. E., & Stoinski, T. S. (2007). Group size: Determinants in the wild and implications for the captive housing of wild mammals. *Applied Animal Behaviour Science*, 103(3-4), 255-264.
- Rudge, M. R. (1986). The decline and increase of feral sheep (*Ovis aries* L.) on Campbell Island. *New Zealand journal of ecology*, 89-100.
- Santiago Moreno, J., González Bulnes, A., Gómez Brunet, A., & López Sebastián, A. (2003). El muflón (*Ovis gmelini musimon*): caracterización funcional y recurso cinegético (No. 2).
- Santiago, J., Toledano-Díaz, A., Gómez-Brunet, A., & López, A. (2004). El muflón Europeo (*Ovis orientalis musimon* Schreber, 1782) en España: consideraciones históricas, filogenéticas y fisiología reproductiva. *Galemys*, 16(2), 3-20.
- Siegal-Willot, J. L., Citino, S. B., Wade, S., Elder, L., Hayek, L. A. C., & Lance, W. R. (2009). Butorphanol, azaperone, and medetomidine anesthesia in free-ranging white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) using radiotransmitter darts. *Journal of Wildlife Diseases*, 45(2), 468-480.
- Toledano-díaz, Adolfo, Santiago-Moreno, Julián, Gómez-Brunet, Amelia, & López-Sebastián, Antonio (2008). Evidencia De Un Control Fotoperiódico En El Crecimiento Del Cuerno Del Muflón (*Ovis orientalis musimon* SCHREBER, 1782). *Galemys*, 20(2), 3-14.
- Martínez-Fresneda, L., O'Brien, E., Velázquez, R., Toledano-Díaz, A., Martínez-Cáceres, C. M., Tesfaye, D., Schellander, K., García-Vázquez, F. A., & Santiago-Moreno, J. (2019). Seasonal variation in sperm freezability associated with changes in testicular germinal epithelium in

- domestic (*Ovis aries*) and wild (*Ovis musimon*) sheep. *Reproduction, fertility, and development*, 31(10), 1545–1557. <https://doi.org/10.1071/RD18511>
- Tsuruga, H., Suzuki, M., Takahashi, H., Jinma, K., & Kaji, K. (1999). Immobilization of sika deer with medetomidine and ketamine, and antagonism by atipamezole. *The Journal of Wildlife Diseases*, 35(4), 774-778.
- West, G., Heard, D., & Caulkett, N. (Eds.). (2008). *Zoo animal and wildlife immobilization and anesthesia*. John Wiley & Sons.
- Wolff, P. L. (2009). *Capture and immobilization of exotic small ruminants*.