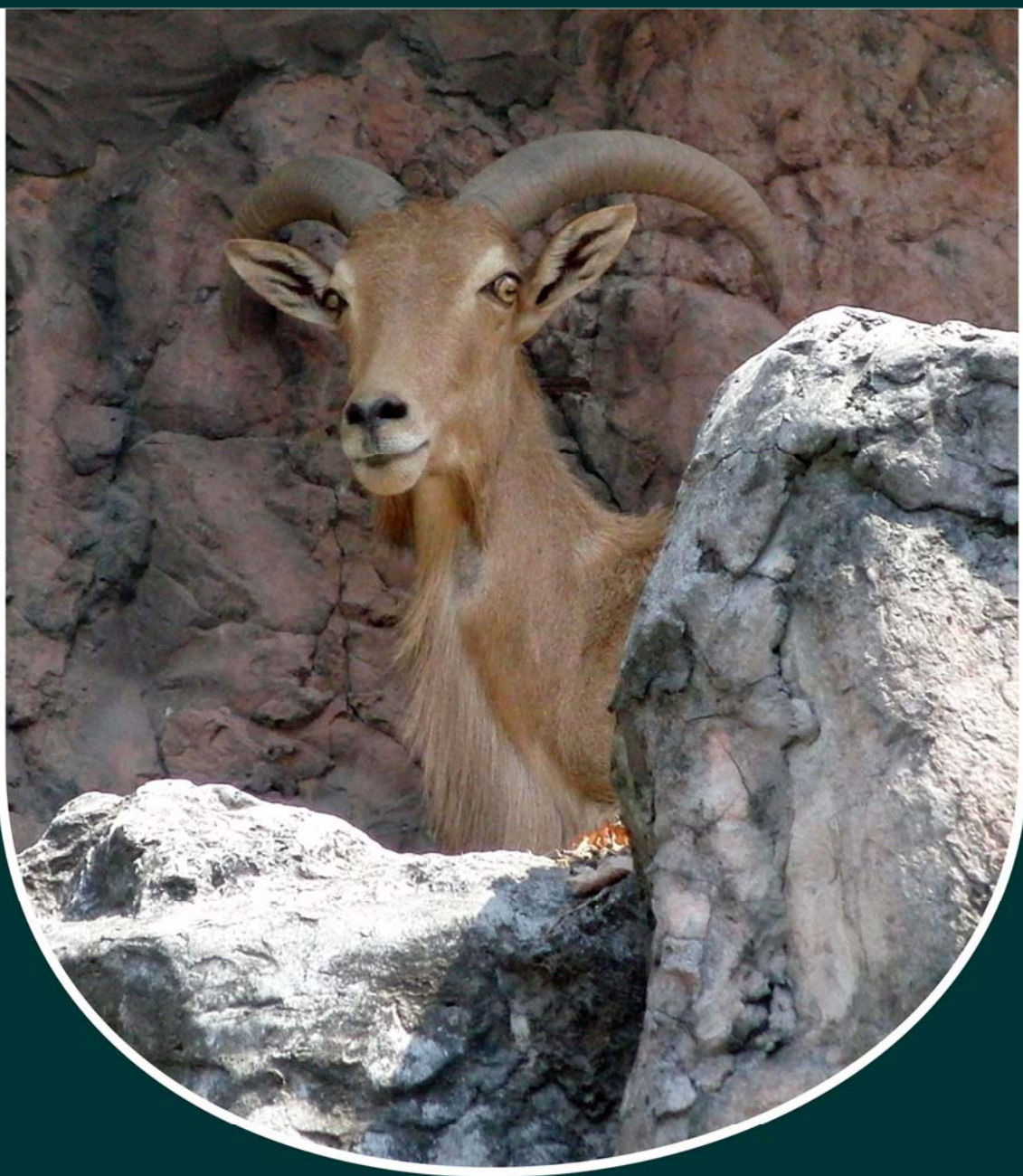


Solicitud de la NATURALIZACIÓN DEL ARRUI

Informe final (Febrero 2022)

Equipo científico

Dr. Jorge Cassinello Roldán (EEZA-CSIC)
Dr. Jordi Bartolomé Filella (UAB)
Dr. Alfonso San Miguel Ayanz (UPM)
Dra. Elena Albanell (UAB)

Equipo coordinador

Dr. Carlos Sánchez (Fundación Artemisan)
Gonzalo Varas (Fundación Artemisan)
Luis Fernando Villanueva (Fundación Artemisan)

Región de Murcia

artemisan FUNDACIÓN

ÍNDICE

1. Antecedentes 1

2. Introducción al estudio alimenticio comparado entre arrui y cabra montés. Determinación del grado de incidencia en pastos y matorrales. 1

2.1. *Problemática sobre la presencia del arrui en territorio español* 2

2.2. *Aspectos legales relativos a la presencia del arrui como especie exótica en España* 3

2.3. *Distribución del arrui en Europa* 4

2.4. *Estado de conservación del arrui* 5

2.5. *Gestión y manejo del arrui* 5

2.6. *Necesidad de llevar a cabo este estudio* 6

3. Fundamentos, hipótesis y objetivos 7

3.1. *Hipótesis de trabajo* 7

3.2. *Objetivos generales* 8

3.3. *Objetivos específicos* 8

4. Material y Métodos 8

4.1 *Recogida de muestras en el campo* 8

4.2 *Estima del tamaño de las poblaciones y la capacidad de carga sostenible* 15

4.3 *Análisis de muestras en el laboratorio* 16

4.4 *Análisis estadísticos* 18

5. Resultados 18

6.1 *Recogida de muestras en el campo* 18

6.2 *Estima del tamaño de las poblaciones objeto del estudio* 21

6.3 *Estima de la capacidad de carga sostenible* 22

6.4 *Análisis de muestras en el laboratorio* 23

6.5 *Análisis estadísticos* 29

6.6 *Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)* 31

6.7 *Alcance de los objetivos originariamente planteados* 41

6. Discusión 41

6.1 *Incidencia trófica de arruis y cabras monteses* 41

6.1 *Implicaciones ecológicas y propuestas de gestión* 43

7. Conclusiones del estudio en base a los resultados obtenidos 44

8. Bibliografía 45

1. Antecedentes

Con fecha de 23/07/2020 la Dirección General de Función Pública de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia emite el informe favorable sobre la propuesta del expediente de contratación del servicio de "Elaboración de una memoria justificativa para solicitar la naturalización del Arruí" solicitado por la Secretaría General de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

Con el fin de poder elaborar la memoria justificativa para solicitar la naturalización del arruí (*Ammotragus lervia*), se realiza un estudio alimenticio comparado entre el arrui y la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en zonas montañas de la Región de Murcia, con el fin de determinar el grado de incidencia de estas especies en pastos y matorrales.

En el estudio alimenticio participan los investigadores Dr. Jorge Cassinello Roldán (EEZA-CSIC), Dr. Jordi Bartolomé Filella, Dra. Elena Albanell (UAB), Dr. Alfonso San Miguel Ayanz (UPM), el técnico Sergio Eguía (Mendijob S.L.) y los investigadores Carlos Sánchez Garcia-Abad y Gonzalo Varas Romero (ARTEMISAN) en las funciones de coordinación.

2. Introducción al estudio alimenticio comparado entre arrui y cabra montés. Determinación del grado de incidencia en pastos y matorrales.

Por medio del uso de la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS), se pretende establecer una medida fiable del comportamiento trófico comparado de herbívoros silvestres a través del análisis fecal en el laboratorio. Se desarrollan ecuaciones de calibración NIRS para predecir el porcentaje de plantas leñosas y herbáceas de la dieta de una especie catalogada como invasora en España, el arrui, con la finalidad de descifrar su papel como especie pastadora-ramoneadora, una cuestión que tendría importantes repercusiones de cara a su gestión. Se lleva a cabo un análisis interespecífico que permite comparar el gradiente pastador-ramoneador del arrui y la cabra montés en zonas de montaña de la Región de Murcia.

Para su realización se recolectan muestras de heces de arrui y cabra montés en terrenos montañosos habitados por ambas especies en simpatría, y en otros en donde solo hay presentes en la actualidad arruis o cabras monteses. Asimismo, se determina la proporción de cobertura herbácea y leñosa de las zonas de recolección, para así poder determinar, una vez establecida la tasa de presencia de estos grupos vegetales en las heces, el nivel de selección de los mismos por parte de los herbívoros. La calibración de la metodología NIRS se realizara previamente con heces en donde se ha determinado la presencia de gramíneas, forbias y leñosas por medio del análisis tradicional microhistológico.

Además de poner a punto una metodología no invasiva con novedosas aplicaciones en biología de la conservación, estos trabajos permiten aportar información empírica de gran relevancia para 1) determinar los efectos que sobre la vegetación autóctona tiene un ungulado exótico en la península ibérica, actualmente calificado como invasor, y 2) establecer el grado de solapamiento en la selección del estrato arbustivo y herbáceo con un caprino autóctono ibérico. La hipótesis de partida, fundamentada en estudios de selección de dieta de arrui realizados en

diversas poblaciones, tanto en su distribución alóctona como autóctona, es que expresa una preferencia hacia el estrato herbáceo, lo que podría significar el uso de un nicho trófico actualmente vacío en los ecosistemas ibéricos, un papel ecosistémico que tendría importantes implicaciones en la conservación de la biodiversidad en medios mediterráneos del sureste peninsular.

2.1. Problemática sobre la presencia del arrui en territorio español

El arrui es un caprino de origen norteafricano que actualmente se encuentra en situación Vulnerable en sus zonas de origen, según la Lista Roja de la UICN (Cassinello et al., 2008), con poblaciones aisladas y dispersas a lo largo de diferentes países del Sahara y el Sahel. Sus poblaciones se han reducido drásticamente debido a la caza descontrolada y por cambios en sus hábitats (Durant et al., 2014); también es probable la competencia con ganado doméstico. Se ha introducido con éxito en países como EEUU, México y España, debido a su interés cinegético (Cassinello, 2015). En nuestro país se introdujo en 1970 en la Sierra de Espuña (Murcia). A comienzos de los 90 se produjeron escapes de dos fincas cinegéticas en Alicante, lo que originó una población estable en diversas sierras de la provincia (Penyaroja, Aitana...) (Cassinello et al., 2004). Asimismo, el arrui fue introducido en la isla de La Palma en 1972, en donde resulta perjudicial para los ecosistemas de flora macaronésica, no adaptados evolutivamente a la presencia de un herbívoro de este calibre (Cassinello, 2015).

Desde su introducción, el arrui se adaptó con suma facilidad a los ecosistemas semiáridos del sureste y en 20 años colonizó varias sierras cercanas, pasando de 200 a 2.000 animales (Cassinello et al., 2004). Esta especie es muy fértil dada la alta probabilidad de partos gemelares (Cassinello & Alados, 1996). A comienzos de los 90 una epidemia de sarna diezmó el 90% de su población (González-Candela & León-Vizcaíno, 1999), pero se salvaron en Sierra Espuña unos pocos ejemplares, y entre ellos y los que superaron la enfermedad de forma natural hubo otra espectacular recuperación de la población hasta los 700 individuos en unos 10 años (González-Candela et al., 2004). Su interés cinegético y el reclamo turístico en Murcia lo convirtió en un emblema de la zona.

Hace más de 10 años algunos investigadores llamaron la atención sobre su capacidad colonizadora y el riesgo de que, como especie exótica, pudiera representar un perjuicio para especies autóctonas, tanto vegetales como animales (ungulados nativos como la cabra montés, a priori cercanos en comportamiento y ecología) (Acevedo et al., 2007). Los estudios comparados de preferencia de nicho ecológico lo asemejaban a la cabra montés, aunque un análisis más detallado de los resultados obtenidos mostraba ciertas diferencias, tales como una mayor preferencia del arrui por terrenos más áridos, con menor cobertura vegetal arbórea, y con temperaturas veraniegas más elevadas y grado de precipitación invernal menor que en el caso de la montés (Acevedo et al., 2007). Posteriormente, estudios preliminares de dieta comparada con muflones y ciervos en simpatría nos indicaron que sus preferencias alimenticias eran por las especies herbáceas, por tanto, mostraba tendencias pastadoras más que ramoneadoras, lo que le diferenciaría de la cabra montés en el uso trófico preferente (Miranda et al., 2012). Análisis de selección trófica realizados en Túnez (Ben Mimoun & Nouira, 2015) han

obtenido resultados similares; y recientes estudios sobre la composición botánica en la dieta del arrui muestran la misma tendencia en Marruecos (Bachiri et al., 2021) y Argelia (Bounaceur et al., 2016). Asimismo, estudios de distribución realizados periódicamente y a lo largo de toda la Región de Murcia han evidenciado que la cabra montés no solo lleva décadas adentrándose sin problemas por las sierras de esta Región, sino que aparentemente la presencia de poblaciones de arrui no les ha afectado, y o bien conviven o en última instancia sería el arrui quien se desplazaría ante la presencia de la cabra (Eguía et al., 2015). Finalmente, trabajos recientes realizados por el equipo de Alfonso San Miguel sobre la preferencia alimenticia en el estrato arbustivo de cabras monteses y arruis indican que no existen diferencias en cuanto a la incidencia de ambas especies sobre plantas amenazadas, y que los efectos negativos son denso-dependientes, independientemente del origen de los herbívoros (Perea et al., 2015; Velamazán et al., 2017).

2.2. *Aspectos legales relativos a la presencia del arrui como especie exótica en España*

A raíz de los primeros estudios sobre su proceso colonizador de sierras del sureste español, así como los potenciales efectos negativos que, como especie exótica, podría causar en especies autóctonas, se incluyó al arrui en el Listado Español de Especies Exóticas Invasoras en el año 2011 (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2011), aunque las poblaciones ubicadas en la Región de Murcia serían consideradas no invasoras, proponiéndose una gestión racional de sus poblaciones. Los argumentos por los que el arrui no era considerado invasor en Murcia no eran científicos, y se fundamentaban en intereses cinegéticos y políticos.

Una demanda llevada a cabo por grupos ecologistas fue admitida a trámite, y el año 2016 el Tribunal Supremo determinó para el arrui y otras especies exóticas su carácter invasor en todo el ámbito de su distribución en España (Tribunal Supremo, 2016). A raíz de esta sentencia, diversas administraciones públicas comenzaron a tomar iniciativas de cara a su erradicación (v.g., Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, 2017); así, en la Comunidad Valenciana se desarrollaron descastes en las poblaciones presentes en la provincia de Alicante, y en la Región de Murcia se estima que se llegaron a cazar cerca de dos mil arruis.

Sin embargo, una iniciativa posterior del Grupo Parlamentario Popular, respaldada por el PSOE y Ciudadanos, originó el trámite de una Proposición de Ley para modificar la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad que permitirá la caza y gestión del arrui en territorios del sureste español (Proposición de Ley, 2017).

Una llamada de atención sobre todo este proceso de gestión mal dirigida, basada en una interpretación errónea del término “invasor”, se publicó recientemente en una revista de alcance internacional (Cassinello, 2018).

Sin duda, la polémica existente alrededor de esta especie no ha acabado aún y trabajos como el que se va a desarrollar ayudar a clarificar la situación, mostrando con datos empíricos cuál es el verdadero papel ejercido por esta especie exótica en campos hispanos.

2.3. *Distribución del arrui en Europa*

El arrui es un caprino originario de las montañas del Atlas del norte de África, desde Mauritania en el oeste hasta el Mar Rojo en el este. La revisión más reciente sobre la distribución mundial de la especie se publicó hace 5 años, e incluye tanto las poblaciones nativas como exóticas (Cassinello, 2015). En su área nativa de distribución africana falta información sobre el tamaño y la densidad de las poblaciones, ya que los datos de avistamiento son escasos y solo se dispone de estimaciones aproximadas. Tradicionalmente se han establecido seis subespecies en función del rango de distribución, y se han diferenciado por diferencias morfológicas de pelaje y cuerno (Cassinello, 2013), aunque genéticamente parece haber menos grupos diferenciados (T.L. Silva, com. pers.). En Europa, solo cuatro países tienen presencia de arruis en libertad: Croacia, Republica Checa, Italia y España.

En Croacia, cinco ejemplares procedentes de la Republica Checa, Alemania y Eslovaquia (tres hembras y dos machos) fueron liberadas ilegalmente (según la policía local) en 2002 (P. Gančević, datos no publicados). Inicialmente, se mantuvieron en un recinto en el sur de Dalmacia (cordillera de Dinarides, monte Mosor) y, posteriormente, fueron liberados. El tamaño de la población actual se estima en alrededor de 140 individuos (Lazarus et al., 2019).

La población de la Republica Checa se estableció tras la fuga de varios individuos del zoológico de Plzeň en 1976, y según Bartoš et al. (2010) esta población consta de unas pocas docenas de animales. Actualmente, no ha sido confirmada con certeza la existencia de esta población (S. Cupic, com. pers.).

En Italia se han notificado dos poblaciones: la primera, en la provincia de Varese, donde, en 1993, se conformó un grupo de arruis tras la fuga de cinco hembras y un macho adulto de una explotación privada. Las autoridades intentaron erradicar la población resultante, pero en la actualidad se sospecha que siguen quedando ejemplares en la zona (Mori et al., 2017). La segunda población de unas pocas decenas de individuos está presente en el Parque Regional de Beigua en la provincia de Savona, y actualmente muestra una tendencia creciente (S. Grignolio, com. pers.).

El arrui se introdujo con éxito en terrenos públicos y privados en España a principios de la década de 1970 (Cassinello, 1998). La distribución actual de sus poblaciones es difícil de estimar con precisión, ya que existen muchas zonas de caza acotadas, de titularidad privada, en donde se realizaron introducciones, como en Andalucia y Castilla-La Mancha. Sin embargo, su presencia en libertad si la conocemos con suficiente certeza, destacando su presencia en la mayoría de sierras de la Región de Murcia, al norte del rio Guadalentín. Estas poblaciones se originaron a partir de 36 individuos del Zoológico de Frankfurt en Alemania y el Zoológico de Ain Sebad en Casablanca, Marruecos, que fueron liberados en el actual Parque Regional de Sierra Espuña (Cassinello, 1998). La población creció exponencialmente y llego a alcanzar una cifra estimada de 2.000 individuos en dos décadas (Cassinello, 2000). Además, en la isla de La Palma, Islas Canarias, está presente una población en libertad, que ha aumentado numéricamente desde la introducción de 16 individuos procedentes de Sierra Espuña en 1972 (Cassinello 1998).

2.4. Estado de conservación del arrui

En su hábitat nativo, la UICN clasifica al arrui como Vulnerable C1 a nivel de especie (Cassinello et al., 2021), es decir, el tamaño de la población se estima en menos de 10.000 individuos maduros con una disminución continua estimada de al menos el 10% en 10 años o en tres generaciones. Se cree que la disminución de las poblaciones nativas es principalmente el resultado de la caza furtiva y la degradación del hábitat, junto con la competencia con el ganado doméstico (Alados y Shackleton, 1997). Los programas de reintroducción se están implementando actualmente solo en Túnez (DGF/IUCN, 2017).

El estado actual de las seis subespecies reconocidas es variable, y es probable que algunas subespecies estén al borde de la extinción (Cassinello, 2013).

Al tratarse de una especie de origen exótico, la mayoría de las poblaciones de arruis europeas no tienen ningún estatus de conservación especial y suelen ser gestionadas cinegéticamente. Solo en la República Checa la población de arruís goza de una cierta protección, no estando permitida su caza (Bartoš et al. 2010).

2.5. Gestión y manejo del arrui

Las poblaciones nativas están por lo general amenazadas debido a una combinación de sobrepastoreo por ganado doméstico, deforestación, destrucción del hábitat y caza furtiva (ver Shackleton, 1997). En cuanto a programas genéricos de conservación de la especie, cabe mencionar el Plan de Acción Estratégico que se está implementando actualmente en Túnez (DGF/UICN, 2017), donde se han planteado cinco acciones principales: 1) conservación del hábitat, 2) erradicación de la caza furtiva, 3) seguimiento y recolección de datos, 4) sensibilización y valoración, 5) financiación sostenible. Es aconsejable promover programas similares de protección y gestión en otros países del norte de África. Sin embargo, el estado real de las poblaciones de arrui en su área de distribución natural es en su mayoría desconocido o incierto (Cassinello et al., 2021; Cassinello, 2013; 2015), lo que requiere censos adecuados para actualizar el conocimiento sobre la distribución real y abundancia de la especie, que permitieran desarrollar e implementar políticas de gestión específicas. Lamentablemente, problemas logísticos y políticos dificultan especialmente la obtención de datos de campo y la realización de acciones de protección adecuadas en las áreas nativas (ver también Alados y Shackleton, 1997).

Debido a su interés cinegético, el arrui se introdujo con mucho éxito en los Estados Unidos y España (Ogren, 1965; Ortuño y De la Peña, 1979; Christian, 1980), donde las poblaciones se expandieron muy rápidamente (Cassinello, 1998). La introducción de una especie en territorios fuera de su área de distribución natural debe manejarse con cuidado, a fin de controlar su expansión y minimizar su potencial amenaza para las especies nativas. Sin embargo, la evidencia empírica aparentemente muestra un efecto neutral del arrui en los ecosistemas hospedadores, con la excepción de la isla de La Palma (Islas Canarias), donde amenaza la flora macaronésica (Cassinello, 2015; 2018).

Las poblaciones exóticas de arruis han sido y siguen siendo una fuente de conflicto entre diferentes partes interesadas. La comunidad de cazadores apoya y promueve su presencia,

mientras que pastores y agricultores desean que se erradiquen. De hecho, las altas densidades de arruis en Sierra Espuña y áreas circundantes han ocasionado su presencia habitual en tierras de cultivo (Cassinello, 2000), ocasionando costes elevados entre los agricultores para proteger dichos cultivos, por medio de la instalación de mallas cinegéticas. En los últimos años, la gestión de la especie en España ha cambiado, ya que la legislación la clasifica actualmente como especie exótica invasora (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013). No obstante, las poblaciones que se establecieron antes de la aprobación de la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad, en diciembre de 2007, pueden ser gestionadas de forma sostenible a través de la caza (básicamente, las poblaciones presentes en la provincia de Murcia), mientras que, en áreas recientemente colonizadas, deben ser controladas y eventualmente erradicadas (Jefatura del Estado, 2018). Desde que el arrui ha sido considerado especie invasora el movimiento ecologista se ha postulado claramente a favor de su erradicación.

Sin embargo, la evidencia científica actual no muestra la existencia de efectos nocivos del arrui en el medio ibérico a pesar de su origen exótico. Actualmente, las poblaciones presentes en la Región de Murcia y otras zonas adyacentes pueden gestionarse mediante la caza, aunque hay que evitar una expansión incontrolada. A día de hoy, sin embargo, el arrui todavía está presente en la Lista Española de Especies Exóticas Invasoras (ver Cassinello, 2018).

La introducción ilegal de arruis en Croacia ha causado mucha controversia entre cazadores y ecologistas. Los cazadores perciben a los animales introducidos como una especie de caza atractiva y una fuente potencial de ingresos. Los ecologistas enfatizan los posibles efectos negativos de las especies exóticas introducidas en la flora y fauna nativa y exigen la aplicación de las leyes existentes que prescriben la eliminación completa de los animales introducidos (Official Gazette, 2018).

Los arruis no pueden cazarse en la República Checa (Bartoš et al., 2010), independientemente del hecho de que no sean parte de la fauna nativa, al estar catalogados como vulnerables según la UICN (Cassinello et al., 2021).

2.6. Necesidad de llevar a cabo este estudio

La realización de este estudio surge pues como una necesidad de aportar información empírica, científicamente avalada, que permita determinar cuál es la incidencia comparada del arrui y la cabra montés, en condiciones alopátricas y simpátricas, sobre los estratos herbáceos y arbustivos del sureste peninsular. Esta incidencia comparada permitirá vislumbrar escenarios de competencia por los recursos entre ambas especies, así como el nivel de impacto que muestra la especie exótica en estos ecosistemas mediterráneos.

Se espera que los resultados que se obtengan en este estudio sean de utilidad para que las administraciones públicas con competencia en gestión medioambiental puedan llevar a cabo políticas más adecuadas y fundamentadas en datos avalados científicamente, de cara a la gestión de ambas especies.

3. Fundamentos, hipótesis y objetivos

El desarrollo del presente estudio de investigación se engloba dentro de las iniciativas de gestión de fauna que intentan determinar los efectos ocasionados por la presencia de especies exóticas en el medio natural que las acoge. En este caso, se estidoa al arrui (A*mmotragus lervia*), una especie catalogada en España como invasora (perjudicial), aun cuando no se han verificado efectos perniciosos sobre flora y fauna asociados a su carácter exótico (Cassinello, 2018). A nivel empírico, se pretende establecer una medida fiable del comportamiento trófico comparado de herbívoros silvestres a través del análisis fecal en el laboratorio por medio del uso de la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) (Albanell et al., 2011). Se han desarrollado ecuaciones de calibración NIRS a partir de muestras previamente analizadas microhistológicamente. Se ha llevado a cabo un análisis interespecífico que permite comparar el gradiente pastador-ramoneador del arrui y la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en zonas de montaña de la Región de Murcia.

Para la realización de este estudio se ha procedido a recolectar muestras de heces de ambas especies de ungulados en terrenos montañosos habitados por las dos en simpatría, y en otros en donde solo hay presentes en la actualidad arruis o monteses (alopatría). Se determina asimismo la densidad de individuos de ambas especies presentes y la proporción de cobertura herbácea y leñosa de las zonas de recolección, para así poder determinar, una vez establecida la tasa de presencia de estos grupos vegetales en las heces, el nivel de selección de los mismos por parte de los herbívoros. La calibración de la metodología NIRS se realiza previamente con heces en donde se ha determinado la presencia de gramíneas, forbias (herbáceas no graminoides de hoja ancha) y leñosas por medio del análisis tradicional microhistológico.

Además de poner a punto una metodología no invasiva con novedosas aplicaciones en biología de la conservación, este estudio permitire aportar información empírica de gran relevancia para:

1) determinar los efectos que sobre la vegetación autóctona tiene un ungulado exótico en la península ibérica, actualmente calificado como invasor, y

2) establecer el grado de solapamiento en la selección del estrato arbustivo y herbáceo con un caprino autóctono ibérico.

3.1. *Hipótesis de trabajo*

La hipótesis de partida, fundamentada en estudios de selección de dieta de arrui realizados en diversas poblaciones, tanto en su distribución alóctona como autóctona (Miranda et al., 2012; Ben Mimoun & Nouira, 2015; Bounaceur et al., 2016; Bachiri et al., 2021), es que expresa una preferencia hacia el estrato herbáceo, lo que podría significar el uso de un nicho trófico actualmente vacío de especies silvestres en los ecosistemas ibéricos, y solo ocupado por ganado doméstico en declive. Se plantea que el papel ecosistémico de una especie silvestre pastadora tendría importantes implicaciones en la conservación de la biodiversidad en medios mediterráneos del sureste peninsular.

3.2. *Objetivos generales*

a. Estudio trófico comparado arrui-cabra montés en condiciones simpátricas y alopátricas.
b. Determinación del gradiente comparativo pastador-ramoneador del arrui y la cabra montés en el sureste español: implicaciones ecológicas y en gestión medioambiental.

3.3. *Objetivos específicos*

a. Análisis de la dieta de las especies de estudio (arrui y cabra montés)
   - Puesta a punto de la técnica fecal-NIRS para determinar la presencia de los grandes grupos funcionales vegetales en la dieta de ungulados silvestres.
   - Eficiencia energética (contenido en nitrógeno y fibra en la dieta).
   - Porcentaje de plantas leñosas y herbáceas (gramíneas y no gramíneas).
   - Diferencias estacionales.
b. Verificar la hipótesis del nicho trófico diferenciado entre arrui y cabra montés, en donde la especie exótica podría estar ocupando el que antaño ocuparan ungulados pastadores extintos en la península ibérica
c. Estima de la probable capacidad de carga para ambas especies en las sierras murcianas.

4. Material y Métodos

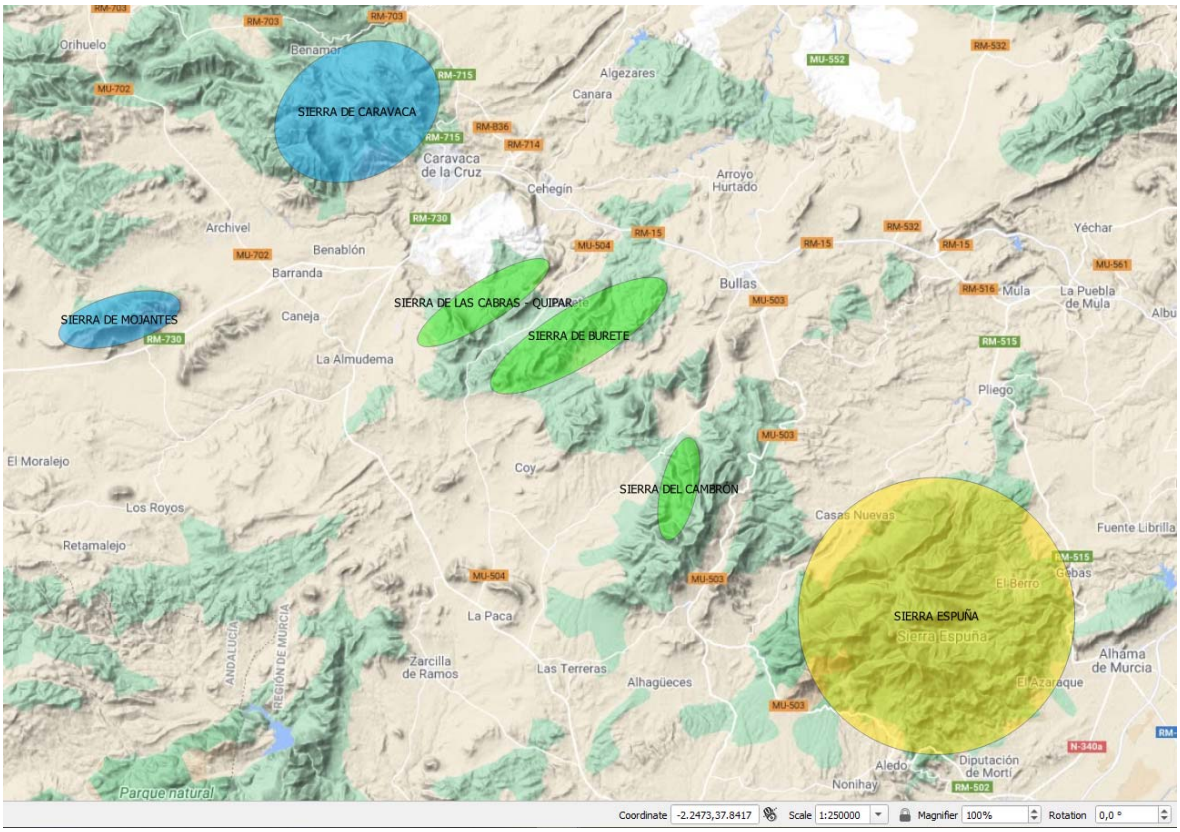
4.1 *Recogida de muestras en el campo*

4.1.1. Elección de las zonas de muestreo

- Selección de sierras en las que hay población estable de cabra montés y ningún otro ungulado (excepto jabalí)
- Selección de sierras en las que hay población estable de arruí y ningún otro ungulado (excepto jabalí)
- Selección se sierras en las que arruí y cabra montés se encuentran en simpatría y en proporciones similares.

Las zonas de estudio seleccionadas son las siguientes:

1. Territorios con presencia exclusiva o muy preferencial de cabra montés: Sierra de Mojantes y Sierra de Caravaca.
2. Territorios con presencia conjunta en proporciones similares de arrui y cabra montés: Sierra de Las Cabras-Quipar, Sierra de Burete y Sierra de Cambrón.
3. Territorio con presencia exclusiva o muy preferencial de arrui: Sierra Espuña.



Localización de las zonas de toma de muestras

a. Sierra de Mojantes y Sierras de Caravaca de la Cruz (Nevazo, Buitre, Peñarrubia). Población de cabra montés.

Estas sierras tienen su territorio ordenado en cotos de caza mayor, lo que impide que haya ganados domésticos que podrían condicionar (por consumo) la selección de taxones por parte de las especies objetivo.

Preferiblemente se han recolectado las muestras en Mojantes porque únicamente hay cabra montés. En las Sierras de Caravaca, aunque la proporción de arruís/cabras está muy desequilibrada a favor de éstas últimas (más de 20 cabras/arruí), podría existir alguna interacción, al menos en las zonas más querenciosas para el arruí.

La Sierra de Mojantes abarca unas 2500 ha y las de Caravaca 10.300 ha.

Puntos de muestreo en Mojantes

b. Sierras de Cambrón, Pedro Ponce, Burete, Quipar y Las Cabras de Cehegín. Población de cabra montés y arruí en proporciones similares.

En este bloque de sierras (abarcan unas 22.000 ha) se puede encontrar una población de arruí y cabra montés en simpatría cuya proporción está muy cerca de 1:1, con algunas oscilaciones anuales en función de diferentes factores (número de arruís abatidos en modalidades de caza como las batidas, ganchos y monterías, episodios de sarna, sequías, etc.).

Aunque comparten el hábitat con algunos rebaños de ganado doméstico, el número de cabezas es insignificante y las zonas de pastoreo muy reducidas y localizadas.

Puntos de muestreo en la Sierra de Cambrón

Puntos de muestreo en las Sierras de Quipar y Las Cabras de Cehegín

c. Sierra Espuña. Población de arrui.

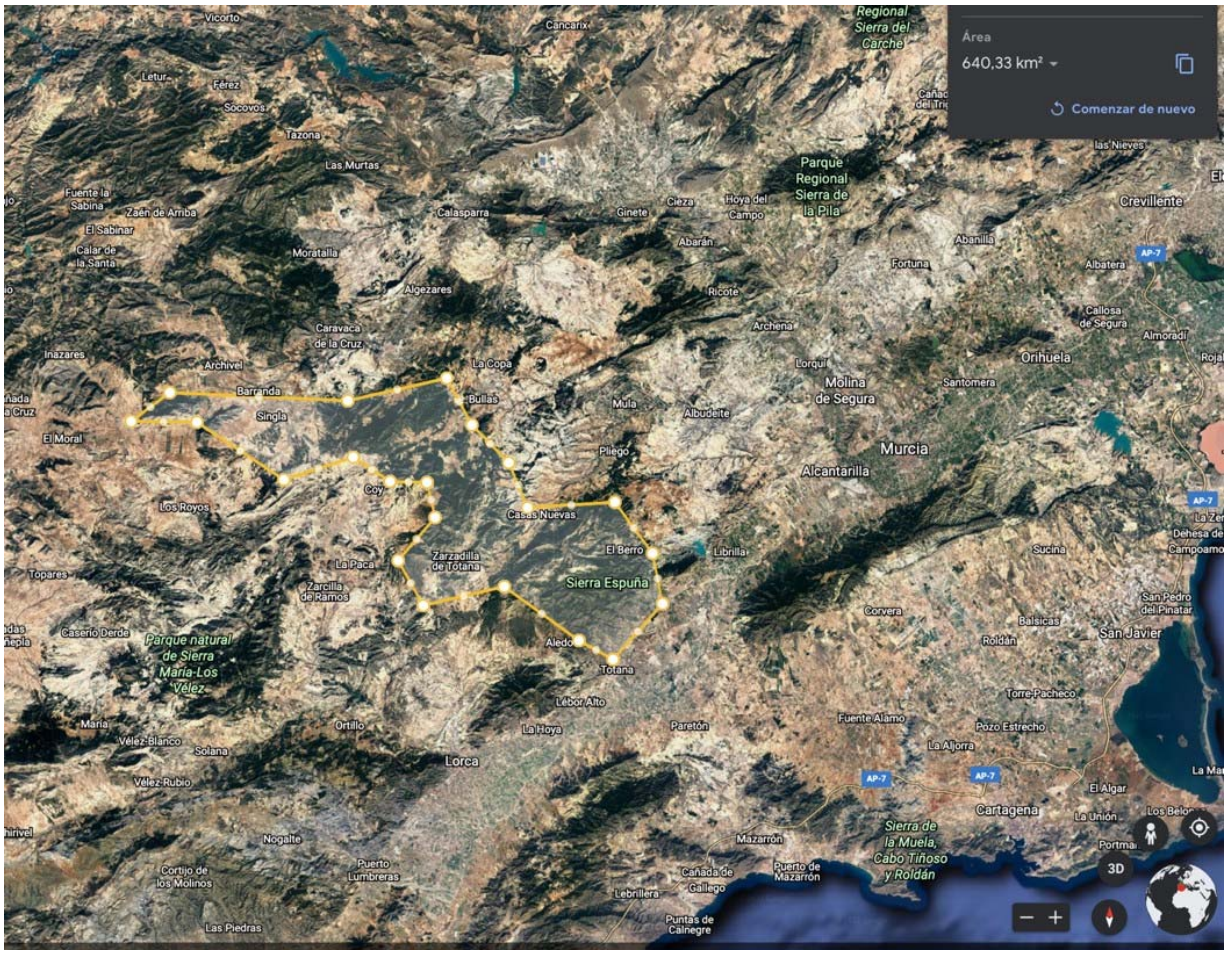
Sierra Espuña mantiene la mayor subpoblación de arruí de Murcia y, probablemente del sur de España. La especie está presente desde hace 50 años, se ha adaptado al terreno y vegetación disponible y, si bien en los últimos años, la cabra montés ha entrado en la sierra, su proporción es muy baja (una cabra por cada 20-25 arruis).

La Sierra abarca unas 15.000 has útiles para la especie.

Actualmente, no se tiene en la Región ninguna sierra en la que únicamente haya arruís, la cabra ha recolonizado en mayor o menor grado, todas las sierras murcianas.

Al igual que se ha comentado para la sierra de Mojantes, en Sierra Espuña no hay ganados domésticos que puedan interferir en el estudio.

Puntos de muestreo en Sierra Espuña



Delimitación del área en la que se localizan las zonas de muestreo, localizada en el centro de la Región de Murcia. Se han elegido sierras similares sin irse ni a las poblaciones cabreras del límite murciano con la Sierra de Segura ni a las sierras con arrui del valle del Guadalentín.

4.1.2. Recogida y conservación de las muestras

Se han recolectado única y exclusivamente excrementos tras avistamiento directo de una u otra especie, asegurando la frescura de las muestras y teniendo cuidado de evitar interferencias con presencia de ganado doméstico, también presente en las zonas de estudio.

La metodología utilizada es el siguiente:

a) Localización visual en campo de individuos de cada una de las especies objetivo.
b) Recogida de las muestras en los puntos donde se localizan los animales.
c) Cumplimentación de una ficha por cada muestra (cobertura de la vegetación en un círculo de 5 m de radio, composición del grupo, otros datos de interés).
d) Embolsado y etiquetado de las muestras.
e) Congelación de las muestras.
f) Cumplimentación de una base de datos (en Excel) con toda la información.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo con los datos de algunas de las muestras tomadas. En ella se recoge la fecha de toma de muestras, la identificación de la especie, la zona con posicionamiento en coordenadas, la relación entre las especies en la zona, los datos referentes a

la vegetación, el número de muestras tomadas y el sexo y la edad (adulto /juvenil) de los animales del origen de las muestras.

FECHA	Especie	ZONA	Tipo	X	Y	Suelo	Árbol	Matorral	Herb.	Nº de Muestras	♀	♂	Juv.
18/11/20	Cabra	Burete	Simpatría	608929	4210828	80	0	20	0	1	1	0	1
18/11/20	Cabra	Burete	Simpatría	609006	4211456	85	0	15	0	4	3	6	2
19/11/20	Arrui	Quipar	Simpatría	604952	4211626	50	5	35	10	8	6	5	4
19/11/20	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	604655	4210528	60	0	30	10	6	6	2	3
20/11/20	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	602925	4209725	60	5	30	5	2	2	1	2
20/11/20	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	601675	4207480	50	0	40	10	2	2	1	2

Localización de arruis

Muestras de arruí en Sierra Espuña

Localización de muestras

Localización de muestras

Excrementos de arrui

Excrementos de arrui sobre nieve

4.2 *Estima del tamaño de las poblaciones y la capacidad de carga sostenible*

Se han utilizado los datos de los censos regionales de 2018-2020 y muestreos y estimas que se han realizado en algunas de las subpoblaciones.

Uno de los últimos aspectos que se analizan es una estima de la capacidad de carga máxima de arruis y cabras monteses que podrían soportar los medios montanos del sureste peninsular. Para ello se basa en nuestros propios datos empíricos y en la amplia literatura existente al respecto en diversas especies de ungulados (v.g., Correal et al., 2007).

4.3 *Análisis de muestras en el laboratorio*

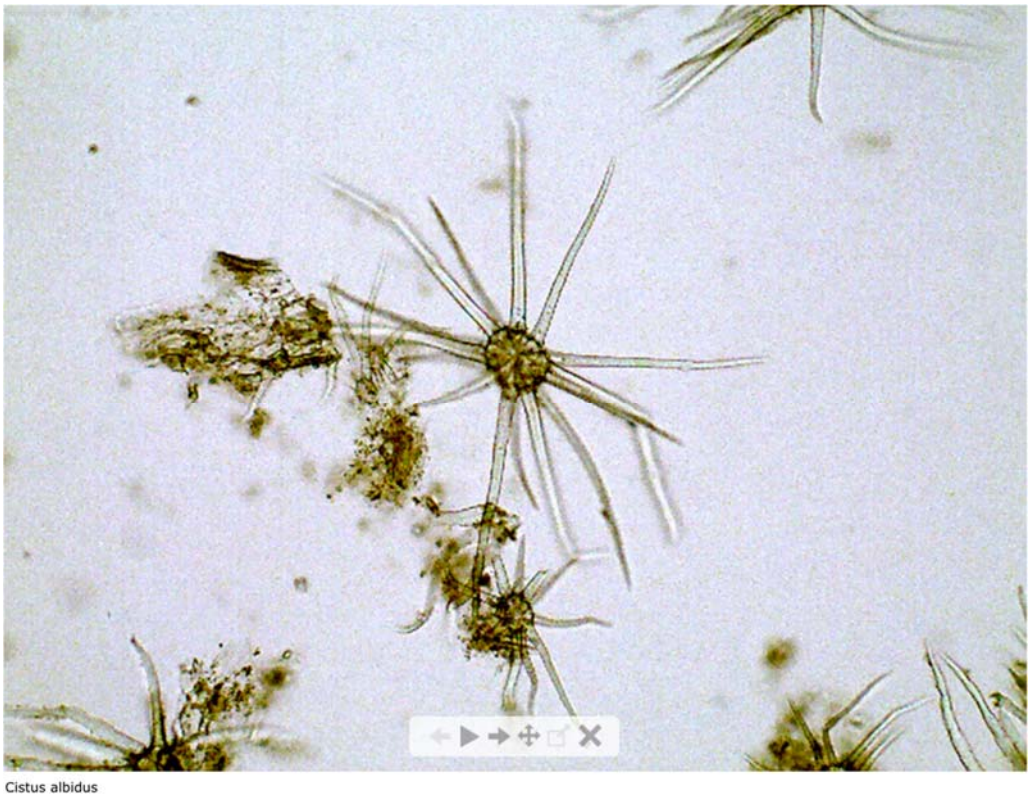
Para calibrar el NIRS, es necesario tener muestras evaluadas histológicamente. Dado que la técnica NIRS es una técnica no destructiva, las muestras se escanean por duplicado utilizando un equipo NIRSystems 5000 (FOSS, Höganäs, Dinamarca), equipado con un rango de longitud de onda entre 1.100-2.500 nm. Las lecturas se realizan por duplicado utilizando cápsulas circulares de 3,5 cm de diámetro y provistas de una ventana de cristal de cuarzo. Una vez almacenados los espectros, se realiza el análisis microhistológico.

El procedimiento de análisis microhistológico incluye los siguientes pasos (v.g., Miranda et al., 2012): lavado, desintegración, digestión en medio ácido, aclarado, tamizado, preparación de portaobjetos y recuento de fragmentos. El método no requeriría la elaboración de una colección de epidermis de plantas de referencia si solo estuviera destinado a determinar dos grupos de fragmentos (herbáceas y leñosas). Sin embargo, dado que también se busca la identificación del componente leñoso, se realiza una recolección con las especies leñosas más comunes en las áreas de estudio.

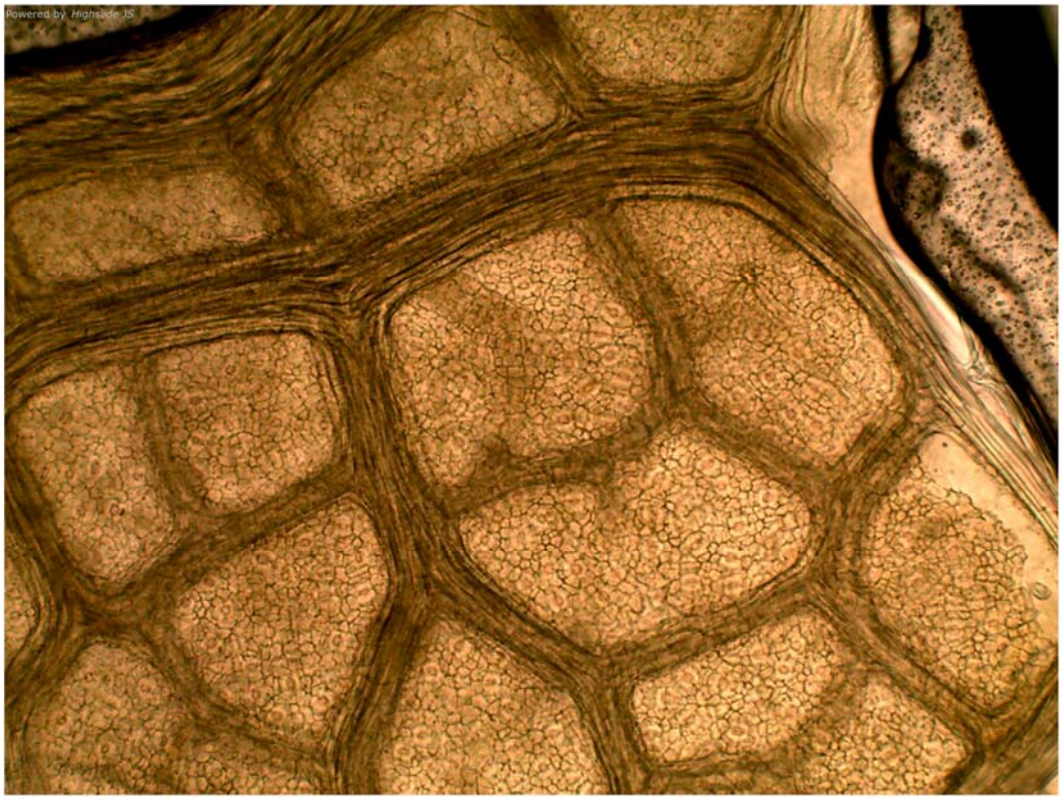
Con los resultados del NIRS y microhistológicos, se realizan los tratamientos quimiométricos pertinentes utilizando el software WinISI 4.10 (Infrasoft International) para obtener las ecuaciones de predicción. Para la estimación del N fecal se usa la calibración multiespecie obtenida por Villamuelas et al. (2017), previamente validada con 20 de nuestras muestras.

Se puede por tanto determinar por medio de dos vías la incidencia de las especies de estudio sobre plantas herbáceas y leñosas: la microhistológica (64 muestras) y la espectroscópica (320 muestras).

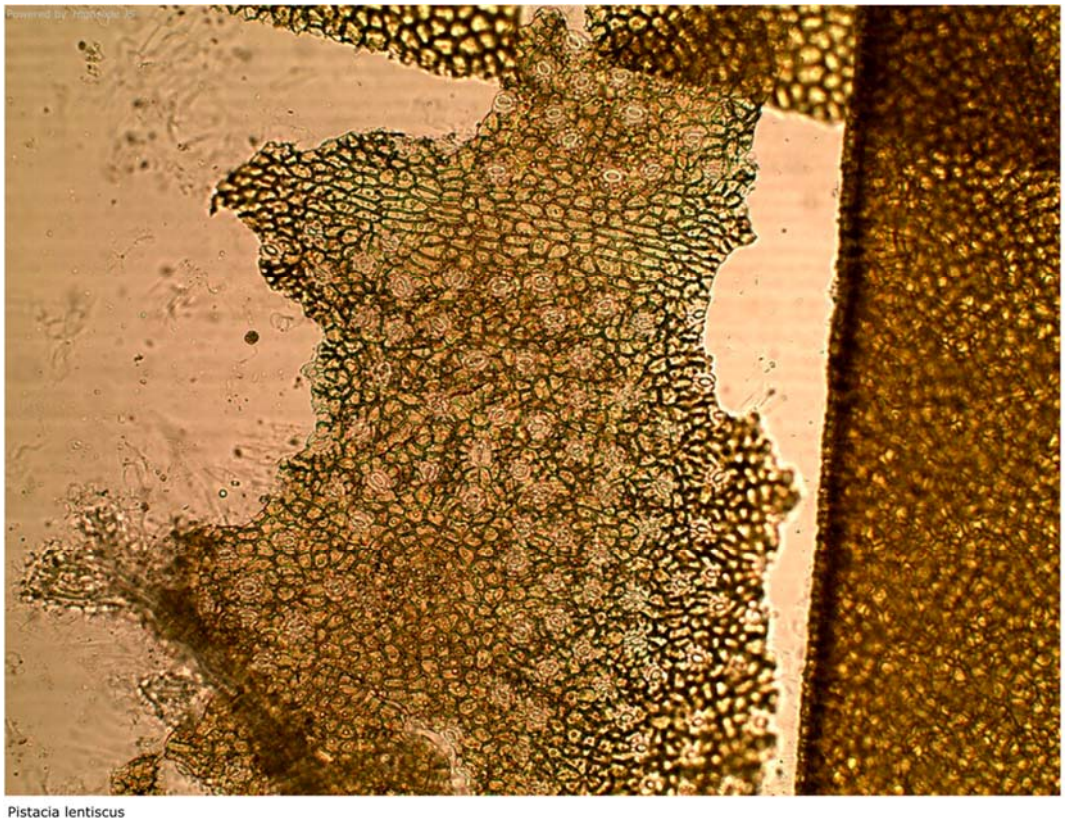
A continuación, se muestran unos ejemplos de epidermis de especies comunes en la zona de estudio y montes mediterráneos (Bartolomé y López Garrido, 2020):



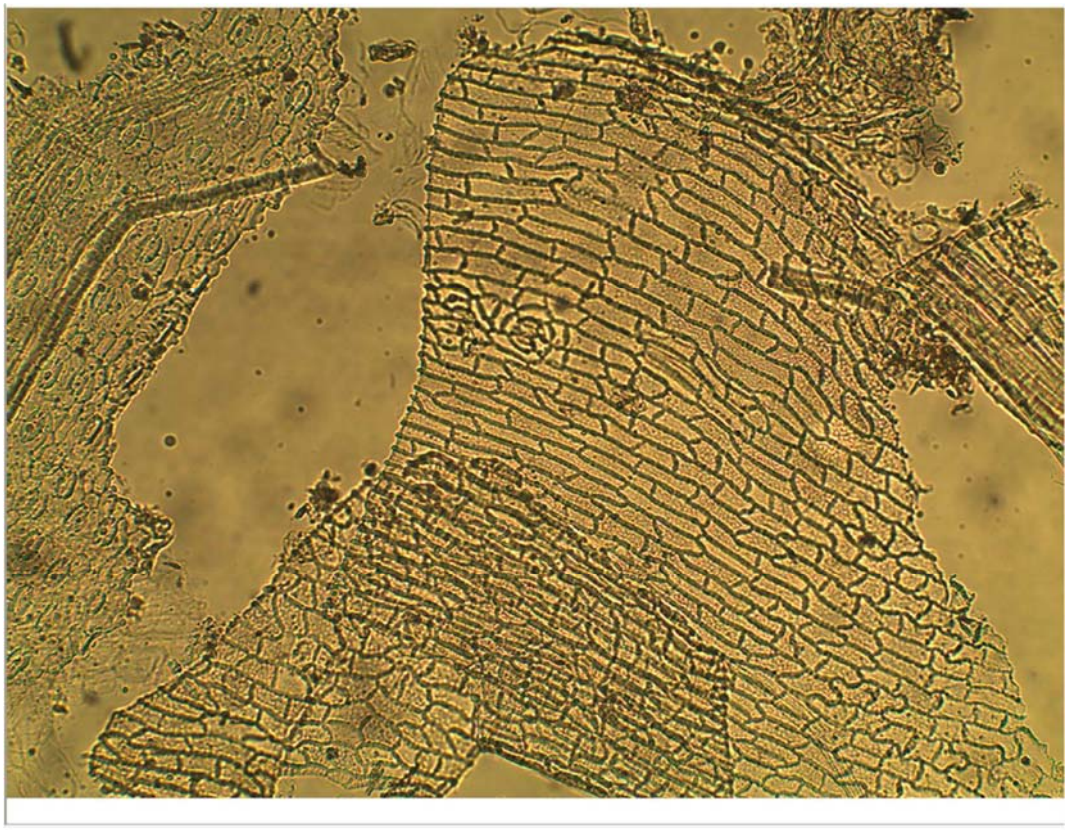
Jara blanca (*Cistus albidus*)



Coscoja (*Quercus coccifera*)



Lentisco (*Pistacia lentiscus*)



Juniperus communis

Enebro (*Juniperus communis*)

4.4 Análisis estadísticos

Se han llevado a cabo tests paramétricos multivariantes para comprobar las diferentes hipótesis de estudio, siendo significativos aquellos resultados con una probabilidad < 0,05. El programa estadístico utilizado es JMP® 8.0.2. para Apple MacOS. Para las representaciones gráficas se utiliza Microsoft® Excel para Mac versión 16.16.27.

5. Resultados

6.1 Recogida de muestras en el campo

En las Tablas 1-4 se resumen las muestras recogidas durante las cuatro campañas de campo.

Tabla 1. Otoño 2020

Fecha	Especie	Sierra	Simp/Alop	Suelo	Árbol	Leñosas	Herbáceas	Nº muestras
18/11/20	Cabra	Burete	Simpatría	80	0	20	0	1
18/11/20	Cabra	Burete	Simpatría	85	0	15	0	4
20/11/20	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	60	5	30	5	2
20/11/20	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	50	0	40	10	2
21/11/20	Cabra	Cambrón	Simpatría	60	5	30	5	3
21/11/20	Cabra	Cambrón	Simpatría	50	5	40	5	2
25/11/20	Cabra	Cambrón	Simpatría	60	5	30	5	3
25/11/20	Cabra	Cambrón	Simpatría	50	0	30	20	2
25/11/20	Cabra	Cambrón	Simpatría	70	0	20	10	1

19/11/20	Arrui	Quipar	Simpatría	50	5	35	10	8
19/11/20	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	60	0	30	10	6
22/11/20	Arrui	Quipar-cabras	Simpatría	60	0	20	20	6
23/11/20	Cabra	Mojantes	Alopatría	95	0	0	5	3
23/11/20	Cabra	Mojantes	Alopatría	60	30	5	5	8
24/11/20	Cabra	Mojantes	Alopatría	40	40	10	10	4
2/12/20	Cabra	Mojantes	Alopatría	50	10	20	20	2
2/12/20	Cabra	Mojantes	Alopatría	50	0	40	10	3
4/12/20	Arrui	Espuña	Alopatría	60	0	30	10	6
4/12/20	Arrui	Espuña	Alopatría	40	0	30	30	5
4/12/20	Arrui	Espuña	Alopatría	40	10	20	30	5
4/12/20	Arrui	Espuña	Alopatría	40	0	0	60	4

Tabla 2. Invierno 2020/21

Fecha	Especie	Sierra	Simp/Alop	Suelo	Árbol	Leñosas	Herbáceas	Nº muestras
25/1/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	80	0	15	5	3
25/1/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	50	0	30	20	8
25/1/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	20	0	40	40	7
26/1/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	40	0	50	10	2
25/1/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	50	0	10	40	5
26/1/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	40	10	30	20	12
26/1/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	80	0	5	15	3
28/1/21	Arrui	Espuña	Alopatría	30	0	10	60	4
28/1/21	Arrui	Espuña	Alopatría	40	0	10	50	3
28/1/21	Arrui	Espuña	Alopatría	60	10	10	20	4
29/1/21	Arrui	Espuña	Alopatría	10	20	30	40	3
29/1/21	Arrui	Espuña	Alopatría	5	20	60	15	3
29/1/21	Arrui	Espuña	Alopatría	30	0	40	30	2
29/1/21	Arrui	Espuña	Alopatría	50	0	40	10	2
30/1/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	70	0	20	10	6
30/1/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	50	0	40	10	3
30/1/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	80	0	20	0	2
30/1/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	30	10	50	10	5
30/1/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	5	0	70	25	4

Tabla 3. Primavera 2021

Fecha	Especie	Sierra	Simp/Alop	Suelo	Árbol	Leñosas	Herbáceas	Nº muestras
14/4/21	Cabra	Cambrón	Simpatría	30	10	30	30	1
14/4/21	Cabra	Cambrón	Simpatría	60	0	15	15	2
15/4/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	50	10	20	20	6
15/4/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	70	0	20	10	4
15/4/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	40	0	10	50	3
16/4/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	20	40	10	30	5

16/4/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	30	10	10	50	3
16/4/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	20	0	10	70	3
17/4/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	5	15	60	20	6
17/4/21	Arrui	Quipar-Cabras	Simpatría	5	10	45	40	3
18/4/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	30	0	60	10	3
18/4/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	50	10	30	10	4
19/4/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	20	0	40	40	7
19/4/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	25	0	50	25	5
19/4/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	10	40	20	30	2
19/4/21	Cabra	Quipar-Cabras	Simpatría	60	0	15	25	3
29/4/21	Arrui	Espuña	Alopatría	10	0	30	60	2
29/4/21	Arrui	Espuña	Alopatría	60	5	15	20	5
30/4/21	Arrui	Espuña	Alopatría	30	0	0	70	7
30/4/21	Arrui	Espuña	Alopatría	40	10	30	20	2
30/4/21	Arrui	Espuña	Alopatría	60	5	15	20	4

Tabla 4. Verano 2021

Fecha	Especie	Sierra	Simp/Alop	Suelo	Árbol	Leñosas	Herbáceas	Nº muestras
2/8/21	Arrui	Espuña	Alopatría	50	0	30	20	3
2/8/21	Arrui	Espuña	Alopatría	40	30	0	30	3
2/8/21	Arrui	Espuña	Alopatría	40	40	20	0	1
3/8/21	Arrui	Espuña	Alopatría	40	40	5	15	2
3/8/21	Arrui	Espuña	Alopatría	40	0	30	30	5
3/8/21	Arrui	Espuña	Alopatría	70	10	10	10	4
3/8/21	Arrui	Espuña	Alopatría	70	10	5	15	2
4/8/21	Arrui	Sª Quipar	Simpatría	40	0	20	40	8
4/8/21	Arrui	Sª Quipar	Simpatría	30	10	40	20	3
4/8/21	Arrui	Sª Quipar	Simpatría	10	10	30	50	2
5/8/21	Arrui	Sª Quipar	Simpatría	30	30	20	20	7
4/8/21	Cabra	Sª Cabras	Simpatría	50	0	30	20	4
5/8/21	Cabra	Sª Cabras	Simpatría	30	20	20	30	6
5/8/21	Cabra	Sª Cabras	Simpatría	30	20	30	20	2
5/8/21	Cabra	Sª Quipar	Simpatría	50	10	20	20	5
6/8/21	Cabra	Sª Quipar	Simpatría	40	10	40	10	3
10/8/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	60	0	30	10	6
10/8/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	50	10	30	10	2
11/8/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	70	0	25	5	3
11/8/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	40	10	30	20	2
11/8/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	40	0	40	20	4
11/8/21	Cabra	Mojantes	Alopatría	50	0	40	10	3

6.2 *Estima del tamaño de las poblaciones objeto del estudio*

Para Sierra Espuña y Mojantes, se puede afinar mucho, dado que se tienen censos y réplicas que permiten utilizar el programa Distance. Para el resto de sierras se interpola la información de las sierras de las que se dispone de información más precisa.

a) Sierra de Mojantes:

Los resultados obtenidos indican que la densidad de cabra es de 15 ind/km^2 (IC 95% 7-32 ind/km^2) en diciembre de 2018 y 9 ind/km^2 (IC 95% 4-23 ind/km^2) en enero de 2019. Estos resultados se traducen en la abundancia total de la sierra de 1.483 ha indicada en la Tabla 5.

Tabla 5. Abundancia de cabras monteses en la Sierra de Mojantes

Fecha	Abundancia	IC
Dic 2018	227	Hasta 468
Ene 2019	139	Hasta 346

b) Sierra Espuña:

Los resultados obtenidos indican que la densidad de arruí es de 4.97 ind/km^2 (IC 95% 2.97-8.31 ind/km^2). Estos resultados se traducen en una abundancia total en el parque de 885 arruís (IC 95% 529-1480 individuos).

Se han calculado estimas corregidas teniendo en cuenta el solapamiento de los itinerarios, dando como resultado una densidad de 7,72 ind/km^2 (IC 95% 5.07 – 14.19 ind/km^2). Estos resultados se traducen en una abundancia total en el parque de 1382 arruís (IC 95% 826-2312 individuos).

En la siguiente tabla se muestran cómo serían los valores de abundancia si se tuviera en cuenta el solapamiento de los itinerarios.

Tabla 6. Abundancia de arruis en Sierra Espuña

Fecha	Abundancia	IC	
Otoño 2014	1527	1002	2328
Primavera 2015	854	463	1574
Otoño 2015	1140	652	1992
Otoño 2016	1483	868	2535
Otoño 2017	1155	838	1592
Otoño 2018	1057	526	2123
Otoño 2019	1075	460	2514
Otoño 2020	1382	826	2312

c) Sierras de Caravaca:

Aunque no se han realizado censos y réplicas, por interpolación podemos aventurar que la población de cabra montés en estas 10300 hectáreas se sitúa entre los 4,3-6 ind/km^2, es decir entre 442 y 618 cabras.

d) Sierras de Cambrón, Pedro Ponce, Burete, Quipar y Las Cabras de Cehegín.

Aunque no se han realizado censos y réplicas, por interpolación se puede aventurar que la población de arruí y cabra montés en estas 22.000 hectáreas es cercana a los 3,3-5,8 ind/km^2, es decir entre 726 y 1276 ejemplares entre cabras y arruis.

6.3 *Estima de la capacidad de carga sostenible*

Para realizar un cálculo fidedigno y fundamentado de la capacidad de carga de grandes herbívoros que podría soportar una determinada región, de tal manera que la producción vegetal no se viera comprometida, es decir, que hubiera una convivencia herbívoros- vegetación sostenible en el tiempo, sería necesario realizar una serie de complejos cálculos que no solo estarían fuera del alcance del presente estudio, sino que incluso aunque se contara con información empírica detallada de la producción vegetal estacional durante varios años, aun así la aproximación seguiría siendo muy relativa. Y es que, en ambientes mediterráneos, la variabilidad interanual de la oferta alimenticia del medio es tan elevada que harían falta estudios finos a largo plazo para intentar llegar a una estima precisa de los efectos de la herbivoría sobre la vegetación. Asimismo, las estimas de cargas sostenibles o admisibles no lo son con carácter absoluto, ya que dependen de factores como la distribución y calidad de los recursos (vegetación, puntos de agua…) e incluso del nivel de protección del área para el que se requiere hacer esta estima; sin olvidar variables como la presencia o no de ganado doméstico, o de otras especies de fauna o flora protegidas (San Miguel, 2011).

Una estima prudente de presencia de herbívoros en un determinado territorio ha de sopesar los beneficios que estos aportan sobre el ecosistema (heterogeneidad paisajística, mantenimiento de pastos, dispersión de semillas…), así como los perjuicios (presión de herbivoría sobre la masa vegetal y en particular sobre las especies de plantas más palatables y/o en peligro, incompatibilidad con otras especies animales y/o vegetales…). Otro factor a considerar en este tipo de estimas es el del riesgo de transmisión de enfermedades/parásitos cuando nos encontramos ante densidades muy elevadas de herbívoros.

Las equivalencias de capacidad de carga en ganadería (ovejas, vacas…) se suelen hacer en base al peso metabólico, es decir, el peso elevado a 0,75. Se trata de una variable muy relacionada con la capacidad de digestión y con las necesidades metabólicas de los animales. En la Tabla 7 se pueden apreciar los pesos promedio y metabólicos para las dos especies de estudio, arrui y cabra montés, y para la cabra murciano-granadina, que va a servir de modelo.

Tabla 7. Pesos promedio y pesos metabólicos para machos y hembras de tres especies de ungulados

Especie	**Arrui**		**Cabra montés**		**Cabra murciano-granadina**	
Sexo	**Hembras**	**Machos**	**Hembras**	**Machos**	**Hembras**	**Machos**
Peso promedio (x)	41 kg	82 kg	40 kg	70 kg	45 kg	55 kg
Peso metabólico ($x^{0,75}$)	16 kg	27 kg	16 kg	24 kg	17 kg	20 kg

Las cargas ganaderas suelen hacer referencia al número de hembras adultas, al tratarse de la clase más abundante en poblaciones de herbívoros ungulados. Así, Robles & Passera (1995), utilizando como base hembras de cabra murciano-granadina, determinaron para la Sierra de Filabres (Almería) una carga ganadera de entre 63 y 92 cabras por km^2, dependiendo de si se trataba de una carga para incrementar la producción vegetal o para mantenerla estable. Se trata de una estima habitualmente establecida para ovejas y cabras domésticas. Señalar por otro lado que Filabres es una sierra bastante representativa del sureste peninsular, teniendo muchas semejanzas con las sierras murcianas utilizadas en el estudio.

En la Tabla 7 se comprueba que el peso metabólico de la cabra murciano-granadina hembra es ligeramente superior (17 kg) al de las hembras de arruis y cabras monteses, en ambas estimado en 16 kg. Sin embargo, no es razonable hacer una extrapolación directa entre una especie doméstica y una silvestre, pues la incidencia del ganado está mediatizada por la acción de pastoreo, la cual suele dirigirse a zonas de alta productividad vegetal y a menudo incluye suplemento alimenticio. Así, por ejemplo, en cotos de caza mayor de bosque mediterráneo en Andalucía Occidental se han determinado densidades de no más de 30 ind/km^2 (Pérez Caballero, 2009). A estas consideraciones hay que añadir la menor producción vegetal característica de las sierras del sureste peninsular, así como la presencia de plantas leñosas palatables con un estatus de conservación crítico (Perea et al., 2015; Velamazán et al., 2017).

Finalmente, otro factor relevante a tener en cuenta, a la hora de hacer estimas sostenibles de la capacidad de carga, es el riesgo de transmisión entre poblaciones de ungulados de enfermedades infecciosas o parasitosis que eventualmente pudieran surgir, como fue el caso de los episodios de sarna (*Sarcoptes scabiei*) que diezmaron la población de arruis en Murcia a comienzos de los años 90 del siglo pasado (González-Candela & León-Vizcaíno, 1999), o la queratoconjuntivitis que afecta a rebecos (*Rupicapra rupicapra*) y otros caprinos (Giacometti et al., 2002). En el caso del arrui, cuando comenzó la propagación de la sarna en Sierra Espuña, la densidad estimada de animales era de 13 ind/km^2 (González-Candela et al., 2004).

Teniendo en cuenta todas estas premisas, y a sabiendas de que esta estima es muy relativa y dependiente de las condiciones particulares de cada territorio y muy en particular de la producción vegetal estacional del mismo, podemos aventurarnos a establecer una carga óptima de arruis y/o cabras monteses de 7 ind/km^2 en las sierras del sureste peninsular, con un tope máximo no superior a los 10 ind/km^2. Consecuentemente, y en el caso concreto de Sierra Espuña, con una extensión útil para herbívoros de unas 15.000 ha., la presencia de 1.000 arruis y/o cabras monteses podría considerarse como adecuada para el mantenimiento del ecosistema, asegurándose una suficiente incidencia positiva sobre la heterogeneidad paisajística, particularmente en el caso del arrui al tener un comportamiento esencialmente pastador (ver la siguiente sección).

6.4 *Análisis de muestras en el laboratorio*

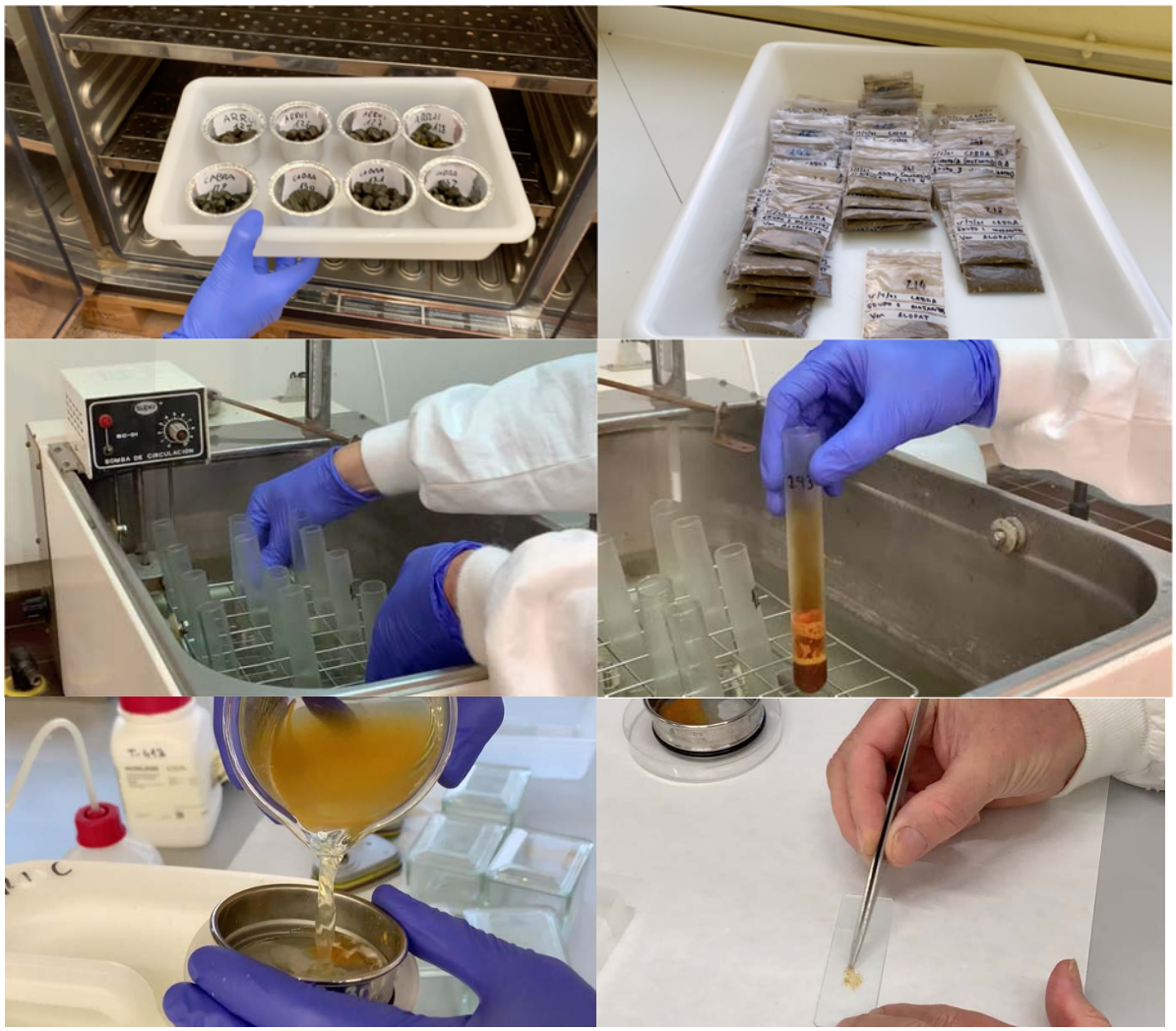
6.4.1. Microhistología

Se ha realizado el análisis microhistológico de 64 muestras fecales, distribuidas en 39 de arruí y 25 de cabra montés, recolectadas en las cuatro estaciones del año y en distintas sierras de Murcia en función de si las especies se encuentran en simpatría o alopatría. Se han contabilizado más de 100 fragmentos identificables de plantas en cada muestra. Para este análisis se ha seguido la metodología de Stewart (1967). La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos.

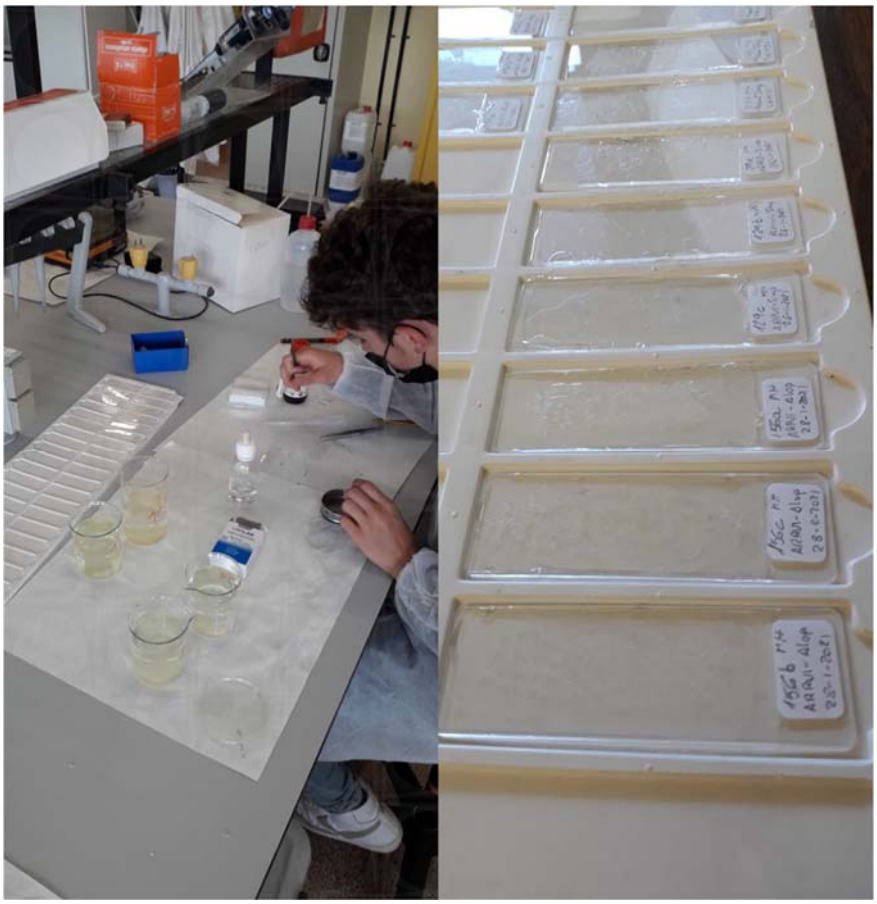
Tabla 8. Composición botánica de la dieta de arrui y cabra montés expresada en porcentaje de fragmentos epidérmicos de leñosas y herbáceas identificados en muestras fecales. Se incluye también una columna especifica de gramíneas por su importancia en la dieta, aunque forman parte del conjunto de herbáceas.

Animal	Relación	Estación	Sierra	Gramíneas	% TOTAL LEÑOSAS	% TOTAL HERBACEAS
Arrui	Alopatría	Invierno	Espuña	55,00	30,00	70,00
Arrui	Alopatría	Invierno	Espuña	64,00	27,00	73,00

Arrui	Alopatría	Otoño	Espuña	66,67	26,67	73,33
Arrui	Alopatría	Otoño	Espuña	34,31	43,14	56,86
Arrui	Alopatría	Otoño	Espuña	55,05	32,11	67,89
Arrui	Alopatría	Otoño	Espuña	54,05	43,24	56,76
Arrui	Alopatría	Primavera	Espuña	46,23	37,74	62,26
Arrui	Alopatría	Primavera	Espuña	35,45	27,27	72,73
Arrui	Alopatría	Verano	Espuña	5,00	71,00	29,00
Arrui	Alopatría	Verano	Espuña	3,85	59,62	40,38
Arrui	Alopatría	Verano	Espuña	6,00	51,00	49,00
Arrui	Simpatría	Invierno	Quipar	25,00	62,00	38,00
Arrui	Simpatría	Invierno	Quipar	34,00	49,00	51,00
Arrui	Simpatría	Otoño	Cabras	46,53	28,71	71,29
Arrui	Simpatría	Otoño	Quipar	27,45	40,20	59,80
Arrui	Simpatría	Otoño	Quipar	59,81	25,23	74,77
Arrui	Simpatría	Otoño	Quipar	73,79	17,48	82,52
Arrui	Simpatría	Otoño	Quipar	79,44	9,35	90,65
Arrui	Simpatría	Otoño	Quipar	66,06	13,76	86,24
Arrui	Simpatría	Otoño	Quipar	71,17	14,41	85,59
Arrui	Simpatría	Primavera	Quipar	63,46	19,23	80,77
Arrui	Simpatría	Primavera	Quipar	36,19	32,38	67,62
Arrui	Simpatría	Primavera	Cabras	42,73	20,91	79,09
Arrui	Simpatría	Primavera	Cabras	55,00	25,00	75,00
Arrui	Simpatría	Primavera	Cabras	3,54	45,13	54,87
Arrui	Simpatría	Primavera	Cabras	2,50	53,33	46,67
Arrui	Simpatría	Primavera	Quipar	44,35	38,26	61,74
Arrui	Simpatría	Primavera	Quipar	22,12	29,81	70,19
Arrui	Simpatría	Primavera	Quipar	1,85	51,85	48,15
Arrui	Simpatría	Verano	Quipar	34,00	33,00	67,00
Arrui	Simpatría	Verano	Quipar	2,80	47,66	52,34
Arrui	Simpatría	Verano	Cabras	39,42	34,62	65,38
Arrui	Simpatría	Verano	Quipar	3,96	40,59	59,41
Arrui	Simpatría	Verano	Quipar	6,19	60,18	39,82
Cabra montés	Alopatría	Invierno	Mojantes	9,00	84,00	16,00
Cabra montés	Alopatría	Invierno	Mojantes	4,00	93,00	7,00
Cabra montés	Alopatría	Otoño	Mojantes	36,84	57,02	42,98
Cabra montés	Alopatría	Otoño	Mojantes	38,83	43,69	56,31
Cabra montés	Alopatría	Otoño	Mojantes	44,25	47,79	52,21
Cabra montés	Alopatría	Otoño	Mojantes	11,88	76,24	23,76
Cabra montés	Alopatría	Primavera	Mojantes	16,82	68,22	31,78
Cabra montés	Alopatría	Primavera	Mojantes	21,57	67,65	32,35
Cabra montés	Alopatría	Verano	Mojantes	0,90	71,17	28,83
Cabra montés	Alopatría	Verano	Mojantes	0,00	78,50	21,50
Cabra montés	Alopatría	Verano	Mojantes	0,00	66,99	33,01
Cabra montés	Alopatría	Verano	Mojantes	0,00	71,00	29,00
Cabra montés	Simpatría	Invierno	Quipar	7,14	48,21	51,79
Cabra montés	Simpatría	Invierno	Quipar-Cabras	41,00	33,00	67,00
Cabra montés	Simpatría	Invierno	Quipar-Cabras	41,00	36,00	64,00
Cabra montés	Simpatría	Otoño	Cambrón	24,78	61,06	38,94
Cabra montés	Simpatría	Otoño	Quipar	1,83	88,99	11,01
Cabra montés	Simpatría	Otoño	Quipar	1,98	90,10	9,90
Cabra montés	Simpatría	Otoño	Quipar	31,90	56,03	43,97
Cabra montés	Simpatría	Otoño	Quipar	17,76	63,55	36,45
Cabra montés	Simpatría	Primavera	Cabras	28,57	38,39	61,61
Cabra montés	Simpatría	Primavera	Cabras	15,52	35,34	64,66
Cabra montés	Simpatría	Verano	Quipar	41,18	25,49	74,51
Cabra montés	Simpatría	Verano	Cabras	11,93	30,28	69,72
Cabra montés	Simpatría	Verano	Cabras	0,00	39,13	60,87



Fases de preparación de muestras fecales frescas. De izquierda a derecha y de arriba abajo: secado, molturado, digestión (2), filtrado y preparación.

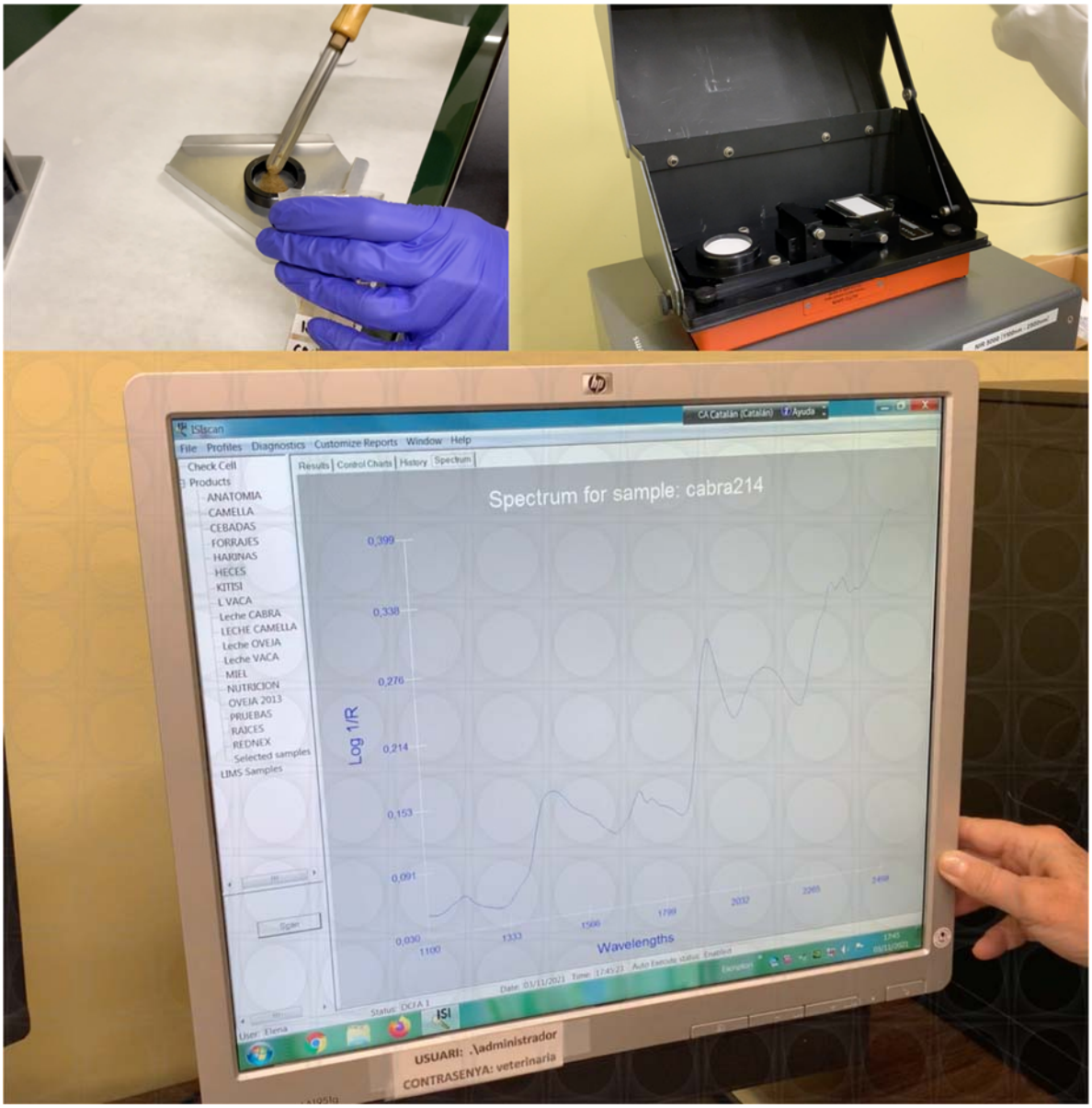


Elaboración de preparaciones microscópicas

Observación de las preparaciones microscópicas y recuento de fragmentos epidérmicos

6.4.2. Calibración espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS)

Para la obtención de las calibraciones NIRS se utilizaron 50 muestras fecales seleccionadas al azar (29 Arrui y 21 cabra montés), intentando que estuvieran representada las 4 estaciones del año y las dos distribuciones (simpatría y alopatría). El proceso conlleva el encapsulado del material molturado, la obtención del espectro y su posterior análisis.



Fases del análisis fecal-NIRS: encapsulado, obtención del espectro y análisis del mismo.

Las muestras fueron escaneadas por duplicado y posteriormente los dos espectros fueron promediados. En la Tabla 9, se pueden observar las características de la población de muestras utilizadas para obtener las calibraciones. Pueden observarse amplios intervalos de variación para cada uno de los parámetros analizados, representando la variabilidad que debe esperarse en la práctica en los parámetros a predecir.

Tabla 9. Características de las muestras de heces de arruí y cabra montés utilizadas en las calibraciones NIRS (% presencia especies)

Composición (%)	N	Intervalo	Media	DE
Leñosas	50	9,35 - 93,00	46,19	22,04
Herbáceas	50	7,00 - 90,65	53,81	22,04
Gramíneas	50	0,00 - 79,44	31,99	23,56

Previo a la realización de la calibración, los espectros NIRS promediados fueron corregidos mediante los tratamientos SNV (variable normal estándar), DT (detrend) y MSC (corrección efecto multiplicativo de dispersión), para corregir los problemas ópticos, la tendencia y la dispersión múltiple respectivamente y transformados en primera y segunda derivada, usando diferente tamaño de "gap" (intervalo derivación) y de "smooth" (suavizador de puntos). El método de regresión utilizado para realizar las calibraciones fue la regresión por mínimos cuadrados parciales modificados (MPLS). Las mejores ecuaciones de calibración obtenidas fueron seleccionadas teniendo en cuenta el coeficiente de determinación de calibración (R2) y de validación cruzada (r2cv) y el error estándar de calibración (SEC) y de validación cruzada (SECV). Asimismo, se utilizaron otros estadísticos de gran utilidad para evaluar ecuaciones de calibración y que han sido descritos previamente por Williams y Sobering (1996), como la desviación estándar de los datos de referencia (RPD = relación entre desviación estándar del grupo de muestras de validación cruzada y el error estándar de predicción) y el rango de error de predicción (RER = relación entre el rango del método de referencia y el error de predicción).

En la Tabla 10, pueden observarse los mejores modelos de predicción obtenidos y en la Figura 1, se representan las regresiones obtenidas como la relación entre la predicción NIRS y los datos de referencia, para la presencia de especies herbáceas, leñosas y gramíneas. Considerando como buenas calibraciones las que presentan valores de RPD>3 y de RER>10 (Williams & Sobering, 1996), la predicción de fragmentos de gramíneas es la que obtiene mejores valores de predicción.

Tabla 10. Estadísticos de calibración y validación cruzada para la detección de la composición botánica en heces de arrui y cabra montés por NIRS

Composición	Trat.[a] Matem.	Correc.[b] dispersión	R^2	SEC	r^2_{cv}	SECV	RER	RPD
Leñosas	2,5,5,1	SNV+DT	0,91	6,86	0,76	10,76	7,77	2,05
Herbáceas	2,5,5,1	MSC	0,92	6,61	0,77	10,68	7,83	2,06
Gramíneas	2,4,4,1	MSC	0,96	4,02	0,85	7,13	11,14	3,30

[a] tratamiento matemático: derivada, gap, suavizado 1, suavizado 2; [b] corrección dispersión: SNV = variable normal estándar, DT = Detrend, MSC = corrección efecto multiplicativo de dispersión; R^2 = coeficiente determinación calibración; SEC = error estándar calibración; r^2_{cv} = coeficiente determinación de validación cruzada; SECV = error estándar validación cruzada; RER = rango error de predicción; RPD = desviación estándar de los datos de referencia.

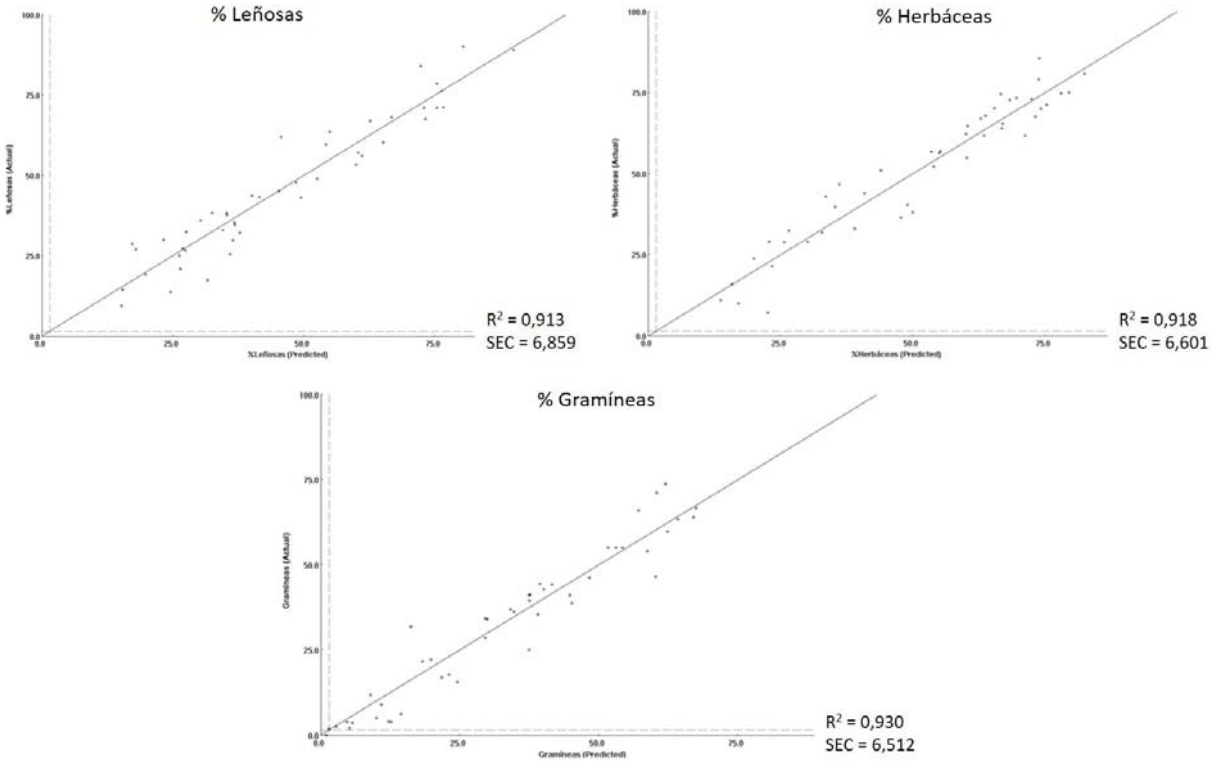


Figura 1. Ajuste de la regresión entre los valores de referencia por microhistología y los predichos por NIRS para la calibración desarrollada con las heces de arruí y cabra montés.

6.5 *Análisis estadísticos*

El objetivo es determinar el porcentaje de plantas leñosas y herbáceas presentes en la dieta de arruis y cabras monteses tanto en sierras en las que conviven (distribución simpátrica), como en aquellas en donde no (distribución alopátrica) para las cuatro estaciones del año.

Para ello se determina en primer lugar qué patrón sigue la distribución de la variable dependiente Porcentaje de Leñosas, apreciándose una distribución Normal (test Saphiro-Wilk de bondad de ajuste, W=0,9666, p=0,2056, Figura 2), lo que facilita el desarrollo de tests paramétricos.

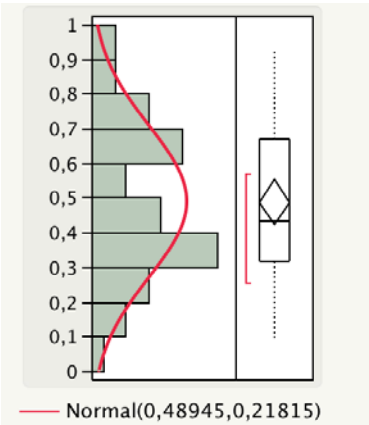


Figura 2. Distribución de la variable “porcentaje de leñosas” en relación a la curva Normal.

A continuación, se realiza una Análisis de la Varianza para la variable dependiente Porcentaje de Leñosas y los factores Especie (arrui, cabra montés), Distribución (simpátrica, alopátrica) y

Estación del año, así como todos los cruces posibles entre ellas. El modelo de la varianza es altamente significativo: F(15,30)=10,8044, p<0,0001, y en la Tabla 11 pueden apreciarse los valores de significación obtenidos para cada factor.

Tabla 11. Test de Efectos del Análisis de la Varianza para el Porcentaje de Leñosas y tres factores.

Factor	Grados de libertad	F Ratio	Probabilidad
Especie	1	27,5150	<0,0001
Distribución	1	16,7784	0,0003
Estación	3	1,7420	0,1796
Especie*Distribución	1	16,4422	0,0003
Especie*Estación	3	10,0226	<0,0001
Distribución*Estación	3	4,1135	0,0148
Especie*Distribución*Estación	3	17,6158	<0,0001

En las Figuras 3-6 pueden apreciarse los valores medios (± E.E.) para cada factor.

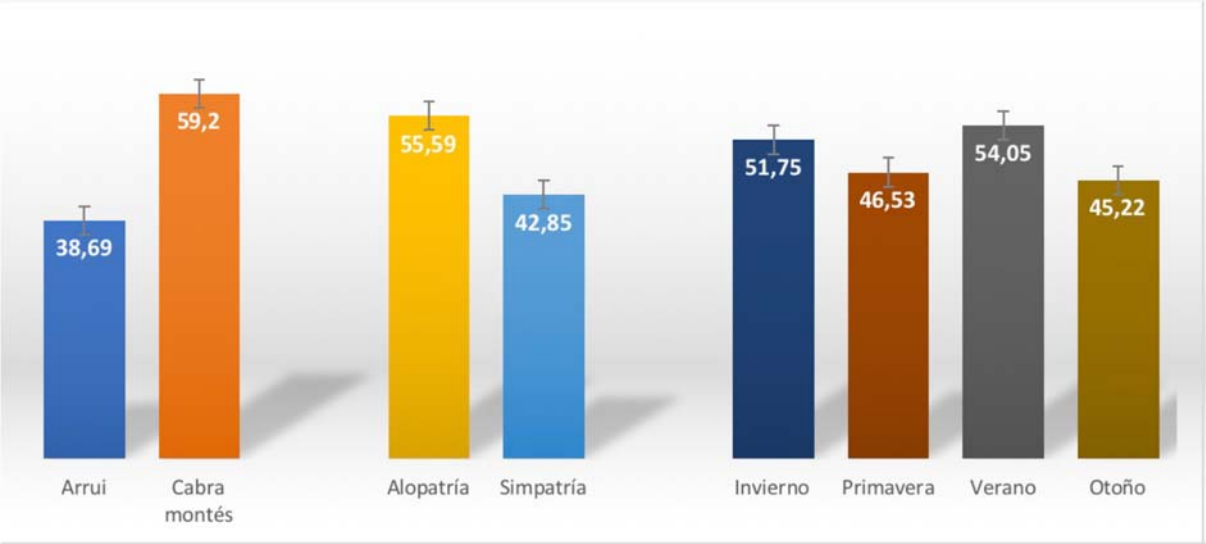


Figura 3. Promedio del % leñosas (±E.E.) para los factores Especie, Distribución y Estación.

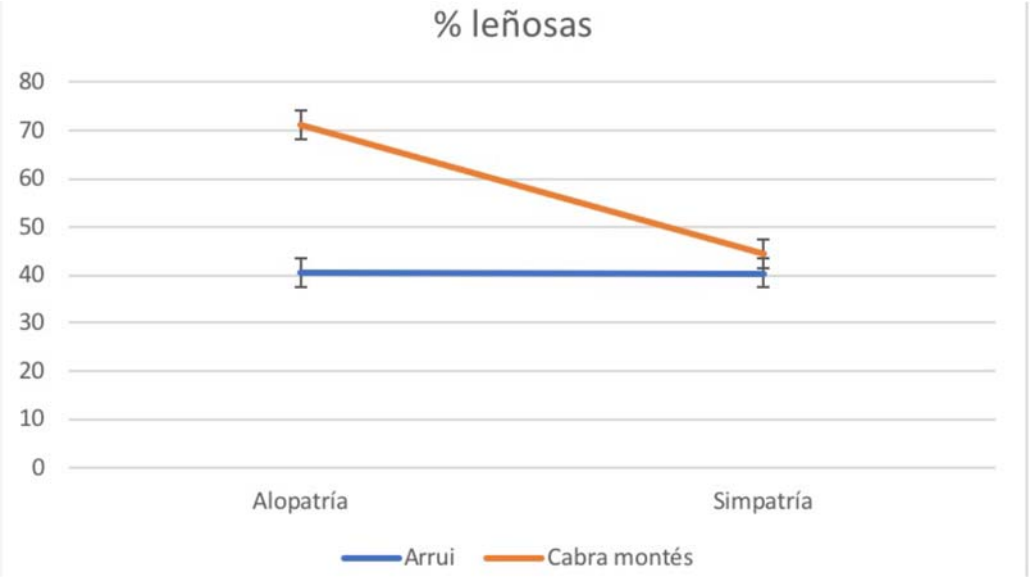


Figura 4. Promedio del % leñosas (±E.E.) para el factor del cruce Especie*Distribución.

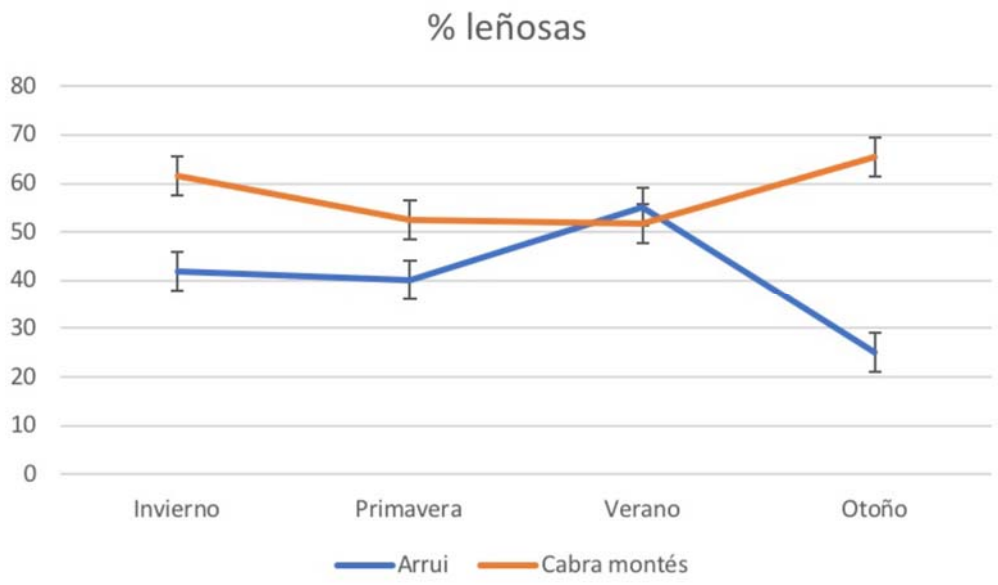


Figura 5. Promedio del % leñosas (±E.E.) para el factor del cruce Especie*Estación.

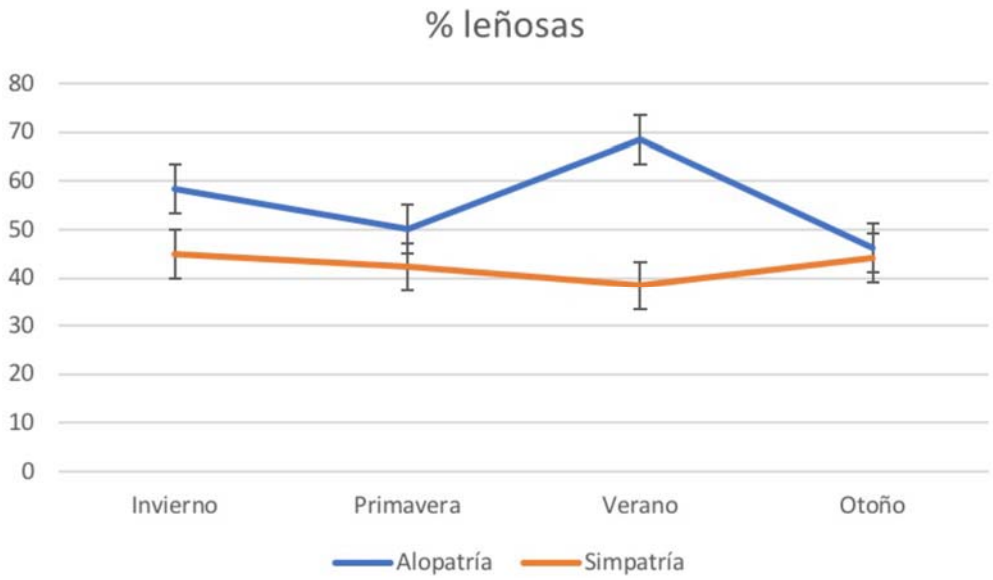


Figura 6. Promedio del % leñosas (±E.E.) para el factor del cruce Distribución*Estación.

6.6 Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)

Una vez determinadas las calibraciones entre la metodología NIRS y la técnica micro histológica, alcanzándose valores de correlación R2 superiores a 0,9 (ver el apartado 6.4.2.), se determinan las curvas de un total de 320 muestras, repartidas en 40 para cada especie por estación y distribución alopátrica o simpátrica (Tabla 12).

Tabla 12. Composición botánica de la dieta de arrui y cabra montés expresada en porcentaje de fragmentos epidérmicos de leñosas y herbáceas, distinguiendo gramíneas, identificados en muestras fecales, y calibradas por medio de la técnica NIRS.

Muestra	Especie	Distribución	Estación	% Leñosas	% Herbáceas	% Gramíneas
1	arrui	alopatría	otoño	70,746	40,297	26,079
2	arrui	alopatría	otoño	30,972	70,332	62,797
3	arrui	alopatría	otoño	41,188	61,475	48,424

4	arrui	alopatría	otoño	46,028	57,121	46,984
5	arrui	alopatría	otoño	37,594	55,897	54,485
6	arrui	alopatría	otoño	27,355	69,583	64,245
7	arrui	alopatría	otoño	49,415	55,144	31,486
8	arrui	alopatría	otoño	51,853	60,813	47,179
9	arrui	alopatría	otoño	27,106	75,761	66,176
10	arrui	alopatría	otoño	54,712	48,098	22,841
11	arrui	alopatría	otoño	74,27	41,081	26,36
12	arrui	alopatría	otoño	21,42	75,051	70,303
13	arrui	alopatría	otoño	54,399	44,183	34,535
14	arrui	alopatría	otoño	37,791	63,711	53,957
15	arrui	alopatría	otoño	61,726	47,012	28,843
16	arrui	alopatría	otoño	3,654	92,118	67,349
17	arrui	alopatría	otoño	61,463	45,598	30,335
18	arrui	alopatría	otoño	41,46	53,486	58,506
19	arrui	alopatría	otoño	61,334	46,081	37,103
20	arrui	alopatría	otoño	49,23	52,859	46,103
21	cabra	alopatría	otoño	60,382	33,531	31,511
22	cabra	alopatría	otoño	74,026	26,632	16,799
23	cabra	alopatría	otoño	40,036	54,995	37,76
24	cabra	alopatría	otoño	67,959	23,562	19,283
25	cabra	alopatría	otoño	48,47	53,909	37,998
26	cabra	alopatría	otoño	69,308	32,161	11,394
27	cabra	alopatría	otoño	41,491	52,291	39,932
28	cabra	alopatría	otoño	40,478	59,731	48,44
29	cabra	alopatría	otoño	59,668	30,813	25,187
30	cabra	alopatría	otoño	85,824	13,779	2,814
31	cabra	alopatría	otoño	63,613	37,786	9,814
32	cabra	alopatría	otoño	80,285	13,854	20,592
33	cabra	alopatría	otoño	76,285	19,931	3,221
34	cabra	alopatría	otoño	79,901	18,693	16,497
35	cabra	alopatría	otoño	56,889	35,484	20,457
36	cabra	alopatría	otoño	82,85	19,338	0
37	cabra	alopatría	otoño	67,344	26,546	31,099
38	cabra	alopatría	otoño	63,024	29,18	19,228
39	cabra	alopatría	otoño	67,946	26,75	32,176
40	cabra	alopatría	otoño	72,391	18,463	23,401
41	arrui	simpatría	otoño	33,899	62,517	53,391
42	arrui	simpatría	otoño	14,166	76,842	63,6
43	arrui	simpatría	otoño	31,564	61,782	60,373
44	arrui	simpatría	otoño	10,465	85,999	77,115
45	arrui	simpatría	otoño	17,23	82,233	68,428
46	arrui	simpatría	otoño	7,179	78,02	63,06

47	arrui	simpatría	otoño	31,885	60,696	45,044
48	arrui	simpatría	otoño	47,554	53,889	30,266
49	arrui	simpatría	otoño	15,164	63,027	49,384
50	arrui	simpatría	otoño	24,555	68,362	57,36
51	arrui	simpatría	otoño	11,563	79,07	66,893
52	arrui	simpatría	otoño	35,761	57,846	56,903
53	arrui	simpatría	otoño	22,327	64,229	56,057
54	arrui	simpatría	otoño	24,064	62,806	57,572
55	arrui	simpatría	otoño	17,166	75,265	61,295
56	arrui	simpatría	otoño	21,371	70,265	60,143
57	arrui	simpatría	otoño	17,789	76,714	57,706
58	arrui	simpatría	otoño	17,054	76,147	67,266
59	arrui	simpatría	otoño	15,311	73,909	59,966
60	arrui	simpatría	otoño	60,613	37,788	26,088
61	cabra	simpatría	otoño	74,264	21,105	5,672
62	cabra	simpatría	otoño	90,069	13,637	0,561
63	cabra	simpatría	otoño	80,473	16,969	5,713
64	cabra	simpatría	otoño	54,668	43,828	44,827
65	cabra	simpatría	otoño	49,215	49,414	52,691
66	cabra	simpatría	otoño	53,796	46,308	41,926
67	cabra	simpatría	otoño	61,08	40,895	19,462
68	cabra	simpatría	otoño	54,941	47,78	47,415
69	cabra	simpatría	otoño	58,003	43,814	35,599
70	cabra	simpatría	otoño	77,583	20,555	8,821
71	cabra	simpatría	otoño	93,346	9,151	0
72	cabra	simpatría	otoño	80,208	6,959	0
73	cabra	simpatría	otoño	77,76	18,654	3,427
74	cabra	simpatría	otoño	87,126	13,289	0
75	cabra	simpatría	otoño	59,58	32,964	35,15
76	cabra	simpatría	otoño	48,76	54,152	48,336
77	cabra	simpatría	otoño	49,321	44,28	34,598
78	cabra	simpatría	otoño	27,713	72,632	57,419
79	cabra	simpatría	otoño	50,548	42,972	35,116
80	cabra	simpatría	otoño	20,499	76,958	77,463
81	cabra	simpatría	invierno	48,024	42,181	0,512
82	cabra	simpatría	invierno	73,927	26,815	0
83	cabra	simpatría	invierno	73,612	22,517	0
84	cabra	simpatría	invierno	22,556	65,562	40,348
85	cabra	simpatría	invierno	90,041	2,152	0
86	cabra	simpatría	invierno	70,835	25,469	0
87	cabra	simpatría	invierno	64,573	32,706	4,969
88	cabra	simpatría	invierno	87,676	8,131	0
89	cabra	simpatría	invierno	66,11	37,71	0

90	cabra	simpatría	invierno	80,954	14,512	0
91	cabra	simpatría	invierno	80,706	15,906	2,053
92	cabra	simpatría	invierno	49,184	35,505	13,223
93	cabra	simpatría	invierno	50,098	46,458	3,329
94	cabra	simpatría	invierno	48,914	46,092	3,605
95	cabra	simpatría	invierno	74,695	26,54	0
96	cabra	simpatría	invierno	31,604	59,526	51,211
97	cabra	simpatría	invierno	34,494	62,811	34,163
98	cabra	simpatría	invierno	30,229	66,854	42,785
99	cabra	simpatría	invierno	90,907	2,48	0
100	cabra	simpatría	invierno	38,061	58,693	36,188
101	cabra	alopatría	invierno	72,32	15,76	10,703
102	cabra	alopatría	invierno	65,548	22,54	11,09
103	cabra	alopatría	invierno	53,307	28,747	6,286
104	cabra	alopatría	invierno	58,843	26,571	13,815
105	cabra	alopatría	invierno	69,265	20,382	6,216
106	cabra	alopatría	invierno	67,601	15,186	5,866
107	cabra	alopatría	invierno	65,541	30,255	8,726
108	cabra	alopatría	invierno	69,518	21,896	10,702
109	cabra	alopatría	invierno	64,19	27,158	11,122
110	cabra	alopatría	invierno	73,776	12,975	3,329
111	cabra	alopatría	invierno	67,73	26,809	11,028
112	cabra	alopatría	invierno	74,085	13,882	5,995
113	cabra	alopatría	invierno	65,495	28,655	20,015
114	cabra	alopatría	invierno	77,841	15,35	0
115	cabra	alopatría	invierno	75,441	22,356	13,668
116	cabra	alopatría	invierno	72,647	21,5	15,231
117	cabra	alopatría	invierno	27,404	69,133	38,788
118	cabra	alopatría	invierno	82,58	13,277	9,016
119	cabra	alopatría	invierno	70,68	20,252	10,583
120	cabra	alopatría	invierno	71,516	21,753	18,789
121	arrui	simpatría	invierno	70,984	22,358	0
122	arrui	simpatría	invierno	70,974	30,275	0
123	arrui	simpatría	invierno	90,286	4,543	1,453
124	arrui	simpatría	invierno	62,659	37,597	2,811
125	arrui	simpatría	invierno	52,812	38,718	32,741
126	arrui	simpatría	invierno	49,317	43,7	45,306
127	arrui	simpatría	invierno	56,646	36,636	30,256
128	arrui	simpatría	invierno	45,624	49,966	34,243
129	arrui	simpatría	invierno	52,533	43,953	26,665
130	arrui	simpatría	invierno	57,258	38,702	30,227
131	arrui	simpatría	invierno	43,799	57,649	44,613
132	arrui	simpatría	invierno	77,623	17,617	0,286

133	arrui	simpatría	invierno	51,731	41,806	16,575
134	arrui	simpatría	invierno	31,608	60,234	44,26
135	arrui	simpatría	invierno	49,966	42,462	34,151
136	arrui	simpatría	invierno	50,224	49,696	33,883
137	arrui	simpatría	invierno	52,227	45,533	31,791
138	arrui	simpatría	invierno	46,196	54,418	43,967
139	arrui	simpatría	invierno	32,6	59,41	43,817
140	arrui	simpatría	invierno	25,996	67,999	62,373
141	arrui	alopatría	invierno	22,157	74,662	61,465
142	arrui	alopatría	invierno	36,939	61,043	44,409
143	arrui	alopatría	invierno	43,43	56,35	34,578
144	arrui	alopatría	invierno	47,699	54,594	44,237
145	arrui	alopatría	invierno	44,149	51,985	42,084
146	arrui	alopatría	invierno	32,13	64,785	55,924
147	arrui	alopatría	invierno	25,716	70,474	46,518
148	arrui	alopatría	invierno	16,656	76,787	69,432
149	arrui	alopatría	invierno	28,782	71,385	56,604
150	arrui	alopatría	invierno	37,928	58,73	47,508
151	arrui	alopatría	invierno	17,885	72,476	65,274
152	arrui	alopatría	invierno	35,261	76,695	27,854
153	arrui	alopatría	invierno	78,145	11,655	0
154	arrui	alopatría	invierno	25,228	75,428	51,459
155	arrui	alopatría	invierno	10,235	85,191	70,225
156	arrui	alopatría	invierno	23,2	74,279	52,623
157	arrui	alopatría	invierno	22,954	73,422	40,709
158	arrui	alopatría	invierno	36,996	63,563	36,273
159	arrui	alopatría	invierno	11,506	84,637	57,336
160	arrui	alopatría	invierno	39,696	61,421	37,061
161	arrui	simpatría	primavera	59,982	36,05	3,112
162	arrui	simpatría	primavera	26,217	79,521	58,936
163	arrui	simpatría	primavera	24,089	81,398	36,678
164	arrui	simpatría	primavera	26,37	73,849	42,167
165	arrui	simpatría	primavera	27,494	73,231	41,127
166	arrui	simpatría	primavera	56,062	50,11	0
167	arrui	simpatría	primavera	32,445	71,261	40,287
168	arrui	simpatría	primavera	27,318	74,853	42,11
169	arrui	simpatría	primavera	29,693	71,708	40,534
170	arrui	simpatría	primavera	36,408	65,449	21,76
171	arrui	simpatría	primavera	31,47	71,601	41,002
172	arrui	simpatría	primavera	19,705	82,444	70,915
173	arrui	simpatría	primavera	33,764	60,936	28,481
174	arrui	simpatría	primavera	76,054	26,864	0
175	arrui	simpatría	primavera	45,143	60,224	7,33

176	arrui	simpatría	primavera	26,087	74,123	49,89
177	arrui	simpatría	primavera	30,481	73,586	55,027
178	arrui	simpatría	primavera	28,114	69,531	43,565
179	arrui	simpatría	primavera	24,101	78,257	48,594
180	arrui	simpatría	primavera	30,725	66,558	37,082
181	cabra	simpatría	primavera	57,983	42,377	0
182	cabra	simpatría	primavera	33,224	56,241	28,11
183	cabra	simpatría	primavera	63,959	35,023	0
184	cabra	simpatría	primavera	26,297	77,247	34,406
185	cabra	simpatría	primavera	50,839	46,968	14,554
186	cabra	simpatría	primavera	34,855	60,167	33,223
187	cabra	simpatría	primavera	54,562	43,404	0
188	cabra	simpatría	primavera	59,731	33,507	0
189	cabra	simpatría	primavera	31,223	65,141	13,46
190	cabra	simpatría	primavera	54,65	42,074	16,385
191	cabra	simpatría	primavera	54,231	47,654	0
192	cabra	simpatría	primavera	36,666	60,374	19,769
193	cabra	simpatría	primavera	24,041	59,776	25,475
194	cabra	simpatría	primavera	44,568	55,728	20,428
195	cabra	simpatría	primavera	35,134	69,205	28,533
196	cabra	simpatría	primavera	38,838	64,852	17,157
197	cabra	simpatría	primavera	52,785	42,79	18,272
198	cabra	simpatría	primavera	45,203	44,783	14,062
199	cabra	simpatría	primavera	59,939	45,811	10,033
200	cabra	simpatría	primavera	35,162	63,477	26,246
201	cabra	alopatría	primavera	66,753	32,796	22,382
202	cabra	alopatría	primavera	73,17	26,531	16,732
203	cabra	alopatría	primavera	55,515	44,751	21,273
204	cabra	alopatría	primavera	81,305	4,716	0
205	cabra	alopatría	primavera	70,271	25,536	0
206	cabra	alopatría	primavera	63,504	34,211	18,452
207	cabra	alopatría	primavera	78,817	16,257	9,356
208	cabra	alopatría	primavera	68,016	27,54	23,427
209	cabra	alopatría	primavera	72,812	20,377	24,601
210	cabra	alopatría	primavera	81,394	11,335	0
211	cabra	alopatría	primavera	61,165	34,886	8,921
212	cabra	alopatría	primavera	68,461	20,633	22,057
213	cabra	alopatría	primavera	88,042	8,389	5,677
214	cabra	alopatría	primavera	39,17	54,833	12,182
215	cabra	alopatría	primavera	74,924	10,689	0
216	cabra	alopatría	primavera	58,143	33,035	5,274
217	cabra	alopatría	primavera	79,914	7,888	0
218	cabra	alopatría	primavera	57,97	44,836	15,849

219	cabra	alopatría	primavera	7,614	62,359	73,38
220	cabra	alopatría	primavera	70,943	20,014	24,646
221	arrui	alopatría	primavera	35,257	60,004	50,437
222	arrui	alopatría	primavera	26,83	68,303	33,491
223	arrui	alopatría	primavera	28,657	69,592	44,068
224	arrui	alopatría	primavera	15,309	77,464	58,065
225	arrui	alopatría	primavera	16,818	51,686	37,081
226	arrui	alopatría	primavera	33,766	57,867	34,553
227	arrui	alopatría	primavera	10,247	83,122	42,957
228	arrui	alopatría	primavera	70,552	33,692	7,277
229	arrui	alopatría	primavera	63,978	38,932	16,998
230	arrui	alopatría	primavera	73,786	28,482	0
231	arrui	alopatría	primavera	37,957	49,543	30,471
232	arrui	alopatría	primavera	20,418	50,498	32,775
233	arrui	alopatría	primavera	59,114	36,047	13,557
234	arrui	alopatría	primavera	46,798	48,315	29,876
235	arrui	alopatría	primavera	4,958	96,711	59,61
236	arrui	alopatría	primavera	1,363	83,305	55,133
237	arrui	alopatría	primavera	20,606	96,824	42,478
238	arrui	alopatría	primavera	22,914	87,259	28,084
239	arrui	alopatría	primavera	67,266	32,121	15,604
240	arrui	alopatría	primavera	63,652	26,366	11,919
241	cabra	alopatría	verano	100,416	6,294	0
242	cabra	alopatría	verano	78,535	22,499	0
243	cabra	alopatría	verano	62,705	38,997	2,536
244	cabra	alopatría	verano	92,151	14,563	0
245	cabra	alopatría	verano	57,383	40,756	0
246	cabra	alopatría	verano	77,292	14,967	0
247	cabra	alopatría	verano	57,201	38,516	0
248	cabra	alopatría	verano	22,971	94,872	17,082
249	cabra	alopatría	verano	75,43	22,801	0
250	cabra	alopatría	verano	90,21	12,319	0
251	cabra	alopatría	verano	77,653	23,088	0
252	cabra	alopatría	verano	85,401	19,625	0
253	cabra	alopatría	verano	73,403	26,751	0
254	cabra	alopatría	verano	75,424	23,361	2,417
255	cabra	alopatría	verano	86,719	15,231	0
256	cabra	alopatría	verano	81,696	22,931	0
257	cabra	alopatría	verano	77,85	14,887	0
258	cabra	alopatría	verano	76,602	25,686	0
259	cabra	alopatría	verano	95,286	8,448	0
260	cabra	alopatría	verano	87,643	13,526	0
261	arrui	alopatría	verano	33,24	65,623	32,227

262	arrui	alopatría	verano	50,7	46,103	14,809
263	arrui	alopatría	verano	53,18	42,828	21,777
264	arrui	alopatría	verano	42,256	54,571	15,113
265	arrui	alopatría	verano	50,066	45,227	24,439
266	arrui	alopatría	verano	50,386	43,651	17,092
267	arrui	alopatría	verano	41,505	52,52	22,442
268	arrui	alopatría	verano	42,882	53,971	28,493
269	arrui	alopatría	verano	43,894	48,089	15,754
270	arrui	alopatría	verano	96,686	13,628	0
271	arrui	alopatría	verano	46,101	51,725	22,852
272	arrui	alopatría	verano	53,08	49,712	24,908
273	arrui	alopatría	verano	72,905	30,117	11,463
274	arrui	alopatría	verano	15,471	77,537	55,553
275	arrui	alopatría	verano	46,34	55,873	27,973
276	arrui	alopatría	verano	52,826	50,462	12,435
277	arrui	alopatría	verano	48,138	49,631	25,333
278	arrui	alopatría	verano	58,83	43,081	16,935
279	arrui	alopatría	verano	54,182	48,978	12,292
280	arrui	alopatría	verano	66,105	26,503	1,596
281	cabra	simpatría	verano	57,098	43,482	24,424
282	cabra	simpatría	verano	35,892	66,646	39,242
283	cabra	simpatría	verano	77,126	26,604	2,201
284	cabra	simpatría	verano	55,387	48,047	44,907
285	cabra	simpatría	verano	69,928	34,692	19,89
286	cabra	simpatría	verano	73,305	25,983	2,297
287	cabra	simpatría	verano	47,977	57,449	40,381
288	cabra	simpatría	verano	48,748	53,008	24,512
289	cabra	simpatría	verano	60,813	38,771	18,979
290	cabra	simpatría	verano	52,538	48,352	30,648
291	cabra	simpatría	verano	47,625	48,38	35,411
292	cabra	simpatría	verano	82,945	18,13	8,424
293	cabra	simpatría	verano	61,977	45,165	24,353
294	cabra	simpatría	verano	78,79	19,12	10,519
295	cabra	simpatría	verano	56,672	44,224	26,5
296	cabra	simpatría	verano	72,483	39,495	18,016
297	cabra	simpatría	verano	81,35	20,611	9,702
298	cabra	simpatría	verano	68,39	37,792	6,309
299	cabra	simpatría	verano	54,955	42,584	26,457
300	cabra	simpatría	verano	49,268	40,414	41,254
301	arrui	simpatría	verano	36,809	67,043	43,656
302	arrui	simpatría	verano	57,975	43,545	18,431
303	arrui	simpatría	verano	34,25	69,06	45,416
304	arrui	simpatría	verano	29,726	71,146	50,013

305	arrui	simpatría	verano	67,862	31,498	14,585
306	arrui	simpatría	verano	65,155	35,305	16,139
307	arrui	simpatría	verano	65,039	34,972	21,581
308	arrui	simpatría	verano	76,002	28,617	11,345
309	arrui	simpatría	verano	99,258	7,874	0
310	arrui	simpatría	verano	56,71	32,781	17,456
311	arrui	simpatría	verano	84,145	20,748	4,26
312	arrui	simpatría	verano	77,799	19,65	8,108
313	arrui	simpatría	verano	80,793	24,346	6,533
314	arrui	simpatría	verano	35,084	60,624	67,84
315	arrui	simpatría	verano	74,475	33,04	11,424
316	arrui	simpatría	verano	75,714	26,239	8,117
317	arrui	simpatría	verano	62,764	35,315	21,79
318	arrui	simpatría	verano	101,194	6,985	0
319	arrui	simpatría	verano	66,554	24,18	0
320	arrui	simpatría	verano	34,592	61,26	63,386

A partir de esta base de datos, con un tamaño de muestra considerablemente mayor que la obtenida para el análisis microhistológicos, se ha realizado de nuevo un Análisis de la Varianza para la variable dependiente Porcentaje de Leñosas y los factores Especie (arrui, cabra montés), Distribución (simpátrica, alopátrica) y Estación del año, así como todos los cruces posibles entre ellas. En esta ocasión, dado que la variable dependiente no sigue una distribución normal, se ha utilizado la transformación del arcoseno de la raíz para poder realizar este test paramétrico.

El modelo de la varianza resultante vuelve a ser altamente significativo: $F(15,318)=14,8742$, $p<0,0001$, y en la Tabla 13 pueden apreciarse los valores obtenidos para cada factor.

Tabla 13. Test de Efectos del Análisis de la Varianza para el Porcentaje de Leñosas y tres factores.

Factor	Grados de libertad	F Ratio	Probabilidad
Especie	1	109,9875	<0,0001
Distribución	1	4,4087	0,0366
Estación	3	15,6357	<0,0001
Especie*Distribución	1	11,6917	0,0007
Especie*Estación	3	3,5585	0,0147
Distribución*Estación	3	4,9621	0,0022
Especie*Distribución*Estación	3	8,1056	<0,0001

En las Figuras 7-10 pueden apreciarse los valores medios (± E.E.) para cada factor.

Figura 7. Promedio del % leñosas (±E.E.) para los factores Especie, Distribución y Estación.

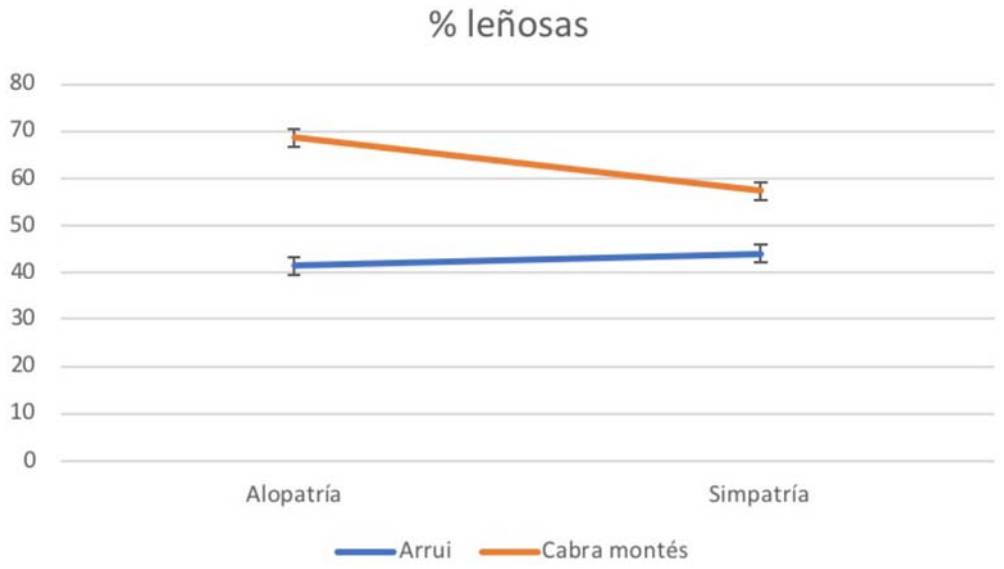


Figura 8. Promedio del % leñosas (±E.E.) para el factor del cruce Especie*Distribución.

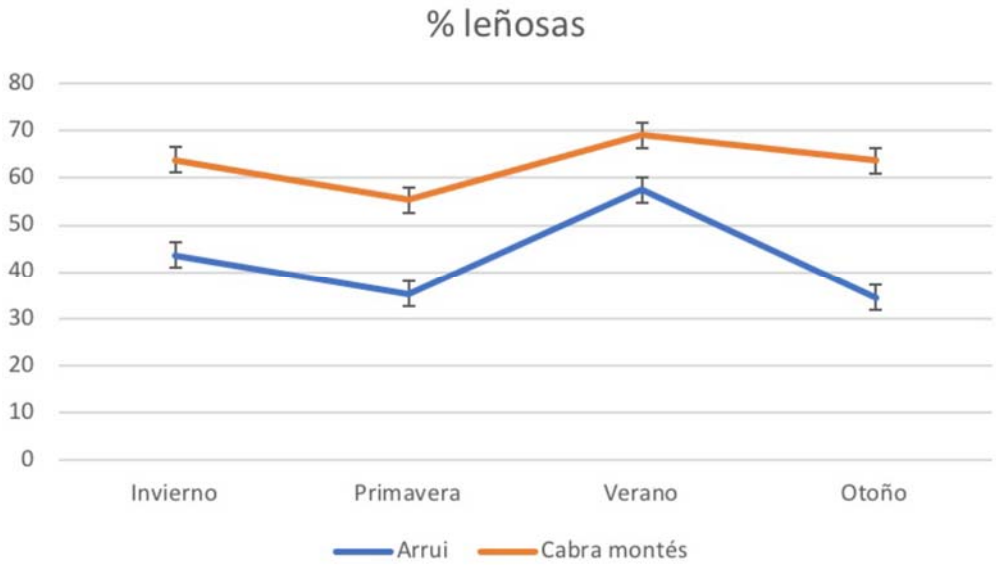


Figura 9. Promedio del % leñosas (±E.E.) para el factor del cruce Especie*Estación.

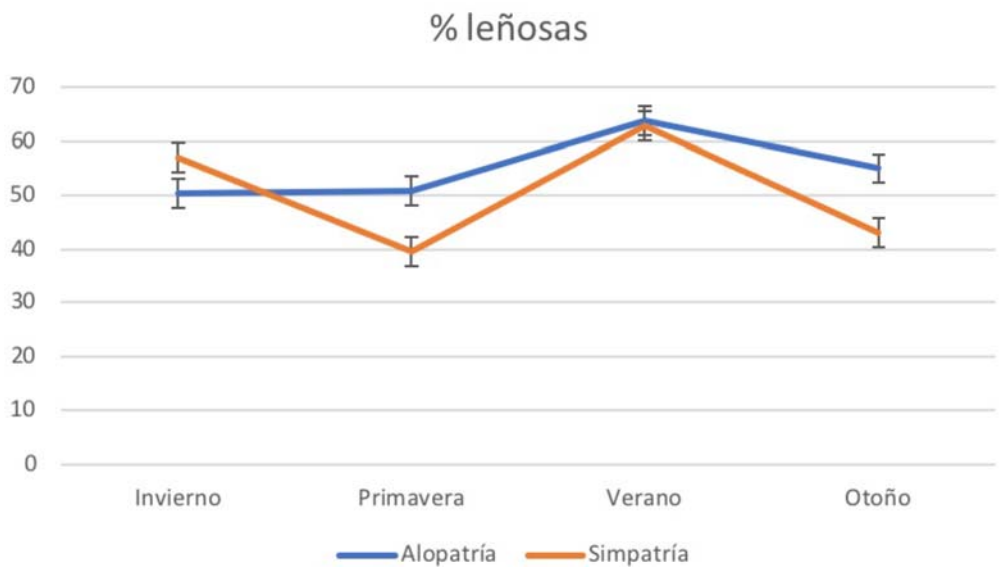


Figura 10. Promedio del % leñosas (±E.E.) para el factor del cruce Distribución*Estación.

6.7 *Alcance de los objetivos originariamente planteados*

La realización del presente estudio ha representado un reto en cuanto a eficacia en tiempo y espacio. En tiempo porque un diseño experimental adecuado exigía la toma de datos de campo en las cuatro estaciones del año, a lo que había que añadir la compleja fase de estudio en el laboratorio, con una importante cantidad de muestras por analizar. Y en espacio, porque era necesario localizar zonas montanas similares en características ecosistémicas que fueran representativas de distribuciones tanto simpátricas como alopátricas para arruis y cabras monteses.

Se han abordado todos los objetivos planteados, realizando además el análisis de las muestras a través de la técnica fecal-NIRS, cuyos resultados han mostrado, si cabe, una mayor contundencia estadística que los datos obtenidos por medio de la más tradicional y laboriosa técnica del análisis microhistológico, obteniendo por tanto unas conclusiones sólidas.

6. Discusión

6.1 *Incidencia trófica de arruis y cabras monteses*

Una de las particularidades del presente estudio es que se ha comparado el comportamiento trófico del arrui con el de la autóctona cabra montés, en condiciones de convivencia (simpatría) y en ausencia de convivencia (alopatría). Esto ha permitido, por primera vez, comprobar empíricamente si ambas especies, cuando conviven, muestran diferencias en su comportamiento trófico que pudieran indicar la existencia de una competencia por el alimento, es decir, una competencia por el nicho trófico.

Los resultados obtenidos confirman los recientes estudios sobre las preferencias alimenticias de arruis, tanto en sus poblaciones introducidas (Miranda et al., 2012) como en las presentes en sus áreas nativas de distribución (Ben Mimoun & Nouira, 2015; Bounaceur et al., 2016; Bachiri et al., 2021), resaltando un carácter pastador, es decir, preferentemente selector de herbáceas (gramíneas y forbias). En cambio, la cabra montés muestra por lo general una

preferencia marcada por las especies leñosas en su dieta, tal y como se ha apreciado en otras poblaciones ibéricas (ver revisión en Alados & Escós, 2017).

No obstante, se ha evidenciado un cambio significativo en los hábitos alimenticios de la cabra montés cuando se encuentra en simpatría con el arrui (Figura 4), eligiendo en este caso un mayor porcentaje de herbáceas. Este inesperado resultado, en el que el caprino autóctono cambia su hábito alimenticio preferente en comparación con el elegido en condiciones alopátricas, nos abre un nuevo escenario de interacción entre especies que vale la pena comentar, y para el que no tenemos más que nuevas hipótesis de trabajo que valdría la pena comprobar en futuros estudios.

a) Así, una primera hipótesis de trabajo sería aquella referente a una potencial agrupación cabras-arruis como medida de defensa frente a depredadores (Fitzgibbon, 1990); siendo en este caso la especie de menor tamaño, la cabra montés, la que "copiaría" el uso del hábitat de la de mayor tamaño y fortaleza.
b) Otra interesante hipótesis tendría que ver con la selección de alimentos particularmente ricos nutricionalmente. En simpatría poblaciones de ambas especies pueden coincidir en tiempo y espacio. Evidenciando en este caso el marcado carácter pastador del arrui, el cual no varía en ninguna de las circunstancias analizadas en el presente estudio, en aquellos pastizales en donde la especie exótica aprovecha las partes altas de gramíneas y forbias, quedan al descubierto los rebrotes más cercanos al suelo, por lo general más tiernos y nutritivos, los cuales es probable que esté aprovechando la cabra montés.

Como evidencia de esta interacción trófica conviene señalar que, durante la toma de muestras de campo del presente estudio, en las zonas en simpatría se han podido observar en numerosas ocasiones individuos de ambas especies alimentándose en las cercanías (S. Eguía, obs. pers.).

Imágenes captadas por una cámara de fototrampeo de arruis y cabras monteses

Otro de los resultados obtenidos es el referente a cambios estacionales en la selección del alimento. Se ha comprobado cómo el porcentaje de plantas leñosas en la dieta es mayor durante la temporada estival, lo que está seguramente relacionado con una escasa disponibilidad de herbáceas. Se puede por tanto afirmar que en veranos secos, en donde la

disponibilidad de alimento se vea comprometida, podríamos esperar una cierta competencia por el alimento entre ambas especies.

6.1 Implicaciones ecológicas y propuestas de gestión

El presente estudio evidencia diferencias significativas en el uso del nicho trófico entre el exótico arrui y la autóctona cabra montés en zonas montanas de la Región de Murcia. Sin embargo, ambos herbívoros muestran una dieta mixta, en donde, aunque en proporciones diferentes, están presentes tanto especies de plantas arbustivas como herbáceas. Asimismo, cuando la cabra se encuentra en simpatría con el arrui, muestra un cambio en su comportamiento alimenticio, incluyendo significativamente más plantas herbáceas en su dieta. Finalmente, en época estival vuelve a haber un mayor solapamiento en la dieta de ambas especies, debido a la sequedad del estrato herbáceo en esa época del año. Estudios más detallados en la selección de las plantas arbustivas podrían evidenciar a nivel más fino el nivel de solapamiento trófico entre arruis y cabras monteses.

¿Qué implicaciones ecológicas tiene el presente estudio? Por un lado, queda demostrado que arruis y cabras monteses difieren en su comportamiento trófico, lo que permite afirmar que ambas serían compatibles en simpatría y con suficientemente disponibilidad de recursos. Evidenciamos indicios incluso de una interacción beneficiosa que permitiría bien agrupaciones mixtas frente a la defensa de depredadores y/o un aprovechamiento por parte de la cabra montés de terrenos previamente pastoreados por el arrui, lo que podría aportarle al caprino ibérico nuevos recursos nutritivos en pastizales.

Finalmente, la confirmación del carácter marcadamente pastador del arrui en los montes del sureste ibérico, junto a una incidencia evidenciada sobre el estrato arbustivo similar a la observada en otros ungulados autóctonos ibéricos (Velamazán et al., 2017) lo presentan como candidato silvestre, junto a especies como el muflón europeo (Ovis aries musimon), de cara a procesos de renaturalización de los ecosistemas, beneficiando a los pastizales naturales, incluidos muchos de ellos en la Red Natura 2000, y frenando el proceso de matorralización de los montes (Cassinello, 2012; Fernández-Olalla et al., 2016).

Finalmente, y en cuanto a establecer una estima de capacidades de carga sostenibles, como ya se ha comentado en el apartado 5.3 la realización de un estudio detallado al respecto requiere de una toma de datos empíricos a lo largo de varias estaciones y años, lo que excedía con creces el alcance del presente estudio. Sin embargo, se ha intentado realizar una estima razonable de las densidades de arruis y/o cabras monteses en los montes murcianos, llegando a concluir que densidades de unos 7 ind/km^2 podrían ser adecuadas para el mantenimiento del ecosistema, aportando los beneficios propios de la herbivoría.

En base a toda la información empírica recogida en este y en otros estudios, se considera que hay indicios científicos suficientes como para retirar del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras las poblaciones peninsulares de arrui.

7. Conclusiones del estudio en base a los resultados obtenidos

A partir de los resultados obtenidos por medio del análisis NIRS de la presencia estacional de especies de plantas herbáceas y leñosas de arruis y cabras monteses en condiciones de simpatría y alopatía, podemos sacar las siguientes conclusiones en base al análisis NIRS:

a) Se evidencian diferencias significativas en el uso del nicho trófico entre el exótico arrui y la autóctona cabra montés en zonas montañas de la Región de Murcia

b) El arrui muestra un carácter marcadamente pastador, estando presente en su dieta la componente herbácea en un 57 %.

c) La cabra montés muestra una preferencia por el estrato arbustivo de un 63 %.

d) Cuando ambas especies se encuentran en simpatría la cabra montés cambia su comportamiento alimenticio hacia un mayor aprovechamiento del estrato herbáceo, aunque sin alcanzar la incidencia que sobre el mismo efectúa el arrui.

e) En época estival en el arrui aumenta el consumo de especies leñosas, aunque sin llegar a alcanzar el nivel mostrado por la cabra montés.

f) Las diferencias en el comportamiento alimenticio de cabras monteses y arruis les permite utilizar nichos tróficos algo diferentes, lo que compatibiliza su presencia conjunta en los ecosistemas montanos del sureste peninsular.

g) Sólo ante eventos marcados de escasez de recursos, ya sea por escasa producción vegetal o por elevado número de animales, se esperaría un mayor solapamiento en la dieta.

h) El arrui, por su marcado carácter pastador, podría ser un candidato ideal para mantener pastizales naturales.

i) Se estima que cargas ganaderas de especies silvestres como la cabra montés y el arrui de entre 7-10 ind/km^2 podrían ser adecuadas en los montes del sureste peninsular.

j) Al igual que para el resto de especies de ungulados silvestres que habitan en la península ibérica, se hace necesario un seguimiento y control de las poblacionales de arrui, de tal manera que se asegure la sostenibilidad de las mismas y del medio.

k) En base a los resultados del presente trabajo y a los estudios previamente realizados en territorios peninsulares, proponemos la retirada de las poblaciones de arrui localizadas en la península ibérica del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

8. Bibliografía

Acevedo P, Cassinello J, Hortal J, Gortázar C (2007). Invasive exotic aoudad (Ammotragus lervia) as a major threat to native Iberian ibex (*Capra pyrenaica*): a habitat suitability model approach. Diversity & Distributions 13: 587–597.

Alados CL, Escós J (2017). Cabra montés – *Capra pyrenaica*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador A, Barja I (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. http://www.vertebradosibericos.org/

Alados CL, Shackleton DM (1997). Regional Summary. En: Shackleton DM, editor. Wild Sheep and Goats and Their Relatives: Status Survey and Conservation Action Plan for Caprinae. Gland, Switzerland: IUCN/SSC Caprinae Specialist Group: 47-48.

Albanell E, Bartolomé J, Cristobal I, Cassinello J (2011). Predicción de la composición botánica de la dieta de herbívoros silvestres mediante NIRS. Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, pp. 439-444, Toledo (España).

Bachiri H, Znari M, Ait Baamranne MA, Aourir M (2021). Spring diet differs among age-sex classes in Atlas Barbary sheep (*Ammotragus lervia lervia*) in a fenced nature reserve, Morocco. Mammalia 85: 315-324.

Bartolomé, J., López Garrido, O. 2020. Atles d'epidermis. Universitat Autònoma de Barcelona. https://ddd.uab.cat/collection/atlepi?ln=es.

Bartoš L, Kotrba R, Pintíř J (2010). Ungulate and their management in the Czech Republic. En: Apollonio, M., Andersen, R., Putman, R. (eds) European ungulates and their management in the 21st century. Cambridge University Press, Cambridge, pp 243–261.

Ben Mimoun J & Nouira S (2015). Food habits of the aoudad *Ammotragus lervia* in the Bou Hedma mountains, Tunisia. South African Journal of Science 111: Art. #2014-0448. http://dx.doi.org/10.17159/ sajs.2015/20140448.

Bounaceur F, Benamor N, Bissaad FZ, Douba F, Benmammar-Hasnaoui H, Guellil L (2016) État des populations et régime alimentaire du mouflon à manchette *Ammotragus lervia* (Pallas, 1777) au niveau de la réserve de chasse de Moutas à Tlemcen. Revue Écologie-Environnement 12: 42-52.

Cassinello J (1998). *Ammotragus lervia*: a review on systematics, biology, ecology and distribution. Ann. Zool. Fennici 35:149-162.

Cassinello J (2000). *Ammotragus* free-ranging population in the south-east of Spain: a necessary first account. Biodivers. Conserv. 9:887-900.

Cassinello J (2012). El paisaje en mosaico del Mediterráneo y su supervivencia: de la ganadería extensiva al papel desempeñado por las especies exóticas. Lychnos. Cuadernos de la Fundación General CSIC 9: 48-55.

Cassinello J (2013). *Ammotragus lervia*. En: Kingdon JS, Hoffmann M, editors. Mammals of Africa. Vol VI. Pigs, Hippopotamuses, Chevrotain, Giraffes, Deer and Bovids. London: Bloomsbury Publishing:595- 599.

Cassinello J (2015). *Ammotragus lervia* (aoudad). En: Invasive Species Compendium. www.cabi.org/isc. Wallingford, UK: CAB International.

Cassinello J (2018). Invasive species misconception and mismanagement: the paradoxical case of an alien ungulate in Spain. Conserv. Lett. e12440.

Cassinello J (2018). Misconception and mismanagement of invasive species: the paradoxical case of an alien ungulate in Spain. Conserv. Lett. e12440.

Cassinello J & Alados CL (1996). Female reproductive success in captive *Ammotragus lervia* (Bovidae, Artiodactyla). Study of its components and effects of hierarchy and inbreeding. Journal of Zoology (London), 239: 141-153.

Cassinello J, Bounaceur F, Brito JC, Bussière E, Cuzin F, Gil-Sánchez JM, Herrera-Sánchez FJ, Wacher T (2021). *Ammotragus lervia*. En: IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>.

Cassinello, J., Cuzin, F., Jdeidi, T., Masseti, M., Nader, I. & de Smet, K. (2008). Ammotragus lervia. In: 2008 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. IUCN, Gland.

Cassinello J, Serrano E, Calabuig G & Pérez JM (2004). Range expansion of an exotic ungulate (*Ammotragus lervia*) in southern Spain: ecological and conservation concerns. Biodiversity and Conservation 13: 851-866.

Christian TT (1980). Development and economic role of Aoudad hunting in a cattle ranching operation. En: Simpson CD, editor. Symposium on ecology and management of Barbary sheep. Lubbock: Texas Tech University Press:104-105.

Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente (2017). Proyecto de Plan de Gestión para el Control y Erradicación del Arruí (*Ammotragus lervia*) en la Región de Murcia. Informe no publicado.

Correal E, Robledo A, Erena M (2007). Tipificación, cartografía y evaluación de los recursos pastables de la Región de Murcia. Informes no 18. Ed. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Consejería de Agricultura y Agua.

Christian TT. 1980. Development and economic role of Aoudad hunting in a cattle ranching operation. En: Simpson CD, editor. Symposium on ecology and management of Barbary sheep. Lubbock: Texas Tech University Press:104-105.

Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente 2017. Proyecto de Plan de Gestión para el Control y Erradicación del Arruí (Ammotragus lervia) en la Región de Murcia. Informe no publicado.

DGF/IUCN (2017). Stratégie et plan d'action pour la conservation du mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia*) en Tunisie 2018-2027. Malaga, Espagne: IUCN/DGF. 56 pp.

Durant SM, Wacher T, Bashir S, Woodroffe R, de Ornellas P, Ransom C, Newby J, Abáigar T, Abdelgadir M, El Alqamy H, Baillie J, Beddiaf M, Belbachir F, Belbachir-Bazi A, Berbash AA, Bemadjim NE, Beudels- Jamar R, Boitani L, Breitenmoser C, Cano M, Chardonnet P, Collen B, Cornforth WA, Cuzin F, Gerngross P, Haddane B, Hadjeloum M, Jacobson A, Jebali, F. Lamarque,

D. Mallon, K. Minkowski, S. Monfort, B. Ndoassal, B. Niagate, G. Purchase A, Samaïla S, Samna AK, Sillero-Zubiri C, Soultan AE, Stanley Price.

MR, Pettorelli N (2014). Fiddling in biodiversity hotspots while desert burns? Collapse of the Sahara´s megafauna. Diversity and Distributions 20: 114-122.

Eguía S, Martínez-Noguera E, Botella F, Pascual R, Giménez-Casalduero A & Sánchez-Zapata JA (2015). Evolución del área de distribución del arruí (*Ammotragus lervia* Pallas 1777) y la cabra montés (*Capra pirenaica* Schinz, 1838) en la Región de Murcia. V Congreso de la Naturaleza de la Región de Murcia, 2015. Asociación de Naturalistas del Sureste, Murcia, Spain.

Fernández-Olalla M, Martínez-Jauregui M, Perea R, Velamazán M, San Miguel-Ayanz A (2016). Threat or opportunity? Browsing preferences and potential impact of *Ammotragus lervia* on woody plants of a Mediterranean protected area. Journal of Arid Environments 129: 9-15.

Fitzgibbon CD (1990). Mixed-species grouping in Thomson's and Grant's gazelles: the antipredator benefits. Animal Behaviour 39: 1116-1126.

Giacometti M, Janovsky M, Belloy L, Frey J (2002). Infectious keratoconjunctivitis of ibex, chamois and other Caprinae. Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics) 21: 335-345.

González-Candela M & León-Vizcaíno L (1999). Sarcoptic mange in Barbary sheep (*Ammotragus lervia*) population of Sierra Espuña Regional Park (Murcia). Galemys, 11: 43-58.

González-Candela M, León-Vizcaíno L & Cubero-Pablo MJ (2004). Population effects of sarcoptic mange in Barbary sheep (*Ammotragus lervia*) from Sierra Espuña Regional Park, Spain. Journal of Wildlife Diseases, 40: 456-465.

Jefatura del Estado (2018). Ley 7/2018, de 20 de julio, de modificación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. B.O.E. 176: 73196–73202.

Lazarus M, Gančević P, Orct T, Barišić D, Jerina K, Šprem N (2019). Barbary sheep tissues as bioindicators of radionuclide and stabile element contamination in Croatia: exposure assessment for consumers. Environ. Sci. Pollut. Res. 26 (14): 14521-14533.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013). Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. B.O.E, 185, 56764– 56786.

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (2011). Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras. B.O.E. 298: 132711-132735.

Miranda M, Sicilia M, Bartolomé J, Molina-Alcaide E, Gálvez-Bravo L & Cassinello J (2012). Contrasting feeding patterns of native red deer and two exotic ungulates in a Mediterranean ecosystem. Wildlife Research, 39, 171–182.

Mori E, Mazza G, Saggiomo L, Sommese A, Esattore B (2017). Strangers coming from the Sahara: an update of the worldwide distribution, potential impacts and conservation opportunities of alien aoudad. Ann. Zool. Fenn. 54:373–386.

Official Gazette (2018). Act on the Prevention of the Intake and Spread of Foreign and Invasive Foreign Species and their Management. Republic of Croatia 15/18.

Ogren H (1965). Barbary sheep. New Mexico Department of Game and Fish Bulletin 13, Santa Fe. 117 pp.

Ortuño F, De la Peña J (1979). Reservas y cotos nacionales de caza. 4. Región mediterránea. Madrid: Editorial Incafo. Colección Naturaleza Española, 5.

Perea R, Perea-García-Calvo R, Díaz-Ambrona CG & San Miguel A (2015). The reintroduction of a flagship ungulate *Capra pyrenaica*: assessing sustainability by surveying woody vegetation. Biological Conservation 181: 9–17.

Pérez Caballero M (2009). Capacidad de carga en los cotos de caza mayor del Parque Natural Sierra de Hornachuelos (Córdoba). https://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/capacidad- de-carga-en-los-cotos-de-caza-mayor-en-hornachuelos-60.

Proposición de Ley (2017). 122/000137 Proposición de Ley de modificación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. B.O.C.G. Serie B 170-1: 1-5.

Robles AB, Passera CB (1995). Native forage shrub species in south-eastern Spain: Forage species, forage phytomass, nutritive value and carrying capacity. Journal of Arid Environments 30: 191-196.

San Miguel A, editor (2011). El arruí (*Ammotragus lervia* Pallas 1777) en Sierra Espuña (Murcia)

¿Amenaza u oportunidad? Consejería de Agricultura y Agua, Región de Murcia. Serie Técnica nº 9. Murcia.

Shackleton DM, editor (1997). Wild sheep and goats and their relatives: status survey and conservation action plan for Caprinae. Gland, Switzerland: IUCN/SSC Caprinae Specialist Group.

Stewart DRM (1967). Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. Journal of Applied Ecology 4: 83-111.

Tribunal Supremo (2016). Sentencia de 16 de marzo de 2016, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo. B.O.E. 146: 41761-41762.

Velamazán M, San Miguel A, Escribano R & Perea R (2017). Threatened woody flora as an ecological indicator of large herbivore introductions. Biodiversity and Conservation 26: 917-930.

Villamuelas M, Serrano E, Espunyes J, Fernández N, López-Olvera JR, Garel M, Santos J, Parra-Aguado MA, Ramanzin M, Fernández-Aguilar X, Colom-Cadena A, Marco I, Lavin S, Bartolomé J (2017). Predicting herbivore faecal nitrogen using a multispecies near-infrared reflectance spectroscopy calibration. PloS One 12: e0176635.

Williams PC, Sobering DC (1996) .How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: Davis A.M.C. y Williams, P.C. (Eds.) Near infrared spectroscopy: the future waves, pp 185-188. Chichester, U.K.: NIR Publications.