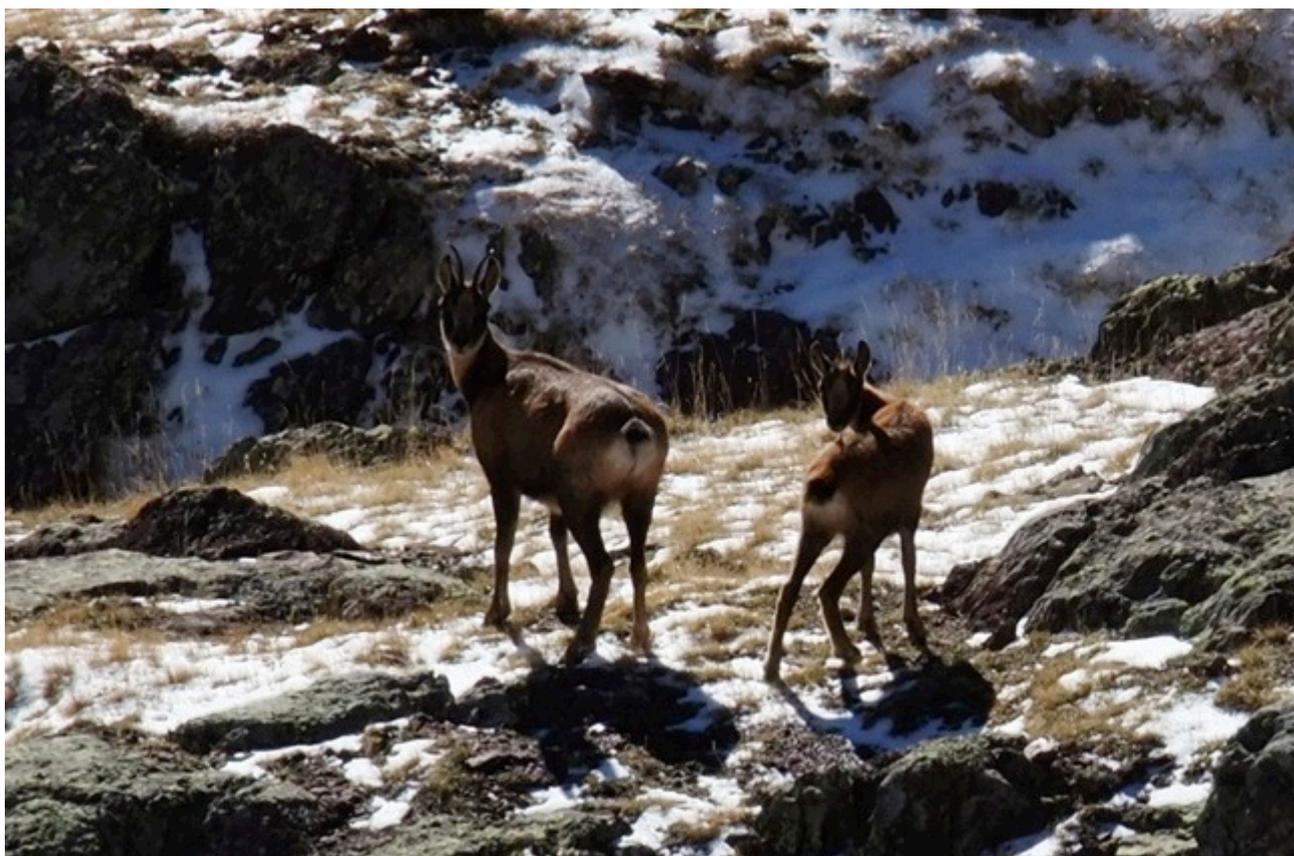


Factores que afectan al tamaño de los cuernos del sarrío

Rupicapra p. pyrenaica



Autora

Pilar Jimeno Brabo

Directores

Ricardo García González y Juan Herrero Cortés

Escuela Politécnica Superior - Universidad de Zaragoza

Master en Iniciación a la Investigación en Ciencias agrarias y del Medio Natural

30 de Noviembre de 2012

Agradecimientos

Quiero dar las gracias a todas las personas que, de una manera u otra, me han ayudado a sacar adelante este trabajo, en especial a mis directores, Ricardo y Juantxo, por su apoyo, por permitirme unirme a ellos y por haberme guiado durante todo este tiempo en la realización de mi tesis de máster.

A Paz y Maite por su ayuda con la cartografía y la paciencia para ayudarme a encontrar el botón adecuado. A Olatz por su ayuda en la toponimia y su disponibilidad. A María por su asesoramiento estadístico. A mis compañeros, que lo han hecho divertido y me han ayudado en todo momento. Y a todo el personal del Instituto Pirenaico de Ecología de Jaca, por acogerme como una más.

Por último a mi familia por aguantarme, ayudarme y apoyarme.

Índice

Resumen	2
1. Introducción	5
1.1. Clasificación taxonómica y distribución actual del género	5
1.2. Descripción de la especie	7
1.2.1. Uso del hábitat	10
1.2.2. Alimentación	11
1.2.3. Conducta social	13
1.2.4. Reproducción y ciclo vital	13
1.2.5. Predadores e interacciones con otras especies	14
1.2.6. Patologías	15
1.2.7. Catalogación	15
1.3. La gestión del sarrío en Aragón	16
1.4. El tamaño de los cuernos como trofeo cinegético e indicador de la calidad del hábitat	18
1.4.1. Morfología y crecimiento de los cuernos	18
1.4.2. Determinación de la edad mediante el conteo de anillos corneales	20
1.4.3. Idoneidad de hábitat y factores ambientales que afectan el crecimiento de los cuernos	21
1.5. Objetivos	24
2. Área de estudio: macizos, valles y territorios cinegéticos	25
3. Material y métodos	27
3.1. Origen de los datos biométricos	27
3.2. Elaboración de un Sistema de Información Geográfica	31
3.2.1. Variables topográficas	32
3.2.2. Variables ambientales	36
3.3. Tratamiento de los datos y análisis estadístico	39
4. Resultados	42
4.1. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente de factores antrópicos e intrínsecos (factores dependientes del animal)	42
4.2. Características de las variables ambientales en las manchas de caza	54
4.3. Variabilidad del tamaño de los cuernos debida a las características del hábitat	57
5. Discusión	59
5.1. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente de factores antrópicos	60
5.2. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente de factores intrínsecos al animal	61
5.3. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente del territorio cinegético: manchas y reservas	61
5.4. Relaciones entre tamaño de los cuernos y variables ambientales	62
5.5. Variabilidad debida a otros factores	64
6. Conclusiones	64
Bibliografía	66
Anexos	76

Resumen

El sarrío o rebeco pirenaico (*Rupicapra p. pyrenaica*) es una subespecie endémica de los Pirineos que tuvo problemas de conservación a mediados del pasado siglo. Desde la creación de las Reservas de Caza (RC) en 1966 sus poblaciones se han recuperado y actualmente, sus efectivos permiten cumplir tanto con los objetivos de conservación como de aprovechamiento cinegético. La caza del sarrío, además de generar importantes ingresos a las administraciones locales, proporciona una información considerable en cuanto a las características anatómicas y hábitat de los individuos cazados. Esta información está contenida en las fichas de caza oficiales a las cuales se ha tenido acceso para la realización del presente estudio.

El objetivo principal del proyecto ha consistido en averiguar que factores influyen en el tamaño de los cuernos de los sarríos. Se ha partido de la hipótesis de que, además de factores de tipo endógeno, dependientes de animal (sexo y edad), el tamaño de los cuernos podía depender también de factores ambientales propios del hábitat en donde viven los animales. Igualmente, el origen de los datos podía producir un sesgo inherente al sistema de caza. La comprensión de los factores que afectan al tamaño de los cuernos de los sarríos, tiene un doble interés teórico y práctico. Además de aumentar el conocimiento de la biología y ecología de la especie, los gestores podrían conocer cuales son los mejores o peores territorios, desde el punto de vista de la calidad del trofeo y de cuales son sus características.

Para la realización del estudio se ha contado con 4250 fichas de caza procedentes de las cacerías oficiales realizadas en las RC gestionadas por el Gobierno de Aragón. Corresponden a los años 1999 a 2006. Las de los años posteriores a 2007, fueron desechadas debido a que una virulenta epidemia de queratoconjuntivitis disminuyó drásticamente los efectivos, alterando la media del tamaño de los escasos individuos que se cazaban. Después de un filtrado riguroso de los datos contenidos en las fichas, se ha contado finalmente con 1417 fichas para machos y 1174 para las hembras. Para el estudio de la variabilidad del tamaño de los cuernos se seleccionaron dos variables fundamentales, la longitud total y el perímetro de la base de los mismos.

Se ha comprobado que el guarda acompañante ejerce una influencia significativa sobre el tamaño de los cuernos de los animales cazados, influyendo en este caso su pericia o el conocimiento del terreno y de las poblaciones de sarrío, que tiene a su cargo. También la RC y las manchas dentro de ellas, presentan diferencias significativas para el tamaño de los cuernos, pudiendo influir en este caso tanto el guarda acompañante como las características del hábitat.

A pesar de tratarse de una especie con poco dimorfismo sexual, el tamaño de los cuernos es uno de los caracteres anatómicos en donde este es más patente, habiéndose encontrado diferencias muy significativas tanto para la longitud como para el perímetro, por lo que los datos se trataron independientemente para cada sexo. La edad también resultó un factor determinante en el tamaño de los cuernos, siendo los primeros años de vida cuando se produce un crecimiento más intenso. Por ello se descartaron los animales con menos de 6

años y los mayores a 20 en los siguientes análisis. Sin embargo el crecimiento en longitud no cesa durante la edad adulta ($p=0,302$, $p=0,000$), por lo que este factor tuvo que ser incluido en los modelos generados posteriormente con las variables del hábitat.

Para el análisis de la influencia de los factores ambientales se elaboró un sistema de información geográfico (SIG) para la zona de estudio. El territorio es el constituido por los límites de las RC de Aragón en donde se practica la caza del sarrio y las manchas (sectores) en las que se dividen. Se trata de un área casi continua que limita con la frontera francesa al norte y las CCAA de Cataluña y Navarra al Este y al oeste, respectivamente, extendiéndose por los macizos pirenaicos en una banda de unos 15-20 km hacia el sur (fig 8). Las capas (coberturas) que se han tomado para este análisis proceden de mapas temáticos constituidos por el modelo digital de elevaciones, vegetación, sustrato geológico y una imagen del satélite Landsat correspondiente a julio de 2010. Se agruparon las variables extraídas de la cartografía en siete categorías: Vegetación (porcentaje de suelo desnudo, pasto, matorral y bosque), Sustrato (ácido, básico o mixto), Productividad vegetal (estimada a partir del NDVI y solo para la vegetación herbácea), Altitud, Pendiente, Orientación y un último grupo de variables que hacen referencia a la heterogeneidad del hábitat (curvatura del terreno y coeficientes de variación de las variables anteriores, principalmente). Se estimaron valores medios y otros parámetros estadísticos, para cada uno de las manchas que componen las RC. Estas variables cartográficas se utilizaron como variables explicativas frente a las dos variables dependientes: longitud y perímetro de los cuernos.

Previamente, se realizó un análisis de correlación múltiple para determinar el nivel de redundancia entre las variables ambientales. Diversas variables presentaron niveles de significación altos entre sí. Por ejemplo: la productividad vegetal se relacionó positivamente con el porcentaje de pasto, matorral, sustratos mixtos y básicos, y pendientes intermedias, mientras que es inversa al porcentaje de suelo desnudo, sustrato ácido, pendientes fuertes y altitudes elevadas. El conjunto de todas las relaciones entre estas variables ambientales se expresa en la tabla 12.

Para establecer la dependencia de los valores corneales con las variables ambientales se realizó un análisis de redundancia. De cada grupo se seleccionó una única variable como posible integrante del modelo, en función de su grado de correlación con las variables dependientes y en función de que su inclusión en el modelo produjese un aumento significativo del coeficiente R^2 , una vez comprobada la no colinearidad de estas variables mediante el factor de inflación de la varianza (GVIF).

El análisis de redundancia RDA reveló la influencia significativa de estas variables ambientales, pero explicando un bajo porcentaje de la variabilidad total en el tamaño de los cuernos, únicamente un 7% en machos y un 10% en hembras. En machos se pudo observar una relación directa entre la media de la productividad vegetal y el perímetro de los cuernos. Además, el porcentaje de sustrato ácido, las pendientes mayores de 45°, el suelo desnudo y la altitud presentan una relación negativa. En hembras, la media de la productividad vegetal presentó también una relación positiva, pero el sustrato básico y las pendientes bajas parecen ser las variables que mejor explican el mayor perímetro de los cuernos en las hembras. Parece haber también una relación directa con el porcentaje de matorral. Además se pudo observar una relación inversa importante con respecto a la altitud y otra más suave con el índice de rugosidad del terreno. Para ambos sexos, la variable explicativa más relacionada positivamente con la longitud total del cuerno fue la edad del

individuo, siendo la exposición sur, en machos, y la heterogeneidad de elevaciones, en hembras, variables negativas que actúan en menor grado sobre esta variable.

El estudio ha mostrado que el determinismo del tamaño de los cuernos en los sarríos, depende de un complejo conjunto de factores interactuantes, tanto de carácter intrínseco al animal como del ambiente en el que se desenvuelve, además de factores de tipo humano que influyen sobre el conjunto de datos manejado. Se ha realizado una primera aproximación para la determinación de las variables más influyentes, pero sería necesario realizar más análisis, quizás incluyendo variables que no han podido ser consideradas, tales como la densidad de población o factores de tipo climático, para mejorar el ajuste de los modelos y conocer con mayor precisión el peso de cada uno de los factores.

1. Introducción

1.1. Clasificación taxonómica y distribución actual del género

El género *Rupicapra* (rebeco o gamuza) pertenece a la subfamilia *Caprinae*, dentro de la familia *Bovidae*. Las relaciones filogenéticas entre los distintos linajes de la subfamilia son todavía objeto de discusión (Hassanin y Douzery 1999, Corlatti *et al.* 2011). La clasificación taxonómica del género *Rupicapra* ha sido sometida a continuas revisiones. Linnaeus en su *Systema Naturae* (1758) agrupaba al rebeco junto con las cabras, al observar similitudes tanto en cornamenta como en dentición, nombrándolo *Capra rupicapra*. Henri de Blainville (1816), naturalista francés, fue quien proporcionó género propio al rebeco o gamuza (*Rupicapra rupicapra*) y además constituyó el orden de los Artiodáctilos tal como es aceptado en la actualidad, aunque la sistemática de este orden aun hoy es objeto de discusión. Por ejemplo, actualmente se propone que el orden pase a nombrarse Cetartiodáctilos al reunirse el orden de los Cetáceos y los Artiodáctilos (Price *et al.* 2005; Hassanin *et al.* 2012).

El origen de la tribu de los Rupicaprinos, tuvo lugar probablemente en el continente Asiático, durante el periodo Mioceno; aunque no está del todo claro, dado que la distribución de los caprinos fue modificada de una forma muy importante durante el Pleistoceno, debido a las glaciaciones y grandes cambios climáticos que tuvieron lugar en ese periodo (Ropiquet y Hassanin 2005). Actualmente los Rupicaprinos incluyen un género en el noroeste del continente Americano (*Oreamnos*), dos géneros en Asia (*Nemorhaedus* y *Capricoris*) y un género en Europa y Oriente Próximo (*Rupicapra*). Durante el Pleistoceno Medio (entre los 0,78 millones de años y los 127.000 mil años antes del presente) fue cuando se produjo la mayor expansión del género *Rupicapra* a través de Europa (Masini y Lovari 1988). Actualmente su distribución queda relegada a las grandes cadenas montañosas del sur de Europa, los Balcanes y el Cáucaso (Shackleton 1997; Corlatti *et al.* 2011).

El aislamiento geográfico experimentado en estos hábitats de alta montaña, el clima, la altitud, la vegetación y la geología han modelado los linajes originales del género *Rupicapra* originando diversas formas geográficas, ecotipos o subespecies. En la actualidad, estas variedades difieren en tamaño, peso, color y patrón del pelaje invernal, desarrollo de los cuernos e incluso por algunos detalles osteológicos (Lovari y Scala 1980).

En la actualidad, y atendiendo a datos morfológicos y de variabilidad para isoenzimas (enzimas codificados por distintos alelos de un gen que se pueden distinguir por su movilidad electroforética) presentados por Nascetti *et al.* (1985) y por Lovari (1987), se reconocen un total de 10 subespecies agrupadas en dos especies: la especie *R. rupicapra* (gamuza o rebeco septentrional) agrupa a un total de siete subespecies que corresponden a las poblaciones presentes en el centro y este de Europa. De oeste a este tendríamos las siguientes subespecies: *cartusiana* (macizo francés de Chartreuse en los Alpes), *rupicapra* (Alpes, principal núcleo de la especie), *tatrica* (Montes Tatra), *carpatica* (en los Cárpatos), *balcanica* (Península Balcánica), *asiatica* (Turquía) y *caucasica* (Cáucaso). La especie *R.*

pyrenaica (gamuza o rebeco meridional) agrupa a los rebecos del suroeste de europeo. Se distinguen las subespecies *pyrenaica* (Pirineos), *parva* (Cordillera Cantábrica) y *ornata* (Apeninos) (Nascetti *et al.* 1985; Hammer *et al.* 1995; Pérez *et al.* 2002) (fig 1).

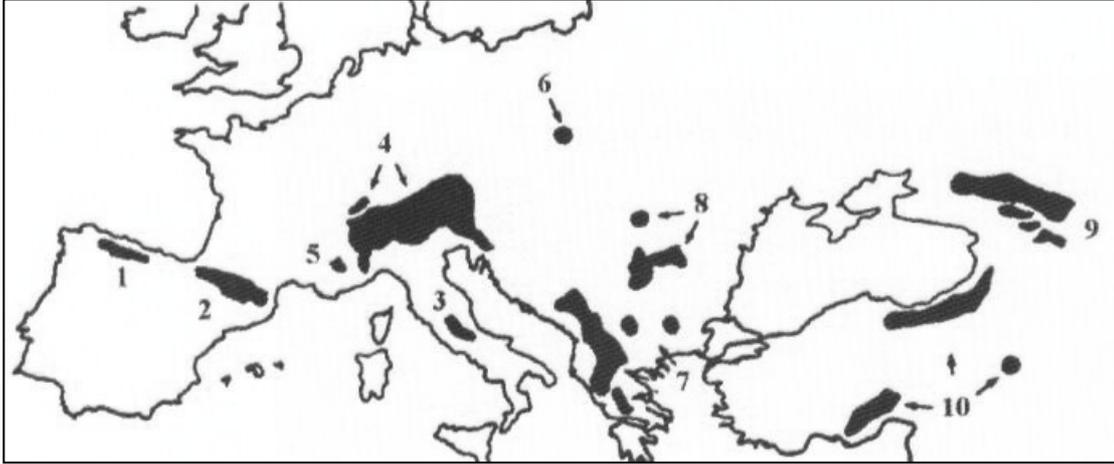


Fig 1. Distribución de las subespecies de *Rupicapra pyrenaica* y *R. rupicapra*: 1 *parva*, 2 *pyrenaica*, 3 *ornata*, 4 *rupicapra*, 5 *cartusiana*, 6 *tatrica*, 7 *balcanica*, 8 *carpatica*, 9 *caucasica* y 10 *asiatica* (Herrero *et al.* 2002).

1.2. Descripción de la especie

Nombres comunes

Castellano: sarrio. Catalán: isard, sarri. Euskera: sarrio. Francés: isard. Aragonés: sarrio, chizado, ixarso.

Nombre científico

Rupicapra pyrenaica pyrenaica; Cabrera, 1914. (fig 2)

Sistemática

Orden: *Artiodactyla*.

Familia: *Bovidae*.

Subfamilia *Caprinae* .

Tribu: *Rupicaprini*.

Género: *Rupicapra*.



Fig 2. *Rupicapra p. pyrenaica*. Macho con pelaje de invierno (Foto: Pilar Jimeno)

El sarrio es el nombre aragonés de la subespecie típica de la especie *Rupicapra pyrenaica*, que habita exclusivamente en el Pirineo (*Rupicapra p. pyrenaica*). Su principal diferencia con las gamuzas europeas consiste en poseer junto al rebeco cantábrico menor tamaño y en tener pelaje invernal de color pardo oscuro en los machos, con manchas blancas en cuello y

espalda, algo que comparte con el rebeco cantábrico y la gamuza de los Apeninos *Rupicapra p. ornata*, es decir con las tres subespecies de la especie *pyrenaica* (fig 2). El tamaño y longitud del cráneo va disminuyendo desde el NE al SO de Europa (Massei *et al.* 1994), aunque dependiendo del macizo montañoso, las gamuzas presentan características propias (Couturier 1964).

Ambos sexos poseen cuernos. Estos emergen en la parte superior del cráneo, sobre las órbitas oculares, y crecen paralelos y rectos, hasta que en el último tercio de su longitud se curvan bruscamente en forma de garfio hacia atrás (siendo los de los machos más gruesos y con el gancho apical más cerrado) (fig 3). Su peso en la edad adulta oscila entre 22 y 28 kg de media (Crampe *et al.* 1997), siendo los machos algo más pesados que las hembras. La longitud cabeza-cuerpo oscila entre 105-120 cm y la altura a la cruz entre 70-80 cm. Se caracteriza también por sus grandes ojos. Su fórmula dentaria es 0.0.3.3/4.0.3.3.

Las diferencias de peso entre machos y hembras son tanto más pequeñas cuando la densidad es más alta o las condiciones climáticas son desfavorables (Pepin *et al.* 1996). Esta relación ha sido estudiada también en otros ungulados como corzos *Capreolus capreolus*, muflones *Ovis aries* y ciervos *Cervus elaphus* (Salzmann 1977, Couilloud *et al.* 1999), lo que podría usarse como un bioindicador de la dependencia de la densidad en el dimorfismo sexual.

Los individuos de esta especie presentan como característica una cavidad estrecha y profunda por detrás y por encima de las pezuñas, perceptible sólo si se flexiona la pezuña hacia adelante y se introduce la yema del dedo.

Presentan un diseño facial muy característico: una banda clara recorre la zona central de la cara desde el hocico hasta la base de los cuernos, contrastando con dos franjas laterales de color marrón oscuro que se extienden, pasando por los ojos, hasta la altura de los cuernos, donde se unen con el color del pelaje de las orejas, claras por delante y muy oscuras por la zona posterior. En machos, sobre la parte anterior de cada párpado superior, hay una mancha vertical de unos dos cm de color canela rojizo.

Durante el año presentan dos pelajes y dos mudas, la estival, de pelo corto y rojizo, y la invernal con un pelaje más largo y de color pardo oscuro, más oscuro en los machos adultos. En invierno se puede usar el pincel peniano de los machos como característica identificadora, así como una mancha blanca longitudinal que va del cuello hasta los hombros (Pérez-Barbería y García-González 2004) (fig 3).

Otro carácter útil para la determinación del sexo a distancia es la relación entre el tamaño corporal y la longitud y grosor del cuello. En los machos el cuello es más robusto, dando la impresión de ser más corto y menos estilizado que el de las hembras. Las posiciones al orinar también son útiles para identificar el sexo del animal, y la única manera de averiguar el sexo de los cabritos de unos pocos meses de edad (fig 3).

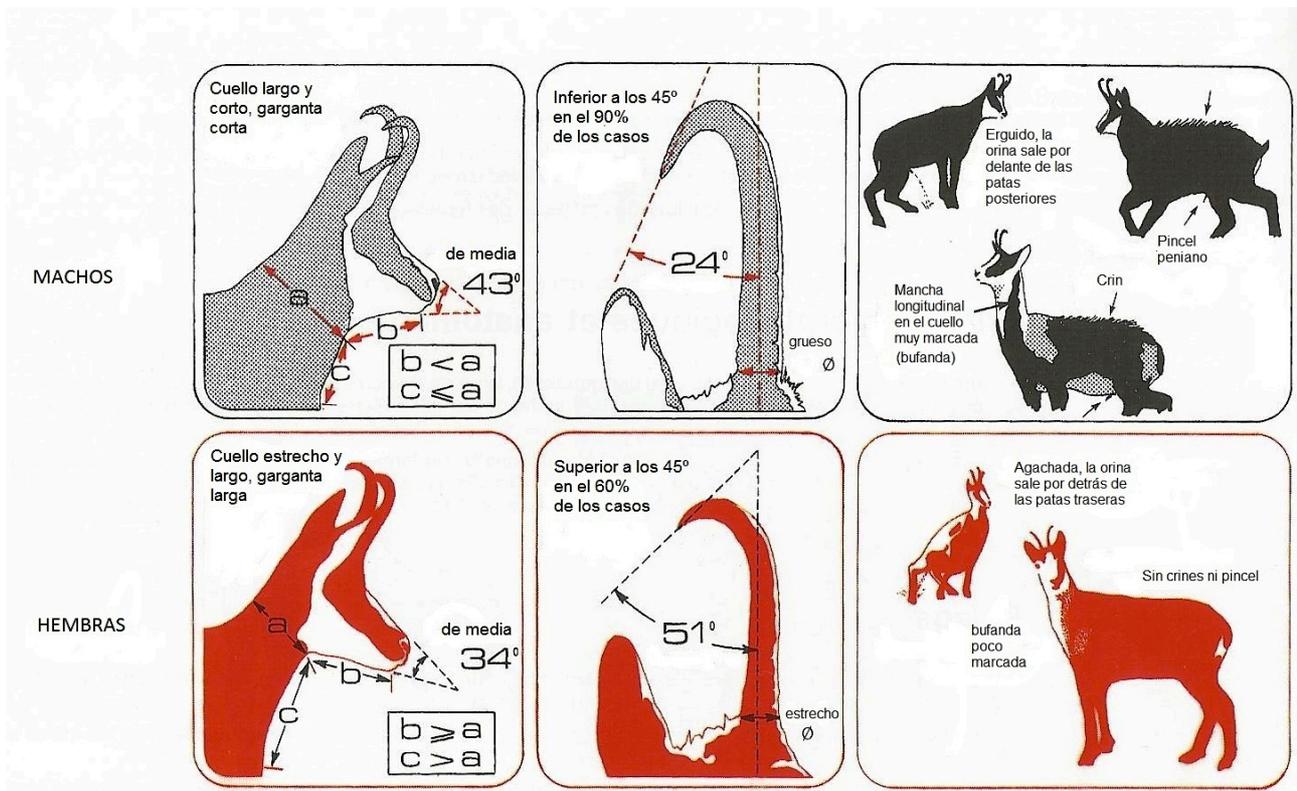


Fig 3. Características diferenciales para el reconocimiento de sexos en el sarrío (Adaptado a partir de Corti 1992).

Poseen dos glándulas cutáneas parietales situadas justo detrás de la base de los cuernos: las glándulas supraoccipitales. Son redondeadas y ligeramente protruidas, sobre todo en los machos durante el celo. En esta época los machos emanan a través de dichas glándulas un olor almizclado característico, que utilizan para marcar las puntas de las ramas de arbustos y plantas, supuestamente para marcar su territorio (Pérez-Barbería y Pérez-Fernández 2009).

Durante el celo el comportamiento de los machos es muy característico: bajadas de cabeza, crin erizada, balidos con la boca abierta o sacudidas del lomo con las que se embadurnan de orina. Su característica señal de alarma es un resoplido corto. También patean el suelo entre 1 y 3 veces con una de las patas delanteras encarándose en la dirección de la que procede la alarma.

En el campo y a distancia, se pueden distinguir correctamente cuatro categorías de sexo y edad: machos adultos y hembras adultas, con cuernos por encima de las orejas y más de tres años cumplidos; segallos, los jóvenes de uno o dos años cumplidos y los cabritos, animales que no han cumplido un año aún. Estos últimos hacia los tres meses de edad comienzan a tener cuernos propiamente dichos. En los segallos los cuernos no superan la longitud de las orejas (fig 4).

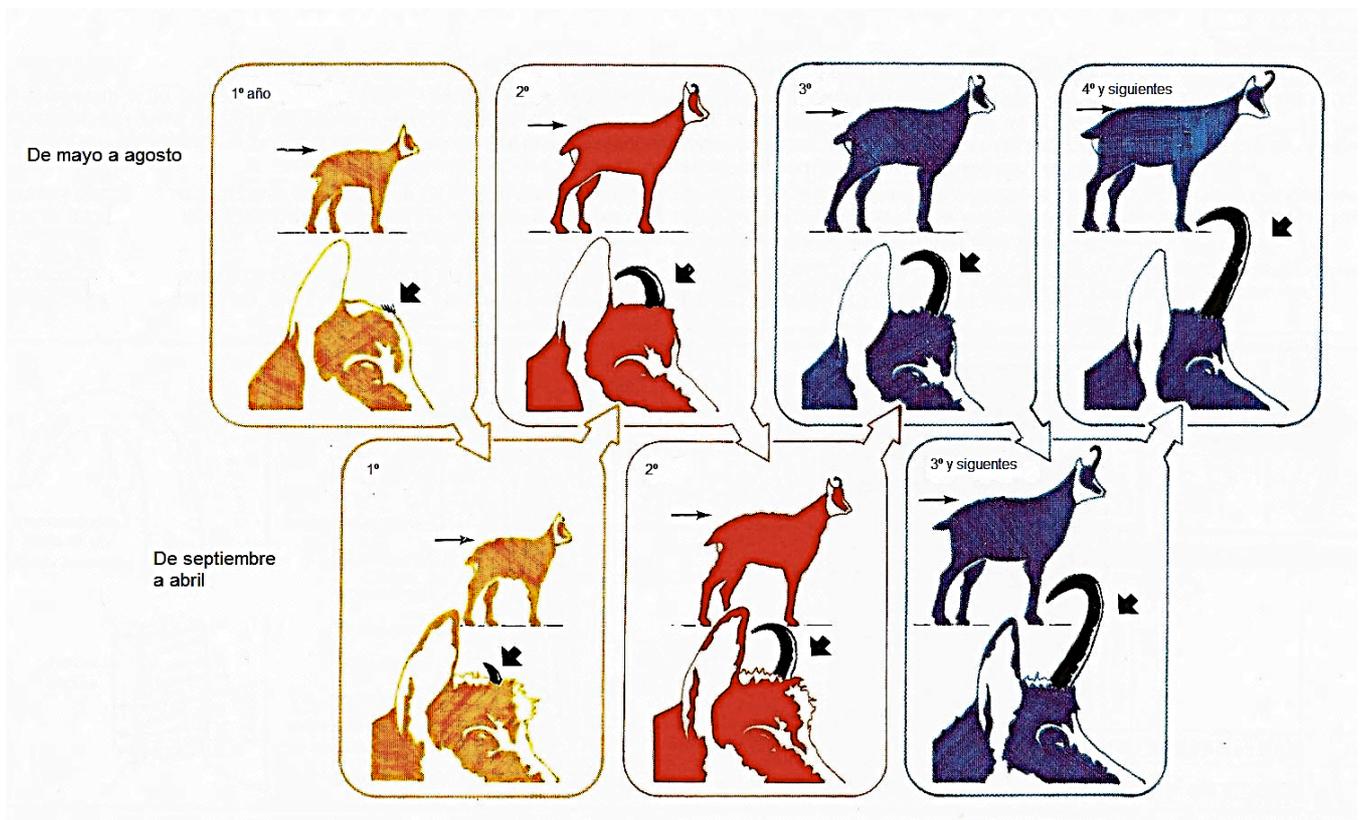


Fig 4. Estimación de la edad por observación en el campo y a distancia (Adaptado a partir de Corti 1992).

1.2.1. Uso del hábitat

El género *Rupicapra* está adaptado a la vida en la montaña, destacando el uso que hacen de las zonas de elevada altitud con vegetación abierta, fuertes pendientes y refugios, es decir zonas cercanas al bosque o con riscos escarpados que le proporcionan excelentes zonas de escape.

Su hábitat típico es la alta montaña, piso subalpino y montano superior, moviéndose en un rango altitudinal amplio desde los 1000 a 3000 m. Aunque su hábitat óptimo oscila en torno al ecotono pasto-bosque, entre los 1600-2400 m de altitud, entre el límite superior del bosque y los pastos supraforestales (Pérez-Barbería y García-González 2004).

El patrón general del uso del hábitat en el género *Rupicapra*, se caracteriza por sus desplazamientos altitudinales según la estación, ocupando zonas más bajas y boscosas durante el invierno, aunque sigue teniendo preferencia por zonas de vegetación abierta. A medida que la nieve se retira y la vegetación comienza a crecer durante la primavera, el hábitat claramente preferido por el sarrío son los pastos subalpinos, desplazándose a altitudes más elevadas (Schaller 1977; Elsner-Schack 1985; Pepin *et al.* 1992; García-González *et al.* 1992; Herreo *et al.* 1996; Crampe *et al.* 2007).

En verano pueden mostrar dos patrones diferentes de migración. Pueden ocupar las máximas altitudes, generalmente por encima de la ubicación de los rebaños de ganado y a ser posible lejos de los puntos de interferencia humana. O por el contrario pueden bajar en altitud por la presencia de ganado (García-González 1985; Herrero *et al.* 1996). En otoño, en el primer caso, comienzan a bajar en altitud y en el segundo, suben hasta las zonas que antes ocupaba el ganado, en el piso subalpino y alpino inferior, para bajar finalmente al piso montano con las primeras nevadas. La proximidad a zonas de escape es un factor muy importante cuando se encuentra en espacios abiertos, por lo que a menudo se le observa cerca de roquedos (Pérez-Barbería y Nores 1994). Durante el verano las hembras ocupan cotas mayores que los machos, donde residen con sus crías lejos de la actividad humana. En otoño, durante la época de celo, descienden en altitud y suelen ocupar terrenos abiertos con pasto denso o ralo, en donde la vigilancia y defensa de los harenes es más fácil.

En invierno, con exposiciones sur, ocupan el límite superior del bosque, aprovechando el pasto aparentemente seco que aparece entre las manchas de nieve. Los estudios realizados por Michallet *et al.* (1999) en cuatro macizos montañosos franceses, confirman que el hábitat predominante del sarrío en invierno tiende a ser con exposición sur.

En exposiciones norte, prefiere pendientes fuertes y rocosas donde se acumula poca nieve, en zonas que Berducou (1982) denomina estaciones-refugio. También utilizan estas zonas después de nevadas tardías en primavera (Pepin *et al.* 1997; Lovari y Cosentino, 1986). Algunas poblaciones utilizan hábitats forestales durante todo el año, especialmente en zonas de alta densidad poblacional, con ausencia o poca extensión del piso supraforestal, o donde ese nivel altitudinal está muy intervenido por actividades humanas (García-González *et al.* 1992; Herrero *et al.* 1996).

En cuanto a la estacionalidad del uso del espacio, se conoce desde hace tiempo el establecimiento de áreas de invierno y de verano, en ocasiones bastante distanciados entre sí (García-González *et al.*, 1992). Sin embargo hay individuos que ocupan el mismo territorio durante todo el año. A partir de seguimientos detallados de animales marcados, se ha podido conocer la proporción de animales sedentarios (filopátricos) dentro de las poblaciones. Según Crampe *et al.* (2004) esta sería de un 60% para las hembras. En la Reserva Natural de Orlu Loison *et al.* (1999) establecen que el 95% de las hembras y el 68% de los machos serían filopátricos, aunque los criterios de definición del sedentarismo difieren con el estudio anterior.

La topografía juega un papel determinante en la distribución del sarrío. La unidad territorial más estable, aunque no infranqueable, es la de "macizo", sistema montañoso delimitado por cursos de agua importantes. También son importantes los fondos de valle a baja altitud (Berducou 1982; Apollinaire *et al.* 1984; Crampe 1986 y 1997)

Los patrones en el uso del hábitat en ungulados pueden ser debidos a la distribución de los diferentes tipos de pastos y forrajes (Langvam y Hanley 1993). La búsqueda de alimento ha sido citada como uno de los principales factores que afectan a la distribución espacial de

ungulados de montaña (Geist 1971) y la disponibilidad de alimento toma un papel determinante en los movimientos estacionales (García-González *et al.* 1990).

1.2.2. Alimentación

Como se ha mencionado, el hábitat del rebeco se asocia con roquedos, fuertes pendientes y pastos abiertos de alta montaña, con gran diversidad de especies herbáceas (Elsner-Shack 1985, Lovari y Cosentino 1986, García-González e Hidalgo 1989). Ya que uno de los factores más importantes para la selección de hábitat en ungulados parece ser la disponibilidad de forraje (Hanley 1984; Langvatn y Hanley 1993; Wilmshurst *et al.* 1995) sería esperable que la dieta de los sarríos estuviese compuesta principalmente de vegetación herbácea, con una reducida representación de especies leñosas. Sin embargo, durante el invierno, cuando los pastos supraforestales están cubiertos por la nieve, el sarrío, como otras poblaciones de gamuzas en los Alpes, desciende a los bosques y la falta de plantas herbáceas obliga a cambiar a una dieta en la que predominan las especies leñosas de ramoneo, como el pino royo o el abeto, llegando a ser dominantes (Berducou 1972). Sin embargo, cuando la abundancia de recursos se lo permite, el sarrío es capaz de seleccionar las partes más nutritivas de la planta, como flores y brotes tiernos (García-González y Cuartas 1996).

El sarrío dedica en verano entre un 50 - 60% de su tiempo a pastar, sin embargo invierte muy poco tiempo en desplazarse y bastante en reposar si no es molestado (Pepin *et al.* 1991; Aldezabal *et al.* 1999). Estrategia que parece estar destinada a minimizar el gasto energético y a aumentar la adquisición de energía y nutrientes. Las principales especies pascícolas que forman parte de la dieta del sarrío (por ej. *Festuca rubra*), poseen en verano un contenido en proteína que supera sus necesidades (García-González y Montserrat 1986; García-González y Alvera 1986). Además el sarrío, mediante diversas estrategias (desplazamientos espacio-temporales, selección de especies y partes de las plantas), lleva a cabo una selección activa que le permite ingerir una dieta de más alta calidad que la media disponible (Aldezabal y García-González 2004). Con ello los depósitos grasos pueden aumentar hasta un 10-12% del peso corporal en verano (Drescher-Kaden 1977; Hofmann 1982), y disponer de estas reservas durante el invierno, lo cual es un factor importante para aumentar su supervivencia, ya que en el caso de los machos, pierden buena parte de ellas durante el celo. El sarrío es más pastador que ramoneador (García-González 1984; Aldezabal y García-González 2004), incluso cuando habita en medios forestales (García-González y Cuartas 1996), al igual que sucede en los Alpes (Perle y Hamr 1985). Preferentemente consume gramínoideas y dicotiledóneas herbáceas (sobre todo leguminosas), aunque presenta una dieta variada a lo largo del año y entre años, dependiendo en gran parte de la innivación. Debido a su pequeña masa corporal y sus necesidades de energía relativamente altas, tiene que incorporar una cantidad mínima de alimentos muy digeribles (concentrados en terminología de Nutrición) en su dieta en invierno para poder sobrevivir (Berducou 1974; Dunant 1977). Generalmente, la dieta de adultos y jóvenes es muy similar, al menos durante el verano, si bien la diversidad es algo menor en estos últimos, probablemente debido a una ligera inmadurez en los mecanismos de selección de alimento (García-González 1984). Los

sarrios satisfacen sus necesidades hídricas con el consumo de la vegetación herbácea, por lo que no necesitan beber agua.

Pueden existir diferencias en los hábitos alimentarios de hembras y machos adultos, aunque la composición florística varía de forma similar entre ellos, los machos, al contrario que las hembras, se localizan frecuentemente en zonas donde abundan los arbustos incluso cuando se alimentan principalmente de herbáceas. En el rebeco cantábrico se ha observado que los machos no solo ocupan con más frecuencia comunidades vegetales más pobres, sino que también su dieta presentaba a lo largo de todo el año mayor contenido de matorral que las agregaciones de hembras (Pérez-Barbería 1994). Se desconocen los mecanismos que generan este reparto del espacio y los recursos entre machos y hembras; el hecho es que esta segregación de los grupos de ambos sexos permite disminuir la competencia por el alimento, beneficiando a las hembras y las crías, y de alguna manera compensando el gasto que supone la gestación y la lactancia. Este patrón de segregación sexual espacial y trófica ha sido observado también en otras especies de ungulados, como el ciervo ibérico (*Cervus elaphus hispanicus*), durante la época de celo y periodo de lactancia (Miranda *et al.* 2012).

1.2.3. Conducta social

Los sarrios son animales gregarios en los que la composición y tamaño de los grupos varía mucho en función de variables poblacionales (densidad, estructura demográfica) y ambientales (orografía, hábitat). Uno de los factores que más influye es la disponibilidad de alimento. El vínculo más estrecho entre animales es el que se establece entre madre y cría del año, el cual puede prolongarse hasta los dos años. En las grandes manadas matriarcales, los cabritos, en las primeras semanas de vida, llegan a constituir auténticas guarderías, vigilados a distancia por sus madres (Gerard *et al.* 1993; Ruckstuhl e Ingold 1998). Los machos suelen estar separados de las hembras excepto en el período de celo, el cual tiene lugar principalmente durante el mes de noviembre. El resto del año pueden ser solitarios, formar grupos de machos o grupos mixtos con las hembras (Herrero *et al.* 2002).

Las especies de ungulados polígamos presentan un sesgo natural de la sex-ratio hacia la mayor proporción de hembras, que viene determinado fundamentalmente por la mayor mortalidad y mayores tasas de migración en los machos, menor tasa de migración para las hembras y diferencias entre los sexos en cuanto a comportamiento social y distribución espacial (Levet *et al.* 1995; Garin y Herrero 1997; Gaillard *et al.* 2003).

1.2.4 Reproducción y ciclo vital

El rebeco es una especie con un patrón reproductivo estacional, la época de celo tiene lugar durante el mes de noviembre, y se desarrolla mediante la formación de harenes. No está claro si para establecer su harén, el macho selecciona una zona frecuentada por hembras o, por el contrario, es el macho el que decide proteger una zona a la que las hembras acuden.

En esta época los machos en celo frotan su abdomen en el suelo como medio para dejar marcas olfativas para estimular a las hembras. Los machos más territoriales ocupan durante el año las mismas áreas y marcan los arbustos de la zona mediante las glándulas parietales. Durante este periodo los machos disminuyen considerablemente su actividad alimentaria para centrarse en la protección del harén de machos competidores. Para ahuyentar a machos merodeadores, el macho líder los enfrenta con carreras rápidas y ataque con los cuernos. Son pequeñas escaramuzas, las peleas no son frecuentes, sin embargo parecen ser la razón por la cual en este periodo se registra un mayor número de machos despeñados.

El período de celo tiene una duración de 4 a 6 semanas. El estro de las hembras dura 1 ó 2 días, y se repite a las 3 semanas, en caso de que no haya habido fecundación. En general, ocurre un solo periodo de celo, pero en poblaciones con un *sex-ratio* muy desviado hacia las hembras, se cree que podrían pasar por un segundo celo en invierno, aunque no ha sido demostrado (Hidalgo *et al.* 1995; Dalmau 2005). Esto daría lugar a nacimientos tardíos, que generalmente son inviables.

Las hembras paren entre mediados de mayo y mediados de junio, normalmente un solo cabrito tras un período de gestación de cinco meses. El periodo de lactancia de los cabritos dura los seis primeros meses de vida. La mayoría de las hembras pare a los tres años, aunque en poblaciones poco densas la edad del primer parto puede adelantarse. La productividad (número de cabritos por hembra) varía entre 0,5 y 0,9 dependiendo de la disponibilidad de recursos, que a su vez puede estar influida por la densidad y las variaciones meteorológicas interanuales. Se cree que la desviación del *sex-ratio* puede influir de manera significativa sobre la productividad y la fertilidad, de manera que *sex-ratios* fuertemente desviadas a favor de las hembras producirían una disminución de la productividad, ya que los machos tendrían más dificultad para cubrir a todas las hembras (Berducou *et al.* 1982).

La mortalidad de los cabritos del año es de gran importancia en los estudios demográficos de la especie. El número de recién nacidos que mueren puede alcanzar el 21% del total de hembras parturientas (Herrero *et al.* 2002). Se han descrito dos periodos de máxima mortalidad de los cabritos, uno a mitad de verano, que podría estar relacionado con una bajada de defensas inmunológicas como consecuencia de la disminución del suministro de calostro (Hars y Gauthier en Crampe, 1997), y otro durante el invierno, producido fundamentalmente por las rigurosas condiciones climáticas de la alta montaña. El segundo pico de mortalidad se suele dar durante las primeras nevadas del invierno y podría estar relacionado con un déficit en el peso mínimo, consecuencia de una mala alimentación o de partos tardíos. En términos generales, aproximadamente la mitad de los cabritos nacidos mueren antes de cumplir el primer año (Crampe 1997).

La madurez sexual se alcanza a partir de los 18 meses pero como sucede en otras especies de ungulados silvestres, no significa el comienzo de la reproducción. Los machos que viven en poblaciones estables raramente son sexualmente activos antes de los 3 ó 4 años, y en función de su posición social y dominancia pueden tardar algunos años más en realizar cubriciones. En cambio, las hembras suelen empezar a parir a partir de los tres años, y a

pesar de que a partir de los 13 años la fertilidad de las hembras desciende, la edad reproductora puede mantenerse hasta los 18 años (Crampe *et al.* 2004).

La tasa de reclutamiento es la proporción de la población que accede a la reproducción y suele estimarse como la proporción de jóvenes entre 1 y 2 años cumplidos (segallos). En rigor debería tomarse entre 1 y 3 años ya que en muchas poblaciones, especialmente las estabilizadas, las hembras no acceden a la reproducción hasta después de los 3 años (Crampe *et al.* 2004). En poblaciones colonizadoras el 63% de las segallas se reproducen (Houssin *et al.* 1993). El acceso a la reproducción por parte de las jóvenes probablemente esté ligado a la adquisición de un peso corporal mínimo (Bauer 1985). Por tanto, podría estar conectado con la abundancia de recursos y el nivel de competencia dentro de la población y ser dependiente de la densidad.

1.2.5. Predadores e interacciones con otras especies

En los Pirineos, ante la ausencia casi total de grandes depredadores, las únicas especies que predan sobre el sarrío son el águila real (*Aquila chrysaetos*) y escasamente el zorro (*Vulpes vulpes*). En los lugares donde están presentes, se ha descrito también depredación por parte del lobo (*Canis lupus*), lince boreal (*Lynx lynx*) y oso pardo (*Ursus arctos*) (Fico *et al.* 1984; Jobin *et al.* 2000).

La presencia humana es también una causa de perturbación para el sarrío. Las molestias ocasionadas por diferentes actividades pueden desplazar a los animales de sus áreas de alimentación más óptimas durante períodos prolongados y alterar el uso de los dominios vitales y estacionales. La consecuencia es una mala alimentación que a su vez podría afectar a la supervivencia de los individuos y por lo tanto a la dinámica poblacional (Pépin *et al.* 1996; Gander e Ingold 1997).

1.2.6. Patologías

La queratoconjuntivitis infecciosa (QCI) producida por *Mycoplasma conjunctivae* ha sido la epizootia más extendida en las poblaciones de sarrío. A pesar de que la receptividad es muy variable entre los individuos, la contagiosidad es muy elevada, aunque, por otro lado, muestra una patogeneicidad reducida. Causa purulencias en torno a los ojos y llega a producir la ceguera total. Las poblaciones se recuperan adecuadamente después del brote epidémico, por lo que cualquier medida preventiva o profiláctica frente a la queratoconjuntivitis se ha demostrado inútil (Loison *et al.* 1996; Sánchez *et al.* 1985).

Otra enfermedad importante y muy grave es la sarna sarcóptica producida por el ácaro *Sarcoptes scabiei*, pero afortunadamente todavía no ha sido detectada en el sarrío en el Pirineo.

Las afecciones respiratorias están consideradas como una patología importante. La pleuroneumonía tiene una elevada morbilidad y la recuperación poblacional es lenta. Recientemente ha aparecido en el Pirineo un nuevo agente patógeno, el pestivirus o Enfermedad de la frontera, que puede causar una elevada mortalidad (Marco *et al.* 2011).

1.2.7. Catalogación

El sarrío está catalogado actualmente a nivel internacional como una especie en “Bajo Riesgo”, por la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Preocupación menor (Least Concern, Herrero *et al.* 2010). Es la única subespecie de caza mayor pirenaica que está incluida en la Directiva de Hábitats de la Unión Europea (UE) de 1992, que indica las especies de interés comunitario cuyo aprovechamiento puede ser objeto de medidas de gestión. Esto implica la obligatoriedad de que los estados miembros informen a la UE del estado de sus poblaciones cada seis años.

El área de distribución del sarrío se extiende por tres estados y varias regiones y comunidades autónomas, por lo que su estatuto legal es a su vez variado. Así por ejemplo, en Navarra está catalogado como Vulnerable debido a la escasez de sus efectivos y no es especie cinegética. En Aragón y Cataluña es especie cazable y comercializable, con la obligación de elaborar un Plan Técnico de Caza. En Andorra es especie cinegética a pesar de tener el estatuto de En peligro. En Francia se extiende por seis Departamentos que incluyen 51 "Unités de Gestion". La caza es una actividad sin ánimo de lucro regulada por la Administración. Cada Departamento puede elaborar su propio plan de aprovechamiento a partir de una complicada red normativa (Berducou *et al.* 2004).

1.3. La gestión del sarrío en Aragón

La creación, mediante la Ley 37/1966 de 31 de mayo de las Reservas Nacionales de Caza de Los Valles, Viñamala, Los Circos y Benasque supuso el comienzo de los trabajos de gestión del sarrío en Aragón. La delimitación territorial de las Reservas, la dotación de personal de guardería específico y de personal técnico que garantizaba el diseño y la aplicación de criterios técnicos de gestión, supusieron la materialización de un aprovechamiento cinegético ordenado. Estas fueron reclasificadas posteriormente como Reservas de Caza (RC) en Aragón.

Asimismo, la declaración del Parque Nacional de Ordesa en 1918 y sobre todo su posterior ampliación en 1982 y nueva denominación como Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), han permitido la existencia de un espacio natural protegido que ha

albergado una población de sarrío no sometida a la explotación cinegética. Junto a las RC, conforma un territorio continuo desde Navarra a Cataluña, con la frontera francesa como límite septentrional, que cubre la mayor parte del hábitat favorable para la especie.

La forma tradicional de caza del sarrío en el Pirineo fue el resaque. En la actualidad la caza del sarrío se realiza a rececho y es selectiva. Esto significa que el cazador va acompañado por un Agente de Protección de la Naturaleza, en las RC gestionadas por las Administraciones autonómicas, el cual indica el animal a abatir. En el PNOMP su caza no está permitida. Las bajas tasas de reclutamiento de esta especie implica la necesidad de aplicar cupos de caza conservativos, oscilando entre el 5% del censo total en Aragón (Herrero *et al.* 2004) y del 10-15% en Cataluña (Padrós *et al.* 2004). Dicho cupo se reparte al 50% entre machos y hembras adultos.

En 1974 se redactaron los Proyectos de Ordenación Cinegética de cada una de las cuatro RC pirenaicas, lo que supuso la primera cuantificación de la población de sarrío en Aragón y su estructuración en categorías de sexo y edad. Se estableció como criterio general orientador del aprovechamiento la protección de la especie, se definieron densidades y estructuras poblacionales ideales y se establecieron los correspondientes planes cinegéticos.

A partir de 1995 la gestión de las RC pirenaicas, y del sarrío en particular, se revisa y se reorienta, realizando diferentes actuaciones para la mejora de la gestión, como son la definición del área de distribución del sarrío, el diseño e instauración del seguimiento poblacional de la especie en dicha área, la adecuación del aprovechamiento cinegético, y el seguimiento sanitario y biomédico entre otras.

Para el sarrío, el periodo hábil de caza se distribuye en dos épocas distintas dentro del año: la que se denomina “caza de primavera”, que abarca desde el tercer domingo de abril al 1 de julio, en el que se cazan solo machos, y la “caza de otoño” que se realiza desde el segundo domingo de septiembre al segundo domingo de diciembre sobre machos y hembras.

El área de distribución del sarrío se reparte en diferentes territorios cinegéticos diferenciados, entre otras cuestiones, por su titularidad y por su gestión: Reservas de Caza, Coto Social de la Solana de Burgasé, PNOMP y aproximadamente unos 50 cotos de caza. En 2012 la estima poblacional mínima del sarrío en Aragón ronda los 12.000 ejemplares (Prada *et al.* 2012).

Las unidades de gestión del sarrío en Aragón están constituidas por los macizos montañosos (fig 5), conformados por distintos tipos de territorios cinegéticos (cotos, RC y Cotos Sociales) o no cinegéticos (PNOMP). Las directrices de gestión de cada unidad afectan al conjunto de territorios que la constituyen y los censos y seguimientos poblacionales se llevan a cabo de forma coordinada en cada una de ellas. Los cupos de caza se calculan para cada macizo, afectando de forma proporcional a cada uno de sus territorios (Herrero *et al.* 2004).

Como medida de apoyo al seguimiento se celebran también cursos de formación de la guardería, jornadas técnicas y se divulgan los resultados de los trabajos de campo (Prada *et al.* 2012).

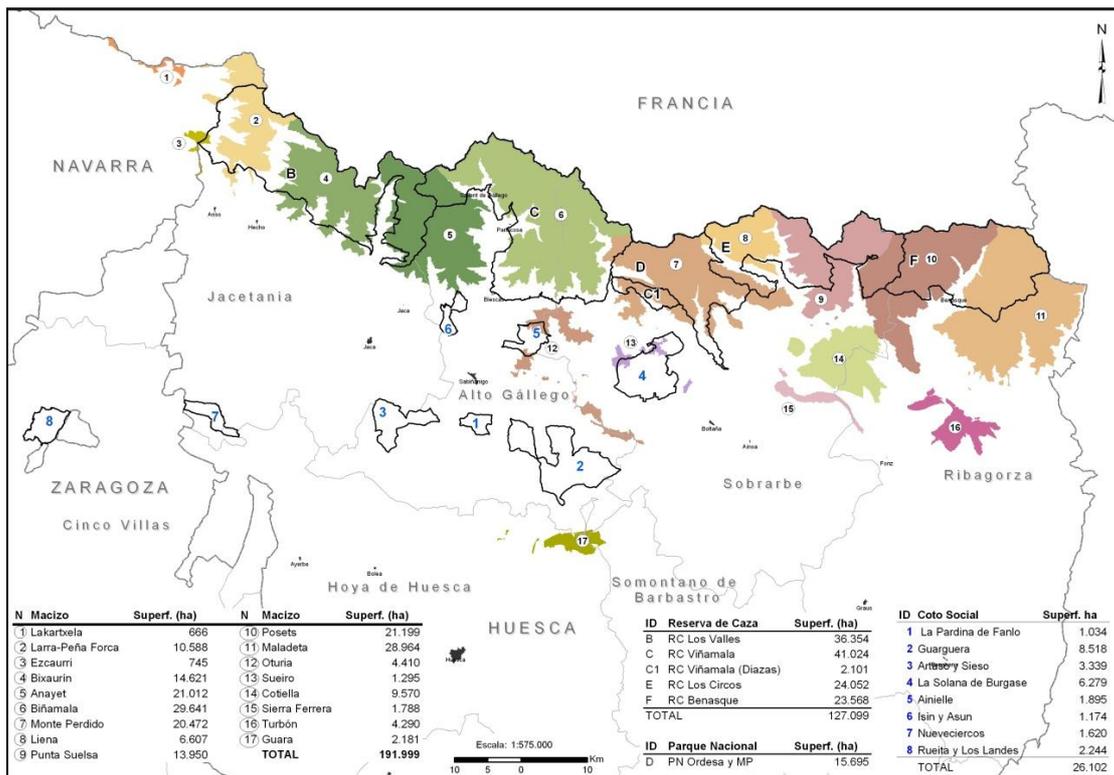


Fig 5. Los macizos del Pirineo aragonés y navarro. Perfiladas las Reservas de Caza, PNOMP y Cotos Sociales (Prada *et al.* 2012).

1.4. El tamaño de los cuernos como trofeo cinegético e indicador de la calidad del hábitat

La gestión cinegética tiene por objeto la vigilancia, regulación y control de las poblaciones de sarrío. Ante la ausencia de depredadores naturales, la exposición a epidemias recurrentes y el obligado cumplimiento de unos objetivos de conservación, las administraciones competentes aseguran mediante su reglamentación la sostenibilidad de la actividad y la consecución de dichos objetivos. Desde un punto de vista estrictamente cinegético, la principal finalidad de la caza es la obtención del trofeo, el cual se manifiesta, en este caso, a través del tamaño de los cuernos. La calidad del trofeo obtenido en las cacerías depende de una serie de factores, algunos de carácter humano, debidos a la acción de la cacería propiamente dicha (características del cazador, guarda acompañante, armas utilizadas, condiciones climáticas). Otro grupo de factores se deben al medio físico o a las características biológicas de los animales (García-González *et al.* 2004). Algunos de los factores más interesantes, desde el punto de vista biológico y de gestión, es el que refleja la calidad del hábitat, principalmente relacionado con la disponibilidad de recursos tróficos. En este apartado realizamos una breve revisión de la variabilidad del tamaño de los cuernos para centrar los objetivos de este trabajo.

1.4.1. Morfología y crecimiento de los cuernos

Dentro del orden de los artiodáctilos, las familias de bóvidos y cérvidos se distinguen por sus vistosos cuernos. Los bóvidos, presentan cuernos huecos de tejido córneo y de crecimiento continuo, presentes tanto en machos como en hembras. En los cérvidos solo están presentes en machos (salvo el reno *Rangifer tarandus*, donde ambos sexos tienen cuernos), y al contrario que los bóvidos presentan cuernas sólidas, formadas por tejido óseo y que se renuevan anualmente.



Fig 6. Estuche corneo (izquierda) y pivote óseo (derecha) en el sarrío.

En los bóvidos los cuernos constan de una parte externa, el estuche córneo, y otra oculta en el interior de este estuche al que sirve de soporte, el pivote óseo (fig 6). Los estuches córneos están formados por material córneo queratínico, insertados en el hueso frontal, que se desarrolla como una extensión del cráneo del animal en el margen superior de las órbitas oculares (Mustoni *et al.* 2002).

Estas estructuras de queratina tienen una sección transversal circular y están en continuo crecimiento a lo largo de la vida del animal, con un periodo de estancamiento en invierno influenciado por mecanismos de regulación de la actividad hormonal y reproductiva ligada al fotoperiodo (Mustoni *et al.* 2002).

El proceso de crecimiento es anual y continuo, cada año el tejido corion-epidérmico del pivote óseo, así como la zona queratogénica de la base de los cuernos, elaboran la materia córnea que forma un nuevo segmento, el cual empuja hacia arriba y hacia el exterior el segmento del año anterior. El estuche es el resultado de la repetición anual de una serie de rechazos del segmento precedente por parte del nuevo segmento córneo que se está formando (García-González *et al.* 2004).

La queratogénesis de los cuernos se interrumpe en diciembre, independientemente del sexo o de la edad y dura unos cuatro meses hasta el año siguiente, en marzo o abril. Esta interrupción del crecimiento deja una huella en los estuches córneos, que son los anillos de crecimiento. Estos anillos permiten estimar la edad de los animales, de manera que cada año de vida se corresponderá con un anillo (Couturier 1962; Bargagli y Lovari 1984; Schröder y Elsner-Shack 1985; Pérez-Barbería y García-González 2004).

Los cuernos son órganos de crecimiento secundario, de manera que el nivel de energía adquirido por el individuo, condiciona la magnitud de su desarrollo (Geist 1990). Tienen un gran interés desde un punto de vista biológico, ya que son indicadores de la calidad de la alimentación, con sus implicaciones ecológicas, demográficas, etc., y juegan un papel importante en las interacciones sociales, como la jerarquía, o el acceso a la reproducción (Markunson y Folstad 1997).

1.4.2. Determinación de la edad mediante el conteo de anillos corneales

En el género *Rupicapra* uno de los métodos de datación de la edad es el recuento de los anillos corneales, gamuza alpina (Pekelharing 1970, Pflieger 1982, Schröder y Elsner-Shack 1985), gamuza de los Apeninos (Bargagli y Lovari 1984); rebeco cantábrico (Pérez-Barbería y Fernandez-López 1996) y el sarrío pirenaico (Herrero *et al.* 2002).

Este método ha sido reconocido como un método eficaz para otras especies de caprinos salvajes, como el íbice alpino *Capra ibex* (Couturier 1962), el serou japonés *Capricornis crispus* (Miura 1986) o el thar del Himalaya *Hemitragus jemlahicus* (Caughley 1965). Además se ha correlacionado estrechamente con otros procedimientos de estima de la edad más precisos, como el recuento de las capas de cemento dental, lo cual permite determinar con fiabilidad la edad de estos animales por cualquiera de los dos métodos (Pérez-Barbería y Fernandez-López 1996).

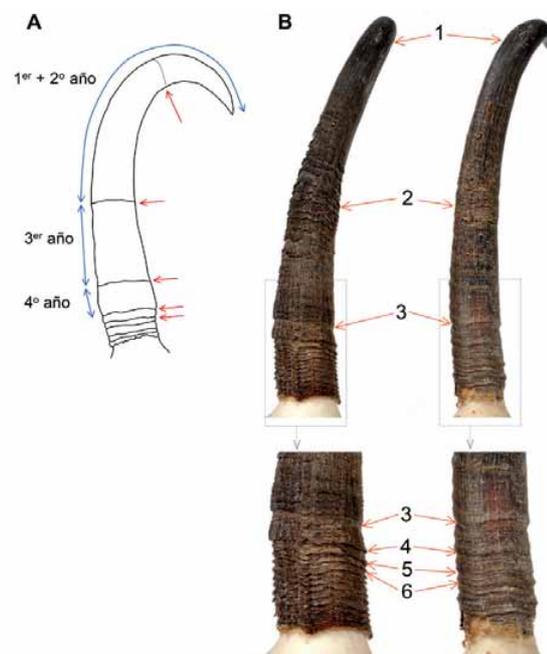


Fig 7. Crecimiento de los cuernos en el sarrío. A: representación idealizada de los anillos corneales de un cuerno de un macho de ocho años. B: figuras de los cuernos de un macho y una hembra adultos. Se señalan los anillos de crecimiento de 3 a 6 años. (Pérez-Barbería y Pérez-Fernández 2009).

Es importante tener en cuenta que el sarrío tiene un segmento más que su edad. Por eso un animal con un año de edad cumplido presenta dos segmentos, el llamado segmento infantil con el que el animal nace y el segmento de un año de edad. Además, normalmente, el anillo de crecimiento que aparece entre el segmento infantil y el del primer año de edad es difícil de reconocer.

La longitud de los segmentos de crecimiento disminuye rápidamente después del segundo año de vida, que es el periodo en el que se refleja una mayor tasa de crecimiento en los cuernos. Este segmento, que representa la edad de un año, raramente es excedido en longitud por el segmento correspondiente a los 2 años de edad (en casos en los que se da crecimiento compensatorio). Solo los segmentos de dos, tres y cuatro años de edad son relativamente amplios. Después la separación entre anillos se hace mucho más pequeña (más o menos un milímetro), por lo que normalmente se les denomina anillos milimétricos (Schröder y Elsner-Shack 1985) (fig 7).

1.4.3. Idoneidad de hábitat y factores ambientales que afectan el crecimiento de los cuernos

El desarrollo de los cuernos en el sarrío es temprano, como en la cabra blanca de Las Rocosas *Oreamnos americanus* y otros rupicaprinos. Un 60-70% del crecimiento de los cuernos tiene lugar durante el primer año de vida y el 95% de la longitud asintótica se alcanza en los primeros cuatro o cinco años (Bassano *et al.* 2003). A partir de esta edad el crecimiento se atenúa significativamente tanto en la longitud como en la altura, reduciéndose a un crecimiento anual milimétrico (Massei *et al.* 1994; Robles 1995).

Las gamuzas o rebecos presentan, dentro de los caprinos, un dimorfismo sexual poco marcado, que se manifiesta principalmente en el tamaño de los cuernos y en el peso; los machos son solo un 20-30% más pesados que las hembras, mientras que en otros rupicaprinos como *Oreamnos americanus* la diferencia ronda el 40% (Festa-Bianchet y Côté 2008). La tendencia de los machos a adquirir cuernos más largos que las hembras también es temprana (Hrabe *et al.* 1986, Massei *et al.* 1994, Pérez-Barbería *et al.* 1996).

En mamíferos polígamos, el tamaño corporal es el factor más importante a la hora de acceder a la reproducción, de manera que los machos con mayor tamaño tienen mayor éxito reproductivo, como es el caso por ejemplo de la *Capra pyrenaica* (Alados 1986). En muchos grandes herbívoros, el éxito reproductivo de los machos se ve favorecido además, por el tamaño de sus cuernos, jugando un papel importante en las interacciones sociales (jerarquía y competencia intrasexual) (Geist 1966, Markuson y Folstad 1997). Sin embargo, en el rebeco alpino, el tamaño de los cuernos parece ser menos importante que la masa corporal a la hora de acceder a la reproducción (Rughetti y Festa-Bianchet 2010).

En la gamuza alpina y la cabra blanca de Las Rocosas, se vio que en el enfrentamiento entre los machos, la longitud del cuerno no es determinante para la supremacía y, además, los individuos con un crecimiento de los cuernos bajo durante los primeros años de vida, crecen y se desarrollan regularmente en los años siguientes gracias a un incremento del crecimiento (Pérez-Barbería *et al.* 1996; Côte *et al.* 1998; Mainguy *et al.* 2009).

Parte de la variación en el tamaño de las cornamentas y cuernos en ungulados tiene una base genética (Michallet *et al.* 1996; Fandos *et al.* 2010), y la relación entre el tamaño de los cuernos y el éxito reproductivo del individuo es debida a una covariación entre los factores ecológicos y genéticos (Kruuk *et al.* 2002). Será importante, por lo tanto, tener en cuenta que la variabilidad en el desarrollo de los cuernos será debida a ambos factores.

La magnitud de desarrollo de los cuernos en bóvidos y cérvidos está muy condicionada por el nivel de energía adquirido por el individuo en la nutrición (Geist 1990), ya que son órganos de crecimiento secundario para los cuales se ha demostrado una alometría positiva (García-González 1981). Además, el crecimiento de los cuernos depende del comportamiento (selección de la dieta) y de la calidad de hábitat (Strickland y Demarais 2000).

Las condiciones climáticas definen la disponibilidad y calidad del recurso vegetal, efecto que puede ser muy importante en ungulados de montaña durante los primeros años de vida. Se ha demostrado que durante estos primeros años el peso corporal y la longitud de los cuernos están correlacionados en ambos dos sexos (Bassano *et al.* 2003; Fandos *et al.* 1989). Además se han comprobado relaciones entre el tamaño de los cuernos y la densidad de población (Ashley *et al.* 1998, Jorgenson *et al.* 1998) y con las condiciones climáticas (Pérez-Barbería *et al.* 1996, Giacometti *et al.* 2002). Factores, todos ellos, ligados a la calidad del hábitat.

Cuando los recursos son escasos, se invierte más energía en el crecimiento y mantenimiento corporal que en la reproducción (Gaillard *et al.* 2000; Festa-Bianchet *et al.* 2003). La hembras que experimentan malas condiciones ambientales en los primeros años de vida pueden retrasar la primiparidad y pueden mostrar crecimiento compensatorio más adelante (Gaillard *et al.* 2003).

El crecimiento compensatorio tiene lugar únicamente, si los individuos con un desarrollo temprano rápido reducen su tasa de crecimiento comparado con los individuos con un desarrollo temprano lento. Por este motivo no debe esperarse crecimiento compensatorio en el desarrollo de cuernos o tamaño corporal si no hay una selección contra el excesivo desarrollo de estos rasgos morfológicos (Rughetti y Festa-Bianchet 2010). Se han encontrado evidencias de que existe crecimiento compensatorio en el género *Rupicapra*, de manera que los segallos con mayor tamaño corporal no necesariamente pasarán a ser los adultos más grandes. El crecimiento compensatorio de los cuernos en el género *Rupicapra* sugiere que, como en las cabras montesas, la variabilidad en el tamaño de los cuernos no es importante para el acceso a la reproducción en los machos (Pérez-Barbería *et al.* 2009). Sin embargo las observaciones realizadas en el sarrío de los Apeninos, sugieren que los machos dominantes,

tienen cuernos más grandes y sobreviven más tiempo que sus competidores (Lovari y Locati 1991).

Por otro lado, muchos estudios sobre caprinos han mostrado correlaciones entre el patrón y la intensidad de la precipitación y el crecimiento de los cuernos, probablemente debido a la abundancia y calidad de los alimentos (rebeco, Pérez-Barbería *et al.* 1996; y cabra montés, Fandos 1995).

En otras especies y subespecies de ungulados se han encontrado diferencias significativas en el crecimiento de los cuernos dependiendo de la calidad del hábitat, (Cabra montesa, Fandos 1995; rebeco cantábrico, Pérez-Barbería *et al.* 1996; Michallet *et al.* 1996; muflón de Las Rocosas *Ovis canadiensis*, Jorgenson *et al.* 1998; Festa-Bianchet *et al.* 2000, 2004; ciervo, Kruuk *et al.* 2002, gamo *Dama dama*, Ciuti y Apollonio 2011).

También se ha explorado la posible influencia del sustrato litológico sobre la calidad del trofeo, obteniendo diferencias significativas en el tamaño de los cuernos dependiendo de si el sustrato era ácido, calizo o mixto. Los sarríos que viven en sustratos ácidos presentan en general tamaños de cuernos más pequeños (Crampe 1997, García-González *et al.* 2004, Chirichella *et al.* 2012) y cabe pensar que su posible influencia se ejerza a través del contenido en nutrientes de la vegetación. Los sustratos calizos dan lugar a pastos estivales de mayor calidad nutritiva que los silíceos, lo cual repercute sobre su utilización ganadera (Rebollo 1996) debido a la riqueza en nitrógeno (Rameau *et al.* 1993), mayor calidad de las comunidades vegetales (Cavallero *et al.* 2007) y mayor riqueza de especies (Michalet *et al.* 2002).

La calidad del suelo puede explicar variaciones en las características morfométricas entre diferentes poblaciones de una misma especie. El nivel medio de nutrientes del suelo presentó correlaciones positivas con el peso y el tamaño de la cornamenta en el ciervo de cola blanca *Odocoileus virginianus* (Jacobson 1984). Relaciones similares fueron encontradas entre la tasa de crecimiento, tamaño de los cuernos y condición corporal en regiones con suelos más fértiles (Strickland y Demarais 2000), asociando la composición del suelo con factores ecológicos, que pueden influir positiva o negativamente en la inversión en el desarrollo de caracteres sexuales secundarios como los cuernos. Cabe pensar, que los animales que vivan en zonas principalmente calcáreas tengan mejores recursos alimenticio y por lo tanto presenten mejor condición física y cuernos más desarrollados.

Existe una relación indirecta entre el crecimiento de los cuernos y la densidad de la población, debido a la competencia intraespecífica por el alimento (Michallet *et al.* 1996; Jorgenson *et al.* 1998; Mysterud *et al.* 2005; Schmidt *et al.* 2001). Las zonas con menos actividad turística o pastoral y con densidades poblacionales más débiles hacen que el aprovechamiento del medio sea óptimo pudiendo afectar directamente al crecimiento corporal y por lo tanto a los cuernos.

Mediante el análisis preliminar de la variabilidad de trofeo (tamaño de los cuernos) del sarrío a partir de datos procedentes de territorios cinegéticos se ha demostrado que existen una serie de factores propios del hábitat que influyen en la calidad del trofeo, así como otros

factores de tipo humano, como el cazador, la habilidad del guarda acompañante (García-Gonzalez *et al.* 2004).

El estudio de los factores que influyen en la idoneidad de hábitat para el sarrío, tales como la vegetación, la topografía, litología, etc., pueden suponer una buena aproximación para la gestión de las poblaciones de sarrío, así como para profundizar en el conocimiento de su dinámica poblacional.

La longitud total y el perímetro de los cuernos integrarían las condiciones meteorológicas ocurridas durante la vida del animal, así como la calidad de los recursos tróficos del hábitat del mismo.

1.5. Objetivos

Como ha quedado de manifiesto en la revisión bibliográfica, el tamaño de los cuernos en el sarrío depende de una serie de factores de carácter tanto antrópicos (cazador, guarda acompañante), como biológicos (sexo, edad) y ecológicos (características del hábitat). El objetivo central de este trabajo consiste en desentramar el efecto conjunto de una serie de factores, analizar el peso de cada uno de ellos y analizar especialmente los relacionados con el ambiente en el que viven las poblaciones de sarrío del Pirineo aragonés.

Se pretende demostrar la hipótesis inicial de que las características del hábitat influyen sobre la condición física de los sarríos y esta se manifestaría sobre el tamaño de los cuernos. Para ello, se analizan las variables ambientales que pueden influir en el desarrollo de los cuernos del sarrío (variables explicativas de hábitat: sustrato geológico, topografía, vegetación y productividad vegetal) y si existe o no dependencia entre el tamaño de estos y las diferentes variables ambientales.

Para alcanzar este objetivo general, se plantea la consecución de los siguientes objetivos parciales:

1) Analizar y depurar las bases de datos elaboradas a partir de las fichas de caza oficiales para obtener la información de las variables dependientes (tamaño de los cuernos) y de las variables explicativas (antrópicas, biológicas y ambientales). La información de carácter ambiental se obtiene por medio de la información geográfica contenida en las bases de datos mencionadas.

2) Para obtener la información cuantificada de las variables ambientales explicativas, se ha procedido a la elaboración de mapas vegetación, sustrato geológico, topografía y productividad vegetal, a partir de la cartografía temática disponible (mapa forestal de Aragón, mapa geológico, modelo digital del terreno, imágenes satelitales), adaptadas a las zonas de estudio (RC y manchas donde se realiza la cacería).

3) Finalmente, por medio de análisis estadísticos, se ha procedido a separar la variabilidad debida a los diferentes tipos de variables y a establecer modelos explicativos entre las

características físicas y vegetales del hábitat de los sarrios, con la variación del tamaño de los cuernos.

2. Área de estudio: macizos, valles y territorios cinegéticos

El área de estudio comprende buena parte del área de distribución del sarrio en Aragón, constituida por las Reservas de Caza de Los Valles (RCLV, 35.938 ha); Viñamala (RCV, 43.125 ha) Los Circos (RCLC, 24.051 ha) y Benasque (RCB, 23.567 ha). Cada una de estas Reservas de Caza ha sido dividida en diferentes manchas o sectores, los cuales constituirán la unidad de estudio aplicada para evaluar el hábitat del sarrio (Figura 8).

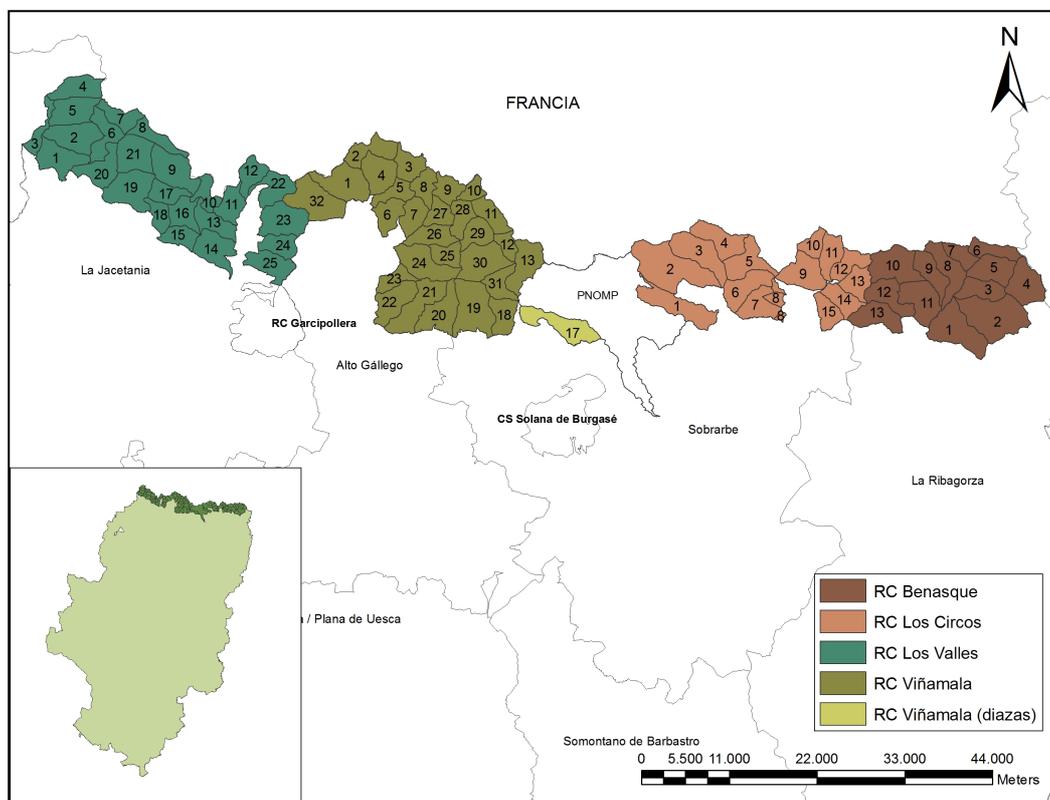


Fig 8. Distribución de las RC y sus manchas; PNOMP y Coto Social de la Solana de Burgasé en el Pirineo aragonés.

Desde un punto de vista geomorfológico el paisaje del área de estudio se caracteriza por su compacidad y una gran potencia de relieve, que sitúa por encima los 2500 m un buen número de cimas, culminadas por los 3404 m del Aneto en la parte más oriental del Pirineo aragonés. Estos ambientes de alta montaña se caracterizan también por la gran cantidad de formaciones erosivas derivadas de glaciario como ibones, circos, valles glaciares y

morrenas. El relieve impone un gran número de variaciones locales, como son la exposición solana y umbría, las inversiones térmicas y el encajonamiento de los vientos.

El levantamiento de la cordillera por la Orogenia Alpina, con una dirección este-oeste, seccionada por los ríos sobreimpuestos, con dirección norte-sur, ha originado que la cordillera esté compuesta de varios macizos montañosos divididos por valles fluviales. En el Pirineo axial nos encontramos con sedimentos paleozoicos, que son los materiales más antiguos del Pirineo. Destacan varias zonas graníticas, pizarras como las de Benasque (Cerler y Castanesa), calizas como las de Canfranc, conglomerados y areniscas como las de Canal Roya y Agua Tuerta, y los granitos ya nombrados como los de Panticosa, Posets, Aneto-Maladeta, con zonas metamórficas en Infiernos y Vallibierna con esquistos y mármoles.

En las Sierras interiores, adosadas a la unidad anterior, se encuentra una inmensa banda de calizas de distintas purezas (mezcladas a veces con areniscas).

Esta variedad de sustratos geológicos presentes en el área de estudio influye en la distribución de la vegetación con un tipo de vegetación característico ligado a cada tipo de sustrato, dependiendo de si presentan carácter ácido, básico o mixto.

La superficie ocupada por las RC abarca un rango altitudinal de 2545 m, oscilando entre los 859 m de altitud mínima en la RC de Viñamala y los 3404 m de cota máxima en la RC de Benasque, con una altitud media general en torno a los 2036 m (DT=281,48m). Esta amplitud altitudinal condiciona otras variables ambientales como precipitación y temperatura.

El clima, globalmente de montaña templado-húmedo pero frío en altura y subhúmedo/semiseco en zonas bajas, resulta de un cruce de influencias contrapuestas: oceanidad decreciente y continentalización paulatina hacia el E y mediterraneidad progresiva hacia el S y el E. Las precipitaciones anuales, que disminuyen hacia el E al tiempo que aumentan las tormentas estivales no se sitúan por debajo de los 800 mm. La T media anual es inferior a 12°C.

La cubierta vegetal pertenece de forma mayoritaria al dominio eurosiberiano. En las zonas más elevadas, por encima de los 2200 m, aparece el piso de vegetación de los pastizales alpinos, de escasa representación. Entre los 1600-2200 m un piso subalpino potencialmente de pino negro (*Pinus uncinata*), pero actualmente muy transformado en matorrales y pastos alpinizados. El piso montano alberga gran variedad de ambientes vegetales: hayedos (*Fagus sylvatica*) en los sectores más húmedos del NO, que dan paso a una presencia creciente de abetos (*Abies alba*) y fresnos (*Fraxinus angustifolia*) hacia el E. Extensos pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) potenciados por la política forestal, ocupan gran parte de la parte baja del piso montano, especialmente en orientaciones norte, mientras que las solanas están ocupadas fundamentalmente por el quejigo (*Quercus humilis*).

En la fauna destaca una nutrida comunidad de rapaces: quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), buitre leonado (*Gyps fulvus*), alimoche (*Neophron percnopterus*) y diversas rapaces forestales. Entre los mamíferos de cierto tamaño

sobresalen dos ungulados que acompañan al sarrío, el jabalí (*Sus scrofa*) y el corzo (*Capreolus capreolus*); un esciúrido introducido, la marmota alpina (*Marmota marmota*) y una nutrida comunidad de carnívoros: zorro (*Vulpes vulpes*), armiño (*Mustela erminea*), marta (*Martes martes*), fuina (*Martes foina*), gato montés (*Felis sylvestris*), comadreja (*Mustela nivalis*). El oso pardo (*Ursus arctos*), tiene una presencia marginal, aunque constante en la RCLV y esporádica en el resto de los territorios pirenaicos objeto de estudio. Además el sarrío comparte los pastos de montaña durante el verano con ovejas, cabras, vacas y caballos.

3. Material y métodos

3.1. Origen de los datos biométricos

Gracias a una adecuada gestión de la caza durante estas últimas décadas, las poblaciones de sarrío se han recuperado desde la declaración de las RC, lo cual permite una utilización de las mismas como recurso cinegético. Esto supone una fuente de ingresos para la economía rural de estas zonas de montaña.

La mayoría de las cacerías de sarrío en el Pirineo aragonés se realiza en las RC (70% en 2002) (Herrero *et al.* 2004). En estas Reservas gestionadas por la administración pública, la caza se realiza con el acompañamiento de un Agente de Protección de la Naturaleza (APN), siendo este el encargado de seleccionar el animal abatido y de rellenar la Ficha control (Anexo 1). En estas fichas se registran una serie de datos relativos a la cacería y a las características del animal abatido, entre ellas las medidas relativas al tamaño de los cuernos, ya que la obtención de trofeos de buena calidad suele ser uno de los objetivos de gestión. Los datos analizados en este estudio provienen en su totalidad de estas fichas.

El valor cinegético de los sarríos como pieza de caza mayor se valora por el tamaño de sus cuernos, que se valora a partir de unas características biométricas estandarizadas para la especie, combinando criterios de tamaño y simetría (Consejo Internacional de la Caza y la conservación de la fauna, CIC 1977). La puntuación total del trofeo (PT), es calculada a partir de un algoritmo en el que se incluyen: la longitud total de los cuernos (LC), la altura de los cuernos (AC), el perímetro de la base de los cuernos (PC), la separación entre los puntos más altos de los cuernos (SP) y los puntos correspondientes a la edad (PE), que suelen asignarse de la forma siguiente: entre 6 y 10 años: 1 punto, entre 11 y 12 años: 2 puntos y más de 13 años: 3 puntos (fig 9).

El algoritmo es el siguiente:

$$PT=1,5 LC + AC + 4 PC + SP + PE$$

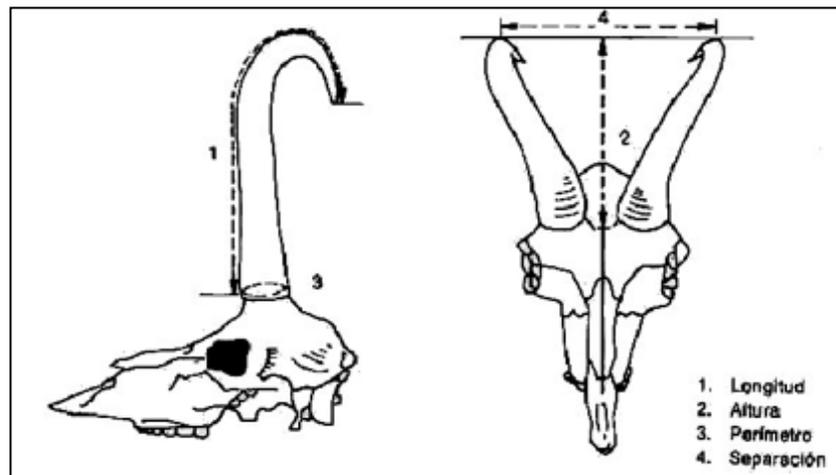


Fig 9. Localización de las medidas de los cuernos para la valoración de los trofeos de sarrio.

Este algoritmo utilizado para la estima de la puntuación total incluye parámetros que pueden ser redundantes, como por ejemplo la altura y la longitud total; le da un peso muy elevado al perímetro en la base del cuerno, además de un valor positivo a la separación de los cuernos, de manera que aquellos individuos con mayor separación son los más puntuados, reflejando así una valoración estética del trofeo de caza. El que el algoritmo incluya una puntuación dependiendo de la edad, introduce además un sesgo, ya que se refuerza aun más el peso de los animales de mayor edad, que ya de por sí suelen tener valores más altos del resto de las variables. La puntuación total no refleja la condición del animal desde un punto de vista biológico o ecológico, por lo que se ha decidido no tener en cuenta este parámetro para el estudio, y en su lugar utilizar las variables elementales del algoritmo (longitud total media y perímetro en la base del cuerno), que tienen una relación más directa con los factores biológicos o ambientales (García-González *et al.* 2004).

Para la utilización de los datos de las fichas de control se han tenido en cuenta las posibles fuentes de error. Se han encontrado posibles errores en las puntuaciones calculadas en las fichas de control. Estos errores proceden de dos posibles causas: 1) equivocación del guarda en el cálculo de la puntuación del trofeo, y 2) equivocación en la transcripción del valor de la puntuación total de las fichas de caza. Además los datos han sido tomados por diferentes observadores (guardas de caza), con el sesgo inherente a cada uno de ellos. Por todo esto se ha contado con un número elevado de individuos para diluir este efecto y se ha realizado una depuración previa de los datos.

En un primer momento se partió de los datos comprendidos entre 1998 y 2011, pero al observar la evolución de la puntuación total durante este periodo de tiempo, se percibió un aumento de esta a partir del año 2006 y una posterior disminución en 2008 (fig 10). Esto ha llevado a pensar que la epidemia de queratoconjuntivitis, que tuvo lugar en el Pirineo aragonés justo durante ese periodo de tiempo (fig 11), fue la causante de esta variación durante esos años, probablemente por la disminución del número de permisos y por una mayor selección de buenos trofeos durante la epidemia. En el caso de las hembras, durante

algunos años de la epidemia no se permitió la caza, por lo que no hay datos de hembras durante esos años. Por esta razón se decidió eliminar los datos incluidos en ese periodo de tiempo, teniéndose en cuenta solo los datos comprendidos entre 1999 y 2006.

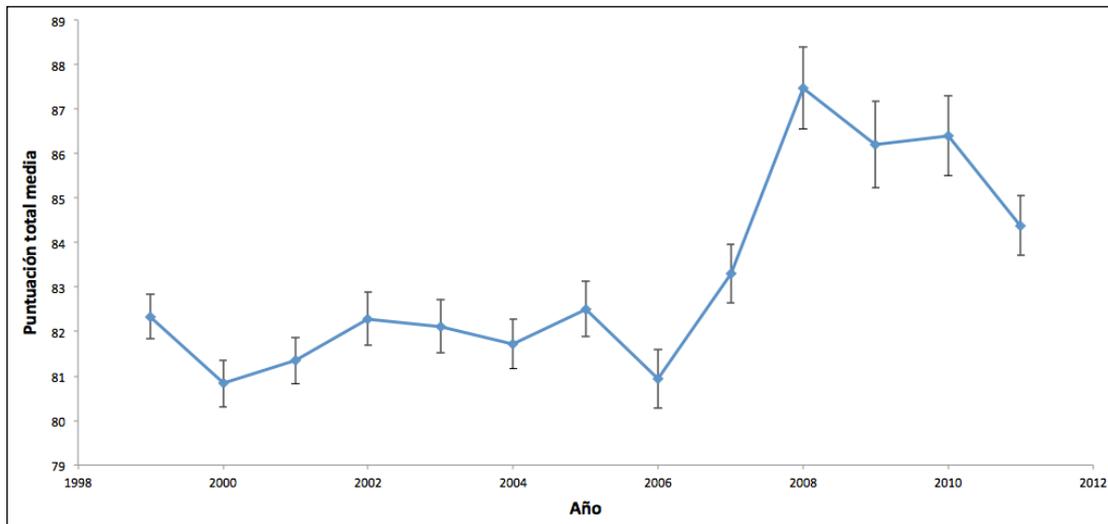


Fig 10. Evolución de la Puntuación Total media, junto con el error típico, en las RC del Pirineo aragonés durante el periodo 1999-2011.

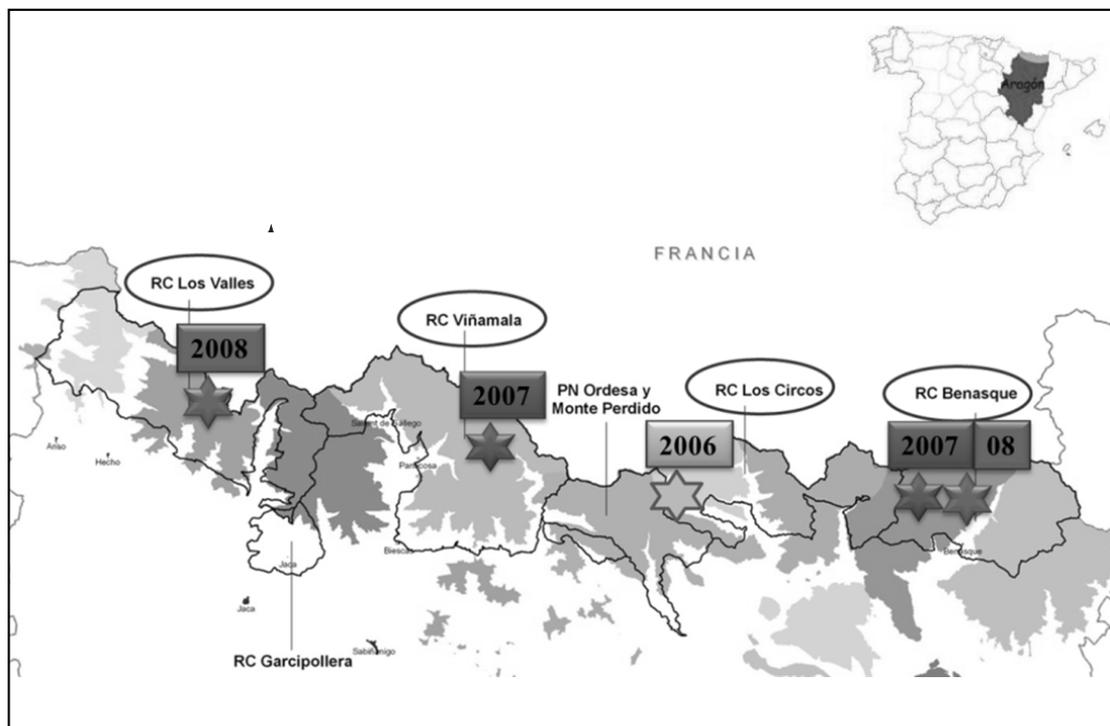


Fig 11. Evolución de la epidemia de queratoconjuntivitis en el Pirineo aragonés (Arnal *et al.* 2012 enviado a publicar).

De la base de datos original correspondiente a los años comprendidos entre 1999 y 2006, se realizó una primera depuración, en la que se eliminaron aquellos individuos de los que no se habían tomado datos, aquellos que presentaban ambos cuernos rotos, o bien, registros que se consideraron dudosos.

En un segundo filtrado de datos, se revisó la mancha en el que tuvo lugar la muerte del animal. En las fichas control se registra, además del número correspondiente a la mancha, el topónimo de la zona correspondiente (Anexo 4); de esta manera, si no figuraba el número de la mancha o bien éste era dudoso, con el apoyo de cartografía del área de la zona y las bases de datos de topónimos oficiales del Gobierno de Aragón, se ha corregido, comprobado y asignado el lugar de captura a la mancha correcta. Los datos de los animales cazados a los que no fue posible fueron eliminados del análisis. El tamaño de muestra final se compone de un total de 2589 individuos, 1174 hembras y 1415 machos. En las tablas 1 y 2 se muestran el total de individuos por RC y año. Los datos fueron tomados por un total de 43 APN y vigilantes contratados. En los anexos 2 y 3 se presentan el nº de individuos analizados por mancha y por guarda acompañante.

	RCB	RCLC	RCLV	RCV
Hembras	333	176	348	317
Machos	398	216	419	382
Total	731	392	767	699

Tabla.1. Número de individuos por RC.

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Hembras	164	174	170	145	130	141	117	133
Machos	185	193	191	170	177	185	175	139
Total	349	367	361	315	307	326	292	272

Tabla. 2. Número de individuos por año

3.2. Elaboración de un Sistema de Información Geográfica

Para la obtención de las variables de hábitat: topografía, sustrato geológico, vegetación y productividad vegetal, explicativas de la calidad de hábitat para el sarrio, se ha elaborado un Sistema de Información Geográfico (SIG) para posibilitar el análisis integrado e interrelacionado de los datos y aplicar diversas operaciones de análisis espacial y de clasificación.

Las herramientas informáticas utilizadas tanto para el manejo de los archivos de elevaciones del terreno, de tipo *raster*, como para los de polígonos provinciales, de tipo vectorial, ha sido ArcGIS 9.3. Se trata de un programa de SIG desarrollado por ESRI (Environmental Systems Research Institute, www.esri.com). Para gran parte del trabajo realizado se ha utilizado la herramienta *Spatial Analyst*.

Se han tomado diversas coberturas digitales en formato *shapefile* referentes a los límites administrativos: núcleos de población, términos municipales, límites comarcales, límite de provincia, ríos, etc. que han sido utilizadas gracias al Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR) (www.sitar.aragon.es).

A partir de una capa de información vectorial en la que están definidos los límites actuales de las RC del Pirineo aragonés (Prada et al. 2012) y otra capa con los límites de las manchas de caza definidas originalmente cuando se establecieron las RC, elaborada por personal del Instituto Pirenaico de Ecología (IPE), se han digitalizado los límites de nuevas manchas en la RCLV y RCV, ampliada en 1991, concretamente las manchas que ocupan la margen izquierda del Valle del río Aragón y la margen derecha del río Gállego. Se han actualizado también los límites de varias manchas de otras RC que han sido ampliadas y modificadas, en gran parte debido, a la ampliación del PNOMP. La digitalización se ha realizado siguiendo las divisorias entre valles fluviales gracias a mapas topográficos de la provincia de Huesca a escala 1:25.000, descargados del Instituto Geográfico Nacional (IGN) (www.ign.es).

El resultado es una única capa de información vectorial o *shapefile* que incluye los límites de las RC y de los diferentes manchas en que están divididas. Esta capa nos permitirá asignar a cada una de estas manchas los datos descriptivos del medio físico. Además puede ser de gran utilidad para la gestión, ya que actualmente no existe un mapa oficial y se transmiten los límites de las manchas de forma oral o con cartografía convencional muy deficiente.

En el caso de la RCLV se ha decidido eliminar una pequeña parte de la mancha 25 (VAL25) para homogeneizar su tamaño con respecto al resto de manchas, ya que la zona eliminada es una zona boscosa de baja altitud en la que no se tiene constancia de que haya sido abatido ningún sarrio oficialmente (fig 12).

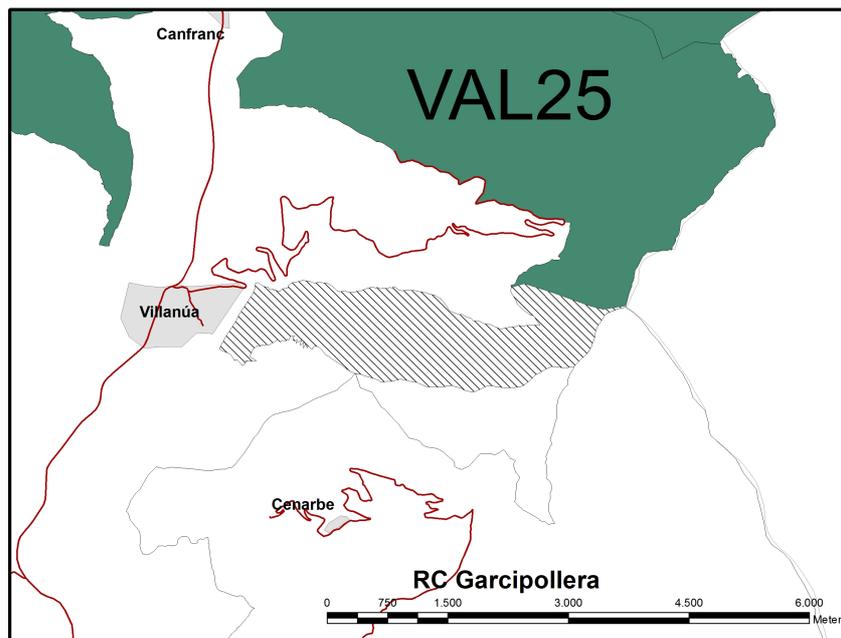


Fig 12. Detalle del área eliminada (área rallada) de la mancha número 25 de la RCLV.

3.2.1. Variables topográficas

Modelo digital de elevaciones (mde)

Para obtener las variables topográficas se ha elaborado un modelo digital de elevaciones (*mde*) a partir de la altimetría contenida en una capa vectorial de curvas de nivel de la provincia de Huesca a escala 1:25.000 (Instituto Geográfico Nacional, IGN ; www.ign.es). Un *mde* es una matriz de datos georreferenciada en la que en cada celda o píxel consta un dato de altitud (en un determinado sistema geodésico) y que va referido al centro de dicha celda. El *mde* resultante de la capa de curvas de nivel consiste en una capa ráster que representa la distribución espacial de la elevación; su tamaño de píxel es de 20 x 20 m (fig 13, Anexo 5).

A partir de los *mde* se ha construido un conjunto de modelos digitales que representan variables derivadas directamente de la topografía (datos y relaciones topológicas entre los mismos), sin intervención de datos auxiliares o información externa. Para el presente estudio se ha obtenido un modelo de pendientes, uno de exposiciones u orientaciones y otro de la curvatura del terreno.

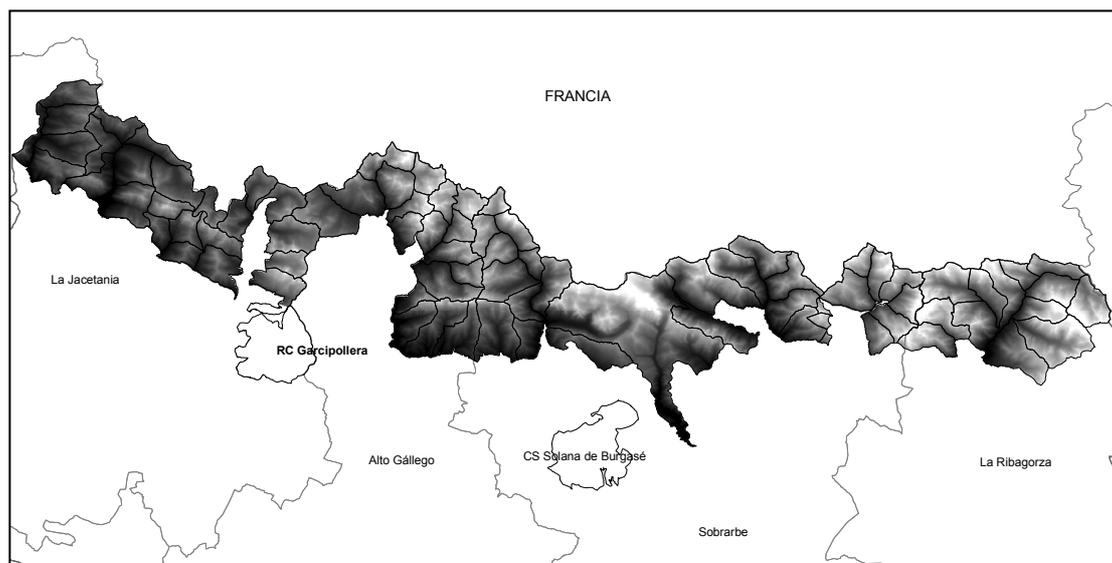


Fig 13. Representación gráfica del modelo de elevaciones de las RC y el PNOMP. Debido al método de representación, las zonas más bajas quedan representadas en negro y las más elevadas en blanco.

Pendientes

La pendiente refleja la variación máxima de la elevación y viene expresada en grados sexagesimales. Su estimación es sencilla a partir del *mde*. Los elementos del modelo de pendientes resultante, han sido codificados para su representación gráfica asignando el verde a las zonas llanas y el rojo a las pendientes máximas del modelo (fig 14, Anexo 6). Posteriormente se ha reclasificado la cobertura de acuerdo con los siguientes intervalos: pendientes de 0 a 10°, de 10 a 45° y pendientes > a 45° con el fin de transformar la pendiente en tres variables continuas expresadas en porcentaje de cada categoría por mancha (Anexo 7). La elección de estos intervalos en concreto se debe a que en otros estudios se han definido para el rebeco las pendientes mayores de 45° como pendientes de escape, entendiéndose que constituye el lugar de refugio frente a predadores y molestias (Pérez-Barbería y Nores, 1994). Las pendientes menores de 10° representan una cobertura vegetal mayor y por tanto también una mayor disponibilidad de alimento.

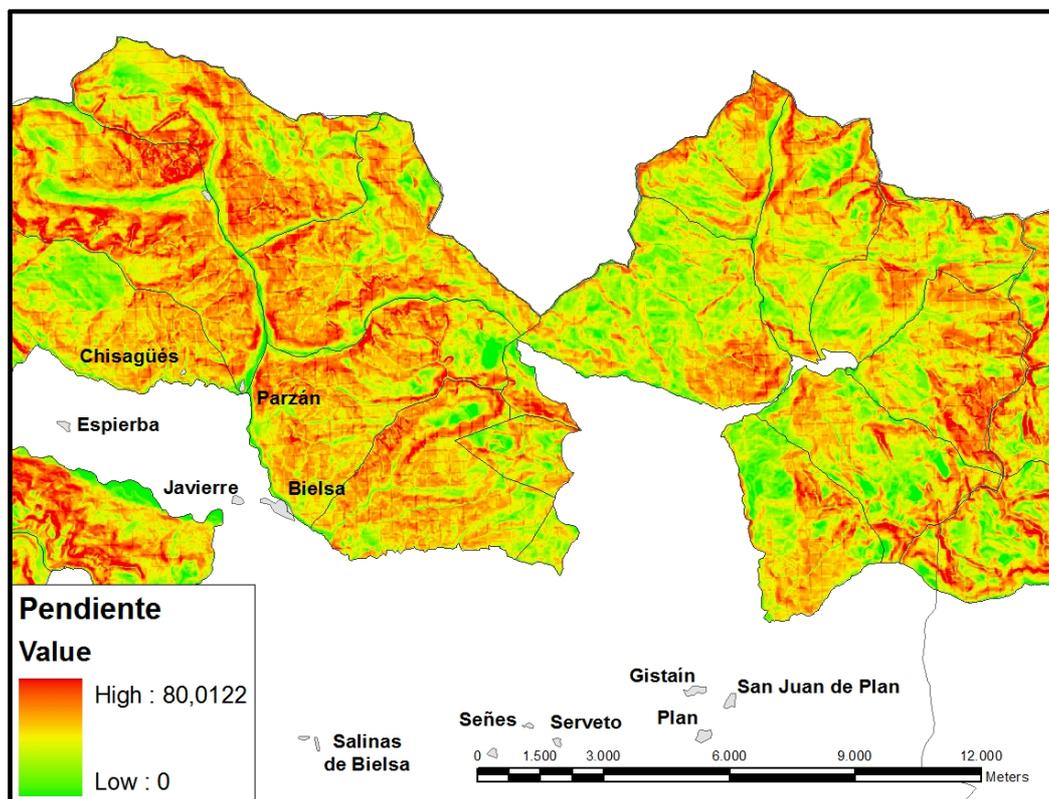


Fig 14. Detalle del modelo digital de pendientes en la RC de Los Circos.

Orientación

El modelo digital de exposiciones u orientaciones viene expresado también en grados sexagesimales, considerándose por convención que el Norte marca la orientación cero, aumentando los valores en sentido horario. La orientación es un parámetro circular, ya que x y $x + 360^\circ$ indican la misma dirección. La codificación mediante una escala de grises se ha realizado de forma que el negro corresponde al valor de 0° , aumentando la luminosidad en sentido horario: gris oscuro hacia el Este, gris medio al Sur, gris claro al Oeste, etc. Existe, por tanto, una brusca discontinuidad en el Norte, donde el origen y fin de la escala coinciden debido a la naturaleza circular de la variable (fig 15, Anexo 8).

Finalmente se ha realizado una reclasificación de la capa de orientaciones, desglosándola en dos componentes (Norte y Sur) para transformarla en dos variables continuas expresadas en porcentaje por mancha. Los intervalos $0-90^\circ$ y $270-360^\circ$ corresponde a la exposición Norte y $90-270^\circ$ corresponde a la exposición Sur (Anexo 9). Los datos negativos de orientación corresponden a zonas llanas pero representan una superficie muy pequeña del área de estudio.

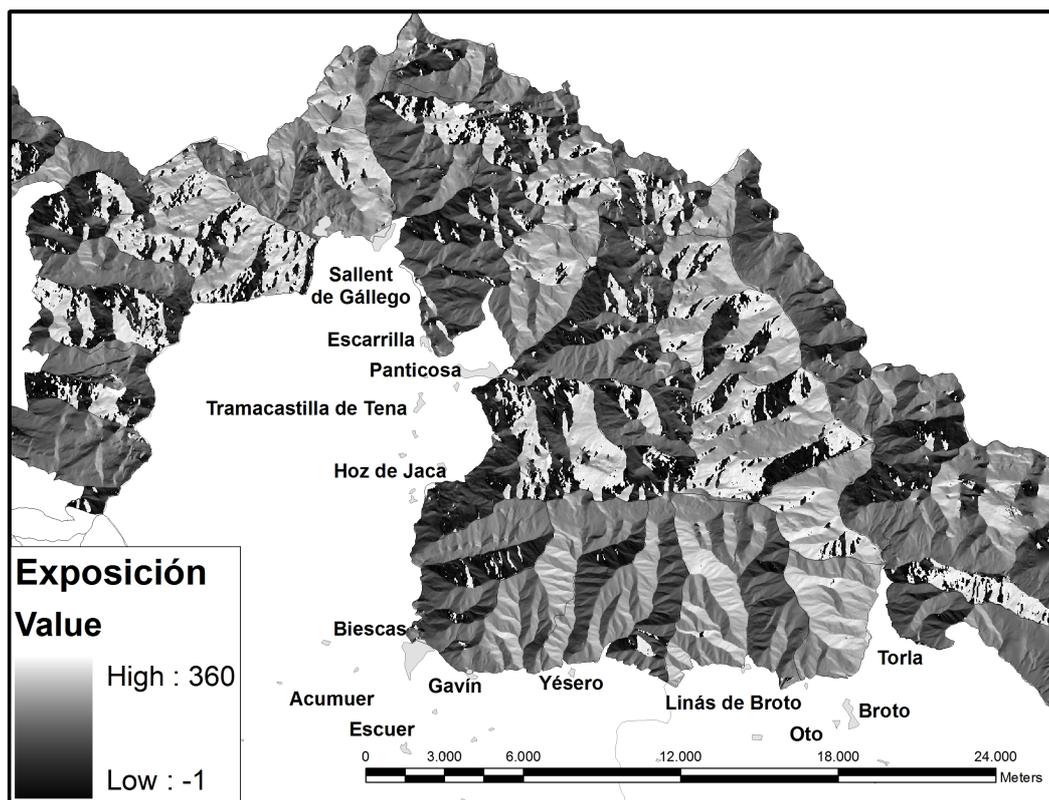


Fig 15. Detalle del modelo digital de orientaciones en la RC de Viñamala.

Heterogeneidad del terreno

Para conseguir una variable que refleje la heterogeneidad del terreno se ha calculado la rugosidad del terreno, que expresa lo escarpado del relieve, caracterizando la complejidad de este. Terrenos más ondulados o escarpados llevan asociados valores mayores de rugosidad. No existe una forma unánime para el cálculo de la rugosidad. Una manera sencilla de estimarla es mediante la variabilidad del *mde*, el coeficiente de variación de la altitud (*CVmde*) será considerado como medida de la rugosidad del terreno.

Además se ha realizado un modelo digital de la curvatura del terreno (Anexo 10), que puede definirse como la tasa de cambio en la pendiente y depende, por tanto, de las derivadas de segundo grado de la altitud (es decir, de los cambios de pendiente en el entorno del punto). Describe las concavidades y convexidades del terreno, siendo ésta otra estima diferente de la heterogeneidad del terreno con la herramienta *Spatial Analyst*.

3.2.2 Variables ambientales

Vegetación

El mapa de vegetación ha sido elaborado a partir de las hojas correspondientes del Mapa Forestal procedente de lo Sistemas de Información Geográfica de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (Escudero y Francés 2004) (fig 16). Después de editar el mapa y adaptarlo a la zona de estudio, se ha realizado una simplificación de éste, reagrupando las diferentes unidades de vegetación en únicas categorías de vegetación: Bosque, Matorral, Pasto y Suelo desnudo. Además se ha creado otra capa con una línea divisoria entre la vegetación herbácea y leñosa (Anexo 11).

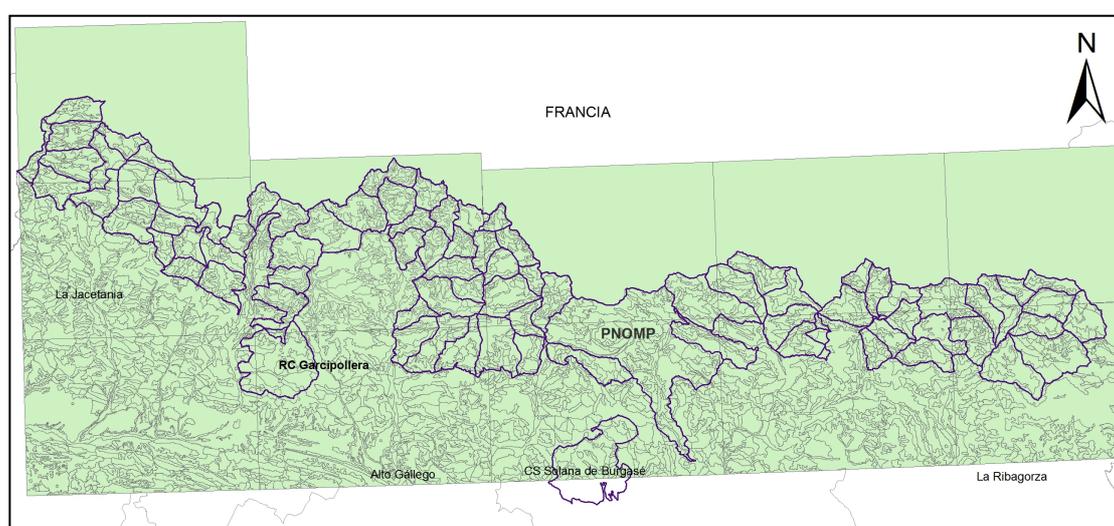


Fig 16. Mapa Forestal de base para la elaboración del mapa de vegetación del área de estudio. La línea marca los límites de las RC y el Coto Social de la Solana de Burgasé.

Sustrato

El mapa geológico de base del que se ha partido proviene del Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR). También ha sido editado y adaptado a la zona de estudio. Posteriormente se consultó con tres geólogos la adscripción del sustrato geológico a una categoría de acidez y se ha reclasificado la información pasando de 31 categorías de tipos de material geológico a tres categorías de acidez (ácido, básico o mixto) (Anexos 12, 13 y 14).

Productividad vegetal

Se ha calculado un índice de productividad vegetal mediante un estimador habitual para esta variable: el *Normalized Difference Vegetation Index* (índice de vegetación de diferencia normalizada). Para ello se ha utilizado la escena 199-30 del satélite LANDSAT-5 TM

(Thematic mapper) correspondiente al 27 de julio de 2010. Esta imagen se obtuvo del servidor gratuito USGS (US Geological Survey, www.usgs.gov), ya ortorectificada a nivel 1T. La corrección radiométrica (corrección atmosférica y topográfica) ha sido realizada con el Módulo ATCOR 3 para el ERDAS 10 (Gartzia *et al.* en prensa) y convertidos los valores digitales en valores de reflectividad.

El índice calculado (NDVI), se obtiene a partir de las reflectividades en las bandas del infrarrojo cercano (IRC) y rojo (R), la 4 y la 3 para el sensor TM (Chuvieco 2002). El NDVI varía entre -1 y +1, lo que facilita su interpretación, se puede señalar como umbral crítico para cubiertas vegetales un valor de NDVI en torno a 0,1 y para la vegetación densa entre 0,5 y 0,7 (Holben 1986).

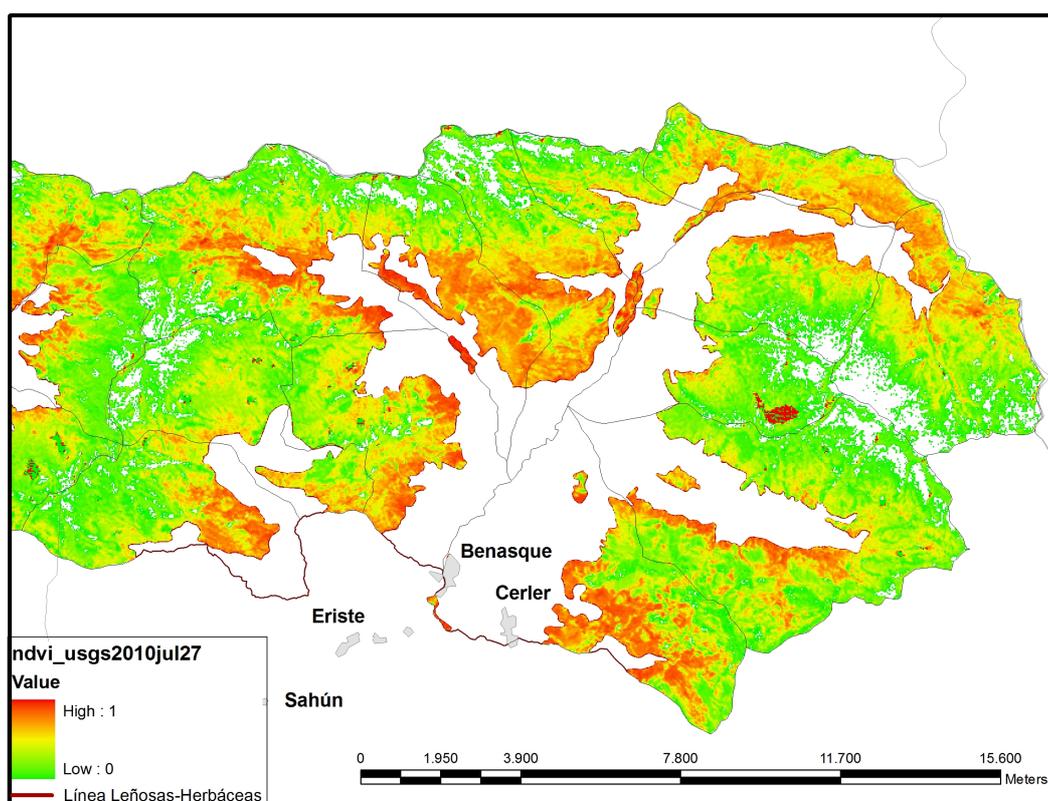


Fig 17. Detalle del mapa final del índice de productividad vegetal calculado.

Una vez adaptado a nuestra área de estudio, se han eliminado aquellas áreas que corresponden a vegetación leñosa, ya que el valor de productividad vegetal de estas áreas es elevado y es un medio escasamente aprovechado por el sarrío como alimento. Para ello se ha utilizado la capa que delimita la vegetación leñosa y la herbácea, confeccionada a partir del mapa de vegetación. Además también han sido eliminados aquellos píxeles con un valor menor que cero para el NDVI, ya que se considera que éstos no corresponden a cobertura vegetal (fig 17, Anexo 15).

Con todas las coberturas de información obtenidas, se han calculado las variables explicativas de hábitat, solapando cada una de las coberturas con la capa que contiene los límites de las manchas oficiales de las RC. De esta manera se ha extraído la información cuantificada para cada mancha de las reservas. los territorios en los que fueron cazados los individuos y en donde muy probablemente han vivido (ya que el área de campeo normal para el sarrío es considerablemente menor que la superficie de las manchas consideradas). Las variables así obtenidas se han considerado estimadores consistentes de las características del hábitat de los individuos cazados.

3.3. Tratamiento de los datos y análisis estadístico

Con la base de datos depurada de 1999 a 2006, se realizó un análisis preliminar de los datos obtenidos de las fichas control, de las que se han extraído las siguientes variables de estado (independientes): reserva, mancha, temporada, guarda acompañante, sexo, edad y las variables correspondientes al tamaño de los cuernos, variables dependientes: longitud media de los cuernos y perímetro.

En primer lugar se ha llevado a cabo un análisis exploratorio de los datos para poder identificar si determinadas variables (sexo, edad, guarda acompañante, mancha de la reserva donde se abatió al animal, reserva o año) influyen en el tamaño de los cuernos así como identificar posibles datos anómalos que dificultarían el análisis estadístico posterior. Para la comparación de medias se ha utilizado el test no paramétrico H de Kruskal-Wallis, ya que no podemos asumir los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Para las pruebas *post hoc* se ha utilizado el test de Tukey. También se han utilizado correlaciones de Pearson y Spearman para examinar la influencia de las variables explicativas en el tamaño de los cuernos. Para los análisis estadísticos de este bloque se ha utilizado el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 21 y R versión 2.15.2.

En el análisis exploratorio de los datos de las fichas de caza se observan determinados casos anómalos o *outliers* que han sido eliminados de nuestro conjunto de datos para disminuir la variabilidad total (fig 18).

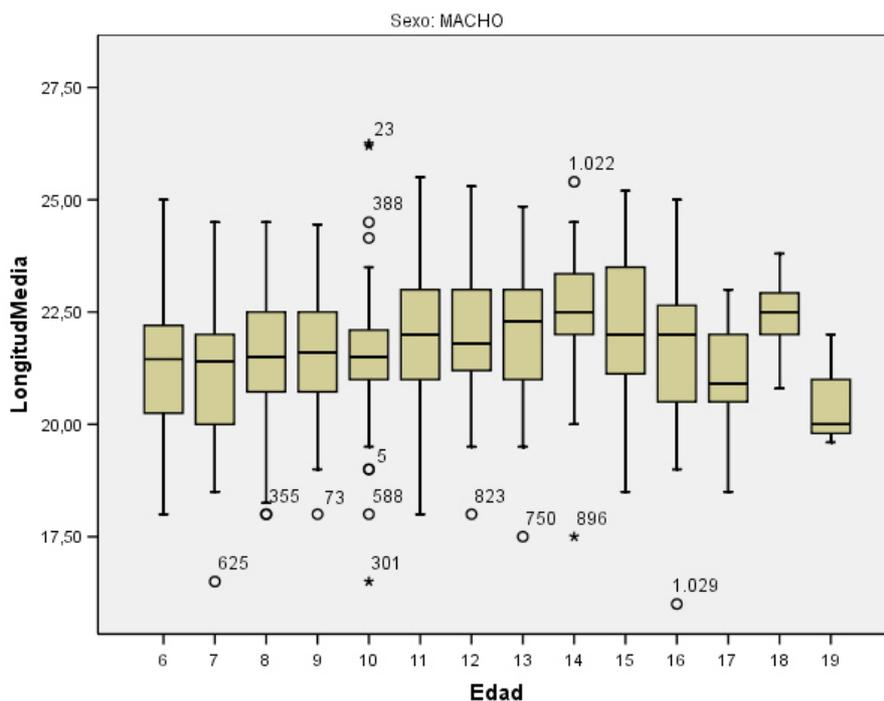


Fig 18. Diagrama de cajas en el que se observa la variación de la longitud media de los cuernos en machos según la edad. (*casos que se desvían significativamente de la media o *outliers*, $\alpha=0,05$).

Al analizar la variación de las variables dependientes con respecto a la edad del individuo se observa que la longitud media de los cuernos aumenta con la edad hasta los cuatro o cinco años, a partir de los cuales el crecimiento disminuye pero no cesa. En los ejemplares de mayor edad se puede ver una ligera disminución, pero este efecto es debido probablemente a los pocos ejemplares disponibles de esas clases de edad. En el Perímetro se observa una evolución mucho más estable (fig 19), la longitud varía más durante los primeros años de vida con la edad que el perímetro. Para intentar eliminar el efecto de la edad en nuestra variable dependiente se ha desestimado del conjunto de datos aquellos ejemplares menores de 6 y los casos mayores de 20 años por lo que finalmente el tamaño de muestra es 2.349 individuos, 1.052 hembras y 1.297 machos.

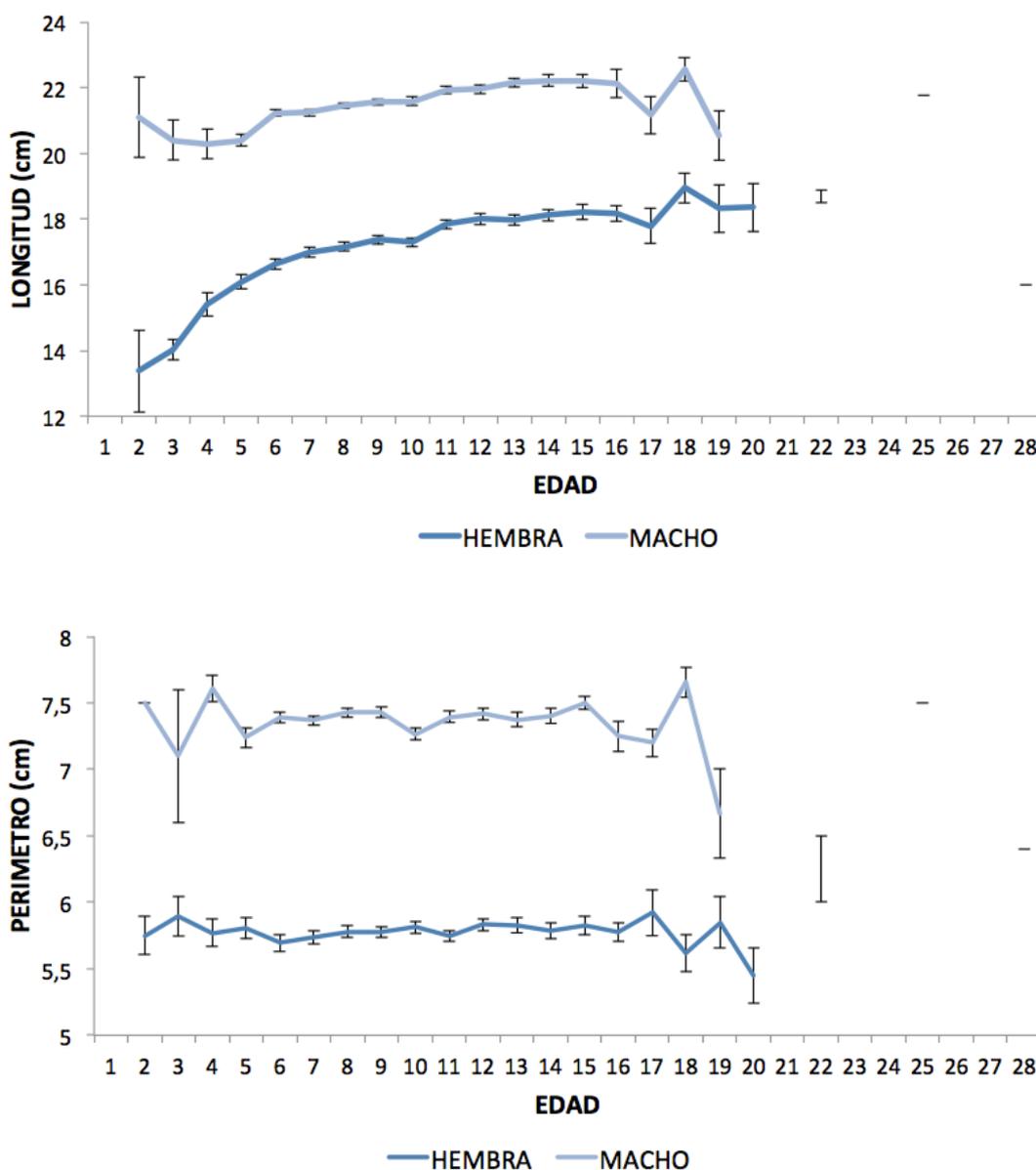


Fig 19. Evolución de la longitud media (arriba) y el perímetro en la base de los cuernos (abajo) con respecto a la edad. Valores medios y desviación típica de todo el conjunto de los datos.

Posteriormente y a partir de los datos extraídos de las coberturas generadas en el SIG referidos a cada mancha, se han calculado las siguientes variables explicativas características del hábitat :

- Para la vegetación se ha calculado el porcentaje de cada una de las categorías consideradas (Bosque, Matorral, Pasto y Suelo desnudo) por mancha. Además se ha calculado también el índice de Shannon Weaver (H' Shannon), como medida de la diversidad vegetal de la mancha (Marrugan 1988).

- Para el tipo de sustrato también se han calculado los porcentajes por mancha de cada una de las categorías de acidez (Acido, Básico y Mixto).
- Como medidas de la productividad vegetal se ha calculado el NDVI medio por mancha (*ndvix*) y el CV del NDVI en la mancha (*CVndvi*) como medida de la variabilidad de la productividad en la mancha.
- A partir del *mde* se calcula la elevación media (*mdex*) por mancha y dos medidas de la heterogeneidad del terreno, el rango de las elevaciones dividido por la media de *mde* (*Rangomde/mdex*) y la rugosidad del terreno, calculada como el coeficiente de variación del *mde* (*CVmde*).
- En cuanto a las pendientes hemos calculado el porcentaje por mancha de cada uno de los intervalos calculados (0-10°; 10-45° y >45°). También se ha calculado, a partir del modelo digital de pendientes original, la pendiente media (*slopex*) por mancha y el CV de la pendiente por mancha (*CVslope*).
- Para la orientación se calculan los porcentajes por mancha de exposición Norte (%N) y exposición Sur (%S), así como el coeficiente de variación de la cobertura original de orientaciones (*CVaspect*) por mancha.
- Se ha calculado también el coeficiente de variación de la curvatura por mancha (*CVcurv*).

Podemos agrupar las variables extraídas de la cartografía en siete grupos: Vegetación, Sustrato, Productividad vegetal, Altitud, Pendiente, Orientación y un último grupo de variables que hacen referencia a la heterogeneidad del hábitat de la mancha de caza en este estudio: *H'Shannon*, *CVndvi*, *Rango/mdex*, *CVmde*, *CVslope*, *CVaspect* y *CVcurv*.

El segundo bloque de análisis ha consistido en la creación de modelos explicativos entre las variables relacionadas con el hábitat de los sarrios y sus características anatómicas (tamaño de los cuernos).

Se ha optado por un análisis multivariante, el análisis de redundancia (RDA), un método que combina regresión lineal múltiple y análisis de componentes principales (PCA). La asunción básica de este análisis es que existe una relación lineal entre las variables explicativas y las variables respuesta o dependientes.

Las variables ambientales incorporadas al modelo fueron primero analizadas en base a una matriz de correlaciones de Pearson y de Spearman que contaba con todas las variables explicativas extraídas de la cartografía. El procedimiento se basó en la elección de una única variable de cada uno de los grupos de variables cartográficas anteriormente comentados, para evitar así que estén correlacionadas entre sí y no haya información redundante, es decir, que ninguna de las variables explicativas de hábitat escogidas sea capaz de explicar otra de las variables predictivas del modelo.

Para la elección de las variables del modelo se tuvieron en cuenta las relaciones de correlación existentes entre estas y las variables dependientes así como el grado de variabilidad explicada una vez eran introducidas en el modelo.

Una vez escogido el conjunto de variables explicativas para cada sexo, se comprobó que realmente no existía colinealidad entre ellas mediante el factor de inflación de la varianza (GVIF). Según Kleinbaum y Mitchel 2002, para que las variables explicativas no presenten problemas de multicolinealidad, el factor de inflación de la varianza no debe ser superior a 10.

Este segundo bloque de análisis ha sido realizado con R versión 2.15.2 y el paquete Vegan versión 2.1-21/r2329 para ecología de comunidades.

4. Resultados

4.1. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente de factores antrópicos e intrínsecos (factores dependientes del animal)

En este apartado realizamos un análisis preliminar de la variabilidad existente en las medidas de los cuernos (longitud media del cuerno y perímetro) ligada al sexo, la edad de los animales, el guarda acompañante de la cacería, temporada de caza, RC y mancha.

En primer lugar mediante un análisis de Kolmogorov-Smirnov se ha comprobado que las variables dependientes (longitud y perímetro) no se ajustan a una distribución normal (tabla 3). Como no pueden establecerse los supuestos de normalidad y homocedasticidad, necesarios para llevar a cabo un análisis paramétrico, los análisis se realizarán mediante pruebas estadísticas no paramétricas.

Estadísticos	Hembras		Machos	
	Longitud	Perímetro	Longitud	Perímetro
Z de Kolmogorov-Smirnov	3,849	6,923	2,984	5,009
p	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 3. Estadísticos de contraste de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. longitud media de los cuernos y perímetro.

Efecto del sexo y de la edad

Se han encontrado diferencias significativas mediante un análisis H de Kruskal-Wallis entre machos y hembras para las medidas de los cuernos (longitud y perímetro) ya que, como hemos mencionado antes no podemos asumir normalidad ni homocedasticidad ($p=0,000$)

(tabla 4; fig 20). Por este motivo se decidió tratar los datos en análisis estadísticos posteriores separadamente con respecto al sexo, eliminando así la variabilidad introducida por este factor.

Estadísticos	Longitud	Perímetro
X ²	1555,559	1688,498
g.l.	1	1
p	0,000	0,000

Tabla 4. Estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis con la variable de agrupación Sexo para un nivel de significación $\alpha=0,05$.

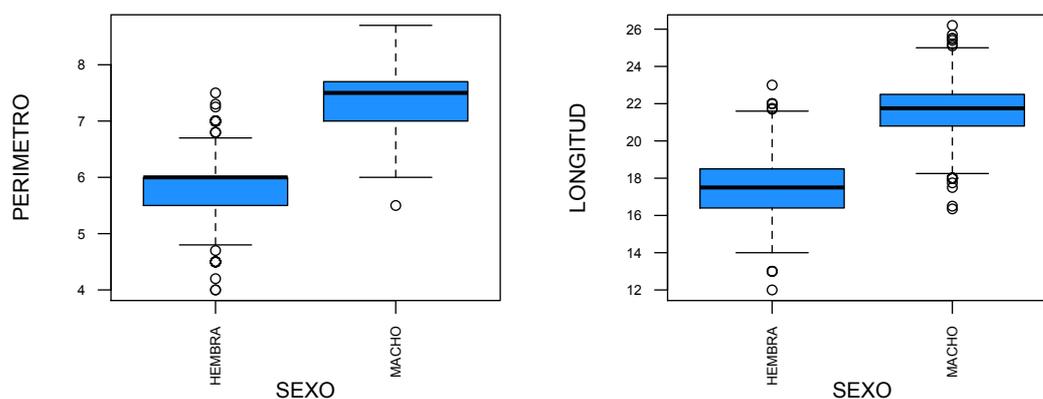


Fig 20. Diagrama de cajas o "boxplot" en el que se puede ver la variación entre sexos de las variables perímetro y longitud del cuerno.

Se ha estudiado la variación tanto del perímetro como de la longitud de los cuernos en función de la edad mediante una relación de correlación de Spearman. La edad presenta una relación de correlación positiva y significativa con la longitud media, pero el perímetro de los cuernos no muestra ninguna variación apreciable con la edad, tanto en machos como en hembras (fig 21 y 22).

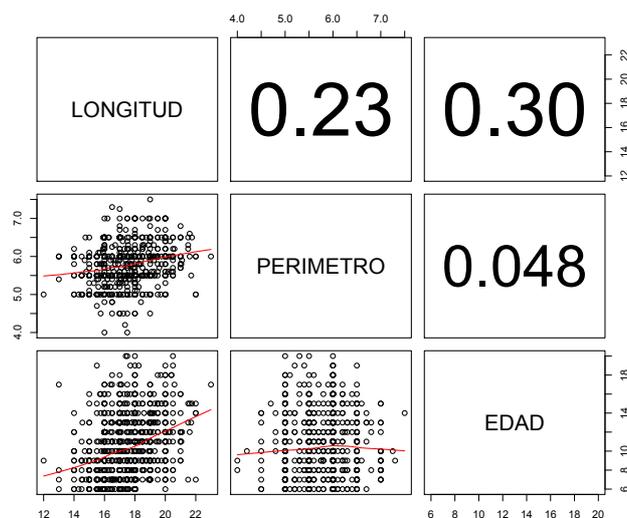


Fig 21. Correlaciones (rho de Spearman) con respecto a la edad en hembras en cuanto a longitud ($\rho=0,302$; $p=0,000$) y perímetro ($\rho= 0,048$; $p = 0,117$).

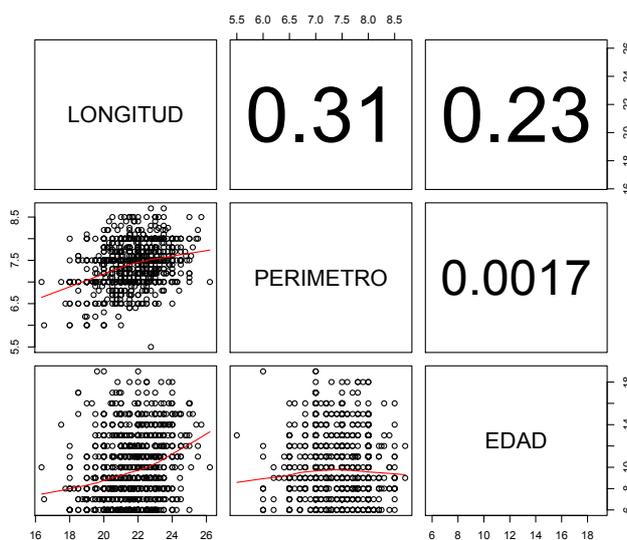


Fig 22. Correlaciones (rho de Spearman) con respecto a la edad en machos en cuanto a longitud ($\rho=0,229$; $p=0,000$) y Perímetro ($\rho= 0,002$; $p = 0,000$).

Efecto del guarda acompañante

Para estudiar la posible influencia del guarda acompañante en el tamaño de los cuernos en primer lugar se ha realizado un análisis descriptivo de la muestra de datos, calculando las medias obtenidas por cada uno de los guardas existentes de las RC durante el periodo 1999-2006. Los guardas que presentaban menos de 10 capturas no han sido tenidos en cuenta.

Como puede observarse en las figuras 23 y 24, gran parte de la variación tanto de la longitud como del perímetro de los cuernos depende del guarda acompañante de la cacería en ambos sexos.

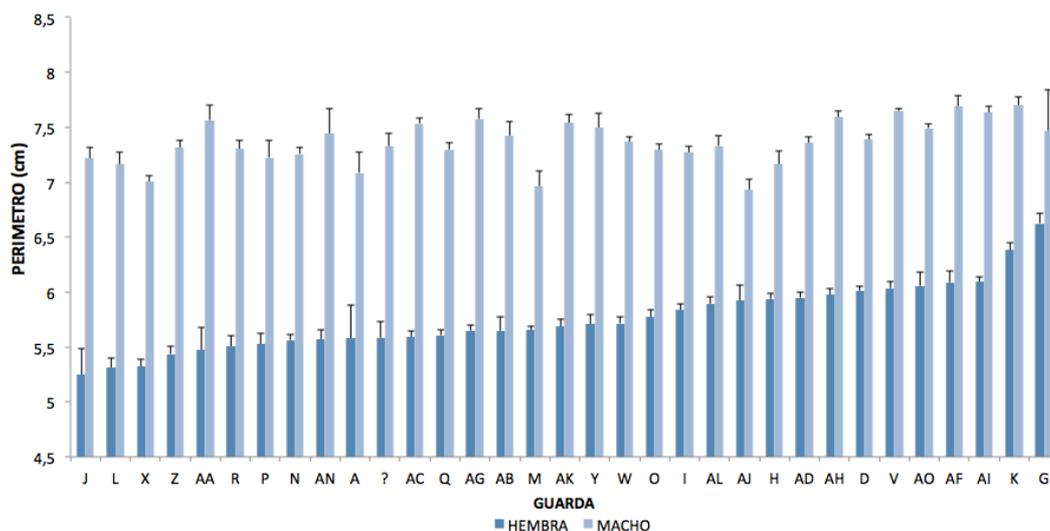


Fig 23. Variación del Perímetro con respecto al guarda acompañante de la cacería. ? indica aquellos individuos en los que el guarda no estaba identificado en las fichas.

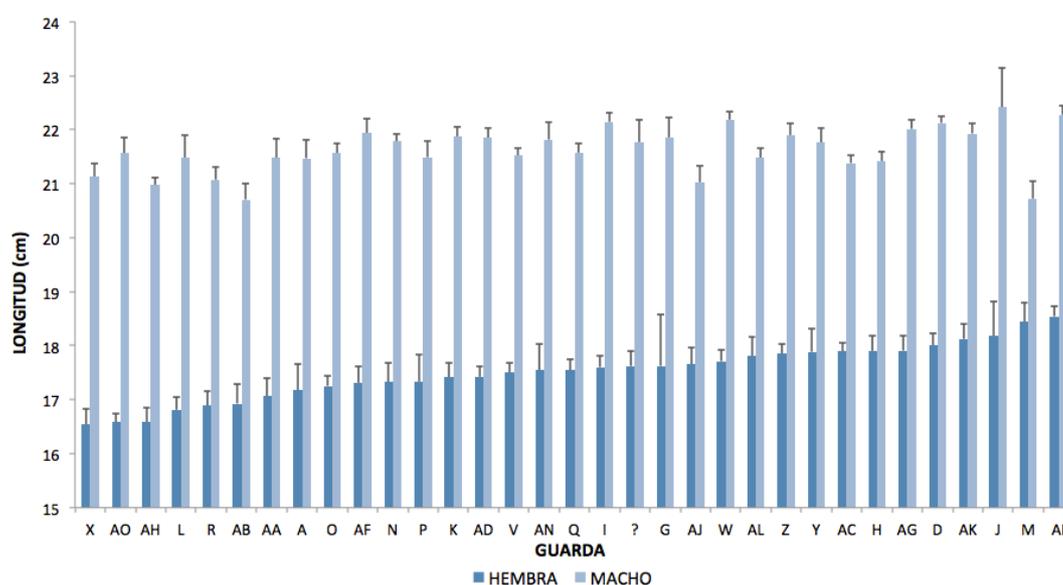


Fig 24. Variación de la Longitud Media de los cuernos con respecto al guarda acompañante de la cacería. ? indica aquellos individuos en los que el guarda no estaba identificado en las fichas.

Se ha realizado una prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de medias que ha dado un resultado significativo para un nivel de significación $\alpha = 0,05$, tanto para machos como para hembras (tabla 5) por lo que existen diferencias significativas entre los diferentes guardas.

Estadísticos	Hembras		Machos	
	Longitud	Perímetro	Longitud	Perímetro
χ^2	102,677	280,563	110,139	201,152
g.l.	31	31	31	31
p	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 5. Estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis con la variable de agrupación Guarda acompañante para un nivel de significación $\alpha=0,05$. Longitud media de los cuernos y perímetro.

Los guardas que cazan mejores trofeos de machos no necesariamente cazan mejores trofeos de hembras y viceversa ($p=0,336$; $p=0,075$) para la longitud del cuerno.

Efecto del año

Con respecto a la variación interanual de las variables dependientes, se ha realizado un test H Kruskal-Wallis y solo se han encontrado diferencias significativas en el perímetro, tanto de machos como de hembras (tabla 6).

Estadísticos	Hembras		Machos	
	Longitud	Perímetro	Longitud	Perímetro
χ^2	7,822	53,179	7,294	27,775
g.l.	7	7	7	7
p	0,349	0,000	0,399	0,000

Tabla 6. Estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis con la variable de agrupación Año para un nivel de significación $\alpha=0,05$. Longitud media de los cuernos y perímetro.

Se realizó también una prueba de tipo *post hoc* para evaluar estas diferencias en el perímetro en función del año (fig 25). Se puede observar en machos, que los primeros años pertenecen a dos grupos significativamente diferentes (a y ab) que se van alternando, sin embargo los últimos dos años evaluados presentan un perímetro menor. En hembras se puede ver esta tendencia a la disminución mucho más marcada.

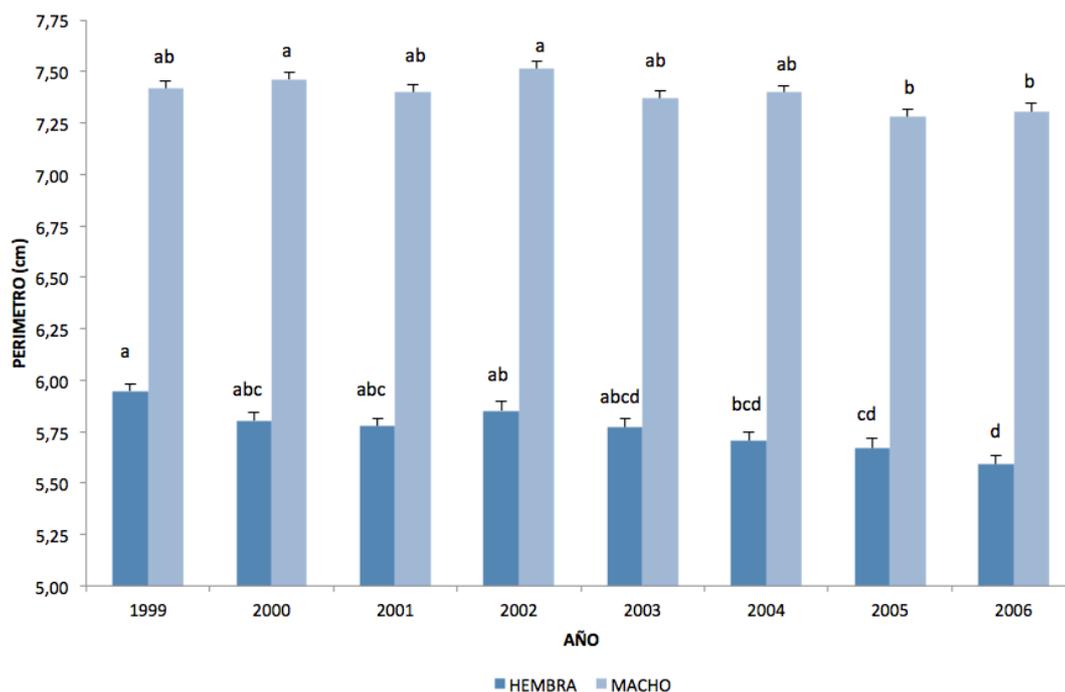


Fig 25. Representación de las medias del perímetro en la base del cuerno para cada sexo, en función del año de captura. Las letras representan la agrupación establecida con las pruebas *post hoc*. Nivel de significación $\alpha=0,05$.

Efecto de la estación

La caza selectiva, de las hembras, solo se efectúa en otoño, por lo que no podemos analizar si existen diferencias entre estaciones en hembras. Sin embargo la caza de trofeo (machos) se permite tanto en otoño-invierno como en primavera. Para analizar si existe variabilidad en cuanto a la temporada de caza, se volvió a realizar un test H Kruskal-Wallis y no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas (fig 26, tabla 7).

Estadísticos	Longitud	Perímetro
χ^2	1,8028	1,3342
gl	1	1
p	0,1794	0,2481

Tabla 7. Estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis para machos, dependiendo de la estación. Nivel de significación $\alpha=0,05$. Longitud media de los cuernos y perímetro.

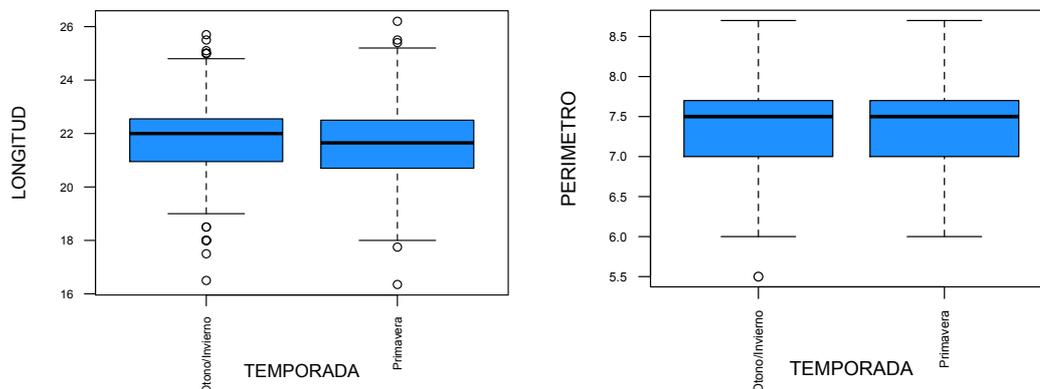


Fig 26. Diagramas de caja entre estaciones para la longitud media y el perímetro en los machos.

Efecto de la Reserva de Caza (RC)

Aunque el efecto del territorio sobre el tamaño de los cuernos (en este caso las RC), podría considerarse como una variable ambiental, al ser sus límites de carácter administrativo, cabe considerarlo más como un factor de tipo antrópico, aunque no esté exento de componentes de tipo ambiental.

Teniendo en cuenta las variables dependientes longitud media y perímetro, encontramos diferencias significativas entre RC para ambos sexos (tabla 8).

Estadísticos	Hembras		Machos	
	Longitud	Perímetro	Longitud	Perímetro
χ^2	8,845	85,102	38,769	38,510
g.l.	3	3	3	3
p	0,031	0,000	0,000	0,000

Tabla 8. Estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis con la variable de agrupación reserva para un nivel de significación $\alpha=0,05$. Longitud media de los cuernos y perímetro.

Se realizaron pruebas *post hoc* para evaluar las diferencias entre RC en ambas variables (fig 27 y 28).

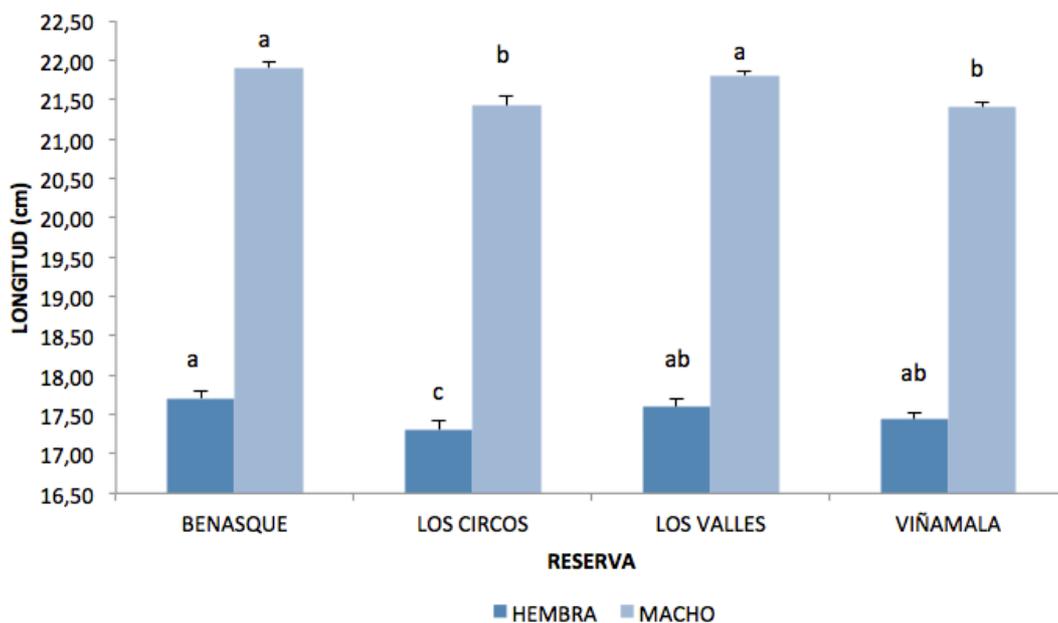


Fig 27. Representación de las medias de la longitud del cuerno para cada sexo, en función de la RC. Las letras representan la agrupación establecida con las pruebas *post hoc*. Nivel de significación $\alpha=0,05$.

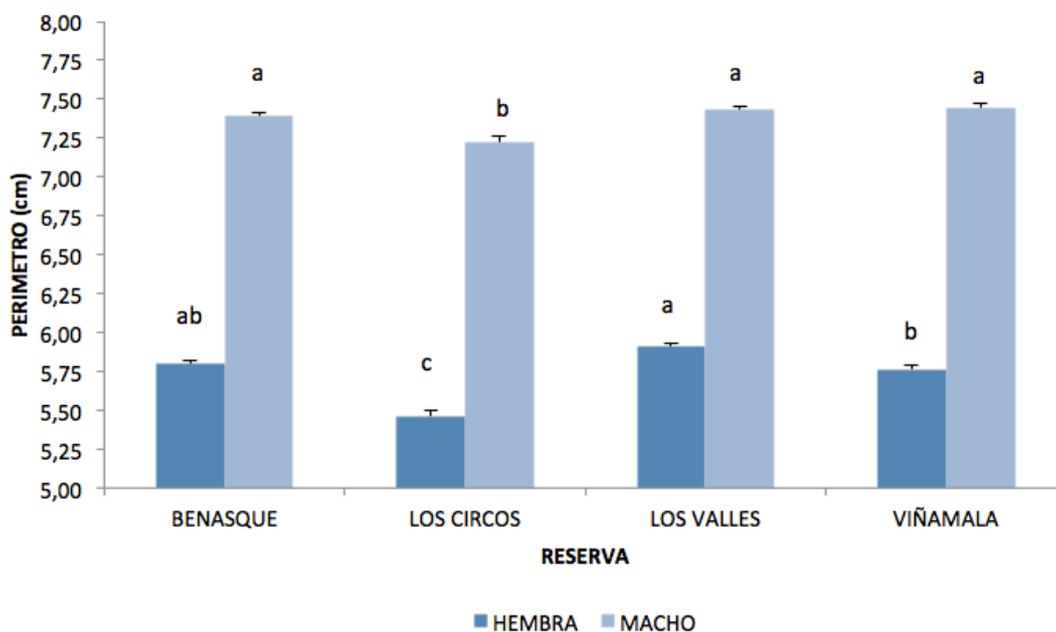


Fig 28 . Representación de las medias del perímetro en la base del cuerno para cada sexo, en función de la RC. Las letras representan la agrupación establecida con las pruebas *post hoc*. Nivel de significación $\alpha=0,05$.

Efecto de la mancha o sector de captura

Como se ha explicado anteriormente, las RC están divididas en diferentes manchas que, en general, son lo suficientemente grandes como para incluir las áreas de campeo habituales de las manadas e individuos de sarrío (generalmente entre 1 y 2 km²), por lo que de alguna forma son reflejo del hábitat en el que viven. Aunque se trata de unidades de tipo administrativo, procedentes originalmente de la división dasocrática de los montes, sus límites coinciden a menudo con cuencas y unidades relativamente naturales, por lo que pueden considerarse que representan relativamente bien las características del hábitat de los sarríos cazados. Debe tenerse en cuenta sin embargo, que normalmente los guardas de caza suelen cazar también en las mismas manchas.

La distribución de los datos de los individuos capturados para el periodo de estudio 1999-2006 es bastante heterogénea, hay algunas manchas con un número muy alto de datos mientras que en otras, el número de capturas ha sido nulo (fig 29).

El análisis de Kruskal-Wallis ha dado diferencias significativas entre manchas, tanto en longitud como en perímetro para ambos sexos (tabla 9). Las manchas con menos de 10 individuos capturados no han sido tenidos en cuenta.

Estadísticos	Hembras		Machos	
	Longitud	Perímetro	Longitud	Perímetro
X ²	116,86	187,24	102,231	162,164
g.l.	74	74	76	76
p	0,001	0,000	0,024	0,000

Tabla 9. Estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis con la variable de agrupación mancha para un nivel de significación $\alpha=0,05$. longitud media de los cuernos y el perímetro.

Como puede observarse en las figuras 30 y 31 las manchas con mayores dimensiones en los cuernos para las hembras no necesariamente lo son para los machos. Para confirmar estas diferencias se calcularon las correlaciones de Spearman, por un lado entre la longitud media por mancha de machos y la de hembras ($\rho=0,195$; $p=0,227$) y por otro lado para el perímetro medio por mancha ($\rho=0,31$; $p=0,828$) por lo que no son significativas y puede considerarse que están distribuidos de manera diferente.

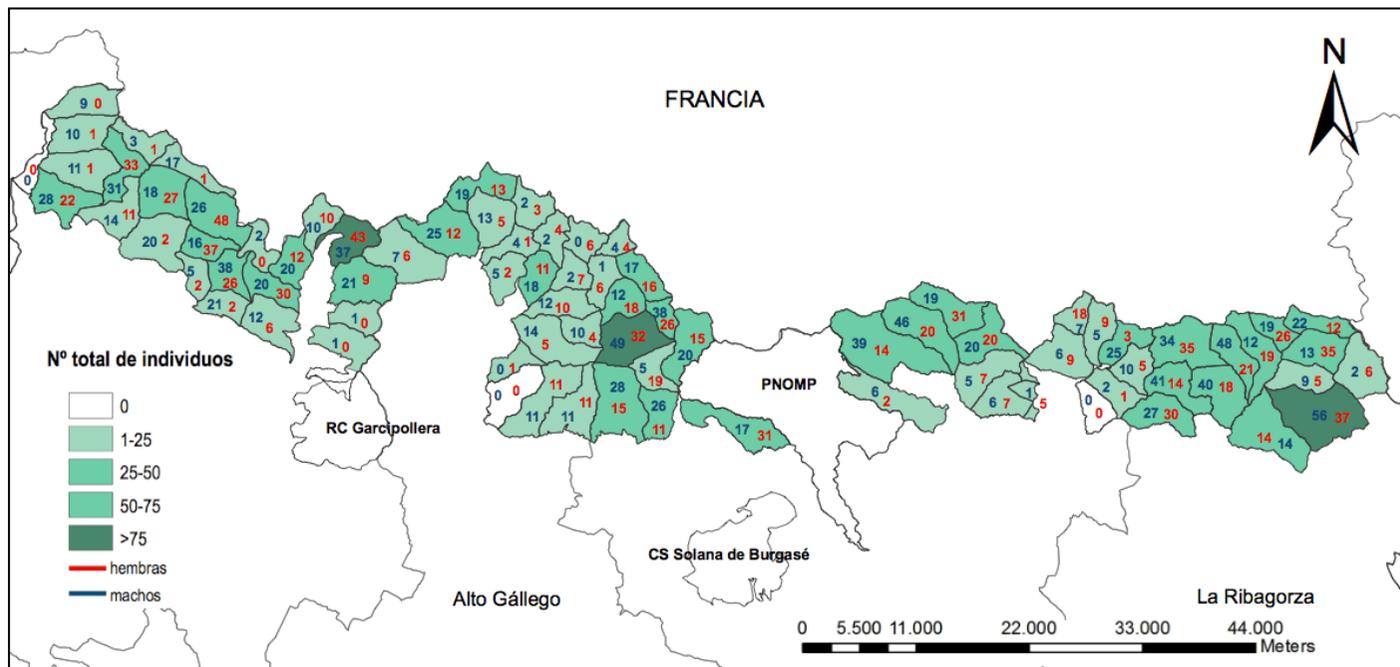


Fig 29. Número de capturas efectuadas por mancha en el periodo 1999-2006. En rojo, nº de hembras/mancha; en azul, nº de machos/mancha.

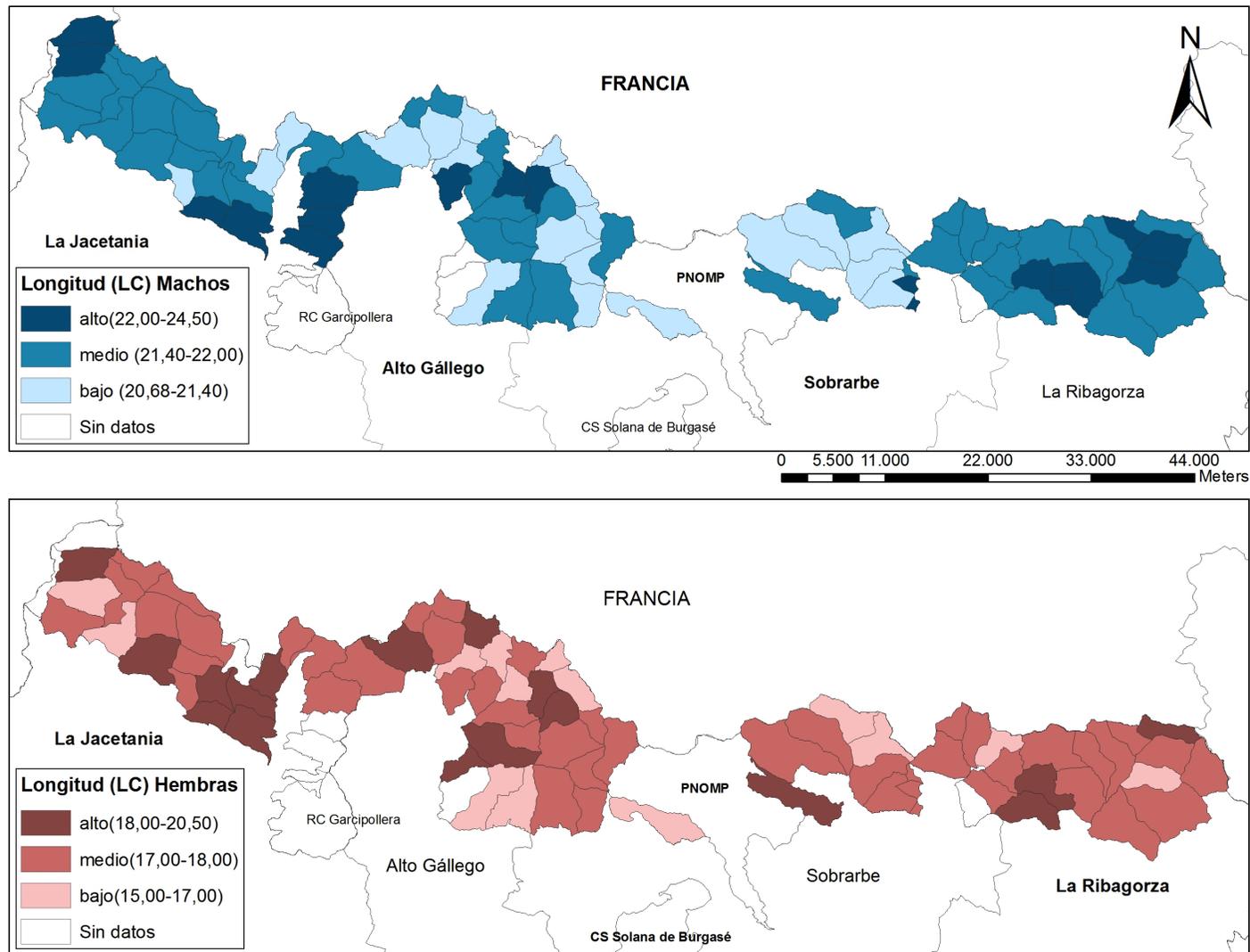


Fig 30. Longitud media por mancha, para machos (arriba) y para hembras (abajo).

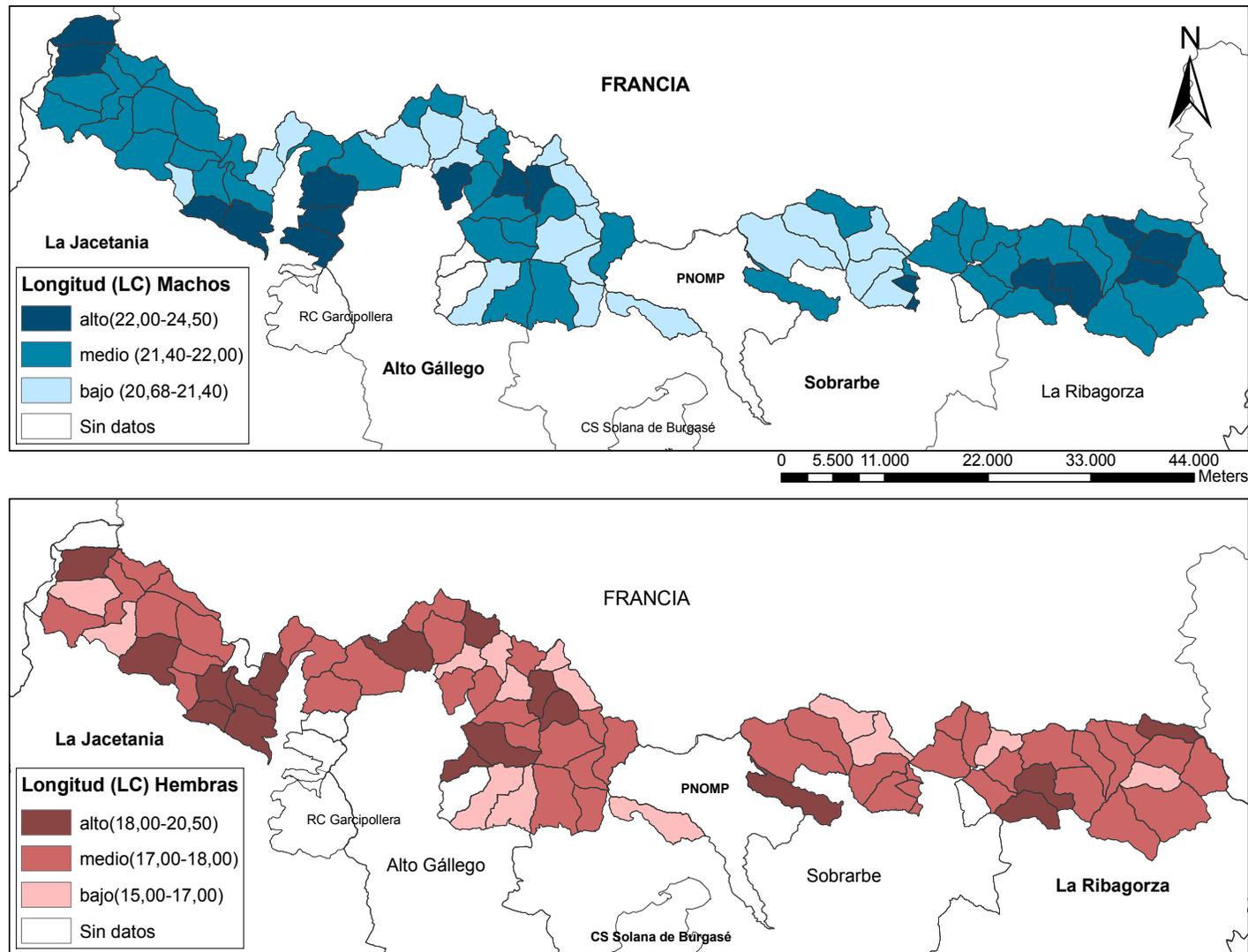


Fig 31. Perímetro medio por mancha, para machos (arriba) y para hembras (abajo).

4.2. Características de las variables ambientales en las manchas de caza

Las variables extraídas del SIG elaborado se refieren a las características de los diferentes manchas de las RC. Estas variables pueden ser en muchos casos redundantes, por lo que han sido analizadas a través de una matriz de correlación lineal de Spearman (tabla 10), con el fin de encontrar relaciones entre ellas.

Las dos medidas de productividad vegetal calculadas (*ndvix* y *CVndvi*) están altamente correlacionadas entre sí, presentando una relación negativa. Las manchas que presentan mayor heterogeneidad en cuanto a la productividad, motivada normalmente por la mayor presencia de la categoría bosque y suelo desnudo, presentan menor productividad herbácea. La media del ndvi (*ndvix*) está correlacionada positivamente con los sustratos mixtos y básicos, siendo esta última una relación más débil, por lo que en manchas con un porcentaje elevado de sustratos mixtos habrá mayor productividad vegetal. Con los sustratos ácidos ocurre lo contrario, la correlación es negativa. La productividad herbácea también presenta correlación positiva con el pasto y el matorral y negativa con el suelo desnudo.

Los índices de heterogeneidad del terreno calculados (*Rangomde/mdex* y *CVmde*) están también muy correlacionados entre sí y presentan correlaciones positivas con el índice de Shannon calculado para la vegetación y con el porcentaje de bosque. De estas relaciones se puede concluir que las manchas más heterogéneas presentan más diversidad de ambientes con mayor proporción de bosque en ellas. También presentan una relación positiva con la pendiente media de mancha (*slopex*), con lo que manchas con una pendiente promedio mayor serán, en general, más heterogéneas.

La curvatura media de la mancha (*Curvx*) está correlacionada totalmente con el coeficiente de variación del ndvi, con lo que son dos medidas de heterogeneidad que se comportan igual con las otras variables, así que, finalmente, no ha sido tenida en cuenta para los análisis siguientes. La media de la altitud por mancha (*mdex*) presenta correlación positiva con la media de las pendientes y el porcentaje de pendientes mayores a 45°, por lo que las manchas con una altitud media mayor serán más escarpadas. Además presenta también una elevada correlación positiva con el porcentaje de sustrato ácido y con el suelo desnudo, de manera que las manchas con mayor altitud media presentan mayor porcentaje de suelo desnudo y de sustrato silíceo. Presenta correlaciones negativas con sustratos básicos y mixtos.

En cuanto a las exposiciones u orientaciones todas las medidas calculadas (*CVaspect*, *aspectx*, %N y %S) están correlacionadas entre sí y con las medidas de pendientes, pero no se encuentran correlaciones significativas con otro grupo de variables excepto las mencionadas con el índice de curvatura.

La pendiente media de la mancha y las pendientes mayores de 45° están altamente correlacionadas entre sí y presentan relaciones positivas con el sustrato ácido y con el suelo

desnudo. Las pendientes medias (10-45°) presentan correlaciones positivas con pasto y negativa con el suelo desnudo. Sin embargo las pendientes bajas, de 0 a 10° están correlacionadas con los sustratos básicos y negativamente con el suelo desnudo.

		%BOSQUE	%PASTO	%SUELODES	%MATORRAL	H'SHANNON	%ÁCIDO	%MIXTO	%BÁSICO	pend0-10°	pend10-45°	pend>45°	MEANSlope	Cvslope	%NORTE	%SUR	MEANaspect	Cvaspect	MEANmde	RANGO/MEDIAN	Cvmde	MEANndvi	Cvndvi	MEANcurv
%BOSQUE	Coeficiente de Sig. (bilateral)	1,000																						
%PASTO	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-.454**	1,000																					
%SUELODES	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-.368**	-.576**	1,000																				
%MATORRAL	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,154	0,142	-.415**	1,000																			
H'SHANNON	Coeficiente de Sig. (bilateral)	.537**	-0,186	-0,169	.540**	1,000																		
%ÁCIDO	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-0,179	-0,109	.284**	-0,208	-0,142	1,000																	
%MIXTO	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,216	0,194	-.516**	.384**	0,075	-.584**	1,000																
%BÁSICO	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,073	0,073	-0,064	0,047	0,138	-.869**	.220*	1,000															
pend0-10°	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-.305**	0,043	.255*	-0,165	-0,216	-0,177	-0,084	.299**	1,000														
pend10-45°	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,190	.353**	-.606**	0,163	0,035	-.221*	.389**	-0,061	-.375**	1,000													
pend>45°	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-0,006	-.428**	.554**	-0,105	0,151	.330**	-.426**	-0,061	-0,147	-.787**	1,000												
MEANSlope	Coeficiente de Sig. (bilateral)	.298**	-.424**	.227*	0,050	.298**	.373**	-.257*	-.278*	-.643**	.322**	.762**	1,000											
Cvslope	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-.382**	0,034	.370**	-0,207	-0,200	-0,063	-.228*	.268*	.921**	-.528**	0,059	-.538**	1,000										
%NORTE	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,090	-.220*	.247*	-0,207	-0,099	0,015	-0,041	0,050	.388**	-.262*	0,093	-0,138	.397**	1,000									
%SUR	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-0,085	.235*	-.263*	0,208	0,103	-0,023	0,050	-0,046	-.395**	.278*	-0,101	0,134	-.404**	-.998**	1,000								
MEANaspect	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,151	-0,006	-0,126	0,007	0,062	-0,006	-0,091	-0,055	0,028	0,215	-0,153	-0,018	-0,084	0,055	-0,058	1,000							
Cvaspect	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-0,101	-0,181	.334**	-0,198	-0,173	0,004	0,002	0,098	.299**	-.374**	0,181	-0,115	.383**	.633**	-.634**	-.676**	1,000						
MEANmde	Coeficiente de Sig. (bilateral)	-.450**	-0,190	.617**	-.476**	-.346**	.715**	-.658**	-.513**	-0,022	-.318**	.386**	.265*	0,079	-0,034	0,024	-0,044	0,056	1,000					
RANGO/MEDIAN	Coeficiente de Sig. (bilateral)	.683**	-.274*	-.260*	.399**	.656**	-0,114	0,169	0,114	-.392**	0,062	0,180	.418**	-.349**	-0,030	0,030	0,106	-0,137	-.398**	1,000				
Cvmde	Coeficiente de Sig. (bilateral)	.761**	-.296**	-.313**	.376**	.639**	-0,104	0,139	0,074	-.409**	0,117	0,146	.451**	-.421**	0,042	-0,040	.230*	-0,206	-.431**	.919**	1,000			
MEANndvi	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,100	.576**	-.723**	.420**	0,063	-.547**	.683**	.351**	0,018	.385**	-.497**	-.411**	-0,051	0,019	-0,005	-0,137	0,052	-.795**	0,130	0,113	1,000		
Cvndvi	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,002	-.641**	.701**	-.374**	0,017	.502**	-.635**	-.307**	-0,041	-.377**	.508**	.430**	0,042	0,073	-0,086	0,154	-0,022	.724**	0,016	0,026	-.949**	1,000	
MEANcurv	Coeficiente de Sig. (bilateral)	0,002	-.641**	.701**	-.374**	0,017	.502**	-.635**	-.307**	-0,041	-.377**	.508**	.430**	0,042	0,073	-0,086	0,154	-0,022	.724**	0,016	0,026	-.949**	1,000**	1,000

Tabla 10. Matriz de correlaciones de Spearman entre las diferentes variable explicativas de hábitat. **. Correlación significativa a nivel 0,01.

4.3. Variabilidad del tamaño de los cuernos debida a las características del hábitat

Para reducir el número de variables explicativas y evitar la correlación entre ellas se ha escogido una única variable de cada uno de los grupos de variables extraídos de la cartografía. Estas variables han sido seleccionadas como posibles integrantes del modelo en función de su grado de correlación con las variables dependientes y en función de que su inclusión en el modelo produjese un aumento significativo del coeficiente R^2_{Adj} una vez comprobada la no colinearidad de estas variables mediante el factor de inflación de la varianza (GVIF).

Posteriormente se ha ajustado el modelo obtenido mediante el análisis de redundancia para ambas variables del tamaño de los cuernos (longitud y perímetro), por un lado para hembras y por otro para machos.

Las variables explicativas escogidas para hembras fueron el porcentaje de matorral, el porcentaje de sustrato básico, las pendientes llanas ($pend0-10^\circ$), el índice de rugosidad del terreno ($CVmde$), la elevación media ($MEANmde$) y la media del índice de productividad vegetal ($MEANndvi$).

Para machos el porcentaje de suelo desnudo, el porcentaje de sustrato ácido, las pendientes mayores de 45° , el porcentaje de orientación sur, la elevación media ($MEANmde$) y la media del índice de productividad vegetal ($MEANndvi$).

Ha sido necesario incluir la edad como factor covariante en ambos modelos para alcanzar la significación necesaria ya que, como vimos en apartados anteriores, esta absorbe un alto porcentaje de la variabilidad total del tamaño de los cuernos.

El análisis de redundancia RDA reveló la influencia significativa de estas variables ambientales, pero explicando un bajo porcentaje de la variabilidad total en el tamaño de los cuernos. La representación gráfica muestra que la variabilidad en la longitud de los cuernos es explicada mayoritariamente por la edad, tanto en machos como en hembras. Sin embargo parece que la varianza del perímetro está influida por el resto de las variables consideradas de una manera más directa (fig 30 y fig 31).

El test de permutaciones del primer eje de ordenación mostró una relación significativa ($F=13,9$, $p=0,001$ para machos y $F=16,7$, $p=0,001$ para hembras) entre las variables corneales y las variables ambientales. Igualmente para los ejes del análisis de redundancia (RDA1 y RDA2) aparecen relaciones significativas en ambos sexos.

En machos el eje RDA1 presenta una $F=93,2$ con una alta significación $p=0,001$ y el eje RDA2 tiene una $F=3,9$ con una significación $p=0,04$.

En hembras RDA1 presenta una $F=113,4$ con una significación $p=0,001$. El eje RDA2 tiene una $F=3,9$ y una $p=0,04$.

Del total de la varianza de las variables corneales las variables explicativas de hábitat escogidas explican únicamente un 7% en machos y un 10% en hembras ($R^2_{Adj}=0.0652$ para el modelo en machos y $R^2_{Adj}=0.0945$ en hembras) (Anexos 16 y 17).

En machos se puede observar una relación directa entre la media de la productividad vegetal y el perímetro de los cuernos. Por otra parte, el porcentaje de sustrato ácido, las pendientes mayores de 45° , el suelo desnudo y la altitud presentan una relación negativa (fig 31).

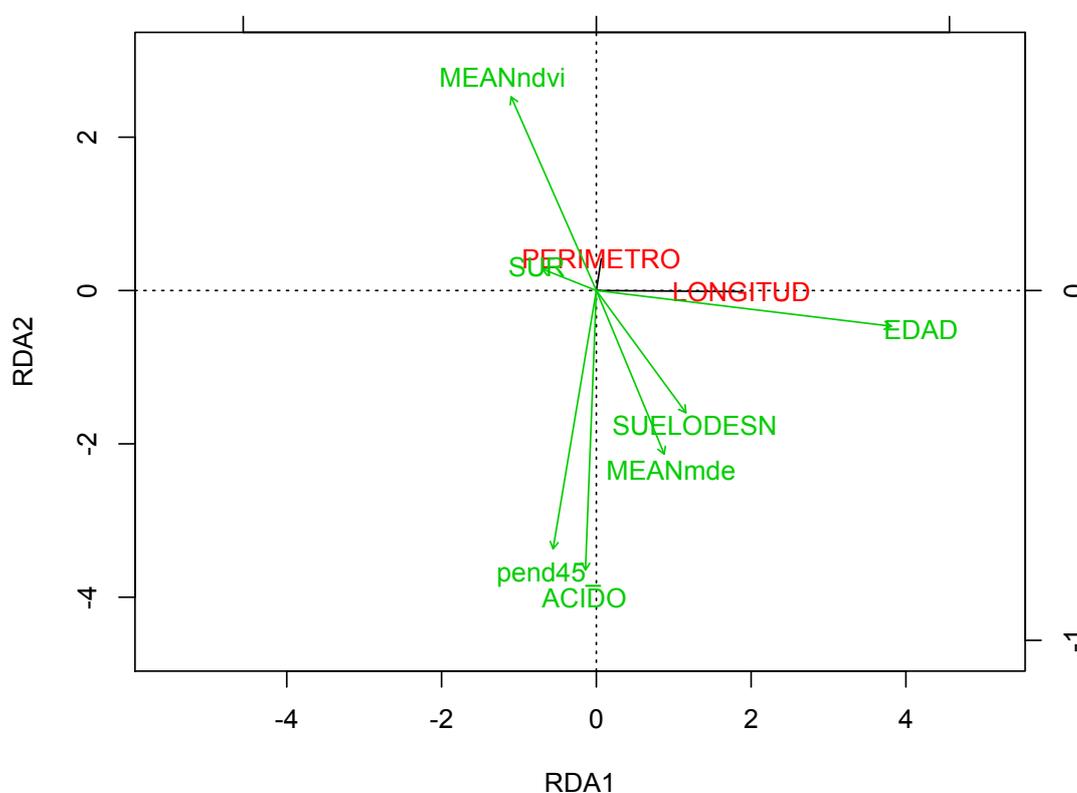


Fig 31. Triplot de correlación que muestra la relación entre las variables del tamaño de los cuernos (longitud y perímetro) y las variables ambientales (flechas verdes) según los dos primeros ejes (canónicos) del análisis de redundancia realizado para machos.

En hembras, la media de la productividad vegetal ($MEANndvi$) presenta una relación positiva pero menor que en los machos. El sustrato básico y las pendientes bajas ($pend0-10^\circ$) parecen ser las variables que mejor explican el mayor perímetro de los cuernos en las

hembras. Parece haber también una relación directa con el porcentaje de matorral. Además se puede observar una relación inversa importante con respecto a la altitud (*MEANmde*) y otra más suave con el índice de rugosidad del terreno (*CVmde*) (fig 32).

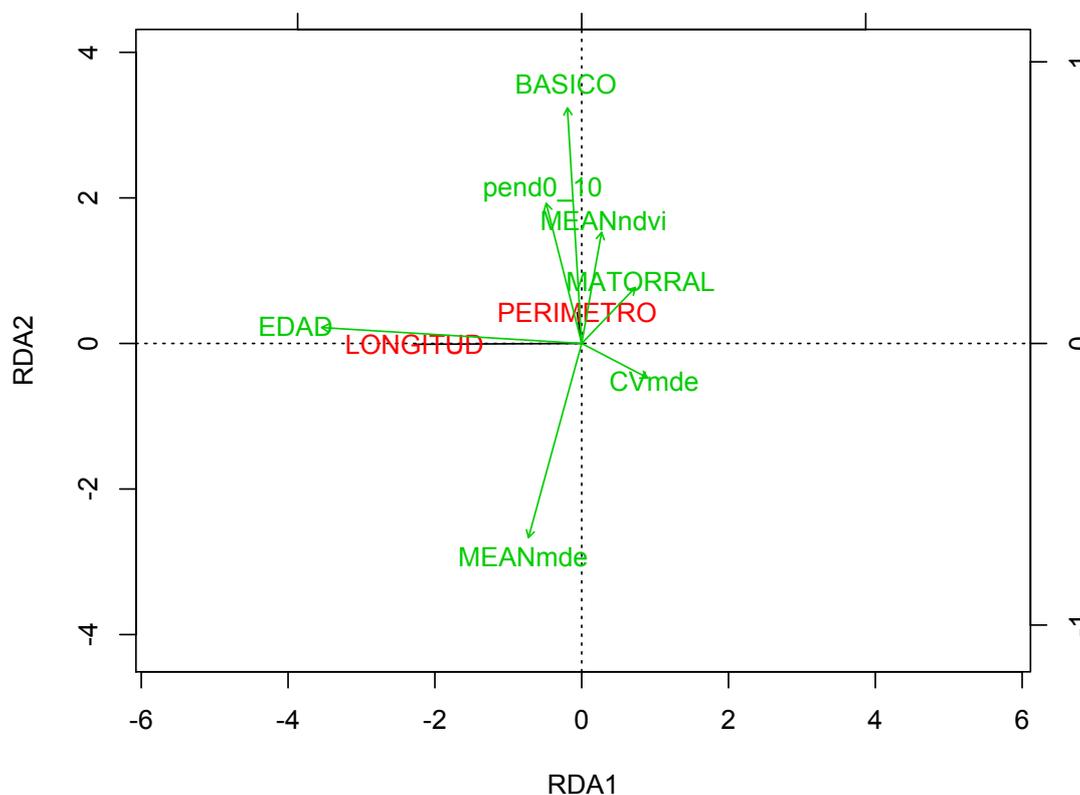


Fig 32. Triplot de correlación que muestra la relación entre las variables del tamaño de los cuernos (longitud y perímetro) y las variables ambientales (flechas verdes) según los dos primeros ejes (canónicos) del análisis de redundancia realizado para hembras.

Para ambos sexos, la variable explicativa más relacionada positivamente con la longitud total del cuerno fue la edad del individuo, siendo la exposición sur, en machos, y la heterogeneidad de elevaciones, en hembras, variables negativas que actúan en menor grado sobre esta variable.

5. Discusión

Se ha estudiado la variación en el tamaño de los cuernos del sarrío analizando diferentes fuentes de variabilidad. Por un lado, se ha analizado la influencia antrópica y la variabilidad debida a factores intrínsecos del animal, como son el sexo y la edad. Una vez analizados este

tipo de factores, se han estudiado diferentes variables ambientales, con el fin de demostrar la hipótesis inicial de que las características del hábitat influyen sobre la condición física de los sarríos, lo que se manifestaría sobre el desarrollo del tamaño de los cuernos.

5.1. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente de factores antrópicos

La influencia del guarda acompañante es un factor muy importante a la hora de explicar la variabilidad en las medidas de los cuernos. Los datos biométricos estudiados proceden de la fichas de caza, por lo que la elección, por parte del guarda, del animal a abatir produce un sesgo importante a tener en cuenta a la hora de estudiar la variabilidad ambiental. Las diferencias encontradas entre guardas podrían ser explicadas por la habilidad de estos a la hora de encontrar buenos trofeos, ya que los que consiguen buenos trofeos suelen ser siempre los mismos, al igual que ocurre con los que presentan las puntuaciones más bajas. Habría que estudiar este factor con más profundidad y analizar si realmente estas diferencias son debidas a habilidades propias del guarda o bien son debidas a la calidad del hábitat presente en la zona. Otro factor que no hemos incluido en el estudio y que podría influir en la variabilidad de las medidas del tamaño de los cuernos es el cazador, que no ha podido ser evaluado por falta de datos.

Se han encontrado diferencias significativas en cuanto a la variación interanual del perímetro en la base del cuerno, observándose una tendencia a la disminución, más importante en las hembras que en los machos. Esta tendencia podría estar relacionada con una disminución del volumen del cuerno por efecto de una presión cinagética continuada, lo que podría afectar a la disminución de la calidad del trofeo, como ha podido ser apreciado para la cabra montés en Andalucía (Pérez *et al.* 2011). Existen bastantes estudios sobre el efecto de la caza sobre el tamaño del trofeo en diferentes ungulados (Coltman *et al.* 2003; Pérez-Barbería y Robles 2009), la hipótesis sostendría que la caza de trofeo actúa en oposición a la presión selectiva existente sobre el tamaño de los cuernos como carácter sexual secundario importante para acceder a la reproducción. Los cazadores buscan animales con los cuernos de mayor tamaño, por lo que aquellos que presenten los cuernos pequeños tendrían mayor esperanza de vida. Esto es solamente un hipótesis que debería de ser evaluada con un conjunto de datos más amplio y que abarcara un periodo de tiempo mayor (Rughetti y Festa-Bianchet 2010, 2011).

Algunos estudios han encontrado indicios de crecimiento en la longitud de los cuernos después de la temporada invernal (Pérez-Barbería *et al.* 1996), apoyando la hipótesis de que entre el invierno y el otoño, experimentan un crecimiento significativo de los cuernos aprovechando la abundancia de recursos tróficos del verano. En este estudio no hemos encontrado diferencias significativas entre los machos cazados en primavera y los cazados en otoño-invierno.

5.2. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente de factores intrínsecos al animal

Una vez más se ha podido afirmar que el dimorfismo sexual, tan débil en la morfología externa en el sarrío, es realmente patente en los caracteres corneales (García-González y Barandalla 2002). Existen diferentes estrategias en cuanto a la distribución corporal de los recursos tróficos (energéticos) adquiridos dependiendo del sexo: los machos maximizan el tamaño corporal y el de los cuernos, para ganar puestos en la jerarquía social y tener más acceso a la reproducción (o a la transmisión de sus genes) y las hembras priorizan la ganancia energética a las reservas grasas (si no crían) o la alimentación de los cabritos (si están criando) (Geist 1987). Sin embargo, la priorización hacia el tamaño de los cuernos en el caso de los machos no sería muy fuerte en el rebeco por tratarse de una especie con poco dimorfismo sexual (Pérez-Barbería y Pérez-Fernández 2009). Las diferentes estrategias en cuanto a la adquisición y uso de los recursos tróficos y espaciales por parte de machos y hembras en el sarrío (Pérez-Barbería *et al.* 1998), podría producir que las variables ambientales explicativas del tamaño de los cuernos sean diferentes en ambos sexos (figs. 31 y 32) Como se ha visto en los primeros apartados, la edad presenta una influencia muy importante en el crecimiento de los cuernos durante toda la vida del animal. La variación debida a la edad en la longitud de los cuernos ha sido significativa tanto en machos como en hembras, esto es debido a que contrariamente a lo que sucede en otros órganos corporales, las dimensiones de los cuernos muestran una fuerte alometría positiva y por ello siguen creciendo después de la edad adulta. Este proceso en machos está motivado por la fuerte presión selectiva a la que están sujetos los caracteres sexuales secundarios para acceder ventajosamente a la reproducción. Dicha presión se manifiesta en la tendencia a maximizar las dimensiones visuales de los cuernos (Markusson y Folstad 1997).

Aunque no se conoce la base genética de la transmisión de los caracteres evaluados para el sarrío, lo más probable es que un conjunto de genes estén implicados en el control del tamaño de los cuernos, junto con un componente ambiental muy importante (Pérez-Barbería *et al.* 1996; Côté *et al.* 1998)

5.3. Variabilidad del tamaño de los cuernos dependiente del territorio cinegético: manchas y reservas

Tanto la longitud media como el perímetro de los cuernos, presentan diferencias significativas en función de la mancha de caza. Las manchas que presentan unas medias más elevadas para machos no tienen por qué serlo para hembras y viceversa, esto es debido probablemente a la segregación sexual (Dalmau *et al.* 2005) y al diferente uso que estos hacen del hábitat. Los sexos se comportan de manera diferente frente al ambiente, existiendo varias hipótesis sobre la segregación sexual del hábitat. La hipótesis de la estrategia reproductiva afirma que son los factores ecológicos los responsables de este tipo

de segregación en ungulados. Cuando este tipo de segregación se produce se ha observado que los machos están en zonas más expuestas a los depredadores pero con mayor calidad de forraje, sin embargo, las hembras priorizan el cuidado de las crías por lo que escogen zonas más resguardadas y seguras aunque éstas presenten peor calidad de forraje (Main *et al.* 1996).

Los manchas de caza han sido tomados como unidad de estudio, representando de esta manera el hábitat del sarrío. Así, las diferencias encontradas entre manchas son tomadas como consecuencia de los diferentes factores ambientales estudiados. De la misma manera, las RC, han presentado diferencias en el tamaño de los cuernos, pero en este caso las reservas con mejores puntuaciones lo son tanto para machos como para hembras. Las RC, dividen el Pirineo central en cuatro zonas que, pese a presentar características ambientales similares, pueden presentar diferencias en cuanto al tipo de sustrato geológico, aunque habría que estudiarlo en mayor profundidad. Hay pocas diferencias significativas entre RC para longitud y el perímetro, y estas podrían reflejar tanto las diferencias del sustrato geológico como el efecto del guarda acompañante. Las cuatro RC tienen características ambientales similares excepto para el sustrato geológico. En los machos las diferencias son menos aparentes que en las hembras, pero siempre la reserva con tamaños medios de cuernos más pequeños es la RC de Los Circos, de sustratos esencialmente ácidos y la que mayores medias presenta es la RC de Los Valles, fundamentalmente caliza, lo que encajaría con la hipótesis de que las comunidades vegetales presentes en sustratos ácidos son menos nutritivas que las presentes en sustratos básicos (Michalet *et al.* 2002), que se traduciría en una menor inversión en el crecimiento de los cuernos. Viñamala tiene tanto sustratos ácidos como básicos y mixtos, y en la RC de Benasque son fundamentalmente ácidos, aunque conocemos por los datos de partida, que varios de los guardas de esta reserva suelen conseguir una media de trofeos bastante alta.

5.4. Relaciones entre tamaño de los cuernos y variables ambientales

En el modelo ajustado mediante el análisis de redundancia para las diferentes variables ambientales, se observa, tanto en machos como en hembras, que el eje RDA1 es el que explica una mayor parte de la variabilidad ambiental y podría referirse a la disponibilidad de recursos tróficos. Sin embargo el eje RDA2 explica una mínima parte de la variación, principalmente explicada por la edad. La mayoría de los caracteres estudiados actúan de una forma más directa sobre el perímetro que sobre la longitud, en donde solo se encuentra una influencia directa de la edad.

En hembras el perímetro presenta relaciones positivas con el sustrato básico, con las pendientes suaves (0°-10°), la productividad vegetal (*MEANndvi*) y el porcentaje de matorral. La relación con el sustrato concuerda con la mayor riqueza de los pastos presentes en sustratos calizos, más nutritivos (Michalet *et al.* 2002; García-González *et al.* 2004). La relación con la pendiente es difícil de explicar de una forma directa. Quizás es un efecto

particular de nuestro territorio de estudio, en donde parece que los sustratos básicos se encuentran a una menor altitud y los ácidos a una altitud mayor. Una vez excluidos las elevadas altitudes del Macizo de Monte Perdido (territorio no cinegético), las mayores altitudes corresponden a sustratos silíceos (Macizo de La Maladeta, Posets, Panticosa).

La relación positiva con las zonas de alta productividad vegetal, vinculada a las zonas llanas, podría explicarse por la naturaleza gregaria de las hembras durante la época de cría, que requieren considerables áreas para pastar durante este periodo, frecuentando zonas menos escarpadas y con menor rugosidad del terreno que durante el invierno (Hamr 1985) lo que explicaría la relación negativa con el coeficiente de variación de la altitud (*CVmde*).

La relación positiva entre el porcentaje de matorral presente en el hábitat y el perímetro de los cuernos en las hembras, podría relacionarse con la invasión de especies leñosas sobre los pastos, fenómeno de la matorralización, que se está produciendo como consecuencia de la disminución de la presión ganadera en los pastos de puerto y del cambio climático, notable en las últimas décadas (Alados *et al.* 2010). Este proceso está presente a toda la zona de estudio, afectando especialmente a la zona comprendida entre el límite del bosque y los pastos subalpinos, hábitat ecotonal típico del sarrío. En el Pirineo central una de las especies que de forma activa está invadiendo los pastos subalpinos es el erizón (*Echinopartum horridum*), que durante el período de máximo crecimiento (junio-julio), presenta valores de producción y calidad moderados, lo que unido a su abundancia supone un recurso alimentario valioso para los rumiantes ramoneadores como el sarrío, que consumen intensamente los tallos tiernos y foliolos, en un momento en que sus requerimientos energéticos suelen ser altos ya que coincide con la gestación y la lactancia (Marinas *et al.* 2004). Después de este periodo aumenta el contenido en fibra y en lignina y con ello se reduce su digestibilidad, por lo que el consumo disminuye considerablemente. La presencia de matorral podría ser, además de un recurso alimentario importante para las hembras en periodo de cría, una fuente de refugio importante, ya que implica una mayor cercanía al bosque, una de las zonas de escape reconocidas para el rebeco (Pérez Barbería y Nores 1994).

En machos se puede observar que el perímetro presenta una relación positiva con la media de la productividad vegetal y negativa con el sustrato ácido, las pendientes mayores de 45°, el suelo desnudo y la media de las elevaciones. En cuanto a la longitud, su variación es principalmente explicada por la edad en nuestro modelo, aunque se puede ver una relación negativa con respecto a las áreas con mayoría de exposición sur. Esta última tendencia podría explicarse por la preferencia, durante la época estival por las umbrías (Pérez-Barbería y Pérez-Fernández 2009; Gonzalez 1985).

Las pendientes relativamente altas son un hábitat óptimo para el sarrío, pero no si son demasiado altas (mayores a 45°), ya que el pasto disminuye drásticamente y el terreno puede ser peligroso. Las pendientes entre 10°-45° las podemos definir como zonas de refugio. Se ha señalado la distancia de escape (distancia a pendientes > 33°) como la que mejor define el hábitat de las cabras blancas de las Montañas Rocosas (Gross *et al.* 2002).

Las altitudes elevadas (*MEANmde*) aparecen en el análisis relacionadas negativamente con el perímetro y la longitud de los cuernos en ambos sexos. Esto puede ser debido a la correlación entre las cotas elevadas y los sustratos ácidos en el área de estudio. Sin embargo si hubiésemos tenido en cuenta la superficie del PNOMP esta relación probablemente sería diferente, ya que esta zona presenta altitudes muy elevadas de sustrato calizo.

5.5. Variabilidad debida a otros factores

El crecimiento de los cuernos, se correlaciona positivamente con la precipitación anual del año anterior, pero no del año en curso. La longitud de los cuernos, parece muy sensible a los efectos ambientales como puede ser la precipitación (Pérez-Barbería *et al.* 1996), mientras que el perímetro podría ser más estable o menos afectado por parámetros ecológicos inmediatos. En un estudio realizado en íbice alpino se afirma que este carácter podría estar más influenciado por factores genéticos o ser más característico de la población (Michallet *et al.* 1996). En el presente estudio se ha puesto de manifiesto que la longitud del cuerno parece estar más influenciada por factores ambientales a corto plazo y a lo largo de la vida del animal, mientras que en el perímetro se manifiestan fenómenos más estables a largo plazo (características del hábitat).

Habría sido interesante poder introducir datos climáticos de la zona de estudio (temperatura, precipitación etc.) en los modelos explicativos del tamaño de los cuernos en el sarrío pirenaico, ya que, como se ha mencionado en la revisión bibliográfica, pueden tener un efecto importante sobre la calidad de la vegetación y reflejarse en el crecimiento de los cuernos (Pérez-Barbería *et al.* 1996). Desafortunadamente, hoy en día no existe una base de datos de este tipo de fácil acceso y elaborarla requeriría un periodo de estudio mayor, por lo que no ha sido posible incluir una variable climática en el modelo.

6. Conclusiones

1) Los datos extraídos de las fichas de caza del sarrío, resultantes de los permisos de capturas que anualmente establece la administración responsable, pueden ser una importante fuente de información para realizar estudios sobre la influencia de los diferentes factores que determinan el tamaño de los cuernos de los sarríos y sobre la calidad de su hábitat, a condición de que dichos datos sean debidamente filtrados y contrastados.

2) El tamaño de los cuernos de los sarríos, relacionado directamente con la calidad del trofeo, es una característica anatómica de los bóvidos, cuyo determinismo esta ligado a una compleja interacción entre factores intrínsecos, propios del animal (sexo, edad, genética) y ambientales (características del hábitat relacionadas principalmente con la disponibilidad de alimento y su valor como refugio). En el caso de las especies cinegéticas, a esta compleja interacción hay que añadir los factores relacionados con la propia actividad de la caza, la

cual impone una presión selectiva en favor de los mejores trofeos, es decir de los tamaños más grandes.

3) Los factores antrópicos, ligados a la actividad de la caza, son muy importantes a la hora de determinar el tamaño de los cuernos de los animales capturados, ya que se ha demostrado en este estudio un efecto significativo del guarda acompañante en las medias de las dos variables utilizadas para caracterizar el tamaño de los cuernos: longitud total y perímetro de la base.

4) De entre los factores ligados a las características biológicas del animal, dos de ellos han mostrado una fuerte influencia: el sexo y la edad. Aunque el sarrío es una especie con poco dimorfismo sexual, el tamaño de los cuernos es significativamente mayor en machos que en hembras, resultado coincidente también con otros estudios. Para los machos, el tamaño de los cuernos es una variable importante en las interacciones sociales y en su acceso a la reproducción, por lo que la presión selectiva actúa a favor de su optimización.

5) Los cuernos experimentan un gran crecimiento durante los primeros años de vida y este parece dependiente de la disponibilidad y calidad del alimento consumido durante ese periodo. Sin embargo los cuernos son un órgano de crecimiento continuo y no dejan de crecer en longitud a lo largo de la vida del individuo aunque sea en pequeña proporción. El perímetro en la base alcanza su valor asintótico durante los primeros años de vida. La influencia de la edad sobre el tamaño de los cuernos absorbe una parte muy importante de la variabilidad de tamaño de los cuernos, de tal forma que su no inclusión en los modelos explicativos de las variables relacionadas con el ambiente no resultan significativos.

6) Diversas variables ambientales presentan un grado de colinearidad más menos alto. Así, por ejemplo, la productividad vegetal se relacionó positivamente con el porcentaje de pasto, sustratos mixtos y básicos, y pendientes intermedias, mientras que es inversa al porcentaje de suelo desnudo, sustrato ácido, pendientes fuertes y altitudes elevadas. También, la altitud media está directamente relacionada con el porcentaje de suelo desnudo, sustratos ácidos, pendientes elevadas y curvatura media del terreno. Por el contrario, se relaciona negativamente con el porcentaje de bosque, el sustrato básico, las pendientes intermedias y la productividad vegetal.

7) Los factores relacionados con las características del hábitat donde viven, absorben solo un 7 y un 10% de la varianza total en los modelos desarrollados. Las variables que más influyen son: el tipo de sustrato litológico, confirmando la hipótesis de partida de que las zonas fundamentalmente calizas influyen positivamente en el tamaño de los cuernos, la productividad vegetal, la altitud y las pendientes.

8) Las dos variables estudiadas presentan diferencias en cuanto a la influencia de la calidad del hábitat. La longitud parece estar influenciada por factores ecológicos y ambientales a corto plazo y a lo largo de la vida del animal mientras que en el perímetro se manifiestan

9) Se ha realizado una primera aproximación para la determinación de las variables más influyentes, pero sería necesario realizar más análisis, quizás incluyendo variables que no han podido ser consideradas, tales como la densidad de población o factores de tipo climático, para mejorar el ajuste de los modelos y conocer con mayor precisión el peso de cada uno de los factores.

Bibliografía

Alados, C.L. (1986) Aggressive behaviour, sexual strategies and their relation to age in male Spanish ibex (*Capra pyrenaica*). *Behavioural Processes*, 12, 145-158.

Alados, C.L., Komac, B., Bueno, C.G., Gartzia, M., Escós, J., Gómez-García, D., García-González, R., Fillat, F., Camarero, J.J., Herrero, J., & Pueyo, Y. (2010) Modelización de la matorralización de los pastos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su relación con el cambio global. In *Proyectos de investigación en Parques Nacionales 2007-2010*.

Aldezabal, A. & García-González, R. (2004). La alimentación del sarrío en el Pirineo central. In *El sarrío pirenaico *Rupicapra p. pyrenaica*: Biología, Patología y Gestión* (eds J. Herrero, E. Escudero, D. Fernández de Luco & R. García-González), Vol. 46, pp. 169-189. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza.

Aldezabal, A., Garin, I., & García-González, R. (1999). Activity rhythms and the influence of some environmental variables on summer ungulate behaviour in Ordesa-Monte Perdido National Park. *Pirineos*, 153/154, 145-157.

Appolinaire, J., Muller, P., & Berducou, C. (1984) Capture et marquage d'isards. *Documents Scientifiques du Parc National des Pyrénées*, 2, 1-110.

Arnal, M.C., Herrero, J., de la Fe, Ch., Revilla, M., Prada, C., Gómez-Martín, A., Martínez, D., Fernández-Arberas, O., Amores, J., Contreras, A., García-Serrano, A., & Fernández de Luco, D. (2012) Effects of an infectious keratoconjunctivitis outbreak by *Mycoplasma conjunctivae* on Pyrenean chamois *Rupicapra p. pyrenaica* population dynamics. Enviado a Plos One.

Ashley, E.P., McCullough, G.B., & Robinson, J.T. (1998) Morphological responses of white-tailed deer to a severe population reduction. *Can. J. Zool.*, 76, 1-5.

Bargagli, R. & Lovari, S. (1984) Age correlation between horn segments and tooth cementum annuli in the chamois. *Saugetierkundliche mitteilungen*.

Bassano, B., Perrone, A., & Von Hardenberg, A. (2003) Body weight and horn development in Alpine chamois, *Rupicapra rupicapra* (Bovidae, Caprinae). *Mammalia*, 67, 65-73.

Bauer, J.J. (1985). Fecundity patterns of stable and colonising chamois populations of New Zealand and Europe. In *The Biology and Management of Mountain Ungulates* (ed S. Lovari), pp. 154-165. Croom Helm, London.

Berducou, C. (1972) Que mange l'isard en hiver? *Pyrénées*, 91, 184-188.

Berducou, C. (1974) Contribution a l'étude d'un problème éco-physiologique pyrénéen: L'alimentation hivernale de l'isard. Tesis doctoral, nº 428, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, Toulouse.

Berducou, C. (1982) A propos de la biologie hivernale de l'isard: la notion de station-refuge et ses implications. *Pirineos*, 117, 79-90.

Berducou, C., Novoa, C., Saint Hilaire, K., Appolinaire, J., & Menaut, P. (2004). Etat des populations et modes de gestion de l'isard, aux Pyrénées françaises. In *El sarrío pirenaico *Rupicapra p. pyrenaica*: Biología, Patología y Gestión* (eds J. Herrero, E. Escudero, D. Fernández de Luco & R. García-González), Vol. 46, pp. 23-39. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza.

Caughley, G. (1965) Horn rings and tooth eruption as criteria of age in the Himalayan thar, *Hemitragus jemlahicus*. *New Zealand Journal of Science.*, 8, 333-51.

Chirichella, R., Ciuti, S., Grignolio, S., Rocca, M., & Apollonio, M. (2012) The role of geological substrate for horn growth in ungulates: a case study on Alpine chamois. *Evol Ecol*, DOI 10.1007/s10682-012-9583-1.

Chuvieco, E. (2002) Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia.

CIC (1977) The game-trophies of the world. International Formula for the Measurement and Evaluation of Trophies. Consejo Internacional de la Caza y de la Conservación de la Fauna.

Ciuti, S. & Apollonio, M. (2011) Do antlers honestly advertise the phenotypic quality of fallow buck (*Dama dama*) in a lekking population? *Ethology*, 117, 133-144.

Coltman, D., O'Donoghue, P., Jorgenson, J.T., Hogg, J.T., Strobek, C., & Festa-Bianchet, M. (2003) Undesirable evolutionary consequences of trophy hunting. *Nature*, 426, 655-658.

Corlatti, L., Lorenzini, R., & Lovari, S. (2011) The conservation of the chamois *Rupicapra* spp. *Mammal Review*, 14, 163-174.

Corti, R. (1992) Le Chamois et l'Isard. Plaquette ONC Poncet SA Imprimeurs, Échirolles/Eybens.

Côté, S.V., Festa-Bianchet, M., & Smith, K.G. (1998) Horn growth in mountain goat (*Oreamnos americanus*). *Journal of Mammalogy*, 79, 406-414.

Côté, S.V., Festa-Bianchet, M., & Smith, K.G. (1998) Horn growth in mountain goat (*Oreamnos americanus*). *Journal of Mammalogy*, 79, 406-414.

Couilloud, F., Jullien, J.M., & Fraty, D. (1999) Le poids des chevreaux en automne: un bioindicateur utilisable pour suivre l'évolution d'une population de chamois (*Rupicapra rupicapra*). *Gibier Faune Sauvage*, 16, 273-287.

Couturier, A.J. (1962) Le bouquetin des Alpes (*Capra aegagrus ibex ibex* L.). Ed. par l' auteur, Grenoble.

Couturier, M.A.J. (1964) Le gibier des montagnes françaises Ed. par l'auteur, Grenoble.

Crampe, J.-P., Bon, R., Gérard, J.-F., Serrano, E., Caens, P., Florence, E., & Gonzalez, G. (2007) Site fidelity, migratory behaviour, and spatial organization of female isards (*Rupicapra pyrenaica*) in the Pyrenees National Park, France. *Canadian Journal of Zoology*, 85, 16-25.

Crampe, J.-P., Caens, P., Florence, E., Gérard, J.-F., Gonzalez, G., & Serrano, E. (2004). Résultats préliminaires sur l'organisation spatiale de femelles d'isard (*Rupicapra pyrenaica*) dans une population du Parc National des Pyrénées. In *El sarrío pirenaico Rupicapra p. pyrenaica: Biología, Patología y Gestión* (eds J. Herrero, E. Escudero, D. Fernández de Luco & R. García-González), pp. 221-233. Consejo Protección de la Naturaleza de Aragón, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

Crampe, J.P. (1986) Aperçus démographiques sur une population d'isards protégée. *Documents Scientifiques du Parc National des Pyrénées*, 21, 1-53.

- Crampe, J.P. (1997) Caractéristiques bio-démographiques d'une population d'isards (*Rupicapra p. pyrenaica*) non-chasée dans le Parc National des Pyrénées, en vallée de Cauterets. Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, 31, 1-169.
- Crampe, J.P., Caens, J.C., Dumerc, J.L., & Pepin, D. (1997) La masse corporelle comme indicateur de la condition physique hivernale de l'isard, *Rupicapra pyrenaica* (*Artiodactyla, Bovidae*). *Mammalia*, 61, 73-85.
- Dalmau, A. (2005) Computamiento social y alimentación del rebeco pirenaico. PH thesis, Univ. Autònoma Barcelona, Barcelona.
- Drescher-Kaden, V. (1977) Energy supply of chamois: microbial fermentations of natural food in rumen and cecum during summer and winter in the Alps. In XIIIth Congress of Game Biologist (ed T.J. Peterle), pp. 114-124. Wildlife Soc., Washington.
- Dunant, F. (1977) Le régime alimentaire du chamois des Alpes. *Rev. suisse Zool.*, 84, 883-903.
- Elsner-Schack, I.v. (1985). What is Good Chamois Habitat? In *The Biology and Management of Mountain Ungulates* (ed S. Lovari), pp. 71-76. Croom Helm, London.
- Escudero Nogué, O., & Franchés, M.J. (2004) Memoria de síntesis del mapa forestal de Aragón. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Difusión
- Fandos, P. (1995) Factors affecting horn growth in male Spanish ibex (*Capra pyrenaica*). *Mammalia*, 59, 229-235.
- Fandos, P., Arcenegui, P., Lora, M.A., Burón, D., & Cadenas (2010) Los trofeos de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) y la calidad cinegética. *Galemys*, 22 (especial), 331-345.
- Fandos, P., Vigal, C.R., & Fernández-López, J.M. (1989) Weight estimation of Spanish ibex, *Capra pyrenaica*, and chamois, *Rupicapra rupicapra* (*Mammalia, Bovidae*). *Z. Säugetierkunde*, 54, 239-242.
- Festa-Bianchet, M. & Côté, S.D. (2008) *Mountain Goats. Ecology, Behaviour, and Conservation of an Alpine Ungulate* Island Press, Washington.
- Festa-Bianchet, M., Coltman, D.W., Turelli, L., & Jorgenson, J.T. (2004) Relative allocation to horn and body growth in bighorn rams varies with resource availability. *Behavioral Ecology*, 15, 305-312.
- Festa-Bianchet, M., Gaillard, J.-M., & Côté, S.D. (2003) Variable age structure and apparent density-dependence in survival of adult ungulates. *Journal of Animal Ecology*, 72, 640-649.
- Festa-Bianchet, M., Jorgenson, J.T., & Réale, D. (2000) Early development, adult mass, and reproductive success in bighorn sheep. *Behavioural Ecology*, 11, 633-639.
- Fico, R., Locati, M., & Lovari, S. (1984) A case of brown bear predation on Abruzzo Chamois. *Säugetierkundliche mitteilungen*, 31, 185-187.
- Gaillard, J.-M., Festa-Bianchet, M., Yoccoz, N.G., Loison, A., & Toigo, C. (2000) Temporal variation in fitness components and population dynamics of large herbivores. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31, 367-393.
- Gaillard, J.-M., Loison, A., Toigo, C., Delorme, D., & Laere, G.v. (2003) Cohort effects and deer population dynamics. *Écoscience*, 10, 412-420.

Gander, H. & Ingold, P. (1997) Reactions of male alpine chamois *Rupicapra r rupicapra* to hikers, joggers and mountainbikers. *Biological Conservation*, 79, 107-109.

García-González, R. & Barandalla, I. (2002) Sexual dimorphism of Pyrenean chamois (*Rupicapra p. pyrenaica*) based on skull morphometry. *Pirineos*, 157, 25-37.

García-González, R. (1981) Crecimiento del esqueleto en corderos de raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano. I. Cráneo. *P. Inst. pir. Biol. exp.*, 12, 101-123.

García-González, R. (1984) Comparación de la dieta estival entre sarríos jóvenes y adultos. *Acta biol. mont.*, 4, 333-340.

García-González, R. (1985) Datos preliminares para el estudio de las poblaciones de sarrío (*Rupicapra rupicapra pyrenaica* Bonaparte, 1844) en el Pirineo Central. *Munibe (Ciencias Naturales)*, 37, 5-15.

García-González, R. & Alvera, B. (1986) Relaciones entre la composición mineral de plantas abundantes en pastos supraforestales pirenaicos y su utilización por los rumiantes. In *Actas XXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, Vol. II, pp. 249-265. Consejería de Agricultura y Pesca, Oviedo.

García-González, R. & Cuartas, P. (1996) Trophic utilization of a montane/subalpine forest by chamois (*Rupicapra pyrenaica*) in the Central Pyrenees. *Forest Ecology and Management*, 88, 15-23.

García-González, R. & Hidalgo, R. (1989) Census and summer-autumn distribution of pyrenean chamois in "Los Valles" National Hunting Reserve (Spain). In *Symposium on Chamois. Conseil International de la Chasse*. Paris., Ljubljana (Eslovenia).

García-González, R. & Montserrat, P. (1986) Determinación de la dieta de ungulados estivantes en pastos supraforestales del Pirineo Occidental. In *Actas XXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, Vol. I, pp. 119-134. Consejería de Agricultura y Pesca., Oviedo.

García-González, R., Herrero, J., Gañán, N., Hernández, Y., & Couto, S. (2004). Influencia de algunos factores antrópicos y ambientales sobre la calidad del trofeo del sarrío. In *El sarrío pirenaico Rupicapra p. pyrenaica: Biología, Patología y Gestión* (eds J. Herrero, E. Escudero, D. Fernández de Luco & R. García-González), Vol. 46, pp. 191-206. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza.

García-González, R., Hidalgo, R., & Montserrat, C. (1990) Patterns of time and space use by

García-González, R., Hidalgo, R., Ameztoy, J.M., & Herrero, J. (1992). Census, population structure and habitat use of chamois population in Ordesa N. P. living in sympatry with the pyrenean wild goat. In *Ongulés/Ungulates 91*. (eds F. Spitz, G. Janeau & G.A. Gonzalez, S.), pp. 321-325. SFEPM-IRGM, Toulouse.

Garin, I. & Herrero, J. (1997) Distribution, abundance and demographic parameters of the Pyrenean Chamois (*Rupicapra p. pyrenaica*) in Navarre, Western Pyreness. *Mammalia*, 61, 55-63.

Gartzia, M., Alados, C.L., & Pérez-Cabello, F. (In Review.) Effects of biophysical and anthropogenic factors on woody encroachment in dense and sparse mountain grasslands.

Geist, V. (1966) The evolutionary significance of mountain sheep horns. *Evolution*, 20, 558-566.

Geist, V. (1971) Mountain sheep: a study in behaviour and evolution The University of Chicago Press., Chicago & London.

- Geist, V. (1987). On the evolution of the Caprinae. In *The Biology and Management of Capricornis and Related Mountain Antelopes* (ed H. Soma), pp. 3-40. Croom Helm, London.
- Geist, V. (1990) Does social behaviour in ungulates reflect population characteristics? *Gibier Faune Sauvage*, 7, 359-360.
- Gerard, J.-F., Richard-Hansen, C., Maublanc, M.-L., & Bideau, E. (1993) Probable exaptations within the "Distributed" herd. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 48, 51-64.
- Giacometti, M., Willing, R., & Defila, C. (2002) Ambient temperature in spring affects horn growth in male alpine ibexes. *Journal of Mammalogy*, 83, 245-251.
- Gonzalez, G. (1985). Seasonal Fluctuations in the Spatial Distribution of Chamois and Moufflons on the Carlit Massif, Pyrenees. In *The Biology and Management of Mountain Ungulates* (ed S. Lovari), pp. 117-123. Croom Helm, London.
- Gross, J.E., Kneeland, M.C., Reed, D.F., & Reich, R.M. (2002) GIS-based habitat models for mountain goats. *Journal of Mammalogy*, 83, 218-228.
- Hammer, S., Nadlinger, K., & Hartl, G.B. (1995) Mitochondrial DNA differentiation in chamois (genus *Rupicapra*): implications for taxonomy, conservation, and management. *Acta Theriologica, Suppl.* 3, 145-155.
- Hanley, T.A. (1984) Habitat patches and their selection by wapiti and black-tailed deer in coastal montane coniferous forest. *Journal of Applied Ecology*, 21, 423-436.
- Harm, J. (1985). Seasonal home range size and utilization by female chamois (*Rupicapra rupicapra* L.) in Northern Tyrol. In *The Biology and Management of Mountain Ungulates* (ed S. Lovari), pp. 106-116. Croom-Helm, London.
- Hassanin, A. & Douzery, E.J.P. (1999) The tribal radiation of the family *Bovidae* (*Artiodactyla*) and the evolution of the mitochondrial cytochrome b gene. *Mol. Phylogenet. Evol.* 13, 227-243.
- Hassanin, A., Delsuc, F., Ropiquet, A., Hammer, C., Jansen van Vuuren, B., Matthee, C., Ruiz-Garcia, M., Catzeflis, F., Areskoug, V., Nguyen, T.T., & Couloux, A. (2012) Pattern and timing of diversification of *Cetartiodactyla* (*Mammalia*, *Laurasiatheria*), as revealed by a comprehensive analysis of mitochondrial genomes. *Comptes Rendus Biologies*, 335, 32-50.
- Herrero, J., Escudero, E., García, J.M., García-Serrano, A., Prada, C., & Couto, S. (2004). Gestión y seguimiento demográfico del sarrío en el Pirineo aragonés. In *El sarrío pirenaico Rupicapra p. pyrenaica: Biología, Patología y Gestión* (eds J. Herrero, E. Escudero, D. Fernández de Luco & R. García-González), Vol. 46, pp. 69-82. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza.
- Herrero, J., Garin, I., García-González, R., García-Serrano, A., & Aldezabal, A. (2002) El sarrío en Aragón Prames - Gobierno de Aragón, Zaragoza.
- Herrero, J., Garin, I., García-Serrano, A., & García-González, R. (1996) Habitat use in a *Rupicapra pyrenaica pyrenaica* forest population. *Forest Ecology and Management*, 88, 25-30.
- Herrero, J., Lovari, S., & Berducou, C. (2010) *Rupicapra pyrenaica*. IUCN Red List of Threatened Species. 2010.3. <www.iucnredlist.org>.
- Hidalgo, R., Canut, J., Herrero, J., & García-González, R. (1995) Biología y conservación del sarrío en el Pirineo español. *Quercus*, 109, 31-36.

- Hofmann, R.R. (1982). Adaptation sasonniere et evolutive du tractus digestif du chamois (*Rupicapra rupicapra*). In Symposium Chamois (ed C.I.C.), pp. 82-88, Paris.
- Holben, B.N. (1986) Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. The International Journal of Remote Sensing, 7, 1417-1434.
- Houssin, H., Loison, A., & Gaillard, J.-M. (1993) Participation à la reproduction des femelles de chamois *Rupicapra rupicapra* en fonction de leur âge dans une population alpine chassé. Gibier Faune Sauvage, 10, 39-45.
- Hrabè, V., Weber, P., & Koubrek, P. (1986) The morphometrical characteristics and the dynamics of horn growth in *Rupicapra rupicapra carpatica* (Mamm. Bovidae). Folia Zoologica, 35, 97-107.
- Jacobson, H.A. (1984) Relationships between deer and soil nutrients in Mississipi. In Proceedings of the Annual conference of the South-eastern Association of Fish and Wildlife Agencies., Vol. 38, pp. 1-12.
- Jobin, A., Molinari, P., & Breitenmoser, U. (2000) Prey spectrum, prey preference and consumption rates of Eurasian lynx in the Swiss Jura Mountains. Acta Theriologica, 45, 243-252.
- Jorgenson, J.T., Festa-Bianchet, M., & Wishart, R.G. (1998) Effects of population density on horn development in bighorn rams. Journal of Wildlife Management, 62, 1011-1020.
- Kleimbaum, D.G. & Klein, M. (2002) Logistic Regresion. A self-Learning Text. Springer.
- Kruuk, L.E.B., Slate, J., Pemberton, J.M., Brotherstone, S., Guinness, F., & Clutton-Brock, T. (2002) Antler size in red deer: heritability and selection but no evolution. Evolution, 56, 1683-169.
- Langvatn, R. & Hanley, T.A. (1993) Feeding patch choice by red deer in relation to foraging efficiency: an experiment. Oecologia, 95, 164-170.
- Levet, M., Appolinaire, J., Catusse, M., & Thion, N. (1995) Demographic data, spacial behaviour and dispersion of an Isard (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*) population in stage of colonization. Mammalia, 59, 489-500.
- livestock in the Pyrenean summer ranges: a case study in the Aragon valley. Mountain Research and Development, 10, 241-255.
- Loison, A., Gaillard, J.M., Gaillard, J.M., & Jullien, J.M. (1996) Demographic patterns after an epizootic of keratoconjunctivitis in a chamois population. Journal of Wildlife Management, 60, 517-527.
- Loison, A., Jullien, J.M., & Menaut, P. (1999) Subpopulation structure and dispersal in two populations of chamois. Journal of Mammalogy, 80, 620-632.
- Lovari, S. (1987). Evolutionary aspects of the biology of chamois, *Rupicapra spp.* (Bovidae, Caprinae). In The Biology and Management of Capricornis and Related Mountain Antelopes (ed H. Soma), pp. 51-61. Croom Helm, London.
- Lovari, S. & Cosentino, R. (1986) Seasonal habitat selection and group size of the Abruzzo chamois (*Rupicapra pyrenaica ornata*). Bool. Zool., 53, 73-78.
- Lovari, S. & Locati, M. (1991) Temporal relationships, transitions and structure of the behavioural repertoire in male Apennine chamois during the rut. Behaviour, 119, 77-103.

- Lovari, S. & Scala, C. (1980) Revision of *Rupicapra* genus. I. A statistical re-evaluation of Couturier's data on the morphometry of six chamois subspecies. *Boll. Zool.*, 47, 113-124.
- Main, M.B., Weckerly, F.W., & Bleich, V.C. (1996) Sexual segregation in ungulates. New directions for research. *Journal of Mammalogy*, 72.
- Mainguy, J., Steeve, C., Festa-Bianchet, M., & Coltman, D. (2009) Siring success and gender-dependent paternal effects in a sexually dimorphic ungulate, the mountain goat. *Proceedings of the Royal Society, B* 276, 4067-4075.
- Marco, I., Cabezón, O., Rosell, R., Fernández-Sirera, L., Allepuz, A., & Lavín, S. (2011) Retrospective study of pestivirus infection in Pyrenean chamois (*Rupicapra pyrenaica*) and other ungulates in the Pyrenees (NE Spain). *Veterinary Microbiology*, 149, 17-22.
- Marinas, A., García-González, R., Aldezabal, A., Palacio, S., & Gómez-García, D. (2004). Interés ecológico y pastoral del erizón (*Echinospartum horridum* (Vahl) Rothm.). In *Pastos y ganadería extensiva* (eds B. García-Criado, A. García-Ciudad, B.R.V.d. Aldana & I. Zabalgozcoa), pp. 117-122. SEEP-IRNASA, Salamanca.
- Markuson, E. & Folstad, I. (1997) Reindeer antlers: visual indicators of individual quality? *Oecologia*, 110, 501-507.
- Marrugan, A.E. (1988) *Ecological diversity and its measurement* Croom Helm, London & Sidney.
- Massei, G., Randi, E., & Genov, P. (1994) The dynamics of the horn growth in Bulgarian chamois *Rupicapra rupicapra balcanica*. *Acta Theriologica*, 39, 195-199.
- Michalet, R., Gandoy, C., Joud, D., & Pagès, J.P. (2002) Plant community composition and biomass on calcareous and siliceous substrates in the northern French Alps: Comparative effects of soil chemistry and water status. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 34, 102-113.
- Michallet, J., Gaillard, J.M., Toigo, C., & Yoccoz, N.G. (1999) Selection des quartiers d'hivernage par le chamois *Rupicapra rupicapra*, dans les massifs montagnards de l'Isère (France). [Selection of wintering quarters by the chamois *Rupicapra rupicapra*, in the mountain ranges of Isère (France)]. *Revue d'Ecologie la Terre et la Vie*, 54, 351-363.
- Michallet, J., Loison, A., & Gaillard, J.M. (1996) Valeur de criteres biometriques externes pour la role de l'habitat dans le developpement biometrique du bouquetin des alpes (*Capra ibex ibex*). *Ibex Speciale G.S.E.*, 4, 1-8.
- Miranda, M., Sicilia, M., Bartolomé, J., Molina-Alcaide, E., Gálvez-Bravo, L., & Cassinello, J. (2012) Foraging sexual segregation in a Mediterranean environment: Summer drought modulates sex-specific resource selection. *Journal of Arid Environments*, 85, 97-104.
- Miura, S.J. (1986) Body and horn growth patterns in the Japanese serow, *Capricornis crispus*. *Mammal Soc. Jpn*, 11, 1-13.
- Mustoni, A., Pedrotti, L., Zanon, E., & Tosi, G. (2002) Ungulati delle Alpi. *Biologia, riconoscimento, gestione. Nitida immagine. Cles*.
- Mysterud, A., Meisingset, E., Langvatn, R., Yoccoz, N.G., & Stenseth, N.C. (2005) Climate-dependent allocation of resources to secondary sexual traits in red deer. *Oikos*, 111, 245-252.

Nascetti, G., Lovari, S., Lanfranchi, P., Berducou, C., Mattiuci, S., Rossi, L., & Bullini, L. (1985). Revision of *Rupicapra* Genus III. Electrophoretic studies demonstrating species distinction of chamois populations of the Alps from those of the Appenines and Pyrenees. In *The biology and management of mountain ungulates* (ed S. Lovari), pp. 56-62. Croom Helm, London.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., & H., W. (2012) *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.1-21/r2329. <http://R-Forge.R-project.org/projects/vegan/>.

Padrós, J., Casanovas, R., García Petit, J., Clavería Aner, A., & Mataix Martín, A. (2004). Estatus y gestión del sarrío en el Pirineo catalán. In *El sarrío pirenaico *Rupicapra p. pyrenaica*: Biología, Patología y Gestión* (eds J. Herrero, E. Escudero, D. Fernández de Luco & R. García-González), Vol. 46, pp. 51-62; ISBN.: 84-89862-47-8. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza.

Pekelharing, C.J. (1970) Note on determining the age of chamois (*Rupicapra rupicapra* L.). *N. Z. For. Res. Inst. Forest Products Reports*, 73, 1-6.

Pepin, D. & N'Da, L. (1992). Spatial and temporal relationships between sheep and a protected population of Isards (*Rupicapra pyrenaica*) during daytime in summer. In *Ongulés/Ungulates 91 S.F.E.P.M. - I.R.G.M.*, (eds F. Spitz, G. Janeau & G.A. Gonzalez, S.), pp. 331-333, Paris - Toulouse.

Pepin, D., Abegg, C., & Richard, C. (1991) Diurnal activity patterns within female herds of isard around parturition time. *Canadian Journal of Zoology*, 69, 776-782.

Pepin, D., Faivre, R., & Menaut, P. (1996) Factors affecting the relationship between body mass and age in the izard. *Journal of Mammalogy*, 77, 351-358.

Pepin, D., Joachim, J., & Ferrie, E. (1997) Variability of spring habitat selection by isards (*Rupicapra pyrenaica*). *Canadian Journal of Zoology / Revue Canadienne de Zoologie*, 75, 1955-1965.

Pepin, D., Lamerenx, F., Chadelaud, H., & Recarte, J.-M. (1996) Human-related disturbance risk and distance to cover affect use of montane pastures by Pyrenean chamois. *Applied Animal Behaviour Science*, 46, 217-228.

Pérez-Barbería, F. & Fernández-López, J.M. (1996) Using cementum annuli to estimate Cantabrian chamois age. *Journal of Wildlife Management*, 60, 62--67.

Pérez-Barbería, F., Mutuberría, G., & Nores, C. (1998) Reproductive parameters, kidney fat index, and grazing activity relationships between the sexes in Cantabrian chamois, *Rupicapra pyrenaica parva*. *Acta Theriologica*, 43, 311-324.

Pérez-Barbería, F.J. & Nores, C. (1994) Seasonal variation in group size of Cantabrian chamois in relation to escape terrain and food. *Acta Theriologica*, 39, 295-305.

Pérez-Barbería, F.J. & Palacios, B., eds. (2009) *El rebeco cantábrico *Rupicapra pyrenaica parva**. Conservación y gestión, pp 501. Organismo Autónomo de Parques Nacionales MMA, Madrid.

Pérez-Barbería, F.J. & Pérez-Fernández, E. (2009). Identificación, biología y ecología del rebeco cantábrico. In *El rebeco cantábrico *Rupicapra pyrenaica parva**. Conservación y gestión (eds F.J. Pérez-Barbería & B. Palacios), Vol. Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Técnica, pp. 26-69. Organismo Autónomo de Parques Nacionales MMA, Madrid.

Pérez-Barbería, F.J. & Robles, L. (2009). ¿Afecta la actividad cinegética a la morfología de los cuernos del rebeco cantábrico? In *El rebeco cantábrico *Rupicapra pyrenaica parva**. Conservación y gestión

(eds F.J. Pérez-Barbería & B. Palacios), Vol. Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Técnica, pp. 396-415. Organismo Autónomo de Parques Nacionales MMA, Madrid.

Pérez-Barbería, F.J., Machordom, A., Fernández, J., & Nores, C. (1996) Genetic variability in Cantabrian chamois (*Rupicapra pyrenaica parva* Cabrera, 1910). Zeitschrift Fur Säugetierkunde, 61, 276-284.

Pérez-Barbería, J. & García-González, R. (2004) El rebeco y el sarrio. Enciclopedia Virtual Vertebrados españoles.

Pérez-Barbería, J., Robles, L., & Nores, C. (1996) Horn growth pattern in cantabrian chamois *Rupicapra pyrenaica parva*: influence of sex, location and phenology. Acta Theriologica, 41, 83-92.

Pérez, J.M., Serrano, E., González-Candela, M., León-Vizcaino, L., Barberá, G.G., Simón, M.A.d., Fandos, P., Granados, J.E., Soriguer, R.C., & Festa-Bianchet, M. (2011) Reduced horn size in two wild trophy-hunted species of Caprinae. Wildlife Biology, 17, 102-112.

Pérez, T., Albornoz, J., & Domínguez, A. (2002) Phylogeography of chamois (*Rupicapra* spp) inferred from microsatellites. Molecular Phylogenetics and Evolution, 25, 524-534.

Perle, A. & Hamr, J. (1985). Food habits of chamois (*Rupicapra rupicapra* L.) in Northern Tyrol. In The Biology and Management of Mountain Ungulates (ed S. Lovari), pp. 77-84. Croom Helm, London.

Pflieger, R. (1982). Le chamois. Son identification et sa vie Gerfaut-Club Princesse, Paris.

Prada, C., Fernández-Arberas, O., García-Serrano, A., Giménez-Anaya, A., & Herrero, J. (2012). Seguimiento de ungulados en el Pirineo aragonés 2012. Ega Consultores en Vida Silvestre SLPU - Gobierno de Aragón, Zaragoza.

Price, S.A., Bininda-Emonds, O.R.P., & Gittleman, J.L. (2005) A complete phylogeny of the whales, dolphins and even-toed hoofed mammals (Cetartiodactyla). Biol. Rev., 80, 445-473.

Rameau, J.C., Mansion, D., Dumé, G., & Timbal, J. (1993) Flore forestière française. Guide écologique illustré 2. Institut pour le Développement Forestier, Paris.

Rebollo, S. (1996) Análisis de la estrategia de pastoreo de pequeños rumiantes domésticos considerando distintas escalas espaciales. Ph. Thesis, Univ. de León.

Robles, L. (1995) El crecimiento del trofeo de rebeco. Trofeo, 296, 74-79.

Ropiquet, A. & Hassanin, A. (2005) Molecular evidence for the polyphyly of the genus *Hemitragus* (*Mammalia, Bovidae*). Mol. Phylogenet. Evol., 36, 154-168.

Ruckstuhl, K.E. & Ingold, P. (1998) Baby-sitting in chamois: a form of cooperation in females? Mammalia, 62, 125-128.

Ruggetti, M. & Festa-Bianchet, M. (2011) Effects of early horn growth on reproduction and hunting mortality in female chamois. Journal of Animal Ecology, 80, 438-447.

Ruggetti, M. & Festa-Bianchet, M. (2010) Compensatory growth limits opportunities for artificial selection in Alpine chamois. Journal of Wildlife Management, 74, 1024-1029.

Salzmann, H.C. (1977) Gewicht, Schädelgrösse und Gehörnwachstum von Gemsen aus dem Jura und ein Vergleich mit anderen Populationen. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 23, 69-80.

Sánchez, A. & Martínez, J. (1985) Contributo diagnostico alla cherato-congiuntivite del camoscio (*Rupicapra rupicapra*) in Spagna. In Atti del Simposio internazionale sulla Cheratocongiuntivite infettiva del Camoscio (eds T. Balbo, P. Lanfranchi, L. Rossi & P.e. Stero), pp. 73-77, University of Torino, Torino, Italy.

Schaller, G.B. (1977) Mountain monarchs. Wild sheep and goats of the Himalaya Univ. Chicago Press, Chicago & London.

Schmidt, K.T., Stien, A., Albon, S.D., & Guinness, F.E. (2001) Antler length of yearling red deer is determined by population density, weather and early life history. *Oecologia*, 127, 191-197.

Schröder, W. & Elsner-Schack, I.v. (1985). Correct Age Determination in Chamois. In *The Biology and Management of Mountain Ungulates* (ed S. Lovari), pp. 65-70. Croom Helm, London.

Shackleton, D.M. & Lovari, S. (1997). Classification adopted for the Caprinae Survey. In *Wild Sheep and Goats and their relatives. Status survey and Conservation action Plan for Caprinae* (ed D.M. Shackleton), pp. 9-14. IUCN/SSC Caprinae Specialist Group, Gland & Cambridge.

Strickland, B.K. & Demarais, S. (2000) Age and regional differences in antlers and mass of white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management*, 64, 903-912.

Wilshurst, J.F., Fryxell, J.M., & R.J., H. (1995) Forage quality and patch choice by wapity (*Cervus elaphus*). *Behavioural Ecology*, 6, 209-217.



FICHA DE CONTROL PARA REBECO DEL PIRINEO (1) N.º _____

Reserva Nacional de Caza de _____ Permiso de caza número _____
 Se celebró cacería Nombre del cazador D. _____
 Se disparó Dirección _____
 Pieza herida y no cobrada Guarda acompañante D. _____
 Pieza cobrada Tiro de trofeo
 Tiro de selección

Mancha donde se celebró la cacería, n.º _____ Fecha _____
 (2) Mancha donde se disparó, n.º _____ Hora _____
 Nombre y lugar donde se disparó _____ Altitud _____

CLIMA

Temperatura	Cielo	Precipitaciones
Calor <input type="checkbox"/>	Despejado <input type="checkbox"/>	No hubo <input type="checkbox"/>
Buena <input type="checkbox"/>	Claros y nubes <input type="checkbox"/>	Llovió <input type="checkbox"/>
Regular <input type="checkbox"/>	Nublado <input type="checkbox"/>	Nevó <input type="checkbox"/>
Frío <input type="checkbox"/>	Muy nublado <input type="checkbox"/>	

Macho Hembra Edad _____ años Peso _____

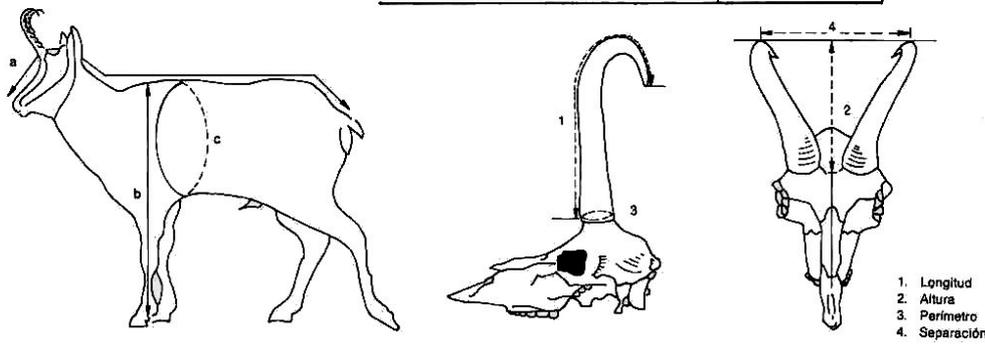
Animal entero
 Con pulmones, corazón, hígado
 Vacío (sin vísceras)

Estado sanitario	Pelo	Si es hembra	Observaciones
Bueno <input type="checkbox"/>	De invierno <input type="checkbox"/>	Preñada <input type="checkbox"/>	Cuernos defectuosos <input type="checkbox"/>
Enfermo <input type="checkbox"/>	De verano <input type="checkbox"/>	Vacía <input type="checkbox"/>	Animal albino <input type="checkbox"/>
Viejo <input type="checkbox"/>	Mudando <input type="checkbox"/>	En lactación <input type="checkbox"/>	Otras _____
		Seguida de cabrito <input type="checkbox"/>	(marcas particulares, etc.)
		No seguida por cabrito <input type="checkbox"/>	

Medidas corporales (4)

a. Longitud total _____
 b. Altura a la cruz _____
 c. Perímetro torácico _____
 d. Presencia de resina en los cuernos _____

Medidas de los cuernos (4)		Puntuación del trofeo	
		cm.	puntos
1. Longitud derecho _____	Media	x 1,5	
Longitud izquierdo _____			
2. Altura _____		x 1	
3. Perímetro _____		x 4	
4. Separación _____		x 1	
5. Puntos edad (3) _____			
TOTAL PUNTOS			
Puntos número	Valor punto	Importe pesetas	
LIQUIDACION TROFEOS			



- NOTAS**
- (1) Rellenar una ficha para cada salida o jornada de caza. En los recuadros poner una X en caso afirmativo.
 - (2) Si es distinta de la anterior.
 - (3) De 6 a 10 años, 1 punto. De 11 y 12 años, 2 puntos. Más de 12 años, 3 puntos.
 - (4) En centímetros.

FIRMA DEL AGENTE

FIRMA DEL CAZADOR

ORIGINAL: EJEMPLAR PARA EL CAZADOR - COPIA VERDE: EJEMPLAR PARA EL AGENTE - COPIA ROSA: EJEMPLAR PARA EL SERVICIO PROVINCIAL - COPIA AMARILLA: EJEMPLAR PARA LA DIRECCION GENERAL

Anexo 2. Número de individuos por mancha de caza.

? indica aquellos individuos en los que el guarda no estaba identificado en las fichas.

RC de Benasque	Manchas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hembras	17	42	5	9	46	15	28	23	27	47	22	18	34
Machos	16	62	9	2	21	31	25	14	55	43	44	45	31
Total	33	104	14	11	67	46	53	37	82	90	66	63	65

RC de Los Circos	Manchas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hembras	2	17	20	37	22	7	7	7	12	23	13	3	5	1	
Machos	6	44	48	19	22	5	6	2	6	9	7	28	11	3	
Total	8	61	68	56	44	12	13	9	18	32	20	31	16	4	

RC de Los Valles	Manchas																							
	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Hembras	22	1	0	1	35	1	1	48	0	22	13	30	6	2	27	37	2	3	11	28	48	10	0	0
Machos	29	11	9	10	33	3	17	26	2	26	13	20	12	22	39	16	5	20	16	18	43	27	1	1
Total	51	12	9	11	68	4	18	74	2	48	26	50	18	24	66	53	7	23	27	46	91	37	1	1

RC de Viñamala	Manchas																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32				
Hembras	12	13	3	5	1	2	11	4	6	4	17	27	16	32	11	17	15	11	1	5	4	10	7	6	18	33	20	6				
Machos	25	19	2	13	4	5	19	2	0	4	17	39	21	19	27	28	11	11	0	14	10	13	2	1	13	51	5	7				
Total	37	32	5	18	5	7	30	6	6	8	34	66	37	51	38	45	26	22	1	19	14	23	9	7	31	84	25	13				

Anexo 3. . Número de fichas de control de sarrío por guarda consideradas en el estudio.

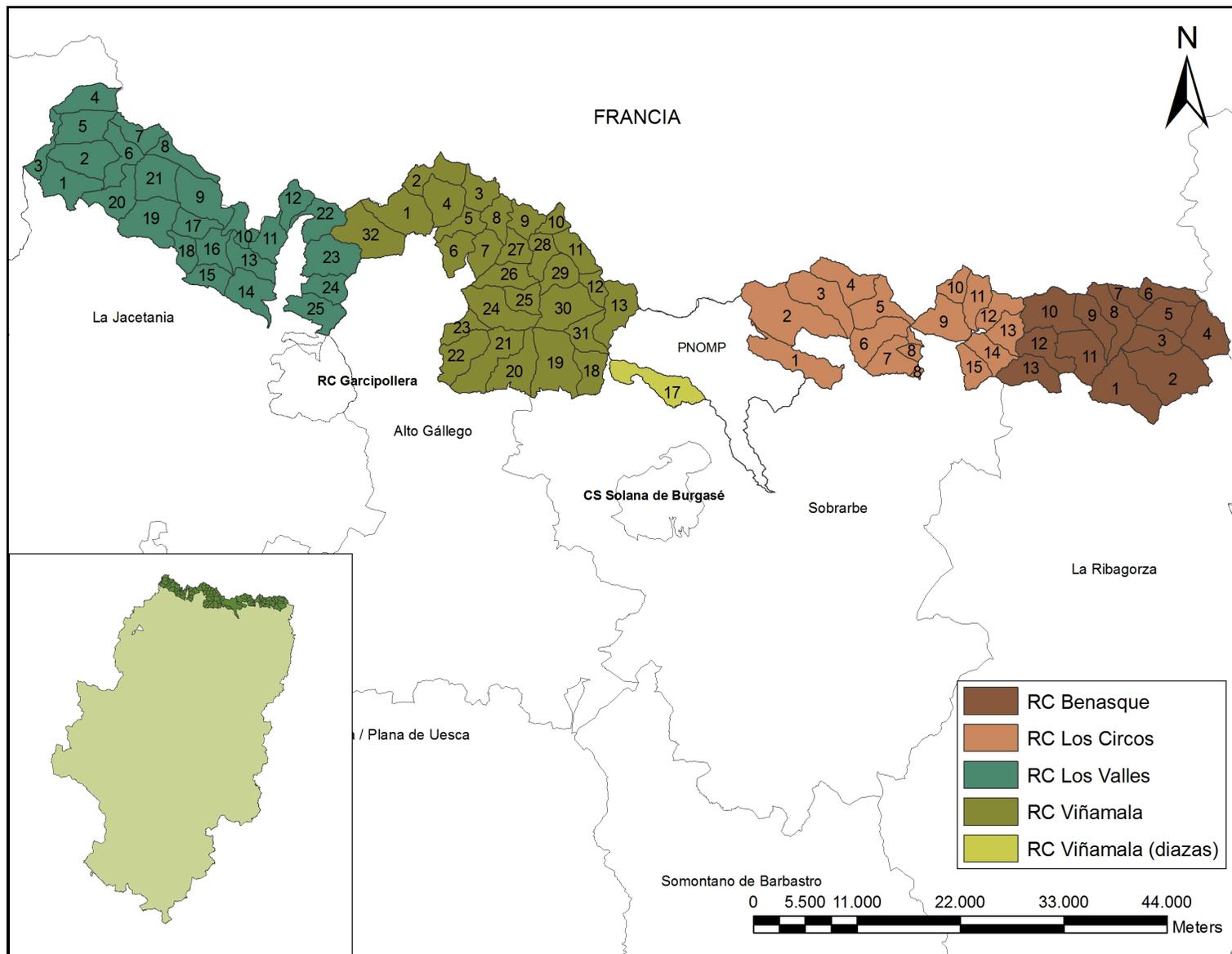
Codificados (A, B ...AQ).

	Guarda														
	?	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Hembras	12	11	3		63	1	2	2	1	4	24	49	12	41	20
Machos	7	7	7	2	91			7		29	46	47	6	65	21
Total	19	18	10	2	154	1	2	9	1	33	70	96	18	106	41

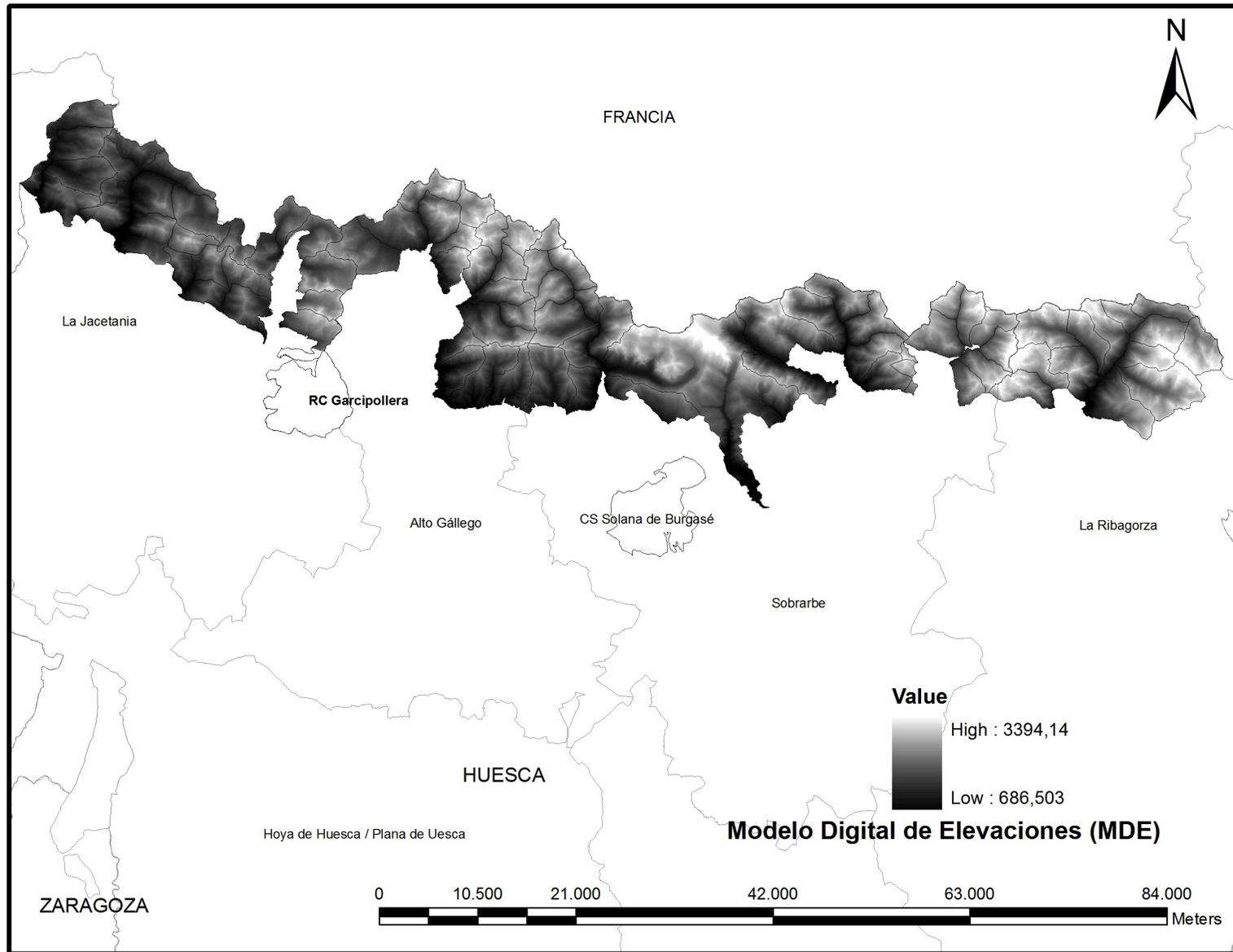
	Guarda														
	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	AA	AB	AC	
Hembras	16	31	55	18	65	28	1		5	48	67	14	48	8	
Machos	14	42	71	16	85	42		2	3	52	59	18	41	9	
Total	30	73	126	33	150	70	1	2	8	100	126	32	89	17	

	Guarda														
	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	
Hembras	21	71	46		17	19	47	36	23	30	32	2	10	18	
Machos	24	88	55	1	18	38	65	48	12	35	51	3	11	13	
Total	45	159	101	1	35	57	112	84	35	65	83	5	21	31	

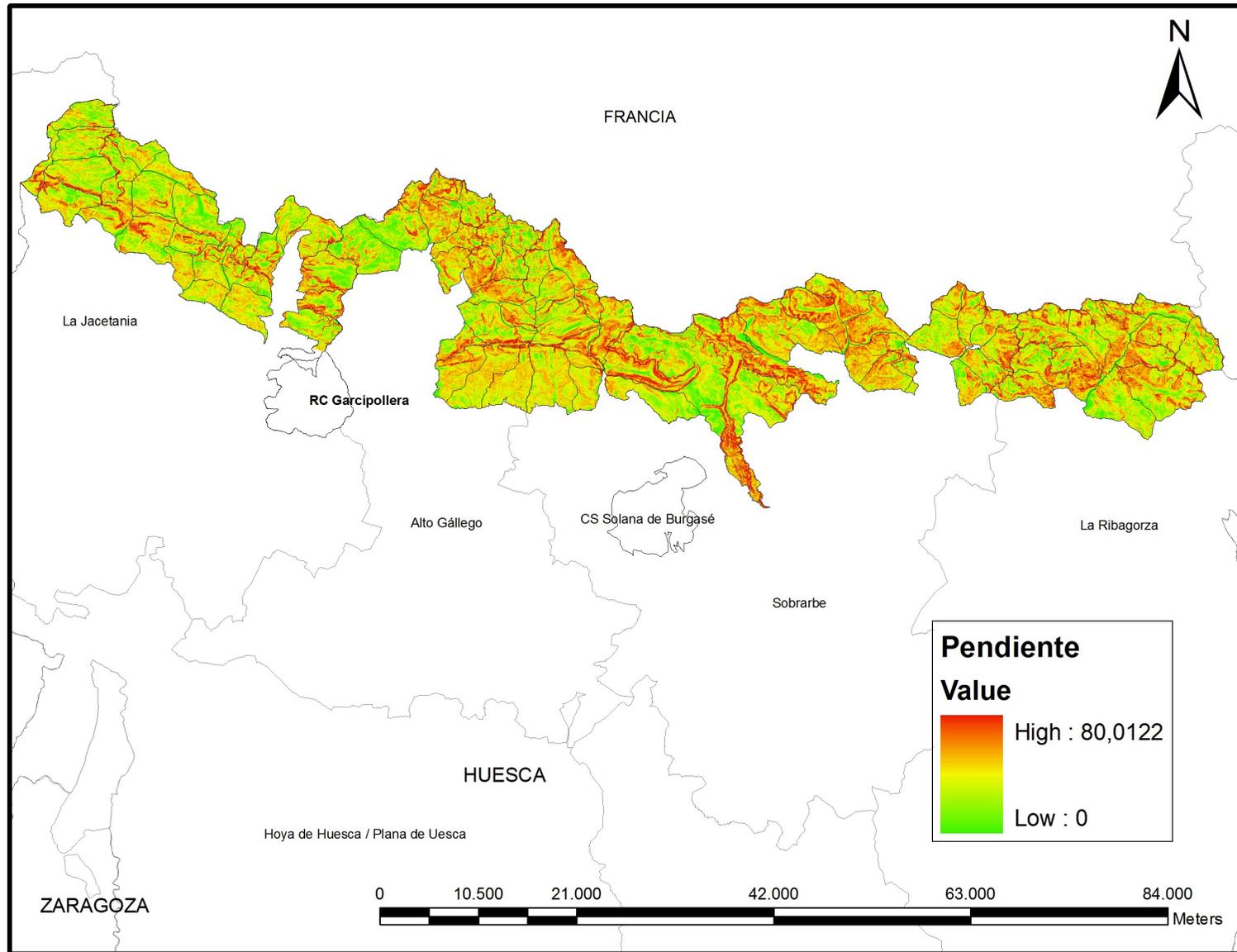
Anexo 4. Mapa de las Reservas de Caza y sus sectores o manchas correspondientes



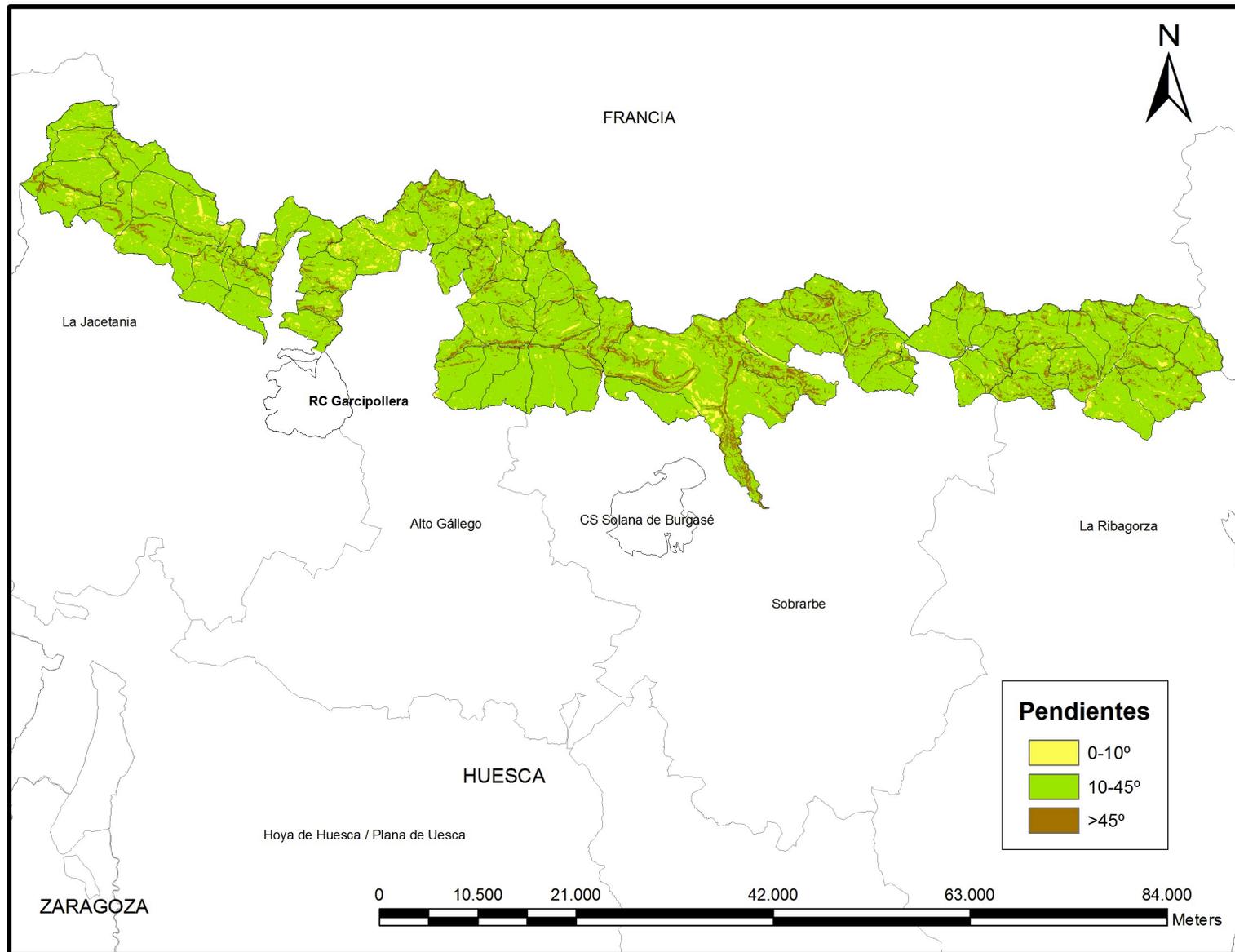
Anexo 5. Modelo digital de elevaciones (MDE).



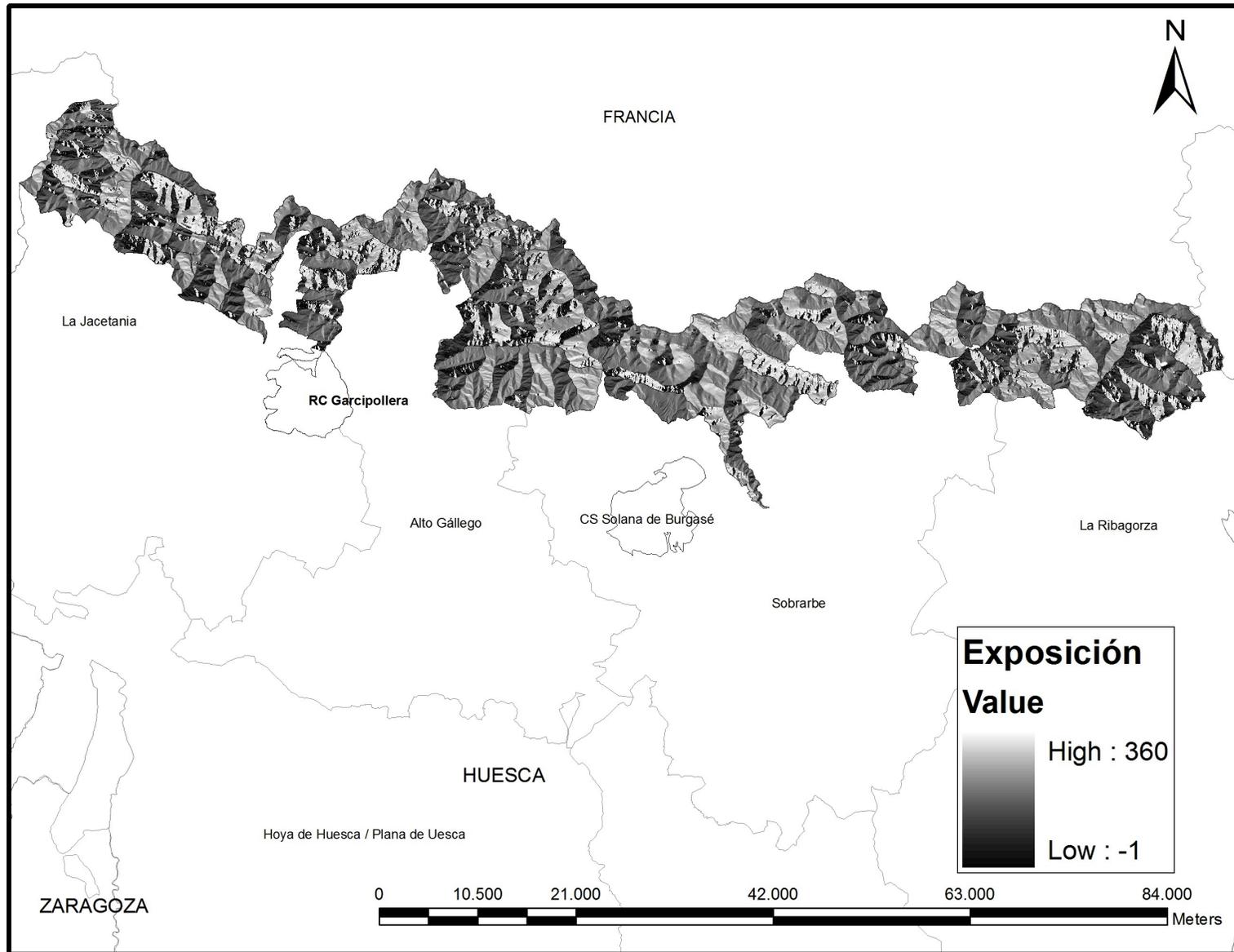
Anexo 6. Modelo digital de Pendientes.



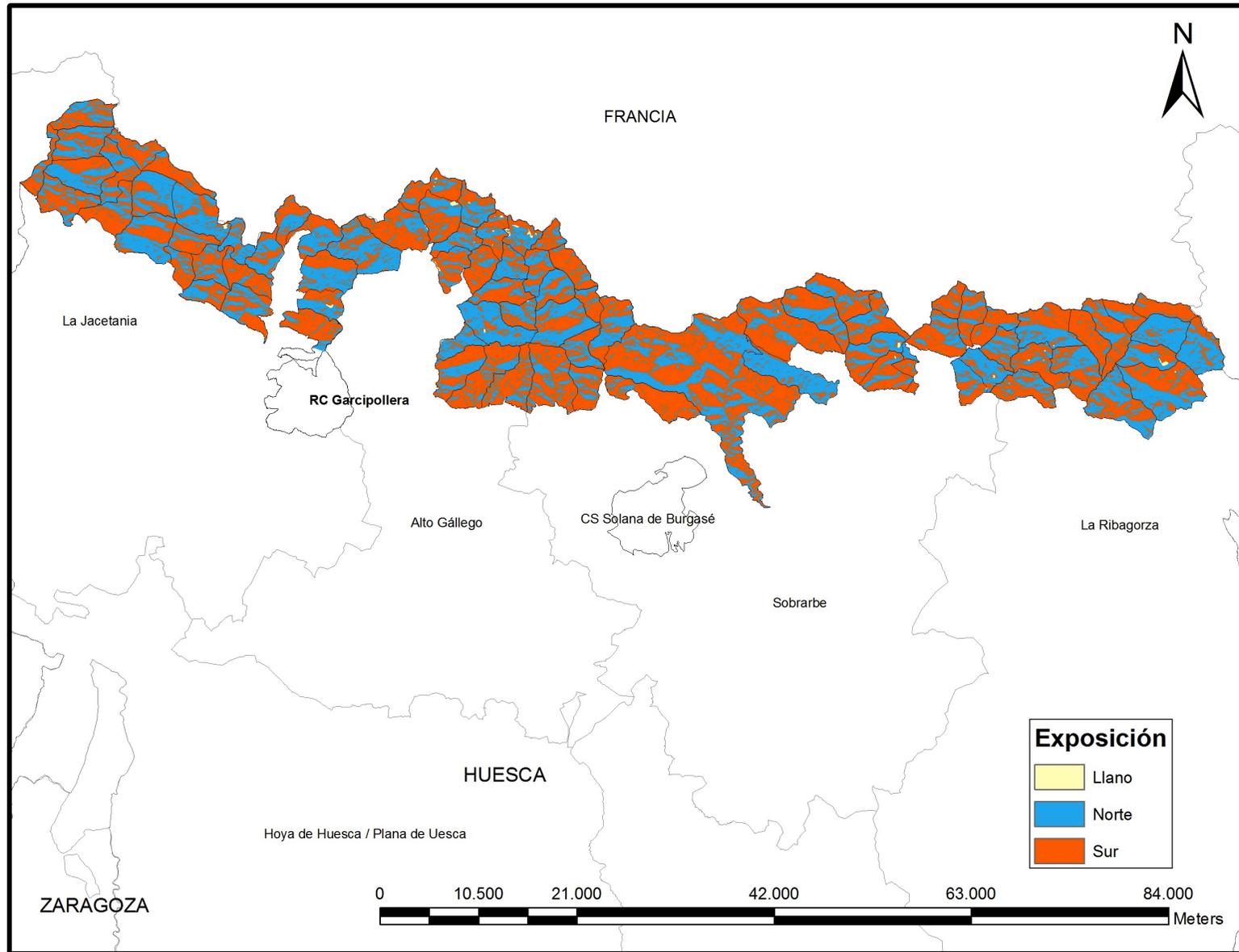
Anexo 7. Reclasificación de las pendientes.



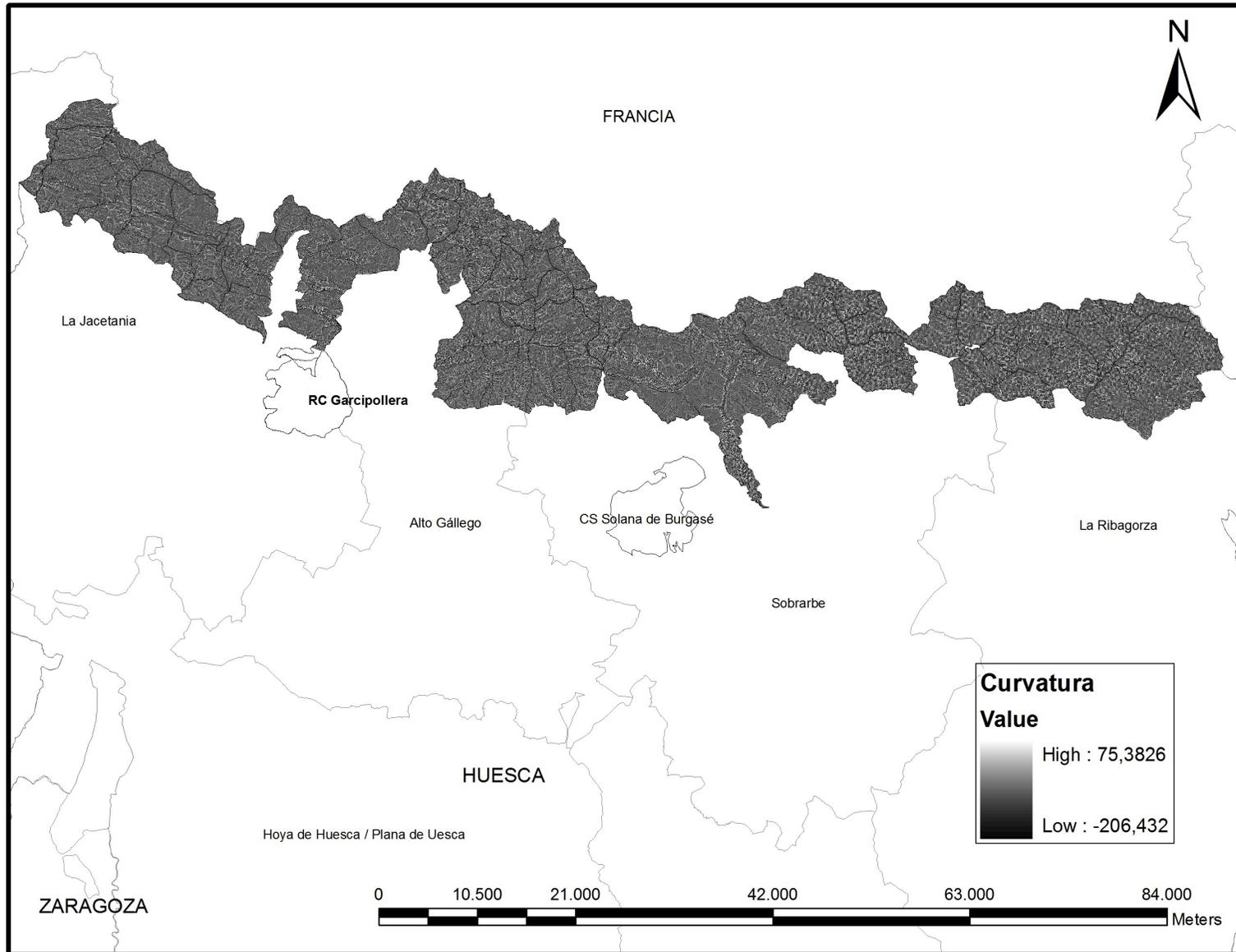
Anexo 8. Modelo digital de exposiciones u orientaciones.



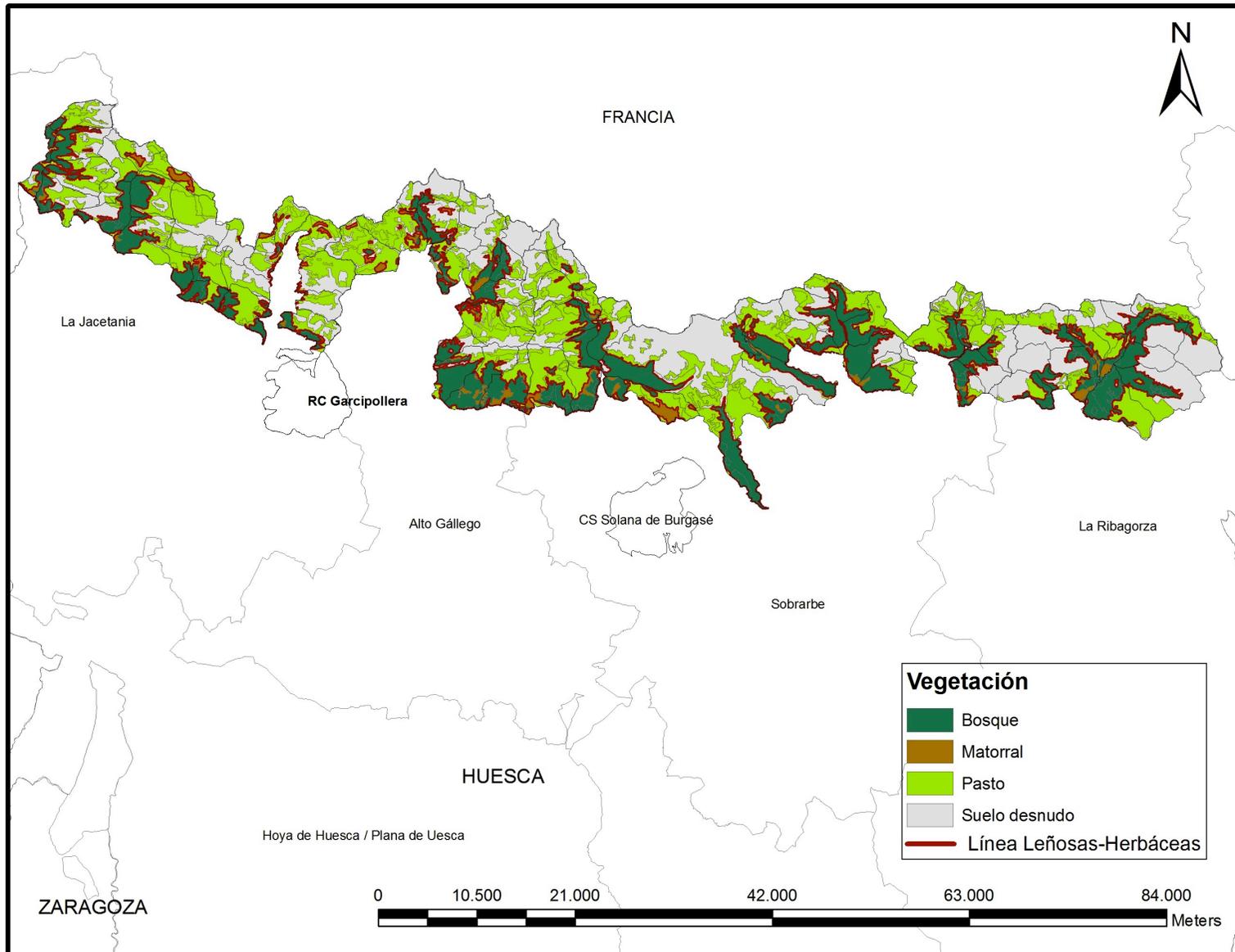
Anexo 9. Reclasificación de las exposiciones u orientaciones.



Anexo 10. Modelo digital de la curvatura del terreno.



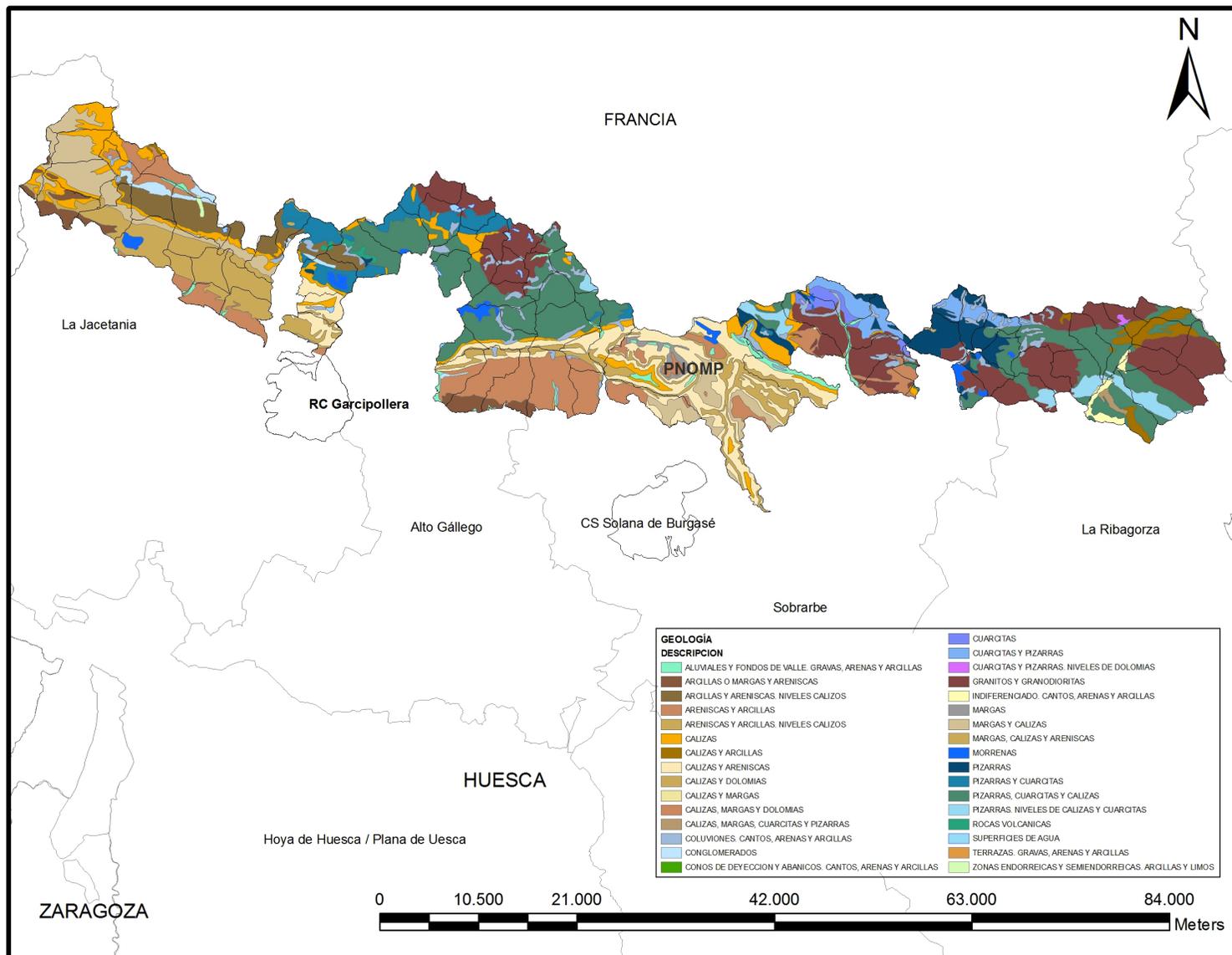
Anexo 11. Mapa de Vegetación.



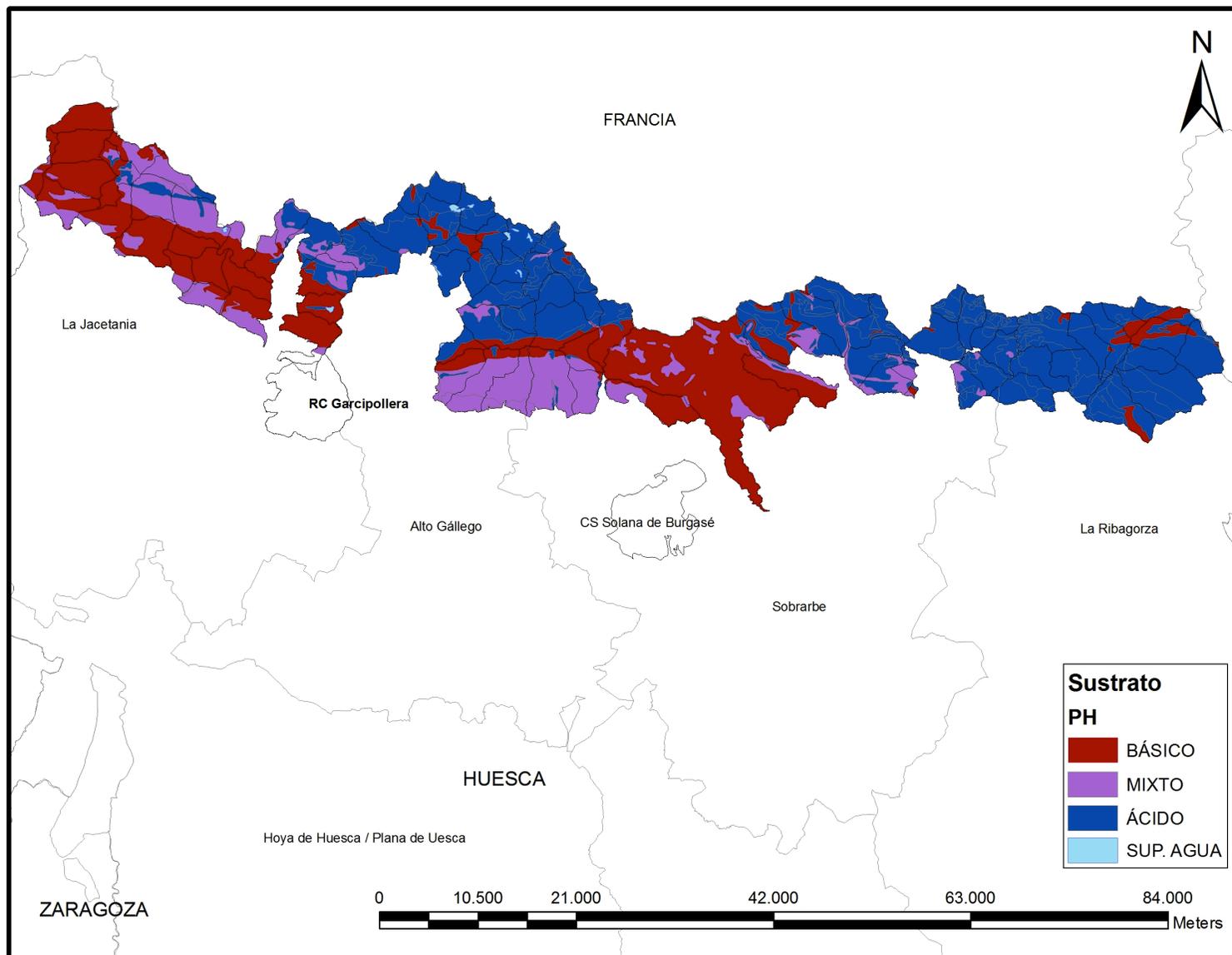
Anexo 12. Categorías de acidez asignadas a cada tipo de material geológico.

Mapa Geológico de Aragón (Descripción)	Tipo de Sustrato (pH)
Aluviales de fondo de valle. Gravas, arenas y arcillas.	Mixto
Arcillas o margas y areniscas	Mixto
Arcillas y areniscas. Niveles calizos.	Mixto
Areniscas y arcillas.	Mixto
Areniscas y arcillas. Niveles calizos.	Mixto
Calizas	Básico
Calizas y arcillas. (poca superficie)	Básico
Calizas y areniscas.	Básico
Calizas y dolomias.	Básico
Calizas y margas. (poca superficie Bielsa)	Básico
Calizas, margas y dolomias. (en Ordesa)	Básico
Calizas, margas, cuarcitas y pizarras. (Benasque)	Ácido
Coluviones. Cantos, arenas y arcillas.	Ácido
Conglomerados.	Ácido
Conos de deyección y abanicos. Cantos, arenas y arcillas.	Ácido
Cuarcitas.	Ácido
Cuarcitas y pizarras.	Ácido
Cuarcitas y pizarras. Niveles de dolomias	Ácido
Granitos y granodioritas.	Ácido
Indiferenciado. Cantos, arenas y arcillas.	Ácido
Margas.	Básico
Margas y calizas.	Básico
Margas, calizas y areniscas.	Básico
Morrenas.	Mixto
Pizarras.	Ácido
Pizarras y cuarcitas	Ácido
Pizarras, cuarcitas y calizas.	Ácido
Pizarras. Niveles de calizas y cuarcitas	Ácido
Rocas volcánicas.	Ácido
Terrazas. Gravas, arenas y arcillas.	Ácido
Zonas endorreicas y semiendorreicas. Arcillas y limos.	Ácido

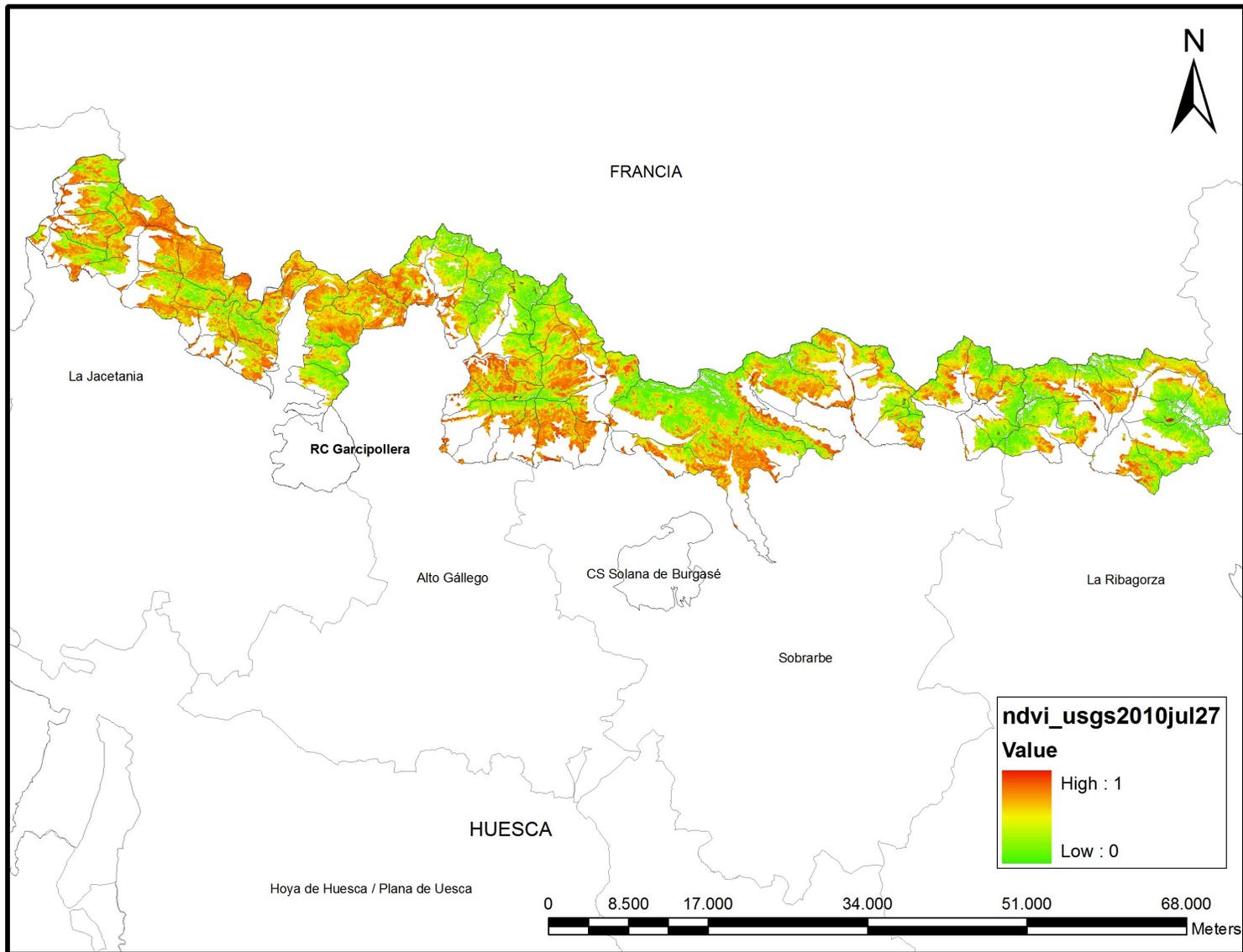
Anexo 13. Mapa Geológico de base. (Fuente: Sistema de Información Territorial de Aragón, SITAR).



Anexo 14. Mapa de sustratos para categorías de acidez.



Anexo 15. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. Índice de productividad vegetal.



Anexo 16. Análisis de Redundancia (RDA). Modelo ajustado para los machos.

Longitud + Perímetro ~ EDAD + %SUELODESN + %ÁCIDO+ pend>45°+ %SUR+ MEANmde + MEANndvi

- Partición de la varianza:

	Varianza	Proporción	Rango
Varianza total	2,138	1,000	
Varianza explicada	0,150	0,070	2
Varianza no explicada	1,988	0,929	2

- Valores Propios (“eigenvalues”) para los ejes de las varianza explicada (“constrained axes”):

RDA1=0.143

RDA2= 0.0069

- Valores Propios (“eigenvalues”) para los ejes de las varianza residual (“unconstrained axes”):

PC1=1.802

PC2=0.186

- Test de Permutación para el RDA, modelo reducido o primer eje de permutación:

	gl	Var	F	NºPerm	Pr(>F)
Modelo	7	0,1502	13,913	999	0.001 ***
Residual	1289	1,988			

- Test de Permutación para el modelo RDA con ambos ejes:

	gl	Var	F	NºPerm	Pr(>F)
RDA1	1	0,143	93,224	999	0.001 ***
RDA2	1	0,0069	4,544	999	0.028 *
Residual	1294	1,988			

Significación: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '' 1

- GVIF: Factor de Inflación de la Varianza

EDAD	%SUELODESN	%ÁCIDO	Pend>45°	%SUR	MEANmde	MEAN ndvi
1,0375	4,2539	3,7022	2,198	1.1257	7,227	4.9302

- $R^2_{Adj}=0.0652$

Anexo 17. Análisis de Redundancia (RDA). Modelo ajustado para las hembras:

Longitud + Perímetro ~ EDAD + %MATORRAL + %BÁSICO+ pend0-10°+ CVmde+ MEANmde+ MEANndvi

- Partición de la varianza:

	Varianza	Proporción	Rango
Varianza total	2,708	1,000	
Varianza explicada	0,272	0,101	2
Varianza no explicada	2,436	0,899	2

- Valores Propios (“eigenvalues”) para los ejes de las varianza explicada (“constrained axes”):

RDA1=0,263

RDA2=0,0091

- Valores Propios (“eigenvalues”) para los ejes de las varianza residual (“unconstrained axes”):

PC1=2,218

PC2= 0,217

- Test de Permutación para el RDA, modelo reducido o primer eje de permutación

	gl	Var	F	NºPerm	Pr(>F)
Modelo	7	0,273	16,677	999	0.001 ***
Residual	1044	2,4356			

- Test de Permutación para el modelo RDA con ambos ejes:

	gl	Var	F	NºPerm	Pr(>F)
RDA1	1	0,263	113,38	999	0.001 ***
RDA2	1	0,0091	3,9135	999	0.04 *
Residual	1049	2,4356			

Significación: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

- GVIF: Factor de Inflación de la Varianza

EDAD	%MATORRAL	%BÁSICO	pend0-10°	CVmde	MEANmde	MEANndvi
1,0179	1,2695	1,6410	1,4376	1,9128	6,2582	4,6429

- $R^2_{Adj}=0.0945$