

Grao en Bioloxía

Memoria do Traballo de Fin de Grao

Caracterización da dieta do cabalo galego de monte na serra do Xistral mediante técnicas de discriminación isotópica.

Caracterización de la dieta del caballo gallego de monte en la sierra de Xistral mediante técnicas de discriminación isotópica.

The diet of Galician wild ponies at the Xistral mountains by means of isotopic discrimination.



Guillermo Sánchez Zarzalejo

Diciembre, 2019

Director(es) Académico(s): Jaime Fagúndez Díaz, Aurora Grandal D`Anglade

Jaime Fagúndez Díaz, profesor del área de botánica del departamento de Biología, y Aurora Grandal D`Anglade, profesora del área de geología del departamento de Ciencias de la Tierra

INFORMAN:

Que la presente memoria titulada “**Caracterización de la dieta del caballo gallego de monte en la sierra de Xistral mediante técnicas de discriminación isotópica**”, presentada por **D. Guillermo Sánchez Zarzalejo** como Trabajo de Fin de Grado (TFG) en la titulación de grado en Biología, ha sido realizada bajo nuestra supervisión y cumple con los requisitos necesarios, por lo que

AUTORIZAMOS la presentación de dicho trabajo ante el tribunal correspondiente

Lo que firmamos en A Coruña a 9 de diciembre de 2019

Fdo. Jaime Fagúndez Díaz

Fdo. Aurora Grandal D`Anglade

Índice

1. Resumen/Resumo/Abstract	6
2. Introducción	7
2.1 Ganadería y gestión del territorio	7
2.2 Caballo/efecto sobre hábitats	7
2.3 Estudios de dieta mediante isótopos estables	10
2.4 Proyecto	11
3. Objetivos	11
4. Metodología	12
4.1 Área de estudio	12
4.2 Especies	15
4.3 Recogida de muestras	15
4.4 Tratamiento de muestras	16
4.5 Análisis isotópico	17
4.6 Análisis de datos	18
5. Resultados	19
5.1 Caballo y vaca	20
5.2 Plantas	22
5.3 Relación planta-caballo	23
6. Discusión	23
6.1 Caballo y vaca	23
6.2 Plantas	24
6.3 Relación planta-caballo	24
7. Conclusiones/Conclusións/Conclussions	25
8. Bibliografía	26
9. Anexo	28

1. **Resumen**

Los grandes herbívoros tienen un gran impacto en los hábitats que ocupan. En Galicia, el caballo de monte (*Equus ferus caballus*) tiene diversos efectos positivos sobre el entorno, como el control de la expansión de *Ulex spp*, y la restauración y conservación de las formaciones de brezal atlántico. En este estudio se utilizó el método de los isótopos estables para mejorar el conocimiento sobre la dieta de estos animales para así poder determinar su efecto en la conservación de los brezales. Los resultados indican que los caballos consumen *Ulex*, pero no parecen consumir ericáceas, lo que reafirmaría su efecto positivo para la conservación de los brezales.

Abstract

Large herbivores have great impact in their home habitats. In Galicia, wild ponies (*Equus ferus caballus*) have many positive effects in the environment, such as expansion control of *Ulex spp*, and restoration and conservation of atlantic heathland. In this study, the stable isotope method was used to better understand wild ponies' diet and to determine their effect on heath conservation. Results indicate that ponies feed off *Ulex*, but doesn't seem to consume *Erica* species, what reaffirms their positive effect on heathland conservation.

Resumo

Os grandes herbívoros teñen un gran impacto nos hábitats que ocupan. En Galicia, o cabalo de monte (*Equus ferus caballus*) ten diversos efectos positivos sobre o entorno, como o control sobre a expansión de *Ulex spp*, e a restauración e conservación das formación de brezal atlántico. Neste estudio utilizouse o método dos isótopos estables para mellorar o coñecemento sobre a dieta destes animais e así poder determinar o seu efecto na conservación dos brezáis. Os resultados indican que os cabalos consumen *Ulex*, pero no parecen consumir ericáceas, o que reafirmaría o seu efecto positivo para a conservación dos brezáis.

2. Introducción

2.1 Ganadería y gestión del territorio

Los grandes herbívoros son los responsables de cambios en la estructura y función de los hábitats que ocupan, además de producir un impacto de manera directa e indirecta, mediante las redes tróficas, a otras especies. Entre sus funciones más importantes se encuentran su capacidad de afectar a los ciclos de los nutrientes, las propiedades del suelo, la incidencia de incendios y la producción primaria (Bubnicki *et al.*, 2019). Dentro del objeto de este estudio, su mayor importancia reside en su capacidad de originar diversos efectos sobre la vegetación, sobre todo por el consumo de especies de interés y dispersión de semillas, por lo que son capaces de mantener la heterogeneidad estructural del paisaje evitando la aparición de formaciones matorralizadas o forestales (Lopez Bao *et al.*, 2013). Además de esto, el consumo de algunas especies permite el desarrollo de otras menos dominantes (por ejemplo, las que forman los brezales), promoviendo el aumento de la biodiversidad en los ecosistemas que habitan (Fagundez, 2016).

El creciente abandono del ámbito rural está originando la pérdida de muchos usos del territorio, con efectos sobre el paisaje y pérdida de la biodiversidad, tanto animal como vegetal (EEA, 2004). En este contexto, los beneficios del retorno de los grandes herbívoros a estos hábitats podrían suponer una reversión o freno de este proceso de pérdida, como en el caso de algunos países de la Unión Europea donde se están llevando a cabo esfuerzos de restablecimiento de ecosistemas funcionales con diversas especies de herbívoros (Van Wieren, 1995).

2.2 Caballo/efecto sobre hábitats

La especie objeto de este estudio es el caballo salvaje (*Equus ferus caballus*), también conocido tradicionalmente como “besta” en el entorno gallego. Esta se distribuye por el norte de la Península Ibérica y las Islas Británicas, y se caracteriza por vivir en manadas libres en el monte (Figura 1.), con ciclos de vida adaptados a las estaciones del medio y con poca o nula interferencia humana. Aunque se les denomina salvajes, los individuos de los que se extrajeron las muestras tienen dueño, pero esta forma de propiedad no incluye la convivencia con humanos ni la dependencia de estos (Fagundez *et al.*, 2017).



Figura 1. Manada de caballos en los montes de Sabucedo (Foto: Laura Lagos)

Los efectos positivos de esta especie sobre los hábitats son numerosos, pero 3 son de vital importancia para los ganaderos y la gestión del territorio:

1. El caballo es capaz de alimentarse del tojo (*Ulex spp*), una planta leguminosa arbustiva muy abundante en los paisajes gallegos, y que si no se ejerce control sobre ella se expande rápidamente, sobre todo en zonas rurales abandonadas. La presencia de este animal ayuda a reducir la cobertura y la altura del tojo (Figura 2.), permitiendo el desarrollo de otras especies. (Henning *et al.*, 2017).
2. El pastoreo de plantas arbustivas que lleva a cabo es de vital importancia para los hábitats de brezal. En primer lugar, reduce la invasión de tojo sobre estas formaciones, el cual es uno de los principales problemas para la conservación de los brezales en zonas rurales abandonadas (Fagundez *et al.*, 2017). En segundo lugar, y por las mismas razones antes expuestas, ayuda a mantener o restablecer la estructura abierta típica de estos (Figura 3.). Por último, el pastoreo de los caballos ayuda a mantener la heterogeneidad espacial, lo que crea oportunidades para el establecimiento de otras plantas, además de incrementar la diversidad de comunidades animales en estos hábitats (López Bao *et al.*, 2013).
3. En relación con su capacidad de reducir la cobertura y altura del tojo, los caballos constituyen una herramienta natural para el control de incendios. En zonas en las que se ha producido el abandono de los usos tradicionales del monte, se produce un aumento de la biomasa de esta especie vegetal, la cual es muy inflamable (Fagundez *et al.*

2017). El caballo es capaz de consumir hasta el 80% de la biomasa foliar de *Ulex*, y, además de esto, también pueden controlar la abundancia de la silva (*Rubus fruticosus*) y mantiene el sotobosque limpio en zonas forestales, contribuyendo así a la prevención de incendios (López Bao *et al.*, 2013).



Figura 2. Caballo alimentándose de *Ulex* en la Serra do Xistral (Foto: Laura Lagos)



Figura 3. Caballos salvajes en comunidad de brezal húmedo (Xistral). (Foto: Laura Lagos)

2.3 Estudios de dieta mediante isótopos estables

El método usado para el análisis de las muestras recogidas es el de los isótopos estables, y este se basa en medir la relación entre el isótopo pesado y el isótopo ligero de ciertos elementos (por ejemplo, $C^{13}:C^{12}$) en la muestra objeto de estudio y comparada con la de un estándar (Merav y Flaherty, 2012).

La relación entre los isótopos pesado/ligero cambia como resultado de sus diferentes propiedades físicas, proceso denominado “fraccionamiento isotópico”. Existen 2 tipos principales de fraccionamiento, el fraccionamiento de equilibrio y el cinético. El primero ocurre cuando sustratos y productos de un equilibrio químico tienen diferentes relaciones isotópicas debido a que los isótopos pesados crean enlaces más fuertes con el sustrato y el producto. El segundo, que suele ser más pronunciado, ocurre cuando un solo tipo de molécula cambia de estado o cuando la reacción química no es reversible (Merav y Flaherty, 2012).

Los 3 principales procesos biológicos que llevan al fraccionamiento isotópico entre sustratos y productos, son la evaporación, la transpiración y la difusión. Debido a que la mayoría de estos procesos biológicos están mediados por reacciones enzimáticas hay muy pocos sistemas que no exhiban fraccionamiento y este está determinado tanto por la disponibilidad de sustrato como por las condiciones físicas de la enzima. Debido a todo esto, la firma isotópica de los organismos es el producto de las relaciones isótopo pesado/ligero de los sustratos que utilizan, el tipo de estos y los procesos fisiológicos que emplean en la asimilación de estas sustancias y en el deshecho de los productos. Por ejemplo, el fraccionamiento mejor conocido es el del carbono durante la fotosíntesis. Las plantas C3 fijan de manera preferente CO_2 rico en ^{12}C , por lo que proporcionan valores de $\delta^{13}C$ empobrecidos (-35‰ a -25‰) con respecto al valor de CO_2 del aire, que actualmente es -8,44‰ (Graven et al., 2017), mientras que las plantas C4 o CAM tienen menor preferencia por el isótopo ligero, resultando en valores menos empobrecidos (-15‰ a -11‰). Estas diferencias se pueden utilizar como un sistema de marcadores naturales para seguir las dietas de herbívoros y la subsecuente asimilación de sus tejidos por depredadores (Merav y Flaherty, 2012).

El análisis con isótopos estables tiene el potencial de convertirse en una herramienta muy extendida para el análisis de la ecología de los mamíferos debido a su capacidad de determinar las características ecológicas y comportamentales de los animales. (Crawford, 2008, Boecklen *et al.*, 2011). Además, es la única opción que tenemos para estudiar la dieta de animales extintos y, en muchos casos, la dieta de animales que no pueden ser observados continuamente como, por ejemplo, los animales marinos. (Merav y Flaherty, 2012).

Esta técnica ha sido utilizada de manera exitosa en el estudio de la toma de decisiones alimenticias en mamíferos. Además, genera datos cuantitativos de manera continua, por lo que esta aproximación puede ser particularmente potente en la caracterización de diversos parámetros de las comunidades, tales

como el reparto de los recursos entre individuos de una especie o la dinámica de los nutrientes en las cadenas tróficas. La resolución de los patrones espaciales y temporales del uso de los recursos por parte de individuos, además de intraespecíficamente e interespecíficamente, es de fundamental importancia en la ecología animal y en la biología evolutiva, y el análisis con isótopos estables podría convertirse en una herramienta crítica en estos campos (Crawford *et al.*, 2008).

Además de todo esto, las diferencias geográficas que ocurren de manera natural en los isótopos estables han permitido a los ecólogos identificar migraciones a larga escala de mamíferos. Distintos gradientes isotópicos existen también a una escala espacial menor, lo que puede proporcionar una resolución más precisa de la ecología espacial (Crawford *et al.*, 2008).

Por último, otros estudios han conseguido determinar de manera exitosa variaciones en los valores isotópicos en los pelos de caballos causados por cambios en su dieta

Estas variaciones proceden de distintos depósitos de isótopos en estos animales, que se equilibran exponencialmente a distinto ritmo con el aporte de la dieta. Los resultados obtenidos sugieren la presencia de 3 grandes almacenes isotópicos, uno con una tasa de renovación muy rápida (probablemente determinado por diferentes procesos metabólicos que tienen lugar en el hígado), otro con una tasa de renovación intermedia (probablemente compuesto por el hígado, riñón, páncreas y el tracto gastrointestinal), y otro con una tasa de renovación muy lenta (probablemente compuesto por el músculo esquelético con contribuciones menores de órganos como el músculo cardíaco o el cerebro), siendo el primer y el último los que más contribuyen proporcionalmente al recambio isotópico en los pelos de los caballos (Ayliffe *et al.*, 2004).

2.4 Proyecto

Este TFG se desarrolla dentro del proyecto LIFE IN COMMON LAND (LIFE16 NAT/ES/000707), el cual se define como un proyecto que nace para revertir diversas amenazas que afectan a los hábitats en la Serra do Xistral, de los que destacan: el progresivo abandono de los usos tradicionales, principalmente el pastoreo, lo que da lugar a alteraciones en la composición y configuración del paisaje; la ambigüedad y poca definición en las directrices de gestión medioambiental, la degradación de los hábitats ligados a la actividad humana, el cambio climático y las difíciles condiciones de las áreas de montaña que conllevan una pérdida paulatina de la población.

3. Objetivos

El objetivo de este TFG es el análisis mediante el uso de métodos isotópicos, de, principalmente, la dieta del caballo (*Equus ferus caballus*) y el uso de la vaca (*Bos taurus*) como contraste para así poder determinar el efecto que tienen los primeros sobre la conservación de los hábitats protegidos de matorral, así como su impacto en la gestión del territorio y sobre el paisaje, en

la Sierra do Xistral y en los montes de Sabucedo. El estudio se enmarca dentro de los objetivos del proyecto LIFE IN COMMON LAND, en concreto de los siguientes:

1. Conservación de hábitats prioritarios, para los que el caballo es clave en su conservación y buen estado.
2. Promoción del uso del caballo como medida de conservación por parte de los propietarios de parcelas.
3. Profundizar en el conocimiento de la dieta del caballo.

4. Metodología

4.1 Área de estudio

El material utilizado para la realización de este trabajo fue recogido en la sierra do Xistral, y se utilizaron como contraste muestras de plantas y caballos extraídas de los montes de Sabucedo (Figura 4.).

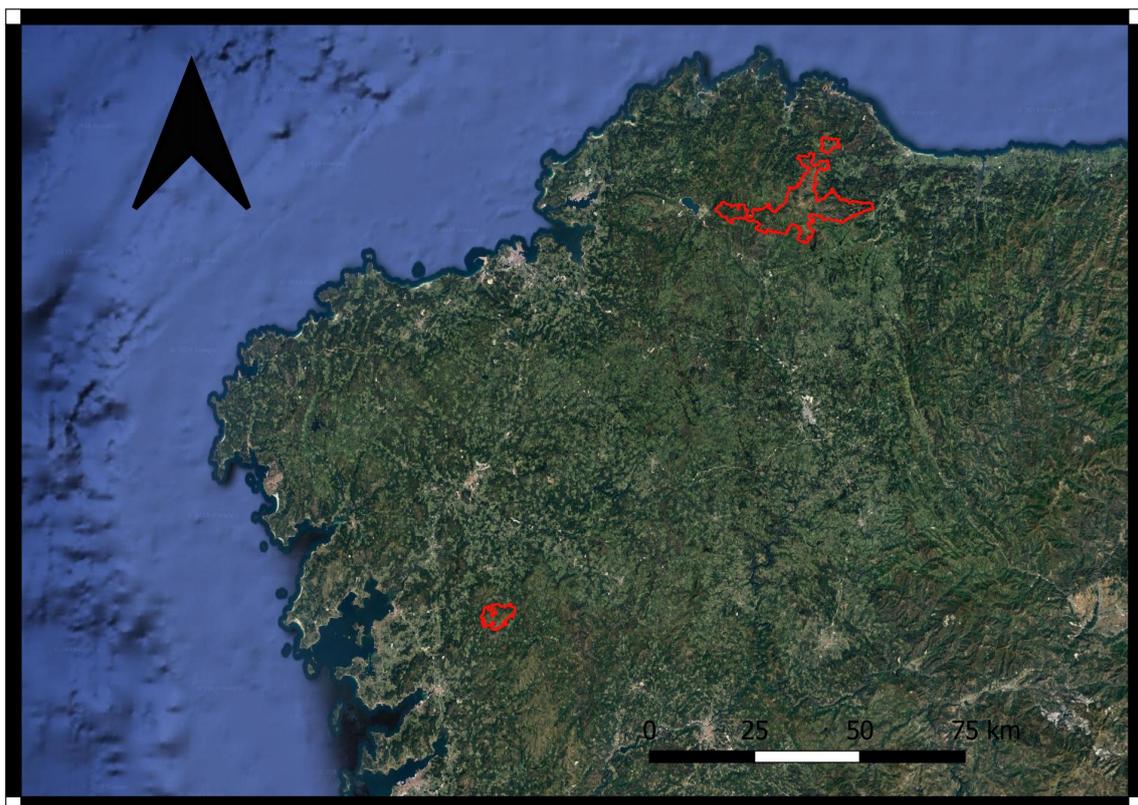


Figura 4. Ubicación de la sierra do Xistral (área de la parte superior del mapa) y del área de estudio en los montes de Sabucedo (área de la parte inferior del mapa).

La sierra do Xistral es un sistema abierto mixto de arbustivas-herbáceas, donde los caballos ocupan áreas extensas y homogéneas. Es un espacio natural declarado zona especial de conservación (ZEC), además, este lugar fue

incluido en el año 2002 en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Terras do Miño. Forma parte de la Red Natura 2000 desde el año 2004, cuenta con una superficie de 22.480,98 ha y se extiende por los ayuntamientos de Abadín, Alfoz, As Pontes de García Rodríguez, Cervo, Muras, Ourense, O Valadouro, Vilalba, Viveiro y Xermade. Se caracteriza por su abundante niebla y humedad, que permiten la existencia hábitats de turbera y brezales húmedos, y por la presencia de caballos salvajes (Izco y Ramil, 2001). La gran extensión de estos dos hábitats, ha motivado que este territorio haya sido calificado como el conjunto de turberas y brezales húmedos de mayor valor para la conservación de la biodiversidad del noroeste ibérico (www.lifeincommonland.eu/habitats). Los diversos muestreos se realizaron en puntos a 43° 31' 9" N 7° 31' 34" O y 667 metros de altura (Figura 5.).

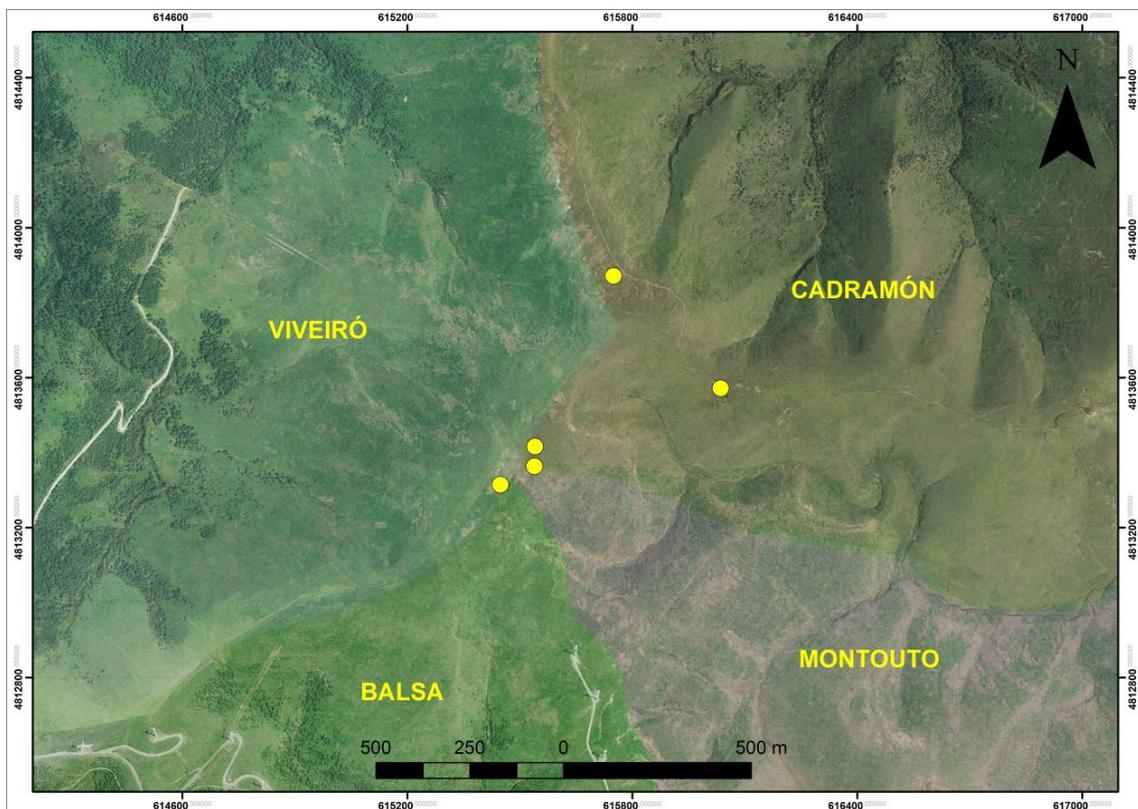


Figura 5. Puntos de muestreo de plantas, serra do Xistral. El sombreado a color corresponde a los ayuntamientos del área.

Los montes de Sabucedo que entran dentro del área de estudio se encuentran aproximadamente a 48° 24' 48" N 8° 28' 53" O, a 630 metros de altitud máxima, e incluidos en los ayuntamientos A Estrada, Campo Lameiros, Cuntis y Cerdedo-Cotobade (Figura 6.). Son montes vecinales que no están considerados como un espacio natural protegido, donde los caballos viven en libertad excepto en la época de a rapa das bestas. A rapa das bestas es una fiesta declarada de interés turístico internacional en la que vecinos y visitantes suben al monte en busca de los caballos, a los que conducen en un gran cerco a la aldea. Entonces, se lleva a cabo "o curro", donde las personas luchan con los animales para dominarlos y cortarles las crines (www.rapadasbestas.gal).

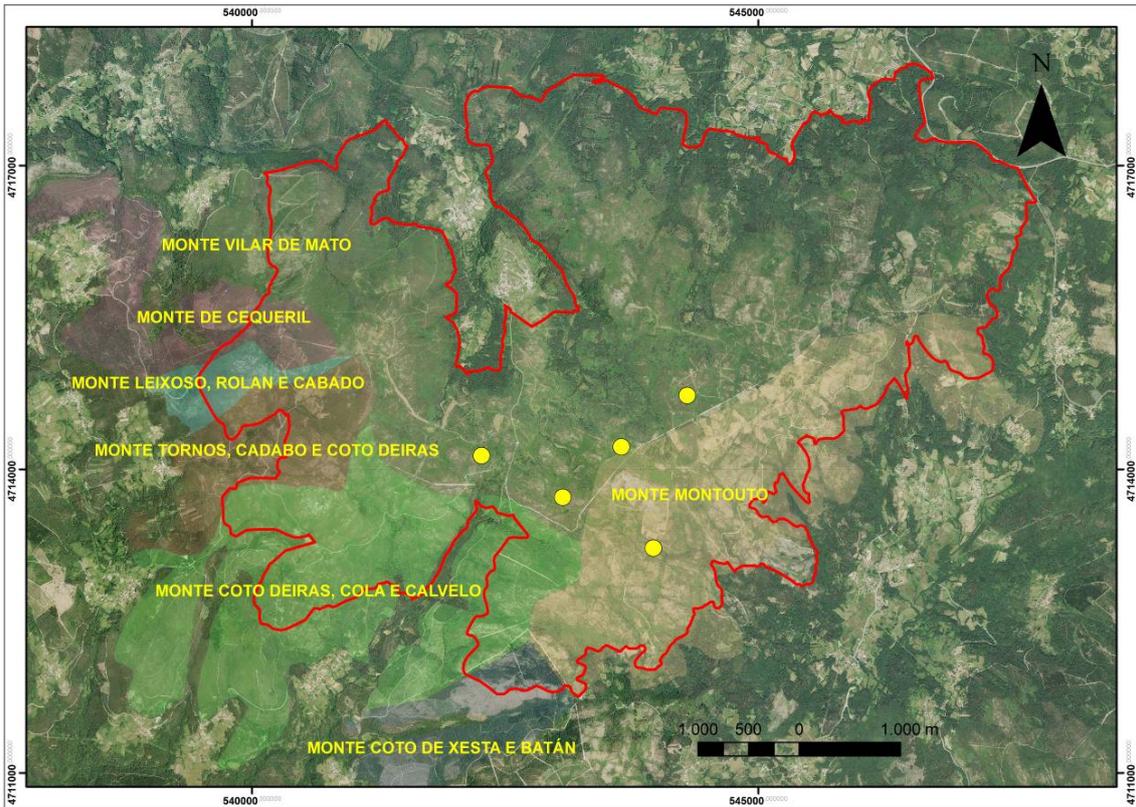


Figura 6. Puntos de muestreo de plantas, montes de Sabucedo. El área roja representa el área de estudio, los sombreados a color los límites de los montes vecinales.



Figura 7. Toma de muestras y estima de altura de formaciones de Ulex en los montes de Sabucedo.

4.2 Especies

Las especies sobre las que se van a realizar los análisis isotópicos son el caballo (*Equus ferus caballus*) y la vaca (*Bos taurus*), siendo necesaria la extracción de pelo de crin de 35 individuos de la primera especie, y de 3 individuos de la segunda. El caballo es la especie sobre la que se centra el estudio, y se ha elegido debido a su ya mencionado efecto sobre la distribución de los brezales. La vaca convive en estos ecosistemas con el caballo y esta especie se caracteriza por consumir plantas herbáceas, pero no tojos, por lo tanto, se ve afectada en la medida en que la expansión del tojo provoca una menor extensión disponible para dichos pastos (López Bao, 2013).

4.3 Recogida de las muestras

Para la realización de este trabajo se han utilizado 17 muestras de plantas (Figura 8.) de diversas especies recogidas en las sierras de O Xistral y Sabucedo (Figura 7.), 35 muestras de pelos de caballo de estas dos mismas zonas, y 3 muestras de pelos de vaca procedentes de O Xistral. Estas muestras fueron almacenadas en bolsas de papel en el caso de las plantas y de plástico en el caso de los pelos, y debidamente etiquetadas.

Figura 8. Listado de muestras de plantas

N	Muestra	Recogida	Nombre	Procedencia
1	X01	25/10/2018	<i>Calluna vulgaris</i>	Xistral
2	X02	25/10/2018	<i>Erica umbellata</i>	Xistral
3	X03	25/10/2018	<i>Erica mackayana</i>	Xistral
4	X04	25/10/2018	<i>Erica cinerea</i>	Xistral
5	X05	25/10/2018	<i>Daboecia cantabrica</i>	Xistral
6	X06	25/10/2018	<i>Agrostis canina</i>	Xistral
7	X07	25/10/2018	<i>Agrostis curtisii</i>	Xistral
8	X08	25/10/2018	<i>Molinia caerulea</i>	Xistral
9	X09	15/11/2018	<i>Ulex gallii</i>	Xistral
10	S01	25/09/2018	<i>Calluna vulgaris</i>	Sabucedo
11	S02	25/09/2018	<i>Daboecia cantabrica</i>	Sabucedo
12	S03	25/09/2018	<i>Erica cinerea</i>	Sabucedo
13	S04	25/09/2018	<i>Erica arborea</i>	Sabucedo
14	S05	25/09/2018	<i>Erica ciliaris</i>	Sabucedo
15	S06	25/09/2018	<i>Ulex europaeus</i>	Sabucedo
16	S07	25/09/2018	<i>Ulex minor</i>	Sabucedo
17	S08	25/09/2018	<i>Pteridium aquilinum</i>	Sabucedo

4.4 Tratamiento de las muestras

La preparación de las muestras vegetales en el laboratorio se llevó a cabo de la siguiente manera:

Primero se introdujo la muestra en un matraz con agua destilada y se agitó con una varilla de vidrio para eliminar residuos. Una vez eliminados, se envolvió con papel secante y se dejó secar en la campana extractora durante 1 día.

Después del secado, las plantas se cortaron en pequeños fragmentos con unas tijeras y se seleccionaron entre 200 y 300 ug de partes provenientes del tallo, de las hojas y de las flores. Estos fragmentos se trituraron en un mortero de ágata (Figura 9.) y se introdujeron en un tubo eppendorf debidamente etiquetado para su posterior análisis. Todo este proceso ha de realizarse con guantes y pinzas para evitar contaminar las muestras.

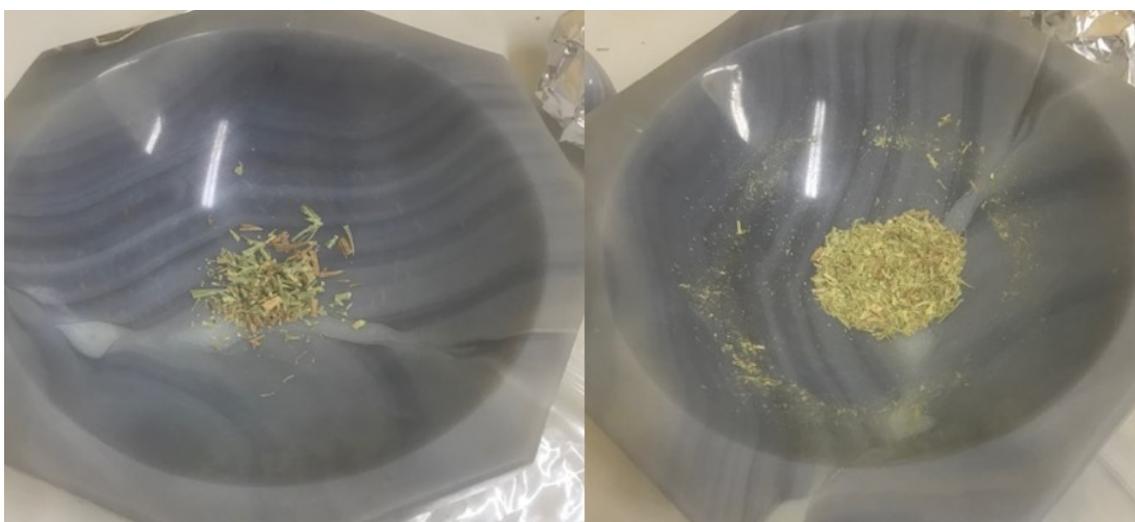


Figura 9. Tojo antes antes y después del triturado

En el caso de las muestras capilares, se utilizó el siguiente método:

Se seleccionó la parte central de pelos procedentes de la crin, evitando la raíz ya que puede dar valores distintos por la presencia de diversas proteínas distintas a la queratina. Este fragmento se introdujo en un tubo de vidrio y se lavó con una solución metanol/cloroformo (2:1, v/v) en un baño de ultrasonidos durante 1 hora para la eliminación de grasas (Mannel *et al.*, 2007). Posteriormente se cambió la solución por agua y se lavó en ultrasonidos durante 30 minutos. Por último, se taparon los tubos con parafilm, se abrió un pequeño agujero en este y se dejaron secar en la estufa a 30°C.

4.5 *Análisis isotópico*

El análisis isotópico fue llevado a cabo en la Unidad de Técnicas Instrumentales de Análisis de los Servicios de Apoyo á Investigación de la UdC mediante mediante combustión en un analizador elemental FlashEA1112 (ThermoFinnigan) unido mediante una interfase Confloll a un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas Deltaplus (ThermoFinnigan) con precisión $\pm 0,15\%$.

El espectrómetro de masas para la medida de relaciones isotópicas de isótopos estables en muestras gaseosas separa iones del elemento de interés en función de sus diferentes relaciones masa/carga (m/z). En algunos casos, los isótopos a analizar forman parte de moléculas mono o diatómicas (N_2), mientras que, en otros, el elemento de interés forma parte de una molécula o matriz compleja, siendo necesario entonces emplear sistemas de preparación de muestras que permitan disponer del elemento en forma de gas antes del análisis. Las medidas realizadas dan información de la abundancia isotópica relativa (enriquecimiento o "delta"), comparada con una referencia o patrón. En el espectrómetro de masas se medirá la relación entre las señales generadas por los haces iónicos correspondientes a los isótopos ligero y pesado de la muestra y de la referencia. Los materiales de referencia empleados poseen una abundancia isotópica y composición elemental similar a los valores esperados para las muestras. La comparación diferencial entre muestras y patrones proporciona una gran precisión y repetibilidad en el tiempo, lo que permite la determinación de diferencias muy pequeñas en la composición isotópica de dos muestras.

En el análisis de isótopos estables tanto los sistemas de preparación e introducción de muestras como la óptica iónica están especialmente diseñados para medir con extrema precisión pequeñísimas variaciones en la relación isotópica de determinados elementos. Las muestras a analizar deben presentarse al espectrómetro de masas en forma de gas puro. Además, será necesaria una instrumentación que permita la introducción secuencial y sucesiva de volúmenes de muestra y de referencia que produzcan niveles de señal comparables.

La óptica iónica de los espectrómetros de masas de análisis isotópico consiste en:

- fuente de ionización de impacto electrónico
- tubo de vuelo
- analizador magnético
- sistema multicolector

Se emplean analizadores magnéticos de simple o doble enfoque para conseguir una gran dispersión en un pequeño dominio de masas. El campo magnético se mantiene fijo y al final de la trayectoria de cada haz iónico de interés se colocan colectores múltiples de copa de Faraday. Dado que la medida a realizar debe ser extremadamente precisa, se utilizan rendijas estrechas en la fuente y anchas en el colector para obtener picos anchos y planos en los que se pueda medir con gran exactitud la altura de la señal.

Los rayos resultantes se recogen al final del tubo creando una pequeña corriente eléctrica que es medida por un ordenador, dándonos el resultado. Para obtener resultados fiables debemos evitar la contaminación y evitar los cambios en las relaciones entre isótopos derivadas de la manipulación de las muestras.

Los resultados del análisis se expresan en notación δ (delta), que expresa la diferencia de la relación isotópica de la muestra con respecto a un estándar para que los datos puedan ser comparables. La fórmula que se utiliza para el cálculo de este es la siguiente:

$$\delta X = \frac{R_{muestra} - R_{estándar}}{R_{estándar}} \times 1000$$

El δX se corresponde con la variación de la relación isótopo pesado/ligero del elemento que estamos analizando, $R_{muestra}$ es la relación isotópica de la muestra y $R_{estándar}$, el del estándar, y las unidades de medida son partes por mil.

Los estándares utilizados son Vienna Peedee Belemnite (VPDB; $\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno atmosférico (AIR; $\delta^{15}\text{N}$). Debido a que VPDB deriva de roca caliza sedimentaria, contiene altos niveles de C^{13} , por lo que la mayoría de las muestras estarán agotadas en comparación con este y estarán expresadas en valores negativos. En el caso de AIR, esta deriva del nitrógeno atmosférico así que las muestras estarán enriquecidas en comparación con este, ya no toman del aire directamente sino a partir del N disponible en el suelo, fruto de la actividad bacteriana; esa actividad conlleva ya un fraccionamiento por lo que se obtienen valores positivos.

En este estudio, el primer paso fue el análisis isotópico de todas las fuentes recogidas de alimentos de caballo y vaca para establecer que todas sus fuentes sean isotópicamente únicas. El siguiente paso fue tener en cuenta los factores tróficos de discriminación (los efectos de la asimilación y excreción en las relaciones isotópicas), los cuales para $\delta^{13}\text{C}$ VPDV son 1.8-3.4‰ (media 2.6‰ \pm 0.6‰ desviación estándar) y para $\delta^{15}\text{N}$ AIR (‰) son (+2.1‰-3.6‰) (Mannel et al., 2007). Hay que tener en cuenta que, según sugieren la gran cantidad de análisis y experimentos sobre este tema, estos factores de discriminación no son universales, ya que dependen del tamaño del animal, su edad, estado nutricional, si es herbívoro, omnívoro o carnívoro, el tejido muestreado, la composición de macronutrientes de la dieta y la eficiencia de asimilación (Merav y Flaherty, 2012).

4.6 Análisis de datos

Los datos obtenidos de la crin de los caballos y vacas fueron sometidos al siguiente análisis estadístico:

1. Se comprobó si los datos seguían una distribución normal.
2. Se hizo un análisis de la varianza mediante el Test-f para determinar si se podían asumir que las varianzas de $\delta^{15}\text{N}$ AIR y $\delta^{13}\text{C}$ VPDV eran iguales.

3. Para terminar, se realizó un Test-t para muestras independientes tanto de $\delta^{15}\text{N}$ AIR como de $\delta^{13}\text{C}$ VPDV para comprobar si había diferencias estadísticamente significativas entre los valores de estas dos variables para los caballos de Sabucedo y del Xistral y para los caballos de Xistral y las vacas.

Además de esto, los datos fueron tratados para la creación de diversas gráficas con el objetivo de realizar un estudio de esta representación en un espacio bidimensional.

También, se calculó la relación atómica **C:N**, el cual es un parámetro que nos indica la integridad de la queratina analizada. Mediante estudios previos, se sabe que esta relación, en la queratina, ha de estar entre 2,9 y 3,8 (García Vázquez, 2015).

Se calcula de la siguiente manera: $C:N_{at} = (\%C * 14) / (\%N * 12)$

5. Resultados

Los resultados obtenidos para las crines de caballo y vaca muestran valores aceptables de la relación atómico C:N, excepto en algunos casos (Tabla A1. Y Tabla A3., Anexo)

Las muestras resaltadas en la Tabla A1. (Anexo) en color turquesa son muestras cuyo análisis hubo de ser repetido, ya que en un primer intento dieron valores de relación atómica C:N inferiores a 2,9, probablemente por incluir segmentos de la raíz, que contiene otras proteínas además de la queratina capilar. Los resultados de estos valores anómalos se encuentran en la Tabla A2. (Anexo).

En el caso de las muestras de especies de plantas, se obtuvieron valores de $\delta^{15}\text{N}$ AIR y $\delta^{13}\text{C}$ VPDV coherentes con lo esperado.

5.1 Caballo y vaca

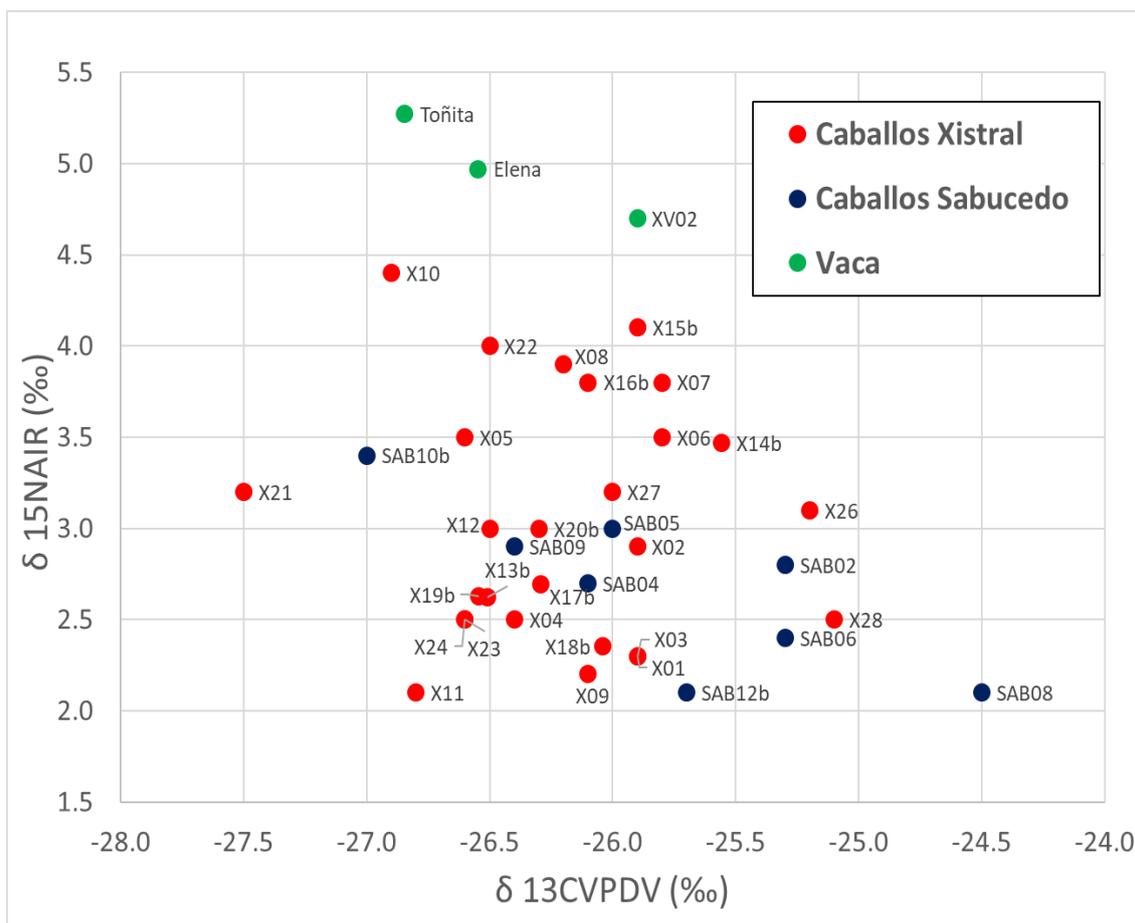


Gráfico 1. Resultados del análisis isotópico de los pelos de caballo.

Mediante la observación del Gráfico 1. vemos que hay diferencias entre las vacas y los caballos, pero, a simple vista, entre los caballos de las dos regiones no parecen existir tales diferencias. En la Tabla 1. Podemos observar los valores de media y desviación típica de los caballos, agrupados por su origen, y las vacas.

Tabla 1. Media y desviación típica de caballos (según su origen) y vacas.

δ ¹⁵ NAIR (‰)			δ ¹³ CVPDV (‰)		
Grupo	Media	SD	Grupo	Media	SD
Xistral	3.04	0.66	Xistral	-26.21	0.51
Sabucedo	2.67	0.45	Sabucedo	-25.79	0.77
Vaca	4.98	0.29	Vaca	-26.43	0.51

Al comprobar si los datos obtenidos siguen una distribución normal, con un nivel de confianza del 95%, obtenemos los siguientes p-valores:

1. Para δ¹³C VPDV: **P-valor caballos del Xistral=0.6409; P-valor caballos de Sabucedo=0.9862; P-valor Vacas=0.6008**

2. Para $\delta^{15}\text{N}$ AIR: **P-valor caballos del Xistral=0.1228; P-valor caballos de Sabucedo=0.66; P-valor Vacas=0.9423**

Dado que todos los valores son superiores a 0.05, en todos los casos rechazamos la hipótesis alternativa (los datos no siguen una distribución normal) y aceptamos la hipótesis nula (siguen una distribución normal)

Lo siguiente es realizar el Test-f para determinar si hay diferencias entre las varianzas, y con un nivel de confianza del 95% los p-valores son los siguientes:

- Xistral vs Sabucedo:
 1. Para $\delta^{13}\text{C}$ VPDV: **P-valor=0.1279**
 2. Para $\delta^{15}\text{N}$ AIR: **P-valor=0.3102**
- Xistral vs Vaca:
 1. Para $\delta^{13}\text{C}$ VPDV: **P-valor=0.8481**
 2. Para $\delta^{15}\text{N}$ AIR: **P-valor=0.3407**

En todos los casos, el p-valor es superior a 0.05, por lo que rechazamos la hipótesis alternativa (las varianzas no son iguales) y aceptamos la hipótesis nula (varianzas iguales)

Por último, realizamos el Test-t para muestras independientes, y con un nivel de confianza del 95%, obtenemos los siguientes p-valores:

- Xistral vs Sabucedo:
 1. Para $\delta^{13}\text{C}$ VPDV: **P-valor=0.08108**
 2. Para $\delta^{15}\text{N}$ AIR: **P-valor=0.1537**

Los dos p-valores son superiores a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis alternativa (no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los valores de las dos variables para cada lugar (Sabucedo y el Xistral)) y rechazamos la hipótesis nula (sí que hay diferencias estadísticamente significativas para lo antes mencionado).

- Xistral vs Vaca
 1. Para $\delta^{13}\text{C}$ VPDV: **P-valor=0.4746**
 2. Para $\delta^{15}\text{N}$ AIR: **P-valor=0.00002827**

El p-valor de $\delta^{13}\text{C}$ VPDV es superior a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis alternativa (no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de $\delta^{13}\text{C}$ VPDV para cada animal) y rechazamos la hipótesis nula (sí que hay diferencias estadísticamente significativas para lo antes mencionado).

El p-valor de $\delta^{15}\text{N}$ AIR es inferior a 0.05, por lo que rechazamos la hipótesis alternativa (no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de $\delta^{15}\text{N}$ AIR para cada animal) y aceptamos la hipótesis nula (sí que hay diferencias estadísticamente significativas para esta variable).

5.2 Plantas

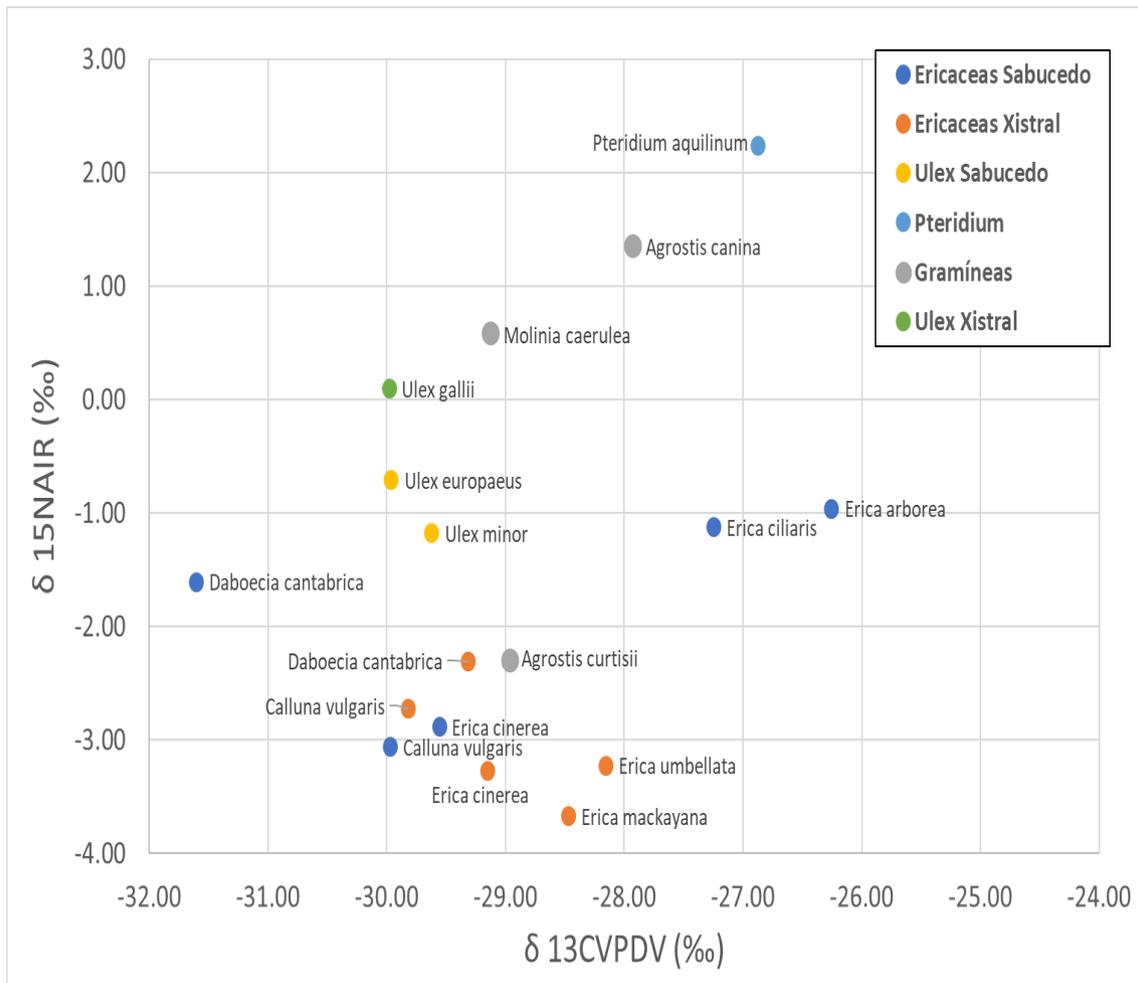


Gráfico 2. Resultado del análisis isotópico de las muestras de especies de plantas.

En el Gráfico 2, podemos observar que los pares de especies repetidas presentan valores muy similares de $\delta^{15}\text{N AIR}$ y $\delta^{13}\text{C VPDV}$, excepto en el caso de *Daboecia cantabrica* que se desvía un poco en el caso del $\delta^{13}\text{C VPDV}$. Además de esto, se ve separación entre los distintos grupos funcionales. Las gramíneas presentan unos valores muy extremos de $\delta^{15}\text{N AIR}$, mientras que las ericáceas presentan una gran amplitud en valores de $\delta^{13}\text{C VPDV}$. En la tabla 2. podemos observar los valores de media y desviación típica para los distintos grupos funcionales.

Tabla 2. Media y desviación típica de los distintos grupos funcionales de plantas.

$\delta^{15}\text{NAIR}$ (‰)			$\delta^{13}\text{CVPDV}$ (‰)		
Grupo	Media	SD	Grupo	Media	SD
Erica	-2.49	0.95	Erica	-28.95	1.5
Gramíneas	-0.13	1.93	Gramíneas	-28.67	0.65
Ulex	-0.6	0.64	Ulex	-29.86	0.2

5.3 Relación planta-caballo

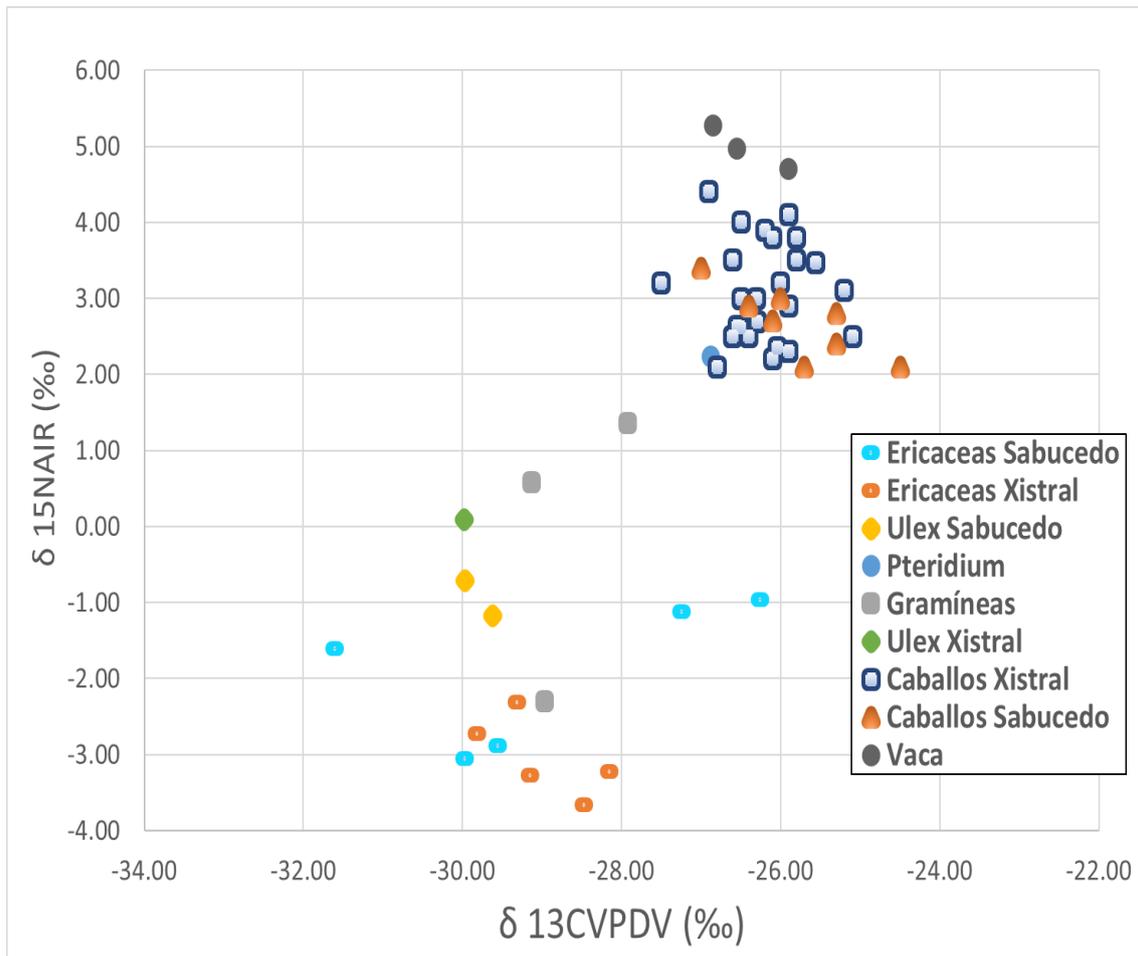


Gráfico 3. Representación comparativa de plantas y animales muestreados

6. Discusión

Los datos obtenidos mediante las pruebas llevadas a cabo han sido clave para el estudio de varios patrones presentes tanto en los caballos como en las especies de plantas a través de la técnica de los isótopos estables. Esta herramienta ha sido utilizada en otros estudios (Boecklen *et.al*, 2011), habiendo obtenido también resultados satisfactorios para la determinación de diversos factores como la dieta o el nicho ecológico, lo que lleva a pensar que el uso de esta técnica podría ser clave en estudios similares al aquí realizado a los mencionados.

6.1 Caballo y vaca

En el estudio gráfico comparativo entre los caballos de las dos regiones y las vacas del Xistral podemos observar algunas diferencias.

En el caso de los caballos, vemos que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de $\delta^{15}\text{N AIR}$ y $\delta^{13}\text{C VPDV}$ entre las dos regiones

(Xistral y Sabucedo), por lo que podemos asumir que sus fuentes de C y N son similares.

Las diferencias las encontramos entre los caballos de las dos regiones y las 3 muestras de vaca. En este caso no se observan diferencias estadísticamente significativas en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ VPDV, pero cuando nos fijamos en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ AIR encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, por lo que podemos asumir que sus fuentes de N son distintas. Las posibles razones de estas diferencias se explicarán en el apartado de relación planta-caballo

6.2 Plantas

Se observa que los distintos grupos funcionales se agrupan en unos rangos de valores similares, como se puede ver en el caso de las ericáceas y los distintos *Ulex* que tienen unos $\delta^{15}\text{N}$ AIR y $\delta^{13}\text{C}$ VPDV muy parecidos entre las distintas especies de un mismo grupo. Las gramíneas parecen presentar una mayor variabilidad atendiendo a las diferencias entre las dos especies de *Agrostis*, mientras que el helecho *Pteridium aquilinum* tiene unos valores muy distintos al resto de grupos.

Dentro de las dos poblaciones distintas de ericáceas no se puede establecer una distinción entre las plantas de Sabucedo y el Xistral, ya que las distintas especies apenas presentan diferencias de $\delta^{15}\text{N}$ AIR y $\delta^{13}\text{C}$ VPDV, ocurriendo lo mismo con los distintos *Ulex*.

Los valores bajos de $\delta^{15}\text{N}$ AIR dentro del grupo de las ericáceas podrían deberse al tipo particular de micorrizas que forman (micorrizas ericoides). El tipo de micorriza parece influenciar los valores de $\delta^{15}\text{N}$ AIR, siendo estos más altos en plantas que no forman micorrizas (como *Ulex*) o que forman ectomicorrizas o endomicorrizas (como las gramíneas) que en las ericáceas que forman las micorrizas ericoides (Hobbie y Högberg, 2012).

Por último, los datos sobre plantas no parecen ser suficientes, ya que, en algunos casos, como por ejemplo en las gramíneas, obtenemos puntos muy dispersos, por lo que sería conveniente el análisis de un mayor número de muestras de plantas.

6.3 Relación planta-caballo

Por último, tenemos el estudio comparativo entre la dieta de vacas y caballos. Lo primero sería determinar el salto trófico (trophic offset) entre dieta y queratina tanto para el C como para el N. Como se mencionó anteriormente, este suele estar entre 1-3 ‰. En este caso, la bibliografía nos dice que el salto trófico en grandes mamíferos herbívoros para $\delta^{13}\text{C}$ VPDV es: 1.8-3.4‰ (media 2.6‰ \pm 0.6‰ desviación estándar) y para $\delta^{15}\text{N}$ AIR (‰) es: (+2.1‰-3.6‰) (Mannel *et al.*, 2007).

Según esta información y, basándonos en los datos obtenidos, se puede observar que las vacas parecen alimentarse de más gramíneas que los caballos. Los resultados también indican que ninguno de los dos, vaca o caballo, parece que incorporen en su dieta muchas ericáceas; además de esto, parece corroborar que el caballo sí que incluye tojos en su dieta (algunos, los

de $\delta^{15}\text{N}$ más bajo, seguramente en mayor proporción que los demás) mientras que la vaca difícilmente se alimenta de este grupo funcional.

7. Conclusiones

- No se encontraron diferencias entre la dieta de los caballos del Xistral con los de Sabucedo a pesar de la existencia de distinta vegetación y clima en ambas localizaciones. Entre caballos y vacas, no se observaron diferencias en el $\delta^{13}\text{C}$ VPDV, pero sí en el $\delta^{15}\text{N}$ AIR, lo que indica que tienen distintas fuentes de nitrógeno.
- Los distintos grupos funcionales de plantas se agrupan en valores similares de $\delta^{15}\text{N}$ AIR y $\delta^{13}\text{C}$ VPDV para sus distintas especies.
- En las especies de plantas que se realizaron por duplicado, no se observaron diferencias atendiendo a su lugar de procedencia (Xistral o Sabucedo)
- Las vacas parecen consumir más gramíneas que los caballos, que muestran un mayor aporte de tojo. Ninguno de los dos parece incorporar ericáceas en su dieta en una proporción apreciable.

Conclusions

- No differences were found between the diet of the Xistral and Sabucedo wild ponies despite the differences in climate and vegetation between both places. Between wild ponies and cows, no differences were observed in $\delta^{13}\text{C}$ VPDV, but they existed in the case of $\delta^{15}\text{N}$ AIR, which indicates separate sources of nitrogen.
- Distinct functional groups of plants have similar values of $\delta^{15}\text{N}$ AIR and $\delta^{13}\text{C}$ VPDV between group species.
- In duplicated plant species, no differences were observed attending to their place of origin (Xistral or Sabucedo).
- Cows seem to consume more grass than wild ponies, that shows a higher contribution from gorse. Neither of them seems to incorporate heaths in their diet in a significant proportion.

Conclusións

- Non se encontraron diferencias entre a dieta dos cabalos do Xistral cos de Sabucedo a pesar da existencia de distinta vexetación e clima en ambas localizacións. Entre cabalos e vacas, non se observaron diferencias no $\delta^{13}\text{C}$ VPDV, pero sí no $\delta^{15}\text{N}$ AIR, o que indica que teñen distintas fontes de nitróxeno.
- Os distintos grupos funcionáis de plantas agrúpanse en valores semellantes de $\delta^{15}\text{N}$ AIR e $\delta^{13}\text{C}$ VPDV para as súas distintas especies.
- Nas especies de plantas que se realizaron por duplicado, non se observaron diferencias atendendo ao seu lugar de procedencia (Xistral e Sabucedo).

- As vacas parecen consumir máis gramíneas que os cabalos, que mostran un maior aporte de toxo. Ningún deles parece incorporar ericáceas na súa dieta nunha proporción apreciable.

8. Bibliografía

Boecklen, W., T. Yarnes, C., A. Cook, B., y C. James, A. (2011). On the Use of Stable Isotopes in Trophic Ecology. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 42: 411–40.

Cawford, K., McDonald, R. A., y Bearshop, S. (2008). Applications of stable isotope techniques to the ecology of mammals. *Mammal Rev.* 38(1): 87–107.

EEA Report (No 1/2004). High nature value farmland. Characteristics, trends and policy challenges. *European Environmental Agency*

Fagundez, J. (2016). Grazing effects on plant diversity in the endemic *Erica mackayana* heathland community of north-west Spain. *Plant Ecology & Diversity*, 9(2): 207-217.

Fagúndez, J., Lagos, L., Hermida J. R. (2017). Brezales, lobos y caballos salvajes en Galicia.

https://www.researchgate.net/publication/318130096_Brezales_lobos_y_caballos_salvajes_en_Galicia

García Vázquez, A. (2015). Caracterización del oso pardo (*Ursus arctos* L.) fósil en el NW de la Península Ibérica: datos morfométricos y moleculares. *Tesis doctoral*.

Graven, H., Allison, C. E., Etheridge, D. M., Hammer, S., Keeling, R. F., Levin, I., Meijer, H. A. J., Rubino, M., Tans, P. P., Trudinger, C. M., Vaughn, B. H., y White, J. W. C. (2017). Compiled records of carbon isotopes in atmospheric CO₂ for historical simulations in CMIP6, Geoscientific Model Development, 10: 4405–4417.

Henning, K., Lorenz, A., von Oheimb, G., Hardtle, W., y Tischew, S. (2007). Year-round cattle and horse grazing supports the restoration of abandoned, dry sandy grassland and heathland communities by suppressing *Calamagrostis epigejos* and enhancing species richness. *Journal for Nature Conservation*, 40: 120-130.

Hobbie, E., y Högberg, P. (2012). Nitrogen isotopes link mycorrhizal fungi and plants to nitrogen dynamics. *New Phytologist* 196: 367–382.

Izco Sevillano, J. y Ramil Rego, P. (coords.), (2001). Análisis y valoración de la sierra de O Xistral: un modelo de aplicación de la Directiva Hábitat en Galicia. *Colección Técnica Medio Ambiente, Xunta de Galicia*.

López-Bao, J. V., Sazatornil, V., Llaneza, L., y Rodríguez. A. (2013). Indirect Effects on Heathland Conservation and Wolf Persistence of Contradictory Policies that Threaten Traditional Free-Ranging Horse Husbandry. *Conservation Letters* 6: 448-455.

Merav, B-D. y Flaherty, E. A. (2012). Stable isotopes in mammalian research: a beginner's guide. *Journal of Mammalogy*, 93(2):312-328.

Männel, T., Auerswald, K., y Schnyder, H. (2007). Altitudinal gradients of grassland carbon and nitrogen isotope composition are recorded in the hair of grazers. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 583-592.

Van Wieren, S.E. (1995). The potential role of large herbivores in nature conservation and extensive land use in Europe. *Biological Journal of the Linnean Society*, 56 (1): 11-23.

Witold Bubnicki, J., Churski, M., Schmidt, K., Diserens, T., y PJ Kuijper, D. (2019). Linking spatial patterns of terrestrial herbivore community structure to trophic interactions. *eLife*, 8: e44937.

www.lifeincommonland.eu/habitats

www.rapadasbestas.gal

9. Anexo

Tabla A1. Resultados del análisis isotópico de crines de caballos /vacas

Mostra	Especie	%N	$\delta^{15}\text{NAIR}$ (‰)	%C	$\delta^{13}\text{CVPDV}$ (‰)	C:N at
X01	<i>Equus caballus</i>	14.8	2.3	44.3	-25.9	3.49
X02	<i>Equus caballus</i>	14.8	2.9	44.0	-25.9	3.47
X03	<i>Equus caballus</i>	14.8	2.3	43.9	-25.9	3.46
X04	<i>Equus caballus</i>	14.9	2.5	44.2	-26.4	3.46
X05	<i>Equus caballus</i>	14.8	3.5	44.1	-26.6	3.48
X06	<i>Equus caballus</i>	14.8	3.5	43.5	-25.8	3.43
X07	<i>Equus caballus</i>	15.0	3.8	44.2	-25.8	3.44
X08	<i>Equus caballus</i>	14.7	3.9	44.2	-26.2	3.51
X09	<i>Equus caballus</i>	14.7	2.2	43.8	-26.1	3.48
X10	<i>Equus caballus</i>	14.8	4.4	44.3	-26.9	3.49
X11	<i>Equus caballus</i>	14.8	2.1	44.4	-26.8	3.50
X12	<i>Equus caballus</i>	14.8	3.0	44.0	-26.5	3.47
X13b	<i>Equus caballus</i>	15.0	2.6	44.6	-26.5	3.48
X14b	<i>Equus caballus</i>	15.2	3.5	43.4	-25.6	3.34
X15b	<i>Equus caballus</i>	15.1	4.1	44.7	-25.9	3.45
X16b	<i>Equus caballus</i>	15.1	3.8	44.1	-26.1	3.41
X17b	<i>Equus caballus</i>	15.0	2.7	43.7	-26.3	3.40
X18b	<i>Equus caballus</i>	15.1	2.4	43.5	-26.0	3.37
X19b	<i>Equus caballus</i>	15.0	2.6	44.3	-26.5	3.46
X20b	<i>Equus caballus</i>	15.2	3.0	44.3	-26.3	3.40
X21	<i>Equus caballus</i>	19.7	3.2	45.5	-27.5	2.69
X22	<i>Equus caballus</i>	17.4	4.0	46.9	-26.5	3.14
X23	<i>Equus caballus</i>	17.5	2.5	46.0	-26.6	3.07
X24	<i>Equus caballus</i>	17.3	2.5	45.2	-26.6	3.05
X26	<i>Equus caballus</i>	14.5	3.1	45.4	-25.2	3.65
X27	<i>Equus caballus</i>	16.3	3.2	46.3	-26.0	3.31
X28	<i>Equus caballus</i>	14.8	2.5	46.8	-25.1	3.69
XV02	<i>Bos taurus</i>	16.6	4.7	45.9	-25.9	3.23
SAB02	<i>Equus caballus</i>	15.9	2.8	45.9	-25.3	3.37
SAB04	<i>Equus caballus</i>	16.2	2.7	46.6	-26.1	3.36
SAB05	<i>Equus caballus</i>	16.3	3.0	46.4	-26.0	3.32
SAB06	<i>Equus caballus</i>	17.7	2.4	46.1	-25.3	3.04
SAB08	<i>Equus caballus</i>	18.3	2.1	45.4	-24.5	2.89
SAB09	<i>Equus caballus</i>	19.6	2.9	47.1	-26.4	2.80
SAB10b	<i>Equus caballus</i>	15.0	3.4	43.8	-27.0	3.41
SAB12b	<i>Equus caballus</i>	15.3	2.1	44.5	-25.7	3.39
Toñita	<i>Bos taurus</i>	14.4	5.3	44.2	-26.8	3.60
Elena	<i>Bos taurus</i>	14.3	5.0	44.2	-26.5	3.60

Tabla A2. Valores no válidos de relación C:N en muestras de pelo de crin

Mostra	Especie	%N	$\delta^{15}\text{NAIR}$ (‰)	%C	$\delta^{13}\text{CVPDV}$ (‰)	C:N at
X13	<i>Equus caballus</i>	26.5	2.6	45.1	-26.7	1.99
X14	<i>Equus caballus</i>	23.8	3.0	43.8	-25.6	2.15
X15	<i>Equus caballus</i>	25.4	3.0	43.3	-26.0	1.99
X16	<i>Equus caballus</i>	27.7	2.9	43.8	-26.1	1.84
X17	<i>Equus caballus</i>	26.6	2.5	44.4	-26.4	1.95
X18	<i>Equus caballus</i>	28.1	2.4	43.3	-25.9	1.80
X19	<i>Equus caballus</i>	24.0	2.3	42.7	-26.7	2.08
X20	<i>Equus caballus</i>	23.9	2.5	44.5	-27.0	2.17
SAB10	<i>Equus caballus</i>	21.0	3.0	45.9	-27.4	2.55
SAB12	<i>Equus caballus</i>	22.0	2.1	45.3	-25.7	2.40

Tabla A3. Resultados del análisis isotópico de las especies de plantas

Mostra	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} (\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDV}} (\text{‰})$	Media $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} (\text{‰})$	Media $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDV}} (\text{‰})$	Especie
S01	-3.0	-30.0	-3.06	-29.97	Calluna vulgaris
	-3.1	-30.0			
S02	-1.5	-31.5	-1.61	-31.60	Daboecia cantabrica
	-1.7	-31.7			
S03	-2.9	-29.5	-2.89	-29.56	Erica cinerea
	-2.8	-29.6			
S04	-0.8	-26.2	-0.96	-26.25	Erica arborea
	-1.1	-26.3			
S05	-1.2	-27.1	-1.13	-27.24	Erica ciliaris
	-1.1	-27.4			
S06	-0.7	-30.0	-0.71	-29.97	Ulex europaeus
	-0.8	-29.9			
S07	-1.3	-29.6	-1.18	-29.62	Ulex minor
	-1.1	-29.6			
S08	2.2	-26.9	2.23	-26.87	Pteridium aquilinum
	2.3	-26.8			
X01	-2.7	-29.8	-2.73	-29.82	Calluna vulgaris
	-2.7	-29.8			
X02	-3.3	-28.2	-3.23	-28.15	Erica umbellata
	-3.2	-28.1			
X03	-3.7	-28.4	-3.67	-28.47	Erica mackayana
	-3.7	-28.5			
X04	-3.3	-29.2	-3.27	-29.15	Erica cinerea
	-3.3	-29.1			
X05	-2.3	-29.4	-2.31	-29.31	Daboecia cantabrica
	-2.3	-29.3			
X06	1.4	-27.9	1.35	-27.92	Agrostis canina
	1.3	-27.9			
X07	-2.2	-28.9	-2.31	-28.96	Agrostis curtisii
	-2.4	-29.0			
X08	0.7	-29.2	0.57	-29.12	Molinia caerulea
	0.5	-29.1			
X09	0.2	-29.9	0.09	-29.98	Ulex gallii
	0.0	-30.0			