

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLATEKNIKOA***

**PERFIL AROMÁTICO DE LA CARNE DE POTRO PROCEDENTE DE
ANIMALES ALIMENTADOS CON PIENSO CONVENCIONAL**

presentado por

LUIS PASCUAL AICUA

**GRADO EN INNOVACIÓN DE PROCESOS Y PRODUCTOS
ALIMENTARIOS**

Junio, 2017

María Victoria SARRIÉS, Profesora Titular del Área de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de la Escuela Técnica de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Pública de Navarra.

INFORMA:

Que el trabajo Fin de Grado titulado “Perfil Aromático de la carne de potro procedente de animales alimentados con pienso convencional” que presenta el alumno Luis PASCUAL AICUA, ha sido realizado en el Departamento de Producción Agraria bajo mi dirección, cumple las condiciones exigidas y autorizo su presentación.



Fdo.: M^a Victoria Sarriés Martínez

Y para que así conste, firmo el presente informe en Pamplona a 13 de junio de 2017.

AGRADECIMIENTOS

No quiero terminar mi TFG sin antes expresar todo mi agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado a lo largo de toda la carrera.

Agradecer a Kizkitza Insausti, por todas las enseñanzas, su gran disponibilidad, interés y predisposición a lo largo de estos meses para poder realizar el Trabajo Fin de Grado.

A Vicky Sarries, por toda la información prestada, ayuda y asesoramiento recibido.

A Susana García y Marta Ruiz por enseñarme a manejar en el laboratorio y preparar las muestras.

A mis compañeros, por todos esos buenos momentos vividos.

A mis amigos de toda la vida, con los que he compartido alegrías y tristezas.

Y sobre todo a mi familia, en especial a mis padres; sin ellos, nada tendría sentido.

De verdad, muchas gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES	14
2.1. Carne de caballo.....	14
2.1.1. Sector equino.....	14
2.1.2. Sistema de producción	14
2.1.3. Peligro de extinción.....	23
2.1.4. Sacrificio y tipo de carne.....	23
2.2. Compuestos volátiles.....	25
2.2.1. Compuestos volátiles.....	25
2.2.2. Métodos de medición	25
2.2.3. Importancia del flavor en la aceptabilidad de la carne y los productos cárnicos.	31
2.3. Factores que afectan al flavor de la carne	32
2.3.1. Especie y raza.....	33
2.3.2. Sexo.....	33
2.3.3. Edad de sacrificio	33
2.3.4. Dieta	33
2.3.5. Contenido en grasa	34
2.3.6. Cocinado	34
2.3.7. Efecto maduración.....	35
CAPÍTULO 3: OBJETIVOS.....	37
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	38
4.1. Material animal y alimentación.....	38
4.2. Sacrificio y toma de muestras	40
4.3. Preparación y conservación de las muestras	41
4.4. Análisis instrumental.....	41
4.4.1. Extracción de los compuestos volátiles.....	41
4.4.2. Separación y cuantificación de los compuestos volátiles.....	42
4.4.3. Identificación de los compuestos volátiles	42
4.5. Determinación de la oxidación de la grasa.....	42
4.6. Análisis estadísticos	42
CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
5.1. Perfil de los compuestos volátiles	44
5.2. Efectos principales sobre el perfil de los compuestos volátiles.	50
5.2.1 Efecto del tiempo de maduración sobre el perfil de los compuestos volátiles	50
5.2.2 Efecto de la alimentación sobre el perfil de los compuestos volátiles	51

5.3. Análisis de correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa	53
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	55
CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características de la carne de distintas especies.....	14
Tabla 2	Razas equinas españolas de aptitud cárnica.	17
Tabla 3	Datos productivos de la Raza Burguete	20
Tabla 4	Datos de producción cárnica de la Raza Burguete	20
Tabla 5	Datos productivos de la Raza de Pura Raza Gallega.....	22
Tabla 6	Fracción principal y contenido en 100 g de una proporción comestible.....	24
Tabla 7	Capacidad sensitiva de la nariz humana respecto de la NE.....	27
Tabla 8	Ingredientes del pienso convencional (%).	39
Tabla 9	Composición química del pienso convencional (%).	39
Tabla 10	Composición en ácidos grasos del pienso convencional(%).	39
Tabla 11	Composición química del pienso enriquecido de semillas de lino.	40
Tabla 12	Compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza dinámico en muestras de carne del músculo Logissimus dorsi de potro.	45
Tabla 13	Valores de frecuencia absoluta para cada uno de los compuestos volátiles, según el tiempo de maduración.	48
Tabla 14	Media de las áreas para el efecto maduración en los compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza (Media de las áreas x 10 ³).	50
Tabla 15	Medias y SEM para T0 y T12 de los compuestos que presentan diferencias significativas (Media de las áreas x 10 ³).	51
Tabla 16	Nivel de significación del efecto de la alimentación y la maduración en los distintos compuestos volátiles.	52
Tabla 17	Media y SEM de los compuestos con valores significativos para el efecto de la alimentación (Media de las áreas x 10 ³).	52
Tabla 18	Análisis de la correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa en carne cruda a T0 y T12.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Evolución de la producción total de carne equino en España	12
Figura 2.	Distribución de las explotaciones de ganado equino por CC.AA. en julio de 2015	12
Figura 3.	Exportaciones de équidos vivos españoles en el año 2015.	13
Figura 4.	Producción extensiva de la raza Burguete.....	16
Figura 5.	Ejemplar de Raza Burguete pastando en las praderas.....	19
Figura 6.	Potro de Raza Burguete con su madre.....	20
Figura 7.	Ejemplares de caballos de Pura Raza Gallega.....	22
Figura 8.	Canal de potro de Raza Burguete sacrificada en Pamplona	24
Figura 9.	Esquema del análisis cromatográfico-olfatométrico	26
Figura 10.	Esquema del acoplamiento entre la cromatografía de gases y la olfatometría	27
Figura 11.	Elementos básicos de una NE vs Sistema olfativo humano	27
Figura 12.	Esquema básico de un equipo de extracción con fluidos supercríticos:.....	29
Figura 13.	Sistema de purga y trampa.	30
Figura 14.	Esquema de la modalidad de espacio de cabeza estático	31
Figura 15.	Cavidad nasal	31
Figura 16.	La lengua y los atributos de sabor	32
Figura 17.	Perfil de los compuestos volátiles en carne cruda de potro.....	35
Figura 18.	Caballos de Pura Raza Gallega pastando.	38
Figura 19.	Media canal de potro cruzado (Burguete x Pura Raza Gallega), madurada 24 h.	40
Figura 20.	Lomos obtenidos tras el despiece.....	41
Figura 21.	Figura 21. Filete de Longissimus dorsi.	41
Figura 22.	PRA de cada familia de compuestos con respecto del total.	46
Figura 23.	Porcentaje de aparición de las familias de los compuestos volátiles.....	49

RESUMEN

La finalidad de este Trabajo Fin de Grado ha sido estudiar el perfil aromático de la carne de potro procedente de un cruce entre caballos de las razas Pura Raza Gallega y Burguete y que han sido alimentados a base de pienso convencional. Además, se ha estudiado el efecto de la maduración, analizando las muestras maduras a 0 días (T0) y a 12 días (T12).

Se realizó la extracción de los compuestos volátiles de las muestras de potro pertenecientes al músculo *Longissimus dorsi*, mediante la técnica de espacio de cabeza dinámico en un concentrador de muestras de purga y trampa. La separación e identificación de los compuestos volátiles se realizó mediante un cromatógrafo acoplado a un espectrómetro de masas. Para el análisis experimental, las muestras fueron descongeladas 24h antes y a temperatura de refrigeración y después fueron picadas y analizadas.

Viendo los resultados obtenidos, se han identificado un total de 32 compuestos volátiles pertenecientes a las siguientes familias: hidrocarburos alifáticos, aldehídos alifáticos, cetonas alifáticas, hidrocarburos aromáticos, alcoholes alifáticos, compuestos azufrados, ácidos carboxílicos, aminas, ureas, azoles, terpenoides y haluros. Los compuestos con un mayor PRA (Porcentaje Relativo de Área) fueron la 2-propanona, el pentano y el 2-metil pentano.

El compuesto que presenta más diferencias significativas con respecto al tiempo de maduración a 0 días (T0) y a 12 días (T12) es el tolueno, perteneciente a la familia de los hidrocarburos aromáticos. Este compuesto aumenta con el tiempo de maduración. Las correlaciones de los compuestos volátiles relacionados con la oxidación de la grasa indican que la oxidación de la grasa aumenta con el tiempo de maduración.

Palabras clave: Carne de potro, tiempo de maduración, compuestos volátiles, flavor, pienso convencional.

ABSTRACT

The purpose of this Project has been to study the aromatic profile of the foal meat from a crossbreed between horses of the breeds “Pura Raza Gallega” and “Burguete” and that have been fed with conventional feed. In addition, the effect of ageing was studied by analyzing samples aged 0 days and 12 days.

The volatile compounds were extracted from the foal samples *Longissimus dorsi* muscle, using the dynamic head space technique in a purge and trap sample concentrator. The separation and identification of the volatile compounds was carried out by means of a chromatograph coupled to a mass spectrometer. For the experimental analysis, samples were thawed 24 hours at refrigeration temperature and then minced and analyzed.

A total of 32 volatile compounds belonging to the following families have been identified: aliphatic hydrocarbons, aliphatic aldehydes, aliphatic ketones, aromatic hydrocarbons, aliphatic alcohols, sulfur compounds, carboxylic acids, amines, ureas, azoles, terpenoids and halides. The compounds with a higher PRA (Relative Area Percentage) are 2-propanone, pentane and 2-methyl pentane.

The compound with the most significant differences regarding ageing at 0 days (T0) and at 12 days (T12) is the toluene, belonging to the aromatic hydrocarbons. This compound increases with ageing time. The correlations of volatile compounds related to the oxidation of fat indicate that the oxidation of fat increases with ageing time.

Key words: Foal meat, ageing time, volatile compounds, flavor, conventional feed.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El caballo es un mamífero perisodáctilo de la familia de los équidos. Durante el período del paleolítico, el caballo fue un recurso con que contó la especie humana para alimentarse y proveerse de cueros para abrigarse. Considerado el último de los animales de granja en ser domesticado, hace alrededor de 5.000 años, el caballo siguió siendo animal de consumo en pueblos antiguos (arios, persas, germanos y mongoles), y en Europa, Rusia y Japón, entre otros países, hasta nuestros días (Catelli, Caviglia, Tassara, & Giménez, 2006).

Hasta el siglo XIX, raramente se consumía como alimento debido a que era utilizado en su mayoría como medio de transporte y de tiro. Se comercializó a estos efectos en algunos países europeos a principios del siglo XIX, particularmente en Francia.

Históricamente el consumo de carne equina ha ido asociado a épocas de penuria y a situaciones de emergencia (guerras y asedios), en las que se valorizaba mediante su consumo, al igual que en el resto de especies mayores, los animales criados para otros fines (tiro, silla, guerra). En la segunda mitad del siglo XIX se autoriza oficialmente su consumo en diversos países europeos. En esta época de la Revolución Industrial, la imagen de este tipo de carne era la de la “carne de los pobres y enfermos”. Se la clasificaba entonces como una carne de recurso, es decir, de consumo secundario y alternativo como lo son ahora las carnes de búfalo, cebú, camello, llama y alpaca y reno, en sus respectivas áreas geográficas de distribución y consumo (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003). Después de la Guerra Civil Española, el sacrificio de ganado equino se autorizó en 1946, modificándose posteriormente la normativa en 1955. La legislación referente a esta actividad ha sido muy estricta: “el carácter restrictivo de las disposiciones de 1968 y 1969 sobre el sacrificio del ganado equino tenía como fin principal, evitar un aumento incontrolado de los sacrificios que pudiera desencadenar una caída de los censos de equino, con el consiguiente riesgo para el abastecimiento de animales con destino a la defensa nacional”. En 1985, una nueva normativa liberaliza los sacrificios de ganado equino y la apertura de los establecimientos de venta de carne equina (Fábregas, 2002).

La producción de carne de caballo en distintos países de Europa se ha presentado como una alternativa más, dentro de las carnes de abasto y como posibilidad de aprovechamiento de terrenos marginales, no aprovechables por otras especies. Del total de existencia de caballos en Europa, aproximadamente el 2.8% corresponde a caballos dedicados a la producción de carne (Catelli, 2004) Los principales países consumidores son Italia, Francia, Bélgica y los Países Bajos, mientras que, en España, la carne de caballo no es demasiado apreciada.

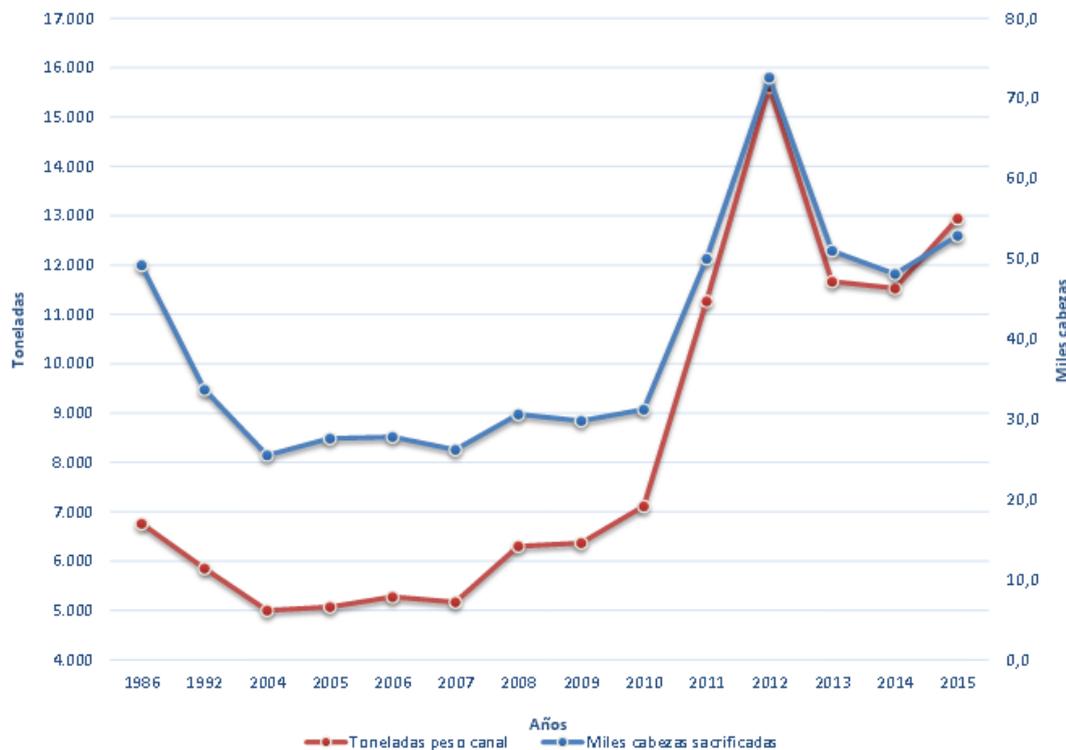


Figura 1. Evolución de la producción total de carne equino en España.

Tomado de: (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2015).

La ganadería basada en la explotación de equino en España es, históricamente, una de las más antiguas. Durante el siglo pasado ha tenido lugar un rápido y radical cambio de las orientaciones económico-productivas a las que habitualmente se venía dedicando este tipo de ganado (Figura 1).

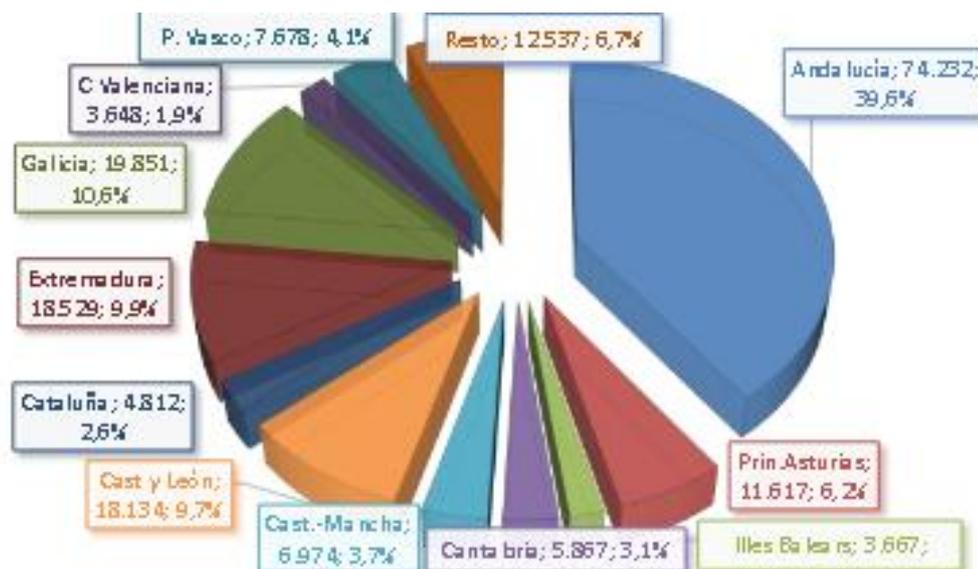


Figura 2. Distribución de las explotaciones de ganado equino por CC.AA. en julio de 2015.

Tomado de: (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2015).

En la actualidad el equino en su conjunto, y el caballo en particular, tienen el ocio, bajo múltiples formas, como principal orientación económica, aunque no hay que olvidar otras vertientes como puede ser el trabajo o la producción de carne.

A pesar de los cambios mencionados, España sigue siendo uno de los países europeos con mayor censo de equinos y la calidad genética de estas razas puras, especialmente las autóctonas y concretamente la más conocida, el Pura Raza Española, es reconocida a nivel internacional. (Figura 2). (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, s. f.-b).

En España se consume muy poca carne de caballo. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, de hecho, cifra este consumo en el 0.2% de toda la carne consumida en el país.

Por ello, ese exceso de carne de caballo producida recientemente ha ido a países donde sí hay demanda para ello como Francia, Alemania, Italia, Grecia, Rumanía, etc. (Figura 3).

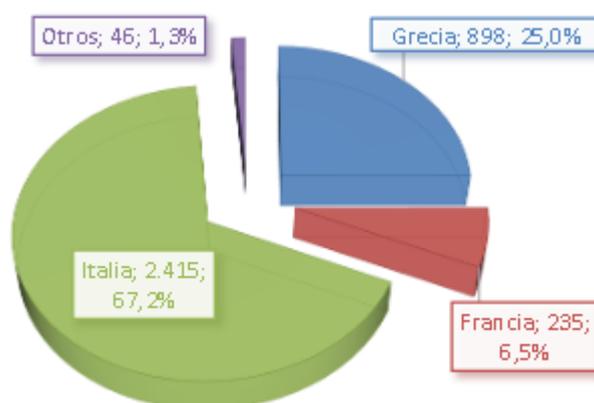


Figura 3. Exportaciones de équidos vivos españoles en el año 2015.

Tomado de Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2015.

Con los sucesivos escándalos sucediéndose por Europa tras encontrar carne de caballo en productos congelados que supuestamente contenían únicamente carne de vacuno, es inevitable hacer la pregunta de qué ocurre realmente con toda la carne que sale de las fronteras españolas (Aranda Barandiain, L., 2013).

El sector de la venta de caballos, se reactivó en el año 1991 después de la crisis que supuso la epidemia de la peste equina africana en España. Esta fue una de las mayores crisis que atravesó este sector con el cierre de las fronteras, que supuso la paralización de toda actividad comercial o promocional de este sector (Pinaya Salazar, K.A., 2008).

Dentro del marco internacional, la creciente demanda de ocio por todos los estratos sociales ha influido positivamente en el empleo del caballo, impulsando el desarrollo de las diferentes disciplinas ecuestres, así como la cría de razas puras (Pinaya Salazar, K.A., 2008). Además, en España, las razas destinadas a la producción de carne se han mantenido e incluso han aumentado (FAOSTAT, s. f.), debido a la demanda de la carne de caballo.

Hoy en día, la carne de potro es un producto alimenticio con escasa oferta y demanda en el consumo de derivados cárnicos. Si la comparamos con el resto de las carnes de abasto, este producto en España a pesar de situarse en un mercado muy minoritario, las crisis alimentarias están potenciando el interés hacia este tipo de carne (Sarriés, M.V., Goñi, M.V., & Beriain, M.J., 2005).

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

2.1. Carne de caballo

2.1.1. Sector equino

Existen pocos estudios generales del sector equino en nuestro país. Los que hay estudian aspectos regionales o parciales, limitados al caballo de Pura Raza Española, instalaciones hípicas, producción cárnica, etc. Para intentar solventar en parte estas carencias, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación ha puesto en marcha un plan sectorial general; uno de sus primeros objetivos será un mejor conocimiento del sector (Molina, A., 2008).

El consumo de la carne de potro es marginal con respecto a la de ternera, pollo o cerdo. La carne de caballo presenta ventajas tales como un rendimiento canal cercano al 70% y una excelente calidad nutricional, con bajo contenido graso, rico en hierro hemo, bajo colesterol y un perfil de ácidos grasos con altos niveles de insaturados y vitamina B (Franco, D., Temperán, S., & Lorenzo, J.M., 2011).

2.1.2. Sistema de producción

Existe una gran variedad de sistemas productivos de ganado equino, desde los más extensivos de las explotaciones de caballo de abasto, hasta los más intensivos de los criaderos de ganado para la silla y el deporte.

Debido al bajo consumo de carne de caballo en nuestro país, la importancia de las explotaciones caballares de aptitud cárnica es poco significativa. La poca estima del consumidor español hacia la carne de caballo se debe, fundamentalmente, a los siguientes motivos:

- El uso exclusivo de los equinos como fuerza de tiro en la mayor parte de España, y el hecho de que incluso el consumo de carne de caballo estaba prohibido por la Iglesia.
- Actualmente, el caballo es considerado como un “animal de compañía” o como una mascota por una gran parte de la sociedad, lo que impide que se incremente la demanda de carne equina.

Sin embargo, hay otros países europeos (como puede ser Francia) en los que el consumo de carne de caballo es bastante importante. De hecho, la carne de caballo presenta unas características acordes con la demanda actual del mercado (carne magra y con poca grasa) (Tabla 1), que en teoría podría ser bien aceptada por los consumidores (Acero Adámez, 2009).

Tabla 1 Características de la carne de distintas especies.

Tomado de: («Asociación de Criadores de Ganado Equino de Raza Hispano Bretón en Cantabria / Manadas», s. f.). Fuente: Elaboración propia

	Vacuno	Porcino	Ovino	Equino
Calorías/kg	149	293	318	112
Grasas (%)	7,4	24	27	2,5
Proteínas (%)	20,1	17,65	16,85	21,5

Alimentación

La mayoría de los caballos que no se encuentran abocados a la realización de una actividad productiva, como las siguientes: reproducción, gestación, lactación, crecimiento, engorde, trabajo y deporte, requieren solamente una dieta de mantenimiento. Esta es la condición en la que el animal mediante el alimento ingerido no gana ni pierde peso, pero además le permite mantener el metabolismo corporal básico, la renovación de las células y tejidos de su cuerpo y la temperatura corporal; estas necesidades básicas pueden ser satisfechas mediante un buen pasto. Estas

necesidades dependerán de la zona, de la época del año y del ciclo de producción de las mismas. Generalmente los pastos naturales son bien utilizados por los equinos, y cuando son de buena calidad aportan una importante cantidad de proteínas.

En el caso de los animales en crecimiento, yeguas gestantes o lactantes, o en aquellos caballos que efectúan un trabajo intenso o sometidos a una actividad deportiva, por su actividad tienen mayores necesidades nutritivas, por lo tanto, estos animales requieren la incorporación a la dieta de una o varias sustancias que les permitan complementar la alimentación que en ese momento no satisface sus exigencias. Por lo tanto, se les debe añadir a la alimentación básica (pasto o heno) otro elemento llamado concentrado o suplemento con la finalidad de obtener un alimento equilibrado de acuerdo a sus requerimientos, permitiendo de esa manera alcanzar un mejor beneficio fisiológico de su potencial.

Manejo de los animales

En cuanto al manejo de las yeguas, éstas pasan todo el año o la mayor parte de él al aire libre (únicamente en algunas explotaciones son estabuladas durante el invierno). Durante el verano aprovechan los pastos de las zonas más altas, cuando acaba éste (octubre-noviembre) se recogen y se las traslada a los pastos más bajos y cercanos a los pueblos. En los meses de invierno es frecuente que reciban algún tipo de suplementación (generalmente a base de forrajes, siendo raro el empleo de concentrados).

En la mayoría de los casos, las explotaciones cuentan con un semental que cubren a las yeguas mediante monta natural, siendo frecuente que, debido al escaso nivel de alimentación, las fertilidades en estas yeguadas sean bajas. Los partos se producen en primavera (de febrero a junio).

Desde noviembre, en la época de partos y cubriciones, los sementales y yeguas no están en contacto en la mayoría de los casos. Los sementales permanecen aislados unos de otros en el periodo que están separados de las yeguas. En algunos casos, en épocas próximas a las cubriciones, los sementales se separan para suplementarlos y que lleguen a la cubrición en buen estado corporal (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003).

Generalmente, la reposición se deja en la misma explotación. Estas potras, cuando se recogen en octubre o noviembre, suelen ser apartadas del resto de la yeguada, para aportarles un mayor nivel de alimentación. Lo habitual es que la primera cubrición se produzca a los 3 años, aunque si se las suplementa en abundancia, ésta se puede adelantar. Las yeguas son muy longevas, pues pueden seguir siendo productivas hasta los 20 años.

Los potros suelen ser vendidos una vez destetados en octubre-diciembre (con unos 6 meses), aunque en ocasiones se les somete a un proceso de acabado alguna semana antes de la venta. El destino de estos potros puede ser el sacrificio como lechales o los cebaderos, donde son engordados a base de concentrados (Acero Adámez, 2009).

Explotaciones de cría

En las ganaderías se lleva a cabo una selección rigurosa en función de las cualidades morfológicas y funcionales de los caballos y yeguas destinándolos, según éstas, a la reproducción, al deporte o al ocio. Estas explotaciones pueden vender potros recién destetados, potros de 2-3 años sin domar y/o potros o caballos domados, en función de las instalaciones y personal con los que cuenten.

El régimen de explotación va desde semi-intensivo a extensivo. Estas explotaciones suelen contar con instalaciones exteriores (prados o pastos), alojamientos (tanto para sementales como para la yeguada) y otras infraestructuras (andadores, picaderos...).

Los sistemas más extensivos son frecuentes para las explotaciones de cría y selección de razas autóctonas de aptitud cárnica. Suelen encontrarse en zonas de montaña (lugar natural de explotación de este tipo de razas) y apenas si cuentan con algún tipo de cercado, refugio o establo rudimentario y algún corral donde realizar los tratamientos sanitarios.

La reproducción en estas yeguas suele realizarse mediante montas dirigidas o mediante inseminación artificial. Por otra parte, otro aspecto muy importante en este tipo de explotaciones es el control sanitario, dado que las yeguas de cría y selección pueden ser públicas (centros autonómicos, yeguas militares...) o privados (ganaderías individuales o colectivas-sociedades anónimas). Se encuentran principalmente en las zonas montañosas de la mitad norte peninsular, áreas en las que las yeguas y caballos se alimentan a partir del aprovechamiento de los recursos naturales (en muchos momentos del año escasos).

Las razas que se explotan suelen ser las autóctonas de cada zona, razas muy rústicas y bien adaptadas a las condiciones particulares de esos ecosistemas. Algunas de las más empleadas son: Burguete, Pura Raza Gallega, Asturcón, Losino, Hispano-Bretón, Jaca Navarra, Caballo de Monte del País Vasco, etc.

Estas explotaciones siguen regímenes de producción extensivos (Figura 4). Suelen tratarse de ganaderías con un número pequeño de animales, sin apenas instalaciones (en algunas ocasiones algún tipo de establo antiguo, que puede ser compartido con alguna otra especie), y una escasa o nula mecanización.



Figura 4. Producción extensiva de la raza Burguete.

Tomado de: (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, s. f.-a).

Instalaciones

Explotaciones de cría y selección de Razas Puras

Las explotaciones semi-intensivas suelen disponer de instalaciones exteriores o pastos, boxes y/o naves cubiertas. En ocasiones, también se dispone de parideras, sala o potro de exploración, naves para diferentes servicios, duchas para caballos, mangas de manejo, picadero al aire libre.

Las explotaciones intensivas pueden poseer, aparte de las mencionadas, instalaciones aún más sofisticadas destinadas a la reproducción (sala de cubriciones, laboratorio), atención veterinaria (sala de exploración y hasta quirófano) o incluso instalaciones hípcas para la selección y entrenamiento de los reproductores (picadero cubierto, pistas de galope, salto o doma).

Las explotaciones en régimen extensivo, se caracterizan por poseer una inversión muy inferior en instalaciones, contando normalmente con zonas de pastos y, en ocasiones, pequeñas naves o zonas techadas donde los animales se puedan proteger de las inclemencias del tiempo. No suelen disponer de boxes para alojar a los animales ni otras instalaciones propias de otro tipo de explotaciones de cría.

Explotaciones de equino de aptitud cárnica

Las explotaciones de cría, de carácter extensivo, presentan las mismas características que las explotaciones extensivas de cría y selección.

En las explotaciones de cebo, de carácter intensivo, los animales suelen estar estabulados en naves techadas, compartimentadas separando a los caballos en lotes de 20-30 animales. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003).

Higiene

Las explotaciones equinas se caracterizan, en su conjunto, por poseer unas instalaciones que, en muchos casos, las diferencian de otros tipos de explotaciones ganaderas.

Sin embargo, hay instalaciones que sí son comunes en los distintos tipos de explotaciones equinas, como es el caso de la disposición de unas duchas para caballos. Son zonas dotadas de mangueras y sumidero para la propia limpieza de los animales (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003).

Razas

Razas equinas españolas de aptitud cárnica

La cría del caballo de carne en España ha estado tradicionalmente limitada al Norte peninsular: Asturias, Cantabria, norte de Castilla-León, País Vasco, Navarra, La Rioja y Cataluña, principalmente. En estas regiones, el cruce de yeguas del país con sementales foráneos dio lugar a las principales poblaciones de equino de carácter cárnico de España que se muestran en la Tabla 2 : («Asociación de Criadores de Ganado Equino de la Montaña Asturiana», s. f.).

Tabla 2 Razas equinas españolas de aptitud cárnica.

Disponible en:(Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003).Fuente: Elaboración propia.

CC.AA.	Razas
Navarra	Burguete y Jaca Navarra
País Vasco	Caballo de Monte de País Vasco y Pottoka
Castilla y León	Hispano-Bretón y Losino (Burgos)
Galicia	Pura Raza Gallega
Cataluña	Hispano-Bretón
Cantabria	Monchino
Asturias	Asturcón

Raza Burguete

a) Origen y desarrollo

La raza “Burguete” tiene un origen no muy lejano y radica en el cruce de la yegua indígena tipo “Jaca Navarra” con caballos franceses tales como el “Bretón”. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, s. f.-a).

Al principio, en la Comunidad Foral de Navarra, no existía ninguna especie de caballos dedicada a la producción de carne de potro, sino que el objetivo principal era producir caballos de carga o de tiro.

En este objetivo de producir animales de tiro y de carga se introdujeron sementales de razas foráneas para dar mayor conformación a las poblaciones autóctonas (Jaca Navarra). Estas razas foráneas eran Trait, Postier Bretón, Percherón, Ardanés y Contois («Raza Burguete», s. f.).

Esta raza es una raza autóctona, presente en la Comunidad Foral de Navarra, la cual desde tiempos atrás ha disfrutado de gran prestigio entre las zonas vecinas. En un principio como animal de trabajo, hasta llegar a nuestros días, cuya aptitud está dirigida a vocación cárnica, por lo que

es importante el proceso de selección de la misma con el fin de obtener dicho patrimonio genético y mejorar los productos obtenidos (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, s. f.-a).

b) Distribución geográfica

El caballo “Burguete” es autóctono de la zona Noroeste de Navarra, propio de localidades como Burguete, Arrieta, Villanueva, Isaba, pero también es posible encontrar ejemplares en el oeste (Urbasa, Andía) (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, s. f.-a).

c) Características morfológicas

La raza Burguete está constituida como una raza dotada de rusticidad y vocación cárnica: tendiendo a la subhipermetría, mediolínea y de perfil recto, subcóncavo (Figura 5).

Debe de ser un animal vivaz, armónico, proporcionado y de buen desarrollo y conformación. Su desarrollo es relativamente precoz alcanzando la plenitud a los tres o cuatro años. Alzada proporcionada a su longitud y vientre desarrollado sin ser excesivamente recogido.

En cuanto a piel, pelo y mucosas hay que destacar capas alazanas y castañas en todas sus variedades. Pueden aparecer ejemplares con cordón, estrella o calzados, pero éstas se consideran características no deseables. La lengua y las mucosas internas deben de ser de color rosado.

La cabeza es armónica, piramidal y de tamaño pequeño respecto al conjunto. Posee perfil recto-subcóncavo, con ligera convexidad a la altura de la región nasal. Frente amplia y maxilares potentes, aunque no muy engrosados. Orejas de talla media o pequeñas, móviles y cubiertas por dentro con pelo fino. Ojos de expresión viva, ollares amplios y dilatados. Cuello de longitud media, recio y musculado, tendencia a cuello de gallo y con abundante crinera.

El pecho es ancho, musculoso, incluso partido. La espalda está bien desarrollada, sólidamente unida la tronco. El tórax suele ser profundo y con costillares redondeados, dando la sensación de tonel.

La cruz del dorso es amplia pero no muy pronunciada y bien unida con el cuello. El tronco se caracteriza por una línea dorso-lumbar musculosa y amplia, pudiendo ser algo ensillada.

La grupa es ancha, larga y doble. El nacimiento de la cola es de altura media, muy poblada y larga, llegando hasta la cuartilla.

En cuanto a los órganos genitales y ubres hay que decir que este tipo de animales poseen unos testículos normalmente desarrollados, bien descendidos y de correcta formación anatómica. En las hembras, las ubres están bien formadas y de correcta inserción, con pezones bien desarrollados y correctamente implantados, de color oscuro y sin pilosidad.

El formato del desarrollo corporal debe tender a medio proporcionado.

Los muslos y nalgas están muy desarrollados y bien descendidos, con tendencia a la convexidad y líneas curvas. Las extremidades son de longitud media y proporcionadas, robustas, potentes, con articulaciones marcadas. La cuartilla de escasa longitud. Hay presencia de espolones y cernejas con pelo abundante. Los aplomos suelen ser correctos, cascos duros y de suelas anchas («ITG Ganadero - Raza Burguete», s. f.).

d) Sistema de producción y alimentación

El sistema de explotación actual consiste en la conducción del ganado Burguete a los montes o sierras circundantes a los valles en primavera, para dejarlos en libertad aprovechando los pastos de primavera, verano y parte del otoño.

La ubicación de las yeguas en primavera es importante por tratarse de la época que coincide con los partos. Se ven diferencias entre unas zonas y otras de Navarra en este aspecto. Así pues, los ganaderos de la zona pirenaica procuran tener sus animales en zonas próximas (prados, bordas,

etc), con el fin de poder controlarlos mejor, en contraposición con el resto de zonas, donde pastan en comunales y sierras.

La estación invernal se caracteriza por la escasez de recursos de que disponen los caballos y por lo riguroso de la climatología, por eso los animales se sustentan en zonas próximas a los pueblos ya sean comunales o prados.

La alimentación del caballo Burguete se caracteriza por ser muy tradicional ya que es un explorador de recursos y sólo se le suplementa en períodos críticos, si exceptuamos al semental, del que el ganadero se preocupa más a lo largo del año. La complementación de alimentos al ganado equino por parte del ganadero se suele producir fundamentalmente en invierno debido a lo escaso de los recursos y se suele utilizar heno, concentrado y paja. En la alimentación especial que recibe el semental, las principales materias primas utilizadas son: avena, habas, cebada y forraje.



Figura 5. Ejemplar de Raza Burguete pastando en las praderas.

Fuente propia

e) Reproducción

Las yeguas son cubiertas por primera vez a una edad de aproximadamente 3 años, ya que a esta edad ya se puede considerar que han alcanzado un desarrollo corporal suficiente. Por idénticas razones, son parecidas las recomendaciones hechas para los sementales, siendo la media de la primera monta de 2 años y 10 meses.

En el Pirineo no llega al 50% de ganaderos que realizan cubriciones en libertad, mientras en Aralar ronda el 75%, el 80% en Urbasa-Andía y el 90% en el caso de Baztán-Bidasoa. Este parámetro está muy relacionado con la localización de las yeguas en épocas de cubriciones. De hecho, multitud de operaciones de manejo ejercidas sobre las yeguas dependen directamente de su ubicación durante esta época. Considerando únicamente los casos de cubriciones controladas, el número de saltos varía desde 2.67 del Pirineo hasta los 3.33 de Urbasa-Andía, pasando por los 2.87 y 3.26 de Baztán-Bidasoa y Aralar, respectivamente. La media se sitúa muy próxima a los 3 saltos.

Los sementales de las explotaciones son en su mayoría de la raza Burguete y las reposiciones se realizan mayoritariamente con animales de esta raza, procedentes de la misma zona, y directa o indirectamente conocidos a través de su descendencia. La compra de animales procedentes de Francia está cobrando en los últimos años una especial importancia. Cada vez se recurre con más frecuencia a animales de otras poblaciones o razas, debido a que la tendencia actual de los ganaderos es buscar animales con buena aptitud cárnica.

Los ganaderos que realizan diagnóstico de gestación en los animales no llega al 2%. Transcurridos los 335-340 días de gestación se producen los partos de las yeguas en primavera

(Figura 6). El lugar donde paren las yeguas da una idea del mayor nivel de profesionalización que caracteriza al sector de la zona del Pirineo. Así pues, el lugar de parto en el Pirineo es en el 82% de los casos en el prado o en la cuadra; sin embargo, en Urbasa-Andía son los montes donde mayormente paren las yeguas, donde el ganadero no puede ejercer ningún control. En Aralar, el emplazamiento del parto más habitual se produce en los prados y en Baztán-Bidasoa se reparte entre montes y prados (Tabla 3 y Tabla 4) («Raza Burguete», s. f.).

Los datos productivos y de producción cárnica para la Raza Burguete se muestran a continuación en la Tabla 3 y en la Tabla 4 .

Tabla 3 Datos productivos de la Raza Burguete

(«Raza equino caballar BURGUETE - Datos productivos», s. f.). Fuente: Elaboración propia.

Edad madurez hembras (años)	2
Edad madurez machos (años)	2
Edad media reproductores machos (años)	12
Edad media reproductores hembras (años)	10
Edad media al primer parto (años)	4
Número de partos al año	1
Prolificidad	1

Tabla 4 Datos de producción cárnica de la Raza Burguete

(«Raza equino caballar BURGUETE - Datos productivos», s. f.). Fuente: Elaboración propia.

Ganancia media diaria (media; gr/día)	1000
Edad al sacrificio (media, meses)	15
Peso canal (media, kg)	275
% Rendimiento canal	60

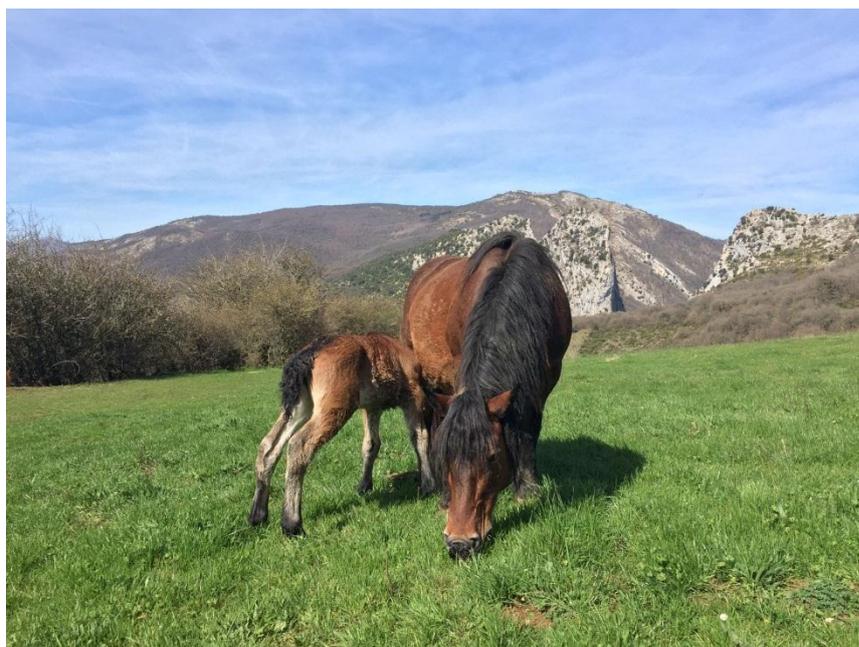


Figura 6. Potro de Raza Burguete con su madre.

Fuente propia.

Raza de Pura Raza Gallega

a) Origen y desarrollo

Esta raza es originaria de Galicia, se tienen datos de su existencia desde el siglo XV («Raza equino caballero CABALLO DE PURA RAZA GALLEGA», s. f.).

Proviene fundamentalmente de zonas montañosas, vegetación leñosa y escaso forraje. Denominada antiguamente como raza Gallega, Cabalo Galego do Monte, Burras Galega o Galiciana, Faca Galega, éstos fueron sustituidos por el actual Caballo de Pura Raza Gallega.

Originada a partir del prehistórico caballo español con influencia de los caballos de tipo celta atlántico europeo, ya en la época romana existe bibliografía que menciona a esta población en Galicia (Plinio, Estrabón, Silvio Itálico, Columela). Se llegó a extender incluso por toda la geografía nacional hasta la época de la mecanización que la relega a un segundo plano (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

b) Distribución geográfica

Esta raza se distribuye por el noroeste de España, en la Comunidad Autónoma de Galicia. También recibe las denominaciones de Poni Gallego, Caballo gallego, Faca Galizana, Burras, Faco o Cebro (Checa Cortés, M.L., 2004).

Se encuentran ejemplares en el norte de la provincia de Lugo y su área limítrofe de la provincia de A Coruña, también tiene importantes poblaciones en el sur de Pontevedra. Puede encontrarse en todas las provincias gallegas, muy relacionada con la propiedad de terrenos comunales (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, s. f.-c).

Fundamentalmente se encuentran en zonas montañosas de 800 m a 1000 m de altitud de temperaturas medias pero muy húmedas.

c) Características morfológicas

La cabeza es siempre grande, pesada y generalmente alargada (Figura 7). Su longitud supera un tercio de la alzada, la frente plana no muy ancha y con abundante tupé. Órbitas mal delimitadas y salientes, ojos pequeños, orejas cortas, móviles y velludas. Tiene los labios muy desarrollados, firmes y duros, frecuentemente con un bigote en el superior y el hocico es pequeño con ollares no muy anchos.

El cuello es corto, recto y piramidal. Es plano y descarnado, se inserta de forma poco armónica en la espalda. Lo puebla una abundante crinera, con pelos largos y bastos.

De cruz destacada y región dorsolumbar arqueada por el peso del vientre, posee lomos estrechos y despegados de la grupa.

El tórax es muy aplanado, con los costillares poco arqueados tiene un pecho estrecho y hundido y espaldas reprimidas. Su vientre es voluminoso, a consecuencia de una alimentación fibrosa.

Tiene la grupa derribada, regularmente oblicua, y nalga de escaso desarrollo muscular.

Las extremidades anteriores son cortas en comparación con la alzada; de aplomos regulares, con cierta tendencia general al izquierdo y a los animales un poco plantados hacia adelante. Poseen espalda corta y poco oblicua. En las extremidades posteriores son estrechos de corvejones y algo zancajosos. Ambas, delanteras y traseras, poseen cañas delgadas recubiertas de una piel fina y tersa.

La piel es gruesa y adherida al tejido muscular subcutáneo, con un pelaje abundante que varía con las estaciones del año. Poseen cernejas pobladas. El bigote constituye un carácter racial muy significativo y está presente en el labio superior de un buen número de ejemplares.

El casco es de volumen pequeño y poseen un estuche córneo excelente con la tapa compacta, poco lustrosa sin ceños ni resquebrajamientos. Posee espejuelos en ambas extremidades.

La capa característica del Caballo de Pura Raza Gallega es la capa castaña que alterna con otras menos numerosas, alazañas, negras y tordas. Son frecuentes las manchas blancas en la cabeza, estrellas y luceros, y en la parte inferior de las extremidades (Checa Cortés, M.L., 2004).



Figura 7. Ejemplares de caballos de Pura Raza Gallega

Fuente: («Asociación Pura Raza Cabalo Galego», s. f.-a).

d) Sistema de producción y alimentación

El caballo de Pura Raza Gallega, criado en condiciones de semilibertad tradicionales, tiene una distribución marcadamente atlántica, muy vinculada al tipo de vegetación natural, en especial al género *Ulex*, (*Ulex europaeus* y *Ulex minor*). Socialmente está basado en territorios gestionados por Comunidades de Montes Vecinales que a día de hoy suponen un tercio de la superficie forestal gallega.

El sistema de cría es sencillo y al mismo tiempo está perfectamente adaptado a las condiciones naturales de la orografía y clima gallegos, con pastos de matorral en zonas de media montaña. Su alta rusticidad hace que su ciclo vital esté acoplado a los ciclos de crecimiento de los vegetales de los que se alimenta. Así, una gran mayoría de los potros nacen en la primavera, durante los meses de abril y mayo, aprovechando de esta manera el pico de producción forrajera de los montes gallegos. Estos potros se alimentan únicamente de leche y pasto hasta su destete aproximadamente a los seis meses (Xunta de Galicia, 2013).

Su sistema de explotación es extensivo asilvestrado en su modalidad más extrema, por lo que también se denomina caballo salvaje o bestas bravas. Se suelen agrupar en montes de propiedad estatal, autonómica o municipal en manadas, llamadas greas, de tamaño variable que se sitúa entre 10-15 hasta 40-50 ejemplares. Suelen ser de propiedad múltiple o comunal, recibiendo el nombre del semental o del asentamiento. Su régimen alimenticio es único y está basado en el pastoreo. Anualmente las manadas se recogen en cercos llamados curros, donde se realizan labores de manejo, además de la esquila de crines y colas, y desinsectación y desparasitación y control de nacimientos. Se denomina rapa das bestas, actividad que ha adquirido un gran interés turístico.

Por sus características la raza se utiliza como caballo de silla, con el atractivo de la ambladura para la equitación moderna y para enganches deportivos o de recreo. Igualmente se está utilizando para competiciones de carreras de fondo RAID, iniciación al salto de obstáculo en la categoría ponis y para la doma (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

e) Reproducción

Los datos productivos de esta raza se presentan a continuación en la Tabla 5 :

Tabla 5 Datos productivos de la Raza de Pura Raza Gallega

Fuente: («Raza equino caballar CABALLO DE PURA RAZA GALLEGA», s. f.). Elaboración propia.

Edad madurez hembras (años)	3
Edad madurez machos (años)	3
Edad media reproductores machos (años)	6
Edad media reproductores hembras (años)	6
Edad media al primer parto (años)	4
Número de partos al año	0,9
Prolificidad	1

2.1.3. Peligro de extinción

Según el MAPAMA, la raza Burguete, dentro de la clasificación oficial de razas equinas, es una raza autóctona en peligro de extinción.

Para evitar que la raza siga en peligro de extinción se estimó necesario realizar un Programa de Recuperación y Conservación de la Raza en colaboración con el departamento de Producción Agraria de la Universidad Pública de Navarra.

El primer paso para llevar a cabo este programa es definir e identificar los rasgos de mayor interés en los caballos para asegurar la viabilidad de la población.

Los objetivos principales de este Programa son los siguientes:

- Dar a la raza Burguete el rango de raza, para otorgar a sus ejemplares la carta de pureza.
- Dotar a los caballos de una morfología y clase mejorada.
- Perpetuar el carácter de rusticidad en los caballos.
- Aumentar el índice de crecimiento de potros y potras.
- Mejorar los rendimientos y la calidad de las canales.
- Mejorar las técnicas productivas (inseminación artificial, diagnóstico de gestación).

La Raza de Pura Raza Gallega también se encuentra en la clasificación oficial de razas equinas en una raza autóctona en peligro de extinción.

2.1.4. Sacrificio y tipo de carne

El volumen más importante de ganado equino se sacrifica en los mataderos municipales. Algunos mataderos privados de servicios colaboran también, pero con menor volumen de sacrificio en la matanza de equinos.

Para el pago al productor y/o ganadero, como en la mayoría de especies de consumo, las canales de equino también se clasifican comercialmente dentro de cada tipo definido por la especie y la edad, según su conformación y estado de engrasamiento (Figura 8). Se priman económicamente las canales con un adecuado nivel de grasa y con una mayor conformación, ya que darán mayor rendimiento carnicero (Fábregas, 2002).



Figura 8. Canal de potro de Raza Burguete sacrificada en Pamplona

Fuente: (Pérez de Muniain Ortigosa, A. & Villanueva Vergara, M., 2011).

Por lo general, la carne de potro es considerada más saludable que la de vacuno porque contiene un mayor porcentaje de ácidos grasos omega 3 que son esenciales para la salud, y su grasa intramuscular presenta menores índices de aterogeneidad y trombogeneidad que la carne de vacuno o la de ovino. Ambos índices indican el efecto de la composición de la grasa sobre la salud humana y las enfermedades cardiovasculares. El índice de aterogeneidad está relacionado con la arteriosclerosis (el consumo de grasas saturadas y colesterol favorece la arteriosclerosis) y el índice de trombogeneidad se asocia con la trombosis arterial (su origen depende de las plaquetas sanguíneas, actividad regulada por los eicosanoides o prostanglandinas). Asimismo, es muy rica en vitamina B y muy tierna, lo que la hace muy apropiada en dietas dirigidas a niños, deportistas, personas mayores y personas con anemia.

La carne de potro es más tierna que la de vacuno. Tiene las mismas proteínas que la carne de vacuno, pero la de potro es menos grasa y contiene, aproximadamente, 9 veces más ácidos grasos esenciales que la de vacuno (Sarriés, M.V. et al., 2005).

La carne de caballo se caracteriza por un bajo contenido de grasa, bajo contenido de colesterol y altos niveles de Fe-heme. Desde el punto de vista de la composición de ácidos grasos, la carne de caballo se caracteriza por altos niveles de ácidos grasos insaturados (por encima del 55%); (18: 1 n-6) y n-3 (ALA 18: 3n-3), principalmente el ácido oleico (18: 1n-9c) (Tabla 6). La grasa animal juega un papel importante en la formación del sabor característico de la carne cocida. Es bien sabido que la autooxidación de lípidos puede producir rancidez. Sin embargo, la oxidación moderada de los lípidos durante la cocción inicial de la carne contribuye a los aromas deseables. Los ácidos grasos insaturados y especialmente los poliinsaturados (PUFA) son altamente susceptibles a la oxidación, por lo que las reacciones de oxidación podrían ser muy importantes durante el tratamiento térmico y afectar a las propiedades de este tipo de carne (Carballo Lorenzo, J.M. J., 2013).

Tabla 6 Fracción principal y contenido en 100 g de una proporción comestible

Fuente:(FAO, s. f.).

Componente	Caballo	Vacuno	Cerdo	Avestruz	Pavo	Pollo	Cordero
Energía (Kcal)	107-121	129-150	151	104	160	112-124	121-216
Humedad (%)	73-75	53-74	52-74	76	70	75	58-65
Proteínas (%)	21-23	15-21	14-20	18	21	20-22	15-20
Colesterol (mg)	20	65	60	38	68	78	70
Grasa (%)	1-3	13-28	23-32	2	8	11	16-26

2.2. Compuestos volátiles

2.2.1. Compuestos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20 °C tenga una presión de vapor de 0.01 kPa o más, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

Suelen presentar una cadena con un número de carbonos inferior a doce y contiene otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Su número supera el millar, pero los más abundantes en el aire son metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. Tienen un origen tanto natural (COV biogénicos) como antropogénico (debido a la evaporación de disolventes orgánicos, a la quema de combustibles, al transporte, etc).

Con respecto a su peligrosidad los COV pueden clasificarse en 3 grupos:

- Compuestos extremadamente peligrosos para la salud: benceno, cloruro de vinilo y 1,2-dicloroetano.
- Compuestos clase A: los que pueden causar daños significativos al medio ambiente, como, por ejemplo: acetaldehído, anilina, tricloroetano, etc.
- Compuestos clase B: tienen menor impacto en el medio ambiente. Pertenecen a este grupo, entre otros, acetona y etanol (MAPAMA, s. f.).

2.2.2. Métodos de medición

Cromatografía de gases-Olfatometría (GCO)

Es un “cromatógrafo de gases modificado” que incorpora la nariz humana como detector cromatográfico; esto permite asignar descriptores olfativos a los picos cromatográficos (del cromatograma), y además detectar olores con la nariz humana que el detector instrumental no puede registrar, ya que la nariz tiene un límite de detección mucho más bajo que el detector usado en cromatografía de gases (Bascón Suárez, M.C., 2016).

La GCO (Figura 9) es una técnica analítica muy importante en el análisis del aroma de los alimentos, ya que con ella se logran separar todos los compuestos volátiles presentes en una mezcla, cada uno de los cuales, eluye individualmente por el puerto olfatómico y es percibido por un catador que evalúa el aroma (es capaz de percibir, describir y cuantificar la intensidad aromática de los compuestos que eluyen, separados de la columna cromatográfica) y asigna a cada pico cromatográfico un descriptor olfativo. El detector instrumental proporciona un cromatograma y el analista puede asignar olores a los picos y/o determinarse a qué tiempos de retención se detectan olores.

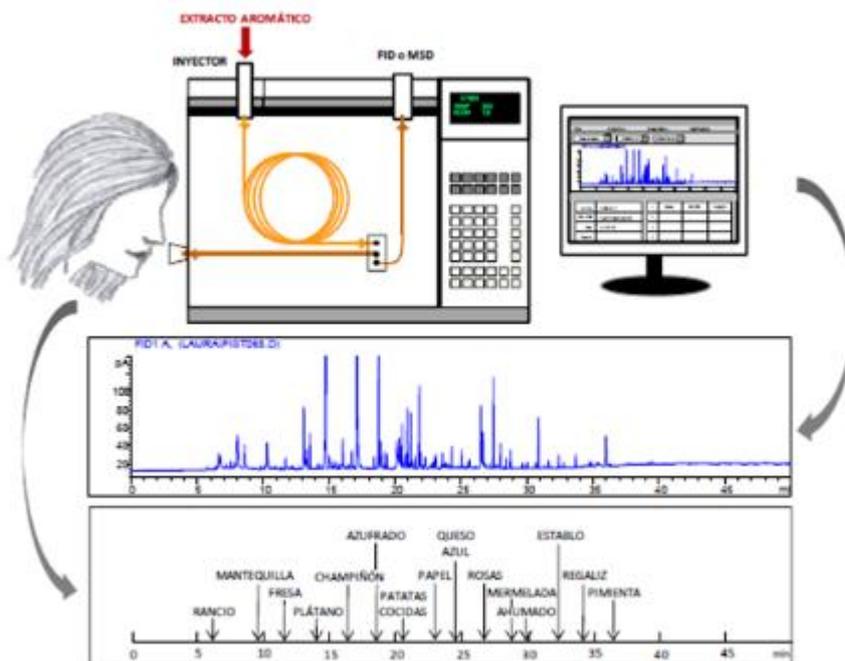


Figura 9. Esquema del análisis cromatográfico-olfatométrico

Fuente: (Bascón Suárez, M.C., 2016).

La GCO tiene dos detectores, un detector químico (generalmente un detector de ionización de llama FID o un espectrómetro de masas MS) y un detector olfatométrico (puerto olfatométrico, donde se sitúa la nariz del analista) (Figura 10), ambos están conectados en paralelo.

Se introduce un extracto aromático representativo de la muestra a través del puerto de inyección, de manera que los componentes de la mezcla se van a separar en la columna. A la salida de la columna, el flujo se divide en dos, una parte va al detector químico y otra va hacia el puerto olfatométrico (situado fuera del cromatógrafo) donde se sitúa la nariz del analista.

Al dividirse en dos el eluato, puede alcanzar ambos detectores, permitiendo relacionar la información química que aportan los detectores químicos con la información sensorial que aporta la nariz humana, pudiéndose detectar los compuestos volátiles aromáticamente activos.

Inicialmente el gas que salía por el puerto olfatométrico era seco y caliente, lo que provocaba la deshidratación de las fosas nasales, disminuyendo la capacidad olfativa del analista. Por este motivo en 1971, Dravnieks y O'Donnell diseñaron el primer cromatógrafo de gases con detector olfatométrico, en el que se mezclaba el efluente caliente que salía de la columna con aire humidificado Bascón Suárez, M.C., (2016).

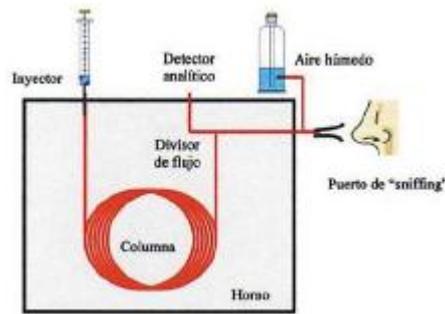


Figura 10. Esquema del acoplamiento entre la cromatografía de gases y la olfatometría (Bascón Suárez, M.C., 2016).

Nariz electrónica (N.E.)

Gardner y Bartlett (1993) definieron la NE como “un instrumento compuesto por un conjunto de sensores químicos electrónicos con especificidad parcial y un apropiado sistema de reconocimiento de patrones, capaz de reconocer olores simples o complejos” (Mielle, 1996). La NE puede considerarse como una copia muy simplificada del órgano olfativo humano (Figura 11).

Las células receptoras y “cilia” son reemplazadas por sensores de gases no específicos que reaccionan con diversos compuestos volátiles, ya que no hay mucus en el que las moléculas olorosas puedan disolverse, pero éstas se adsorben sobre el recubrimiento sensible de los sensores. La transducción de la señal desde los receptores olfativos es reemplazada en una NE por circuitos de acondicionamiento de la señal convirtiéndola normalmente en una señal eléctrica de voltaje, y por último la codificación de la señal neuronal para poder reconocer un olor y su intensidad en los humanos es sustituida en la NE por algún tipo de reconocimiento de patrones (Correa, E.C. & Ruiz-Altisent, M., 2005).

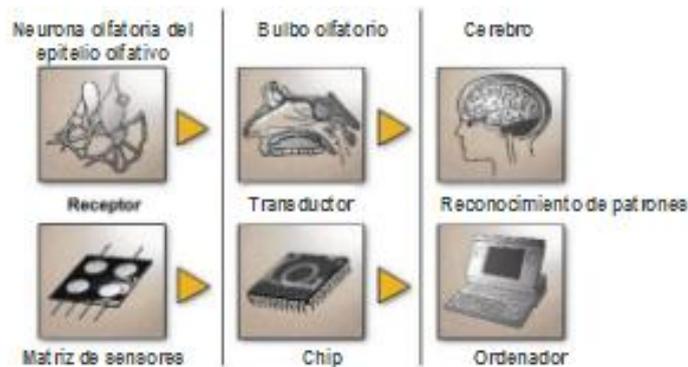


Figura 11. Elementos básicos de una NE vs Sistema olfativo humano

Fuente: (Correa, E.C. & Ruiz-Altisent, M., 2005).

Al igual que en los humanos, es una técnica de análisis global, ya que no se necesita identificar concienzudamente cada uno de los distintos constituyentes de un olor sino reconocerlo. Sin embargo, no hay que olvidar que los sistemas actualmente disponibles no trabajan exactamente igual que una nariz humana ya que no detectan los mismos volátiles que ésta además de presentar mucha menor sensibilidad: la nariz humana presenta un umbral de detección que típicamente se sitúa entre 1000 ppm y menos de 1 ppt (Tabla 7), de ahí que algunos autores prefieran llamar a estos equipos sensores de gases y no NE para que no exista esa asociación directa entre equipo y la nariz humana (Mielle, 1996).

Tabla 7 Capacidad sensitiva de la nariz humana respecto de la NE

Fuente: (Lacey and Osborn, 1998). (Elaboración propia).

Aspecto	Nariz humana	NE
Nº de células receptoras olfativas/sensores	40 millones	4-32
Área de mucus olfativo/sensores	5 cm ²	1 cm ²
Nº de cilia por célula receptora olfativa	10-30	
Concentración media para umbral de detección del almizcle	0,00004 mg/l aire	Desconocida

Extracción con fluido supercrítico (SPE)

La SPE se basa en el empleo de disolventes a temperaturas y presiones por encima de su punto crítico, condiciones en las que los fluidos supercríticos adquieren propiedades intermedias entre las de los gases y las de los líquidos. Esta técnica ha sido empleada para la extracción de una gran variedad de compuestos interesantes a partir de alimentos, plantas y algas (Herrero, Cifuentes, & Ibañez, 2006). Una de las ventajas más apreciadas de la SPE es el reducido empleo de disolventes tóxicos.

En cuanto a tipos de disolventes, el CO₂ es el más utilizado debido a sus moderadas temperatura (31.3 °C) y presión (72.9 atm) críticas. El bajo coste del CO₂, resultante de su abundancia y facilidad de obtención y de recuperación, compensa en parte los mayores costes del equipamiento necesario para comprimirlo y mantenerlo en condiciones supercríticas. El CO₂ es un disolvente medioambientalmente limpio, y, por tanto, susceptible de ser utilizado por la industria alimentaria. Cuando el CO₂ está sometido a condiciones supercríticas presenta una baja viscosidad y una alta difusividad, que le permite penetrar en materiales sólidos porosos de manera más efectiva. La transferencia de materia es más rápida, por lo que las extracciones duran minutos frente a los largos procesos de extracción convencionales. Además, si se varía la presión y la temperatura dentro de la región supercrítica se modifica la densidad del CO₂. Esta propiedad permite controlar la capacidad de extracción del CO₂, puesto que en función de su densidad será capaz de extraer de una misma matriz distintos tipos de compuestos. Esta característica hace que el CO₂ supercrítico sea particularmente útil para la extracción selectiva de diferentes compuestos de una muestra compleja como son los alimentos y las matrices naturales. Otra característica importante de esta técnica, cuando se lleva a cabo la extracción con CO₂ supercrítico, es la posibilidad de obtener extractos sin disolvente, ya que una vez finalizado el proceso de extracción, los compuestos disueltos en CO₂ supercrítico se pueden separar fácilmente por simple despresurización del sistema con la consiguiente evaporación del CO₂ sin dejar residuos, con lo que se elimina el posterior proceso de concentración, minimizando así la pérdida de compuestos volátiles y lábiles. Estas interesantes propiedades son las responsables del gran uso del CO₂ supercrítico para la extracción de compuestos bioactivos.

Los elementos instrumentales mínimos que debe incluir un equipo de extracción supercrítica se pueden ver en el esquema de la Figura 12. El CO₂ líquido procedente de la botella es impulsado por la bomba hacia la celda de extracción. El CO₂ puede mezclarse con un modificador que es, a su vez, impulsado por su correspondiente bomba. Una vez mezclados, el fluido resultante se calienta a la temperatura de extracción y se introduce en la celda de extracción, donde se encuentra la materia prima a extraer, y donde se alcanza la presión de trabajo. La celda de extracción se encuentra termostatazada para poder operar en condiciones de temperatura controlada (superior a la temperatura crítica). Los componentes de la materia prima disueltos o arrastrados por el CO₂ precipitan en la celda de expansión debido a la disminución del poder solvente del CO₂ al reducir la presión.

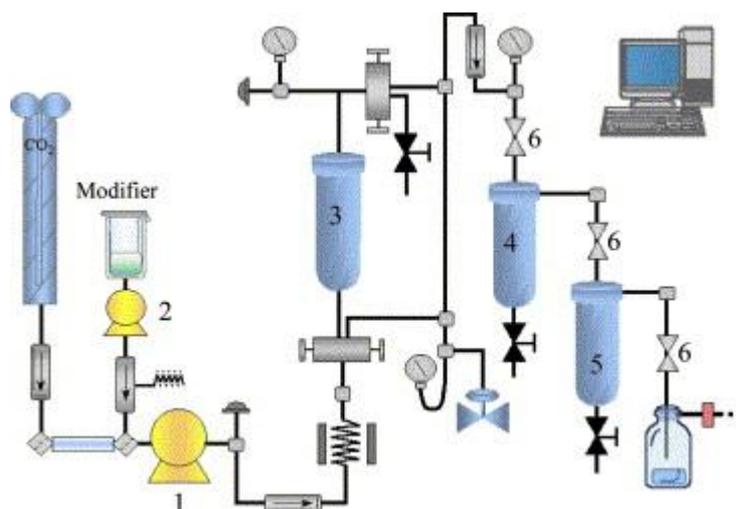


Figura 12. Esquema básico de un equipo de extracción con fluidos supercríticos:

(1) Bomba de CO₂; (2) Bomba modificadora (3) Celda de extracción de muestras sólidas; (4) Celda de fraccionamiento 1 (5) Celda de fraccionamiento 2; (6) Válvula.

Tomado de (Herrero et al., 2006).

Técnica del espacio de cabeza dinámico

En las investigaciones sobre el flavor de la carne, está muy extendido el uso del espacio de cabeza dinámico (purga-and-trampa) como sistema de extracción y concentración de los volátiles de la muestra previa a su separación por cromatografía gaseosa (Ho y Manley, 1993). En este sistema, la muestra, ya sea líquida o sólida, es sometida al paso de un flujo constante de un gas inerte que arrastra los compuestos volátiles presentes en la fase vapor en equilibrio con la muestra. A continuación, la corriente de gas, junto con los compuestos volátiles arrastrados, pasa por un material adsorbente o “trampa” donde quedan retenidos y posteriormente por desorción térmica se transfieren a un cromatógrafo de gases para su separación (Figura 13).

Para la concentración de los compuestos volátiles de la carne antes de su inyección en el cromatógrafo se pueden utilizar distintos materiales. Entre los materiales adsorbentes que se pueden utilizar para efectuar la adsorción física de los volátiles (carbón activo, silicagel etc) se ha elegido el Tenax por sus características de afinidad con los compuestos volátiles y su baja afinidad con las moléculas de agua, siempre presentes en el espacio de cabeza de la carne. Este material adsorbente es el más utilizado en los trabajos de investigación realizados en el campo de análisis de volátiles.

Seguidamente, se realiza la desorción térmica de los compuestos retenidos en la trampa elevando su temperatura y los compuestos volátiles, se inyectan directamente en un cromatógrafo de gases donde se efectúa su separación con una columna capilar. La posterior identificación de dichos compuestos se realiza con un espectrómetro de masas, por comparación de los espectros obtenidos con los de una librería y/o mediante el cálculo de sus índices de retención (Narváez-Rivas, M. & León-Camacho, M., 2012).

Respecto al tipo de compuestos detectados, su naturaleza está directamente influida por las condiciones de desorción de la trampa. Con temperaturas cercanas a 180°C se identifican principalmente hidrocarburos de baja significación sensorial. Por ello, se recomiendan temperaturas de desorción entre 225-250°C para obtener un mayor porcentaje de compuestos derivados de los lípidos y de mayor contribución sensorial de la carne.

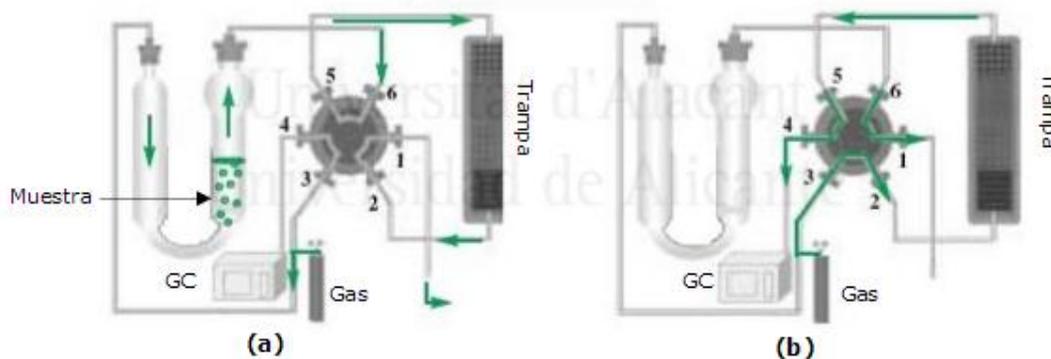


Figura 13. Sistema de purga y trampa. a) Proceso de transferencia de los analitos volátiles a la trampa; b) Transferencia de los analitos volátiles desde la trampa hasta el cromatógrafo de gases

Tomado de: Narváez-Rivas, M. & León-Camacho, M., (2012).

Técnica del espacio de cabeza estático

La técnica de espacio de cabeza estático (“headspace”) probablemente sea la técnica de preparación de la muestra sin disolventes más sencilla. En ella simplemente se realiza la transferencia de los analitos desde la matriz de la muestra, líquida o sólida, a la fase gaseosa o espacio de cabeza hasta que se alcanza el equilibrio. Posteriormente, un volumen pequeño y bien definido del gas que se encuentra en el espacio de cabeza es inyectado, de modo manual o automático, en un cromatógrafo de gases para su análisis (Figura 14). Asumiendo que el espacio de cabeza ha alcanzado el equilibrio con la muestra, la cantidad de analito transferida al equipo de análisis es proporcional al volumen de fase gaseosa (espacio de cabeza), a la temperatura, a la constante de Henry y a la concentración de analito en la muestra. Esta es una modalidad de extracción que proporciona baja sensibilidad debido a que carece de un efecto de concentración. No se puede llevar a cabo una extracción exhaustiva, excepto en el caso de compuestos muy volátiles.

Esta técnica de extracción ha sido utilizada para determinar compuestos orgánicos volátiles en alimentos, bebidas y muestras clínicas, entre otros.

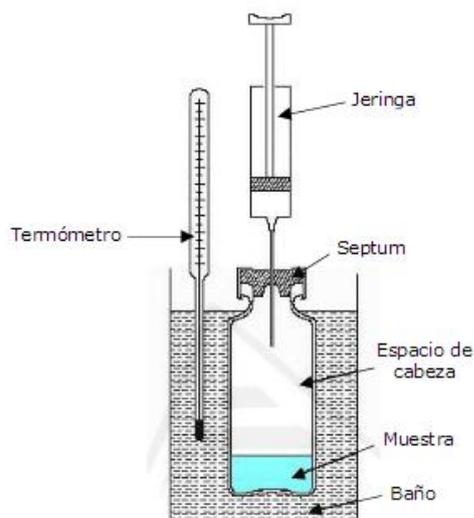


Figura 14. Esquema de la modalidad de espacio de cabeza estático

Fuente: H. Hachenberg, A.P. Schmidt, "Gas chromatography headspace analysis", (Heyden Press, 1977).

2.2.3. Importancia del flavor en la aceptabilidad de la carne y los productos cárnicos.

El flavor de un alimento corresponde al conjunto de impresiones olfativas y gustativas provocadas en el momento de su consumo (Figura 15). Es importante insistir sobre el hecho de que el término flavor engloba el olor del alimento, ligado a la existencia de compuestos volátiles y el sabor que tiene su origen en algunas sustancias solubles (Figura 16).

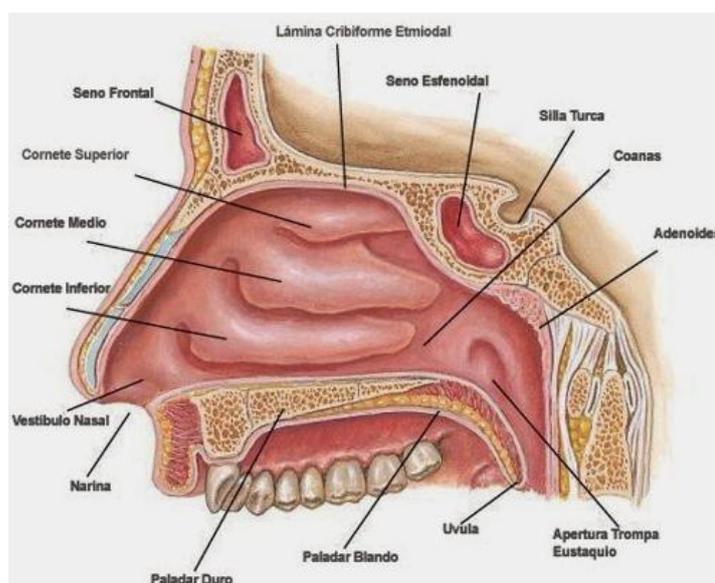


Figura 15. Cavidad nasal

Fuente: (Cabrera, D., 2015).

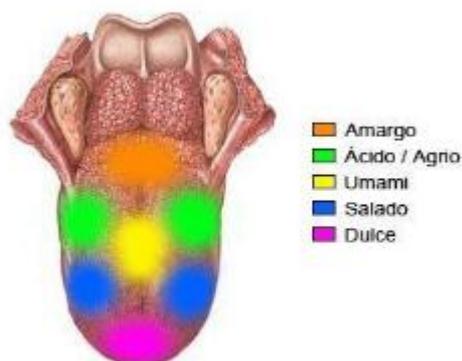


Figura 16. La lengua y los atributos de sabor

Fuente: (Bascón Suárez, M.C., 2016).

El flavor se percibe por lo tanto en el momento del consumo, desarrollándose ya desde antes de la introducción del alimento en la boca, durante la masticación y durante y después de la deglución, se influye mutuamente con las demás características organolépticas, especialmente con la jugosidad y la textura-dureza, determinando al final entre todos ellos la aceptabilidad sensorial por el consumidor.

La carne cruda y fresca tiene un olor débil que puede recordar al ácido láctico, con la edad (especialmente en los machos) esta intensidad del olor aumenta, y también un sabor ligeramente salino y metálico parecido al de la sangre.

De forma simplista se podría decir que al consumir magro (músculo) reconocemos que estamos consumiendo carne, sabor común en todas las especies. Y al consumir grasa reconoceríamos la especie que consumimos.

La carne refrigerada y almacenada durante cierto tiempo toma olores peculiares que recuerdan a la carne de caza, y posteriormente podrían aparecer olores anormales como pútridos por la descomposición proteica, ácidos o heliondos por crecimiento bacteriano y rancios por oxidación de la grasa. El flavor de la carne cocinada es más pronunciado, produciéndose aromas característicos del tipo de cocinado que se realice (Sañudo Astiz, C., 2007).

El aroma de la carne se desarrolla a partir de las interacciones de los precursores no volátiles. Incluyendo aminoácidos libres, péptidos, azúcares reductores, vitaminas, nucleótidos y ácidos grasos insaturados, durante la cocción. Estas interacciones incluyen la reacción de Maillard entre los compuestos amino y carbonilo, la oxidación de los lípidos, la degradación térmica de la tiamina, y las interacciones entre estas vías (Mottram, 1998). La cocción de la carne es esencial para lograr un producto sabroso y seguro (Tornberg, 2005).

2.3. Factores que afectan al flavor de la carne

Las sensaciones que se producen de sabor y aroma de la carne resultan de una combinación de factores difíciles de separar. La percepción del sabor involucra la detección de los cuatro sabores básicos (salado, dulce, amargo y ácido) por medio de las terminaciones nerviosas en la superficie de la lengua. El aroma se detecta cuando numerosos materiales volátiles estimulan las terminaciones nerviosas en el revestimiento del canal nasal. La sensación final que se siente cuando se come carne cocinada es una combinación de estímulos gustativos (sabor) y olfativos (olor) (Sañudo Astiz, C., 2007).

Se puede decir que el sabor y el aroma de la carne son características inherentes a la muestra de carne que se tome, ya que van a estar influidos por algunos factores anteriores al sacrificio como la especie, el sexo, la edad, la raza, la dieta y, también pueden estar afectados por la manipulación y almacenamiento de las carnes después del sacrificio.

2.3.1. Especie y raza

Los diferentes sabores entre especies pueden estar influidos por variaciones dentro de las clases de precursores básicos. Los lípidos son los que más contribuyen en este aspecto: las fracciones lipídicas en vacuno, cerdo y cordero difieren cualitativa y cuantitativamente en la composición de sus ácidos grasos, lo que contribuye a la diferencia de sabores entre especies. Además, las grasas sirven como depósitos de sustancias liposolubles (Loza San Martín, V., 2012).

Entre razas, sobre todo en vacuno, se han encontrado diferencias en el sabor de las carnes. Branaman et al., (1962) comprobaron que el sabor de las carnes provenientes de la raza Hereford era más intenso que el de la raza lechera Holstein.

Sin embargo, hay autores como Touraille y Girard (1985) que afirman que la influencia del factor raza sobre el flavor es discutida. En el caso de los bovinos, diversos estudios muestran que no existen diferencias importantes en el flavor de la carne, considerando razas de carne o lecheras.

2.3.2. Sexo

Parece que el sexo influye débilmente sobre el flavor del magro (Ford y Park, 1980; Seideman y col., 1982; Kirton y col., 1983), aunque en animales que han alcanzado la pubertad se observan diferencias significativas, debido a la presencia de olores sexuales originados por sustancias liposolubles. En los bovinos se señalan diferencias entre machos enteros y castrados, pero no tan claramente entre machos y hembras; lo mismo ocurre en los ovinos. Hay importantes diferencias individuales con respecto al flavor, todavía no bien conocidas y que podrían estar ligadas al genotipo, o también a la diferente susceptibilidad al estrés y, por lo tanto, al pH de la carne (Lawrie, 1966; Miller, 1994).

2.3.3. Edad de sacrificio

Hay diversidad de criterios entre los investigadores en cuanto a si el sabor y el aroma de la carne se intensifican con la edad. Algunos científicos consideran que la edad a la que la mayor parte del ganado ovino y vacuno desarrollan su sabor característico es a los 12 meses (Paul et al., 1964; Herz y Chang, 1970), mientras que otros consideran que es a los 18 meses (Simone et al., 1959; Patterson, 1974).

2.3.4. Dieta

La dieta de los animales antes del sacrificio puede alterar la susceptibilidad de los tejidos a la oxidación (Pearson y col., 1977; Shorland y col., 1981).

El flavor final también puede verse influido por la dieta del animal (Melton, 1983; Field y col., 1983), el estrés previo al sacrificio y los cambios de composición que tienen lugar en la carne durante la maduración y el procesado. La influencia de la alimentación sobre el flavor se considera fundamental (Melton, 1983; Field y col., 1983). La composición de las grasas corporales y, por lo tanto, el flavor, están íntimamente ligados, especialmente en los monogástricos, a la ración alimenticia. Raciones más energéticas irían acompañadas de un mayor engrasamiento y, por tanto, de sabores más intensos.

Durante el primer año después del destete, la cantidad de concentrado que recibe el potro, no debe exceder del 70% sobre el total de la dieta diaria. Para la mayoría de caballos y ponis, la ingestión de pienso será mucho menor. Para los potros que viven en grupo o que se quedan fuera en los pastos, puede ser interesante aumentar el nivel de energía hasta un 20%. Los machos tienen cierta tendencia a necesitar más energía que las hembras (Harris, P., 2006).

Según un estudio realizado por Insausti, K. G., Beriain, M.J., Gómez, I., & Mendizabal, J.A., (2011), para carne de cordero, la incorporación de algas en la dieta aumenta la proporción de EPA y DHA en la grasa lo que se puede justificar con un efecto negativo en la calidad sensorial de la carne. Por el contrario, la inclusión de lino en la dieta mejora los valores de ácidos grasos n3 de la carne, pero sin afectar a la calidad organoléptica de la misma.

2.3.5. Contenido en grasa

El sabor depende de la carnosina, de los nucleótidos, de ciertos aminoácidos libres, de la acción de microorganismos, de la presencia de ácidos grasos libres y del grado de lipólisis de la carne. Gracias a diversos estudios (Hornstein y Wasserman, 1987; Mileer, 1994) se sabe que los precursores del sabor en las carnes magras son solubles en agua, y que el principal papel en el desarrollo del característico flavor de la carne magra lo realiza una reacción no enzimática entre azúcares reductores y aminoácidos. Los lípidos probablemente contribuyen a las diferencias entre especies en virtud de su composición y sirviendo como reservorio de sustancias liposolubles olorosas o reactivas, que son características de las diferentes especies de animales (Ruiz Darbonnens, M., 2012).

2.3.6. Cocinado

La carne cruda fresca tiene un débil olor que ha sido descrito como recuerdo del ácido láctico (Cross y col., 1986). La carne de animales más viejos ofrece un olor más fuerte que la de animales más jóvenes de la misma especie (Miller, 1994). Por otra parte, el intenso olor a cordero estaría ligado a la presencia de determinados ácidos grasos ramificados e insaturados (Wong, 1975).

La identificación de la especie sobre la base del flavor de la carne roja, en el bovino y en el ovino se efectúa, si se consume en caliente, sin dificultad; a la inversa, esta operación es mucha más difícil cuando se analizan carnes blancas de ternera, de cerdo o de aves. Esto es debido a que estas carnes son magras, con pocos lípidos intramusculares.

El aroma de la carne cocinada es mucho más pronunciado que el de la carne cruda y se ve afectado por el método de cocinado, el tipo de carne y el tratamiento de la misma previo a su cocinado (Cross y col., 1986; Barton-Gade y col., 1988). Muchos de los olores de la carne cruda pueden mantenerse en la carne cocinada, y de hecho algunos de ellos se pueden intensificar al calentar: por ejemplo, el olor sexual del cerdo es mucho más intenso durante el cocinado (Patterson, 1968^a, 1968^b; Thomson, 1972; Cross, 1994). En general, los métodos ultra rápidos, como el microondas, pueden liberar ocasionalmente compuestos que provocan olores desagradables. Temperaturas elevadas dan un mayor predominio de compuestos de Maillard con los consiguientes sabores a tostado (Barriada Álvarez, M. M., s. f.).

Compuestos volátiles en la carne de potro cocinada

Según un estudio realizado por (Lorenzo & Domínguez, 2014) todos los métodos de cocción generan un aumento de la oxidación lipídica en filetes de potro, a su vez que un aumento de los compuestos volátiles totales, en comparación con filetes crudos. Los principales compuestos volátiles eran aldehídos en las muestras cocidas, mientras que en los filetes crudos son ésteres. Esto indica que los compuestos producidos por la oxidación de lípidos tienen una gran influencia en el sabor de la carne cocinada (Wiley J. & Sons; 2014).

Muchos compuestos volátiles determinados en carne cocinada incluyen productos de oxidación de lípidos y ácidos grasos, como es el caso de los hidrocarburos alifáticos, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos carboxílicos y ésteres. Los umbrales de detección sensorial de productos de oxidación de lípidos son significativamente mayores comparados con los compuestos heterocíclicos que contienen nitrógeno o azufre, formados durante la reacción de Maillard. Muchos de ellos casi no se aprecian en el desarrollo del sabor; sin embargo, los aldehídos saturados e insaturados, que contienen de 6 a 10 átomos de carbono, juegan un papel importante en este proceso (Kosowska, M. & Fortuna, T., 2017).

Durante el proceso de cocción, la carne experimenta cambios en sus propiedades físicas (color, textura) y se somete a reacciones químicas, tales como la desnaturalización de proteínas, reacción de Maillard, etc., que influyen en la calidad final y, por tanto, en su aceptabilidad. Las características aromatizantes del sabor de las carnes cocidas se derivan de los componentes volátiles del sabor, que se producen por las reacciones inducidas térmicamente ocurridas durante el calentamiento, a través de la reacción de Maillard de aminoácido o péptidos con azúcares

reductores, la oxidación de lípidos, la interacción entre los productos de reacción de Maillard con productos oxidados lipídicos y la degradación de las vitaminas durante la cocción.

El análisis estadístico mostró un contenido significativamente mayor ($P < 0.001$) de compuestos volátiles totales en el filete de potro cocido en comparación con las muestras de potro crudo, según este estudio. También influye el tipo de tratamiento térmico; en donde se encontraron los compuestos volátiles totales más altos en los filetes de potro asados, seguido de los tratados en microondas, siendo el tratamiento a la plancha el que produjo una menor cantidad de compuestos volátiles.

Para las muestras crudas, en fresco, su perfil de compuestos volátiles se muestra en la Figura 17.

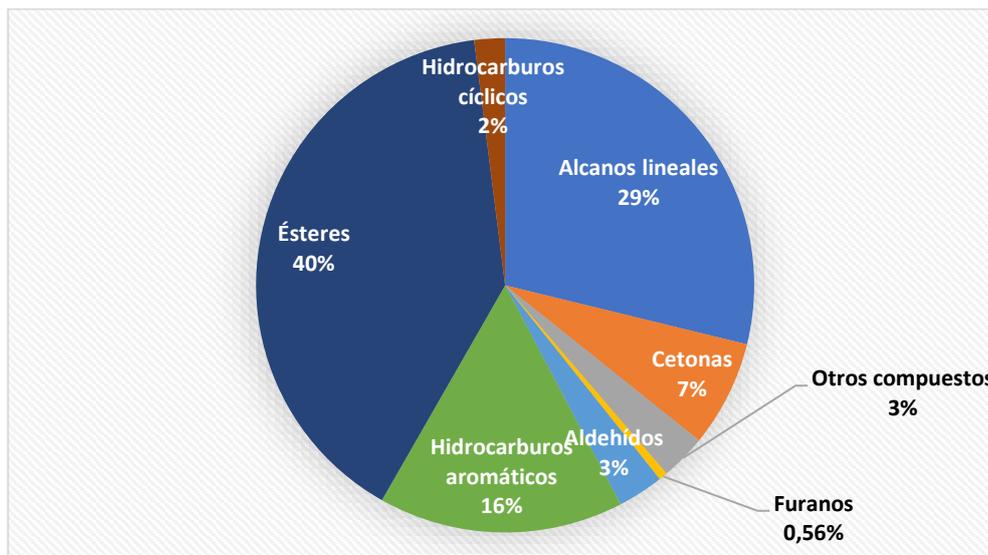


Figura 17. Perfil de los compuestos volátiles en carne cruda de potro

Fuente: (Lorenzo & Domínguez, 2014). Elaboración propia.

Como se puede observar, los compuestos más abundantes y mayoritarios que aparecen son los ésteres (40%), seguidos de los alcanos lineales (29%) y de los hidrocarburos aromáticos (16%).

2.3.7. Efecto maduración

La carne de caballo tiene una maduración más temprana que la de vacuno, alcanzando un punto de maduración suficiente a los 4-5 días post-mortem. Desde una perspectiva higiénico-sanitaria y por su elevado contenido en glucógeno, ácido láctico y nitrógeno no proteico, su período de vida útil comercial es inferior al de la carne de vacuno (Fábregas, 2002).

La carne lista para el consumo se obtiene después de un cierto tiempo de almacenamiento en refrigeración (0-5°C), tras el cual la carne resulta más tierna y jugosa (Carballo y López de Torre, 1991). Para una maduración correcta es importante que exista una adecuada acidificación de la carne (pH de 5,4 a 5,8). Valores finales de pH elevados pueden conducir a una alteración bacteriana. Durante la maduración se produce un ligero aumento del pH, aunque no debe superar el valor de 6,0 para evitar el riesgo de alteración microbiana, que aumenta con los días de maduración (Checa Cortés, M.L., 2004).

Las proteasas del músculo son fundamentales en el desarrollo de la ternura y la calidad de la carne durante la maduración (Hui et al., 2006). Como consecuencia de este proceso, se producen cambios sobre las características de la carne como el desarrollo del aroma, el olor y el sabor característicos. Estos cambios se tienen que llevar hasta un punto óptimo donde el aroma y

sabor que tenga sigan siendo agradable y aceptables por el consumidor final Oliván García, M. & García Espina, P., (2014).

CAPÍTULO 3: OBJETIVOS

En el presente Trabajo Fin de Grado, el propósito es estudiar el perfil aromático de la carne de potro, fruto del cruce entre caballos de la Raza Burguete y la Raza Pura Raza Gallega; alimentados a base de pienso convencional.

En concreto, se pretende estudiar el efecto del tiempo de maduración en el perfil aromático de la carne de potro alimentado con pienso convencional, mantenida a vacío y a una temperatura de 2° C de refrigeración a dos tiempos de maduración (0 y 12 días).

Además, se ha planteado un objetivo secundario que ha sido comparar los datos obtenidos en este TFG con los datos de un trabajo anterior para evaluar el efecto de la alimentación en el perfil aromático de la carne de potro.

Finalmente, se ha estudiado el perfil de compuestos volátiles obtenido y su relación con la oxidación de la grasa.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Material animal y alimentación

Se han empleado 11 potros (8 hembras y 3 machos) cruzados procedentes de las razas “Caballo Gallego de Monte” con “Burguete”. Los animales se criaron en libertad en los montes de Galicia hasta el destete, hacia los 6-7 meses de edad, llevando durante los 4 últimos meses antes del sacrificio una dieta de cebo, a base de heno y pienso concentrado convencional.

Unos ejemplares de yeguas de raza Caballo Gallego de Monte se cruzaron con un semental Burguete. Los animales cruzados se criaron en la granja Marco da Curra (A Coruña, Galicia, España), situado a 650 m de altitud. Los potros nacieron entre los meses de abril a julio de 2014. El apareamiento se llevó a cabo de forma natural en el campo. Fueron criados por sus madres y se les permitió pastar libremente, de forma que pudieron alimentarse *ad libitum*. Posterior al destete (6-7 meses) fueron alimentados en pastos mediante pastoreo rotacional; en campos con semillas; tanto en los campos sembrados como en los naturales, siendo el propio pasto la parte principal de la dieta (Figura 18).



Figura 18. Caballos de Pura Raza Gallega pastando.

Tomado de: (Asociación Pura Raza Cabalo Galego, s. f.-b).

La vegetación se compuso de semillas (*Lolium perenne* y *Trifolium repens*) y de campos naturales (hierba) (*Agrostis spp.*, *Lotus corniculatus*, *Holcus lanayus*, *Bromus mollis*, *Pseudoarrenatherum longifolium*, etc).

Durante los 4 últimos meses antes de su sacrificio, el pasto que servía como dieta básica, se suplementó con 2 kg de pienso convencional, por potro y día (Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10). El suministro de pienso fue incrementándose gradualmente para evitar cólicos que suelen aparecer con los cambios repentinos en la dieta, desde 300 g hasta 2 kg por potro y día. La adaptación de los potros al pienso se realizó de forma muy rápida y en tan sólo 10 días, cada animal consumía 2 kg de concentrado al día.

Tabla 8 *Ingredientes del pienso convencional (%).*

Avena	30
Maíz	15,5
Cebada	30
Soja	10
Salvado	8
Glicerol	4
CaCO₃	1
CaHPO₄	0,5
Sal	0,5
Complemento vitamínico	0,5

Tabla 9 *Composición química del pienso convencional (%).*

Proteína bruta	13,1
Fibra bruta	6,3
Grasa bruta	3,2
Ceniza bruta	4,9
Lisina	0,6
Metionina	0,2
Calcio	0,7
Fósforo	0,5
Sodio	0,3
Magnesio	0,2

Tabla 10 *Composición en ácidos grasos del pienso convencional (%).*

AG mirístico (C14:0)	0,18
AG palmítico (C16:0)	15,78
AG esteárico (C18:0)	2,1
AG palmitoleico (C16:1)	0,18
AG oleico (C18:1)	31,28
AG linoleico (C18:2)	45,02
AG linolénico (C18:3)	2,99

La época del año puede marcar una diferencia importante según el valor nutritivo y la disponibilidad de pastos u otros forrajes. Si no hay una circunstancia que exija destetar al potro precozmente, lo mejor es dejar al potro con la yegua hasta los 5 meses. Un destete precoz puede ocasionar un rápido crecimiento inicial, si se proporcionan cantidades mayores de pienso concentrado. El tipo de alimentación que se proporciona, influye en el comportamiento del potro durante esta etapa.

Para responder al objetivo secundario planteado, la Tabla 11 muestra la composición del pienso enriquecido en lino que se utilizó para alimentar otro grupo de animales del mismo genotipo y edad y cuyo perfil aromático de la carne (Teja Otazua, J., 2017) será comparado en el apartado 5.2.2. con el perfil aromático de la carne analizada en el presente TFG para evaluar el efecto de la alimentación en el aroma de la carne de potro.

Tabla 11 Composición química del pienso enriquecido de semillas de lino.

Materia seca	89
Avena	46
Maíz	14,5
Cebada	13,1
Soja	10
Salvado	6
Lino extrusionado	5
Grasa	4,78
Proteína	13
Ceniza	5,44
Fibra bruta	6,6

4.2. Sacrificio y toma de muestras

El sacrificio de los animales tuvo lugar en el año 2015, cuando entonces tenían 14-15 meses de edad, y con un peso vivo promedio de 270 - 300 kg. Fueron sacrificados en un matadero autorizado, a 50 km de la explotación, en una planta comercial. Antes del sacrificio se procede a aturdir al animal. Para ello y, con el objetivo de que el animal sufra lo menos posible, se empleó el método de la bala cautiva, de acuerdo con la normativa vigente de la UE (Directiva del Consejo de la UE 95/221EC) (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, s. f.).

Este perno cautivo consiste en una pistola que dispara un cartucho de fogeo, empujando un pequeño perno metálico por el cañón. El perno penetra el cráneo, produciendo una conmoción, al lesionar el cerebro o incrementar la presión intracraneal, al causar un hematoma. La pistola de perno cautivo es probablemente el instrumento de aturdimiento más versátil, ya que es apropiado para el ganado vacuno, porcino, ovino y caprino, como también para caballos y camellos (Oficina Regional para Asia y el Pacífico, s. f.).

Después del desangrado, se cuelga la canal y se lava con vapor y se retiran las vísceras y la piel (Figura 19).



Figura 19. Media canal de potro cruzado (Burguete x Pura Raza Gallega), madurada 24 h.

4.3. Preparación y conservación de las muestras

Las canales fueron pesadas y enfriadas a 4°C y un 98 % de HR en cámara refrigerada durante 24 horas. Tras haber pasado este tiempo post mortem, se extrajo el músculo *Longissimus dorsi* (LD) entre la 4ª y la 10ª costilla (Franco, D et al.,2010) de la canal izquierda y se cortó en filetes de 2.5 cm para su posterior conservación (Figura 20). Estas muestras fueron envasadas a vacío a una temperatura de 4°C, en bolsas de poliestireno. Las muestras de 0 días de conservación se congelaron inmediatamente y las de 12 días permanecieron en una cámara refrigerada a 2°C durante 12 días. A partir de ese momento, también se congelaron.



Figura 20. Lomos obtenidos tras el despiece

De cada animal se obtuvo un filete para cada tiempo de conservación. Se cogió un filete para un tiempo de conservación de 0 días (T0) y otro filete para un tiempo de conservación de 12 días (T12) (Figura 21). Ambas muestras se analizaron por duplicado.



Figura 21. Filete de *Longissimus dorsi*.

Las muestras que estaban previamente envasadas a vacío se sacaron del arcón congelador 24 horas antes de su análisis, y se mantuvieron en un frigorífico a 4°C hasta su análisis. Una vez que las muestras estaban ya descongeladas, se sacaba cada una del envase protector y se procedió al picado de la muestra para realizar el análisis. Inicialmente se analizaron las muestras que fueron congeladas a las 24 horas post mortem; después, se analizaron las que estuvieron congeladas después de 12 días post mortem.

4.4. Análisis instrumental

4.4.1. Extracción de los compuestos volátiles

Después de realizar el cortado y picado de la muestra a analizar, se pesaba una cantidad equitativa de picado de muestra cruda para todas las muestras (T0) y (T12) de entre 15-20 g en una balanza. A continuación, se metía el picado en un vial de vidrio y éste se insertó en un concentrador de muestra de Tekmar-Dorhmann 3100, Ohio, EE.UU. Para la propia extracción de los compuestos volátiles se empleó la técnica del espacio de cabeza dinámico. La muestra era purgada durante 20 minutos con un flujo de helio (99.99% de pureza) de 40 mL/min para arrastrar todos los compuestos volátiles presentes en el espacio de cabeza. Los compuestos volátiles fueron

recogidos en una trampa de Tenax CG. Durante esta fase se mantuvo la temperatura de la trampa a 15°C. Después se llevó a cabo la fase de desorción térmica, donde la trampa fue calentada hasta 225°C durante 2 minutos, y en donde los compuestos volátiles fueron arrastrados con helio a 40 mL/min hasta el cromatógrafo de gases.

4.4.2. Separación y cuantificación de los compuestos volátiles

Después del proceso de extracción de los compuestos volátiles presentes en las muestras, hay que separarlos y cuantificarlos.

Para ello, se utilizó un cromatógrafo de gases HP-6890 (Hewlett-Packard, España), conectado a un espectrómetro de masas de cuadrupolo HP 5973 (Hewlett-Packard, España) con ionización electrónica. El inyector con división (1:5) estaba a una temperatura de 250°C. Se utilizó una columna capilar HP-5 de 5% fenilmetilsilicona (50 m x 320 µm x 1,05 µm) y helio (pureza 99,9%) como gas portador con una presión en cabeza de columna de 6 psi y un flujo de salida de columna de 1.5 mL/min a 35°C. La temperatura inicial del horno se programó a 35°C y se mantuvo durante 15 minutos, para después incrementarla a razón de 8°C/min hasta alcanzar los 220°C donde se mantuvo durante 5 minutos.

El cromatógrafo está acoplado con un espectrómetro de masas HP-5973. El voltaje de ionización, se mantuvo en 70 eV, el voltaje del multiplicador del electrón en 2000 V, la temperatura de la fuente de ion a 230°C, y la temperatura del cuadrupolo en 180°C. El barrido se realizó de 30 hasta 250 (uds) y la frecuencia del mismo fue de 3.32 scan/s.

4.4.3. Identificación de los compuestos volátiles

Los compuestos volátiles de la carne de potro se identificaron por comparación espectral de los picos de cromatograma de iones totales de las muestras con los compuestos de referencia de la biblioteca Wiley 275. La cuantificación se realizó en base al porcentaje de área de cada pico del cromatograma correspondiente a cada compuesto volátil de la carne de potro.

La confirmación de las identificaciones se realizó calculando los índices de retención relativos (Van del Dool & Kratz, 1963) de los compuestos volátiles en relación a los tiempos de retención en una serie de parafinas (C5-C18, HP 5080-8768) que se determinaron en las mismas condiciones. Se compararon a su vez con los índices relativos de dichos compuestos hallados en la bibliografía.

Los resultados de la cuantificación de cada compuesto hallado se presentan en cuentas de área.

4.5. Determinación de la oxidación de la grasa

La estabilidad lipídica, o contenido en TBARS, se evaluó con el método propuesto por Vyncke (1975) con alguna variación. Los valores de los TBARS fueron calculados a partir de una curva patrón de malonaldehído con 1,1-3,3-tetraetoxipropano (TEP) y expresados como mg MDA/kg muestra (TBARS).

4.6. Análisis estadísticos

Para la realización de todos los análisis correspondientes, una vez obtenidos los datos, se empleó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 23.

Para los compuestos volátiles se realizó un análisis de varianza de un factor donde se estudiaron los descriptivos y el error estándar de la media, y en el que se tomó el siguiente modelo para las muestras de carne madurada a 0 días (T0) y 12 días (T12).

$$Y_{ij} = m + T_i + e_{ij}$$

siendo:

Y_{ij} = Parámetros medidos.

m = Medida de la población considerada.

T_i = Efecto de la maduración ($i = 1$; 0 días de maduración; $i = 2$; 12 días de maduración).

e_{ij} = Efecto residual aleatorio.

Para el análisis de correlaciones se aplicó el coeficiente de Pearson.

“ns”: no significativo cuando $p > 0.05$.

“significativo”: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

“-”: efecto no analizado.

Finalmente, se ha comparado el perfil de compuestos volátiles de estos animales con el perfil de compuestos volátiles de animales del mismo fenotipo y cuidados en las mismas condiciones, alimentados con pienso convencional suplementado con lino (Teja Otazua, J., 2017). Para comparar el efecto de la alimentación en la composición de los compuestos volátiles, se ha llevado a cabo un análisis de la varianza con el modelo lineal general, cuya fórmula es la siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + T_i \times A + e_{ijk}$$

siendo:

y_{ijk} = Cada compuesto volátil.

μ = Media de mínimos cuadrados.

T_i = Efecto fijo debido al tiempo de maduración ($i=1$; 0 días, $i=2$; 12 días).

A_j = Efecto fijo debido a la alimentación ($j=1$; Convencional, $j=2$; Lino).

$T \times A_{ij}$ = Efecto debido a la interacción entre el tiempo de maduración y la alimentación.

e_{ijk} = Efecto residual aleatorio.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Perfil de los compuestos volátiles

En la Tabla 12 se muestran el conjunto de todos los compuestos volátiles que han aparecido en el espacio de cabeza dinámico en muestras de carne del músculo *Logissimus dorsi* de potro, tanto a 0 días como a 12 días de maduración. Están ordenados según su naturaleza química y su Tiempo de Retención (TR), también aparece el Tiempo Relativo para IDB-5, el valor de las identificaciones IR (Índice de Retención), MS (espectrofotometría de masas), la media del valor del área para cada compuesto y el Porcentaje Relativo del Área con respecto al total (PRA).

En total se han identificado 32 compuestos para los dos tiempos de maduración (T0 y T12) pertenecientes a 12 familias: hidrocarburos alifáticos, aldehídos alifáticos, cetonas alifáticas, hidrocarburos aromáticos, alcoholes alifáticos, compuestos azufrados, ácidos carboxílicos, aminas, ureas, azoles, terpenoides y haluros.

Desglosando el total de compuestos por familias, se han detectado 7 hidrocarburos alifáticos, 7 aldehídos alifáticos, 5 cetonas alifáticas, 3 hidrocarburos aromáticos, 3 alcoholes alifáticos, 1 compuesto azufrado, 1 ácido carboxílico, aminas (en este grupo se incluyen varios compuestos identificados como aminas, pero con una probabilidad baja de identificación por lo que se engloba todos ellos en “grupo aminas”), 1 urea, 1 azol, 1 terpenoide y 1 haluro.

Según el estudio realizado por Domínguez, R. & Fonseca, S., (2013), en el que se compara el efecto de distintos tipos de tratamientos térmico en la oxidación lipídica y en la formación de compuestos volátiles, para las muestras de potro crudas, los compuestos mayoritarios son los ésteres, alcanos lineales, hidrocarburos aromáticos y cetonas. Aquí no se ha detectado ningún éster, y los que más han aparecido han sido los aldehídos, hidrocarburos cíclicos, cetonas e hidrocarburos aromáticos.

Tabla 12 Compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza dinámico en muestras de carne del músculo *Logissimus dorsi* de pterro.

Familias de compuestos	TR (min)	IDB-5	IR	MS	Área	PRA
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS						
Propeno	3,746		589,81	+	380184	1,74
Pentano	4,621	500	615,47	+++	3649405	16,71
Pentano, 2-metil	6,356		675,16	++	1847961	8,46
Hexano	7,144	600	700,86	+	36430	0,17
1,2-propadieno	12,193		767,1	+	8667	0,04
Etino	15,022		804,46	+	95123	0,44
2,2,4,6,6-pentametilheptano	29,248		1105,22	++	280864	1,29
ALDEHÍDOS ALIFÁTICOS						
Etanal	3,403	427	581,58	+	919390	4,21
Pentanal	13,984	732	790,6	+	18459	0,08
2,4-hexadienal	15,598	910	812,44	+	84264	0,39
Hexanal	21,630	801	896	+++	1661859	7,61
Heptanal	25,658	903	991,13	+++	212497	0,97
Octanal	28,758	1006	1088,45	+++	205946	0,94
Nonanal	30,782	1104	1165,47	+++	55753	0,26
CETONAS ALIFÁTICAS						
2-propanona	4,504		611,45	+++	7926686	36,29
2,3-butadiona	6,901		693,91	++	278546	1,28
2-butanona	7,524		705,85	+	110122	0,50
1,2-propadiona	7,619		707,09	+	82334	0,38
1-propen-1-ona	21,662		896,45	+	71235	0,33
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS						
Benceno	11,667		760,2	+	843003	3,86
Tolueno	19,836	773	871,15	+	99000	0,45
Xileno	25,429		985,55	+	399712	1,83
ALCOHOLES ALIFÁTICOS						
Etanol	4,001	668	595,92	+++	1215458	5,57
1-penten-3-ol	13,592		785,46	+	368663	1,69
1-butanol, 3-metil	20,526	736	880,71	+	196018	0,90
COMPUESTOS AZUFRADOS						
Metano tiobis	5,092		631,68	+	113093	0,52
ÁCIDOS CARBOXÍLICOS						
Ácido propanoico	4,750	668	619,91	++	100613	0,46
AMINAS						
UREAS	6,107		666,59	+	60969	0,28
Tiourea						
Tiourea	5,598		649,08	+	60216	0,28
AZOLES						
Tioazoles	8,627	1043	720,32	+	97640	0,45
TERPENOIDES						
Limoneno	30,367	1033	1149,17	+++	246928	1,13
HALUROS						
Fluoruro de etino	27,950		1062,33	+	114066	0,52

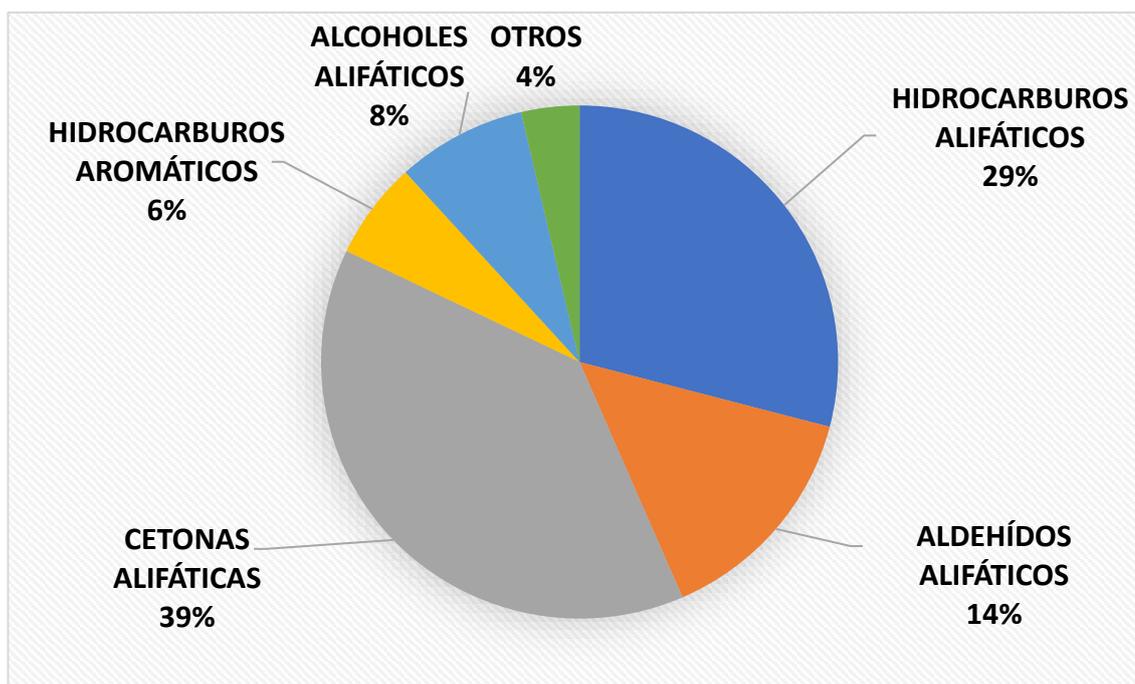


Figura 22. PRA de cada familia de compuestos con respecto del total.

Las familias de compuestos que más PRA tienen (Figura 22) son las cetonas alifáticas (39%), seguido de los hidrocarburos alifáticos (29%) y los aldehídos alifáticos (14%). En menor representación se encuentran los alcoholes alifáticos (8%) y los hidrocarburos aromáticos (6%). En la porción “Otros” están incluidas las familias que son minoritarias y que tienen un PRA mucho menor. Aquí se incluyen a los compuestos azufrados, ácidos carboxílicos, aminas, ureas, azoles, terpenoides y haluros.

Dentro del grupo de los aldehídos, el compuesto mayoritario es el hexanal con un 7,61% de PRA, coincidiendo con el trabajo realizado por (Domínguez, R. & Fonseca, S., 2013), que indican que este tipo de compuestos son muy comunes para muestras de carne de potro cocinadas. En cambio, para las muestras crudas, los aldehídos representan el 2,5% de los compuestos volátiles. Las características sensoriales se asocian principalmente con un aroma graso (Song et al., 2011). El hexanal, junto con otros aldehídos, son importantes para el sabor de la carne cocinada (Ma, R. & Bekhit A. E., 2012). Sin embargo, el hexanal generado inicialmente en la carne puede oxidarse continuamente (Calkins, C.R., 2007) y puede producir sabores indeseables a concentraciones más elevadas (Ma, R. & Bekhit A. E., 2012). (Nieto, G. & Garrido, M.D., 2011) han afirmado que este aldehído puede ser generado a partir de ácidos oleico, linoleico y araquidónico y/o a través de la degradación de otros aldehídos insaturados, como el 2,4-decadienal.

El heptanal está asociado con un olor penetrante, mientras que el octanal tiene un sabor a fruta y verde (Calkins, C.R., 2007). El nonanal es un producto de oxidación del ácido oleico.

En contrapartida y teniendo en cuenta el trabajo realizado por (Domínguez, R. & Fonseca, S., 2013), para carne de potro fresca, la familia de compuestos mayoritaria es el éster, con un 42,69% del área cromatográfica total de los compuestos volátiles para las piezas crudas, mientras que, en las carnes de potro cocinadas, obtuvieron unos valores de entre 2,6 % y 8,9% de los compuestos volátiles. En este TFG, no se ha obtenido ni un solo compuesto de la familia de los ésteres, que son generados a partir de la esterificación de alcoholes y ácidos carboxílicos.

En el presente estudio, para los alcanos (pentano, 2-metil pentano, hexano y 2,2,4,6,6-pentametilheptano), se obtiene un valor de 26,63% de PRA total. Este valor está dentro del intervalo entre 18,5 y 27,6% que define Domínguez, R. & Fonseca, S., (2013) para los filetes de

potro cocinados. La principal fuente de hidrocarburos alifáticos con menos de diez átomos de carbono es la oxidación de lípidos.

Dentro de los hidrocarburos aromáticos, el tolueno y el xileno fueron los más abundantes. En este TFG, el más abundante ha sido el benceno, aunque los dos anteriores también han aparecido, pero en menor cantidad. El tolueno desempeña un papel importante en el aroma de los filetes de potro cocinados que dan un aroma descrito como afrutado y dulce (Madruga, M.S., Oruna-Concha, M.J., & Mottram, D.S., 2010).

Las cetonas representan el 39% del PRA total. Según el trabajo realizado por Domínguez, R. & Fonseca, S., (2013) hay un mayor contenido de cetonas en las muestras crudas de potro con respecto a las que han sufrido tratamiento térmico. Mottram, D.S., (1998) observó un aumento del contenido de cetonas con una mayor oxidación de lípidos. Las cetonas tienen una gran influencia en el aroma de la carne, como olores a mantequilla o queso azul (Van Ba, H. & Inho, H., 2012).

En la Tabla 13 se muestran los resultados de los valores de frecuencia absoluta con la que se han detectado los compuestos volátiles, teniendo en cuenta los dos tiempos de maduración (T0 y T12) que se han empleado.

Tabla 13 Valores de frecuencia absoluta para cada uno de los compuestos volátiles, según el tiempo de maduración.

Familias de compuestos	MADURACIÓN	
	0 días n = 22	12 días n = 22
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS		
Propeno	0	2
Pentano	7	7
Pentano, 2-metil	20	19
Hexano	10	14
1,2-propadieno	1	2
Etino	4	12
2,2,4,6,6-pentametilheptano	21	21
ALDEHÍDOS ALIFÁTICOS		
Etanal	22	20
Pentanal	0	8
2,4-hexadienal	0	2
Hexanal	21	22
Heptanal	22	19
Octanal	22	21
Nonanal	16	9
CETONAS ALIFÁTICAS		
2-propanona	22	22
2,3-butadiona	8	14
2-butanona	16	20
1,2-propanodiona	8	8
1-propen-1-ona	4	18
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS		
Benceno	5	1
Tolueno	16	18
Xileno	3	12
ALCOHOLES ALIFÁTICOS		
Etanol	22	21
1-penten-3-ol	5	15
1-butanol, 3-metil	3	5
COMPUESTOS AZUFRADOS		
Metano tiobis	13	12
ÁCIDOS CARBOXÍLICOS		
Ácido propanoico	0	1
AMINAS		
UREAS		
Tiourea	10	17
AZOLES		
Tioazoles	10	14
TERPENOIDES		
Limoneno	11	7
HALUROS		
Fluoruro de etino	0	4

Se puede apreciar como el número de aparición de cada uno de los compuestos volátiles es mayor en las muestras de T12 en la mayoría de los casos. Estos compuestos son el propeno,

hexano, 1,2-propadieno, etino, pentanal, 2,4-hexadienal, hexanal, 2,3-butadiona, 2-butanona, 1-propen-1-ona, tolueno, xileno, 1-penten-3-ol, 1-butanol 3-metil, ácido propanoico, aminas, tiourea, tiazoles y el fluoruro de etino.

De los 32 compuestos analizados; el pentano 2-metil, etanal, heptanal, octanal, nonanal, benceno, etanol, metano tiobis y limoneno aparecen con mayor frecuencia para T0 que para T12.

Sin embargo, aunque en menor medida, también hay compuestos que aparecen de forma equitativa tanto para T0 como para T12. Los compuestos son el pentano, el 2,2,4,6,6-pentametilheptano, 2-propanona y la 1,2-propanodiona.

En las muestras T0, los compuestos que no aparecen son el propeno, el pentanal, el 2,4-hexadienal, el ácido propanoico y el fluoruro de etino, pertenecientes a las familias de hidrocarburos alifáticos, aldehídos alifáticos, ácidos carboxílicos y haluros respectivamente.

En cuanto a la representación de las familias, éstas dependen del número de compuestos totales que la forman (Figura 23).

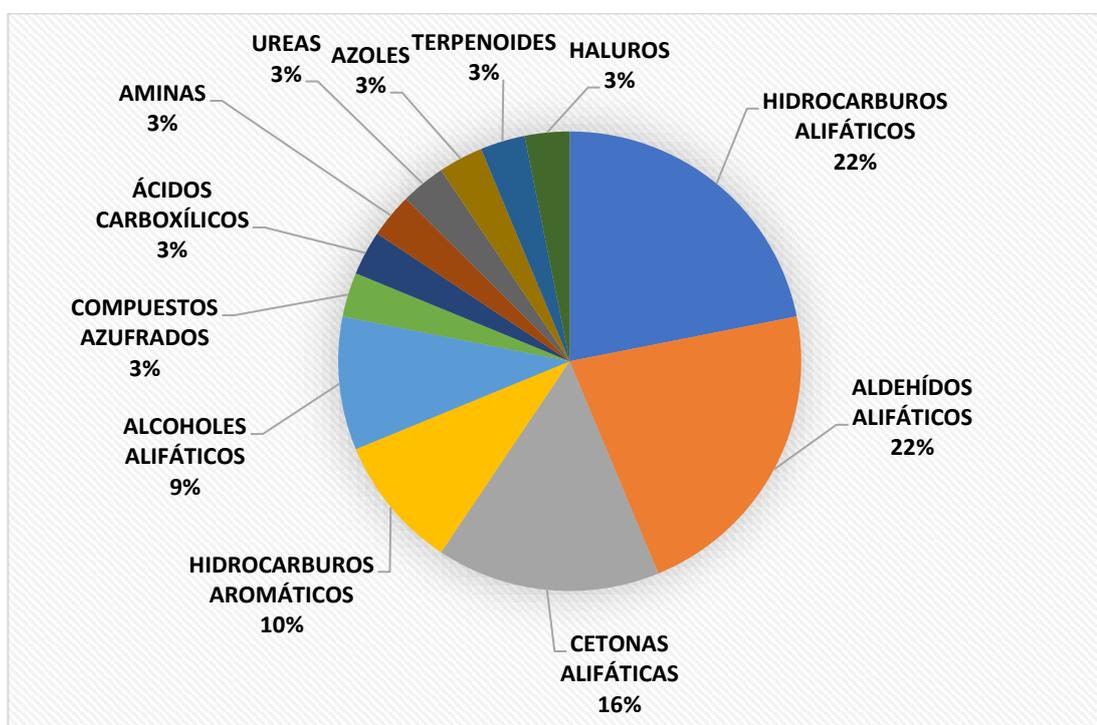


Figura 23. Porcentaje de aparición de las familias de los compuestos volátiles

Como se puede apreciar en la figura 23, las familias más representativas son los hidrocarburos alifáticos (22%), los aldehídos alifáticos (22%), las cetonas alifáticas (16%), los hidrocarburos aromáticos (10%) y los alcoholes alifáticos (9%).

De acuerdo con Teja Otazua, J., (2017), hay coincidencias en que las familias de los aldehydos alifáticos y los hidrocarburos son la mayoría de los compuestos que se han detectado, con un 44% del total para ambas familias. Los compuestos menos abundantes son los compuestos azufrados con un 3% de representación, al igual que Teja Otazua, J., (2017), pero en este caso, hay varias familias que acompañan a los compuestos azufrados como compuestos menos abundantes. Estos son los ácidos carboxílicos, las aminas, las ureas, los azoles, los terpenoides y haluros; todos ellos detectados con un 3%.

5.2. Efectos principales sobre el perfil de los compuestos volátiles.

5.2.1 Efecto del tiempo de maduración sobre el perfil de los compuestos volátiles

En la Tabla 14 se puede observar un total de 3 compuestos que presentan diferencias significativas con el tiempo de maduración. Estos compuestos son la 2-butanona, el tolueno y el limoneno.

Tabla 14 *Media de las áreas para el efecto maduración en los compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza (Media de las áreas $\times 10^3$).*

FAMILIAS	0 DÍAS		12 DÍAS		VALOR P
	MEDIA	SEM	MEDI	SE	
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS					
Propeno			380,2	188	
Pentano	2.275,0	699,3	5.023,8	1273	0,08
2-metil pentano	617,7	234,0	1.105,0	329	0,22
Hexano	34,1	4,6	31,9	4	0,73
1,2-propadieno	12,8		6,6	3	0,46
Etino	59,7	28,5	81,6	26	0,64
2,2,4,6,6-pentametil heptano	138,0	30,1	371,6	49	0,000
ALDEHÍDOS ALIFÁTICOS					
Etanal	843,8	96,9	878,9	78	0,78
Pentanal			18,5	6	
2,4-hexadienal			84,3	31	
Hexanal	865,3	204,8	1.323,7	328	0,23
Heptanal	205,0	18,0	193,7	16	0,65
Octanal	212,0	19,2	186,4	21	0,37
Nonanal	62,9	7,0	43,1	15	0,18
CETONAS ALIFÁTICAS					
2-propanona	7.192,6	1.060,	6.980,4	736	0,87
2,3-butanodiona	171,3	81,9	339,8	92	0,24
2-butanona	82,7	7,7	132,0	14	0,01**
1,2-propadiona	78,4	14,4	72,1	10	0,73
1-propen-1-ona	40,1	23,9	60,0	8	0,35
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS					
Benceno	999,3	496,9	61,6		0,48
Tolueno	67,3	6,8	105,8	12	0,01**
Xileno	370,0	22,7	407,2	8	0,09
ALCOHOLES ALIFÁTICOS					
Etanol	895,7	155,2	1.139,0	172	0,30
1-penten-3-ol	108,2	24,0	190,7	62	0,43
3-metil-1-butanol	42,1	29,5	288,4	122	0,19
COMPUESTOS AZUFRADOS					
Metanotiobis	85,7	19,6	115,7	19	0,28
ÁCIDOS CARBOXÍLICOS					
Ác. propanoico			100,6		
AMINAS	28,3	1,0	73,5	21	0,20
UREAS					
Thiourea	32,3	9,0	38,9	6	0,54

<i>Continuación Tabla 14</i>					
FAMILIAS	0 DÍAS		12 DÍAS		VALOR P
	MEDIA	SEM	MEDI	SE	
AZOLES					
Thiazole	118,8	33,6	66,3	15	0,12
TERPENOIDES					
Limoneno	167,2	60,4	20,1	2	0,05*
HALUROS					
Fluoruro de etino			114,1	22	

*= p<0,05; **= p<0,01; ***=p<0,001; -: efecto no analizado

Se observa que hay compuestos que tienen una mayor media de área. El que más tiene es la 2-propanona para la maduración de T0 y también para T12, aunque es mayor el primero. También se pueden destacar el pentano para T12 y T0 y el hexanal, etanol y 2-metil pentano; ambos para T12.

Los compuestos que tienen diferencias significativas son el tolueno (p<0,01), 2-butanona (p<0,01) y limoneno (p<0,05). El pentano y el xileno son ligeramente significativos con unos valores de p=0,08 y p=0,09, respectivamente.

Comparando con el estudio realizado con carne de vacuno por Insausti, K Beriain, M. J. & Gorraiz, C., (2002) en el que obtuvieron 14 compuestos volátiles con valores significativos para el tiempo de maduración, durante 14 días, se puede decir que hay coincidencia para el compuesto tolueno.

En la Tabla 15, se estudian las medias por compuestos y por tiempos de maduración. Si se diferencia por cada compuesto, se puede observar como el hexanal es el que más aumenta con respecto al área, aunque no de forma significativa seguido del 1-penten-3-ol, el metanotiohis y el tolueno, que sí presenta diferencias significativas.

Tabla 15 Medias y SEM para T0 y T12 de los compuestos que presentan diferencias significativas (Media de las áreas x 10³).

COMPUESTO	MADURACIÓN				VALOR P
	0 d		12 d		
	MEDIA	SEM	MEDIA	SEM	
Metanotiohis	73,25	14,30	115,45	18,46	0,28
1-penten-3-ol	108,25	24,04	190,67	61,86	0,43
Tolueno	67,30	6,79	105,81	11,96	0,01**
Hexanal	865,28	204,75	1.323,71	328,23	0,23

*= p<0,05; **= p<0,01; ***=p<0,001; -: efecto no analizado

Como se puede ver en la Tabla 15, de todos los compuestos que sí tienen variación de la media del área con respecto al tiempo de maduración, el compuesto que tiene un valor significativo es el tolueno.

Según el trabajo realizado por Arteta Hugueros, M., (2013), en el que se estudia carne de toro, aparecen 5 compuestos con valores significativos para la carne madurada 14 días. Si se compara con este trabajo, el único compuesto que aparece en ambos casos es el hexanal. En el grupo de los alcoholes, en este trabajo, aparece el 1-penten-3-ol, en cambio, en el realizado por Arteta Hugueros, M., (2013), aparece el etanol.

5.2.2 Efecto de la alimentación sobre el perfil de los compuestos volátiles

Se presentan ahora los compuestos volátiles y su nivel de significación en cuanto a la alimentación que han recibido los animales como al tiempo de maduración de las muestras, así

como las dos variables juntas. Los compuestos que aparecen aquí, son los que coinciden con los de Teja Otazua, J., (2017) (Tabla 16).

Tabla 16 Nivel de significación del efecto de la alimentación y la maduración en los distintos compuestos volátiles.

COMPUESTO	ALIMENTACIÓN N	MADURACIÓN N	ALIMENTACIÓN X MADURACIÓN
Etanal	0,432	0,249	0,320
Etanol	0,368	0,261	0,312
2-propanona	0,326	0,923	0,575
Metanotiobis	0,748	0,054	0,348
Pentano	0,170	0,160	0,764
2-butanona	0,878	0,159	0,930
1-penten-3-ol	0,950	0,019*	0,039*
Tolueno	0,001***	0,003**	0,108
Hexanal	0,093	0,066	0,574
Heptanal	0,386	0,336	0,413
Octanal	0,492	0,170	0,468
Metilamina	0,273	0,501	0,391
Nonanal	0,259	0,318	0,261

*= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$

Se puede observar que se obtienen valores significativos ($p < 0,05$) en el tolueno, tanto para la maduración como para la alimentación.

Una vez identificados aquellos compuestos que tienen valores significativos, se procede a estudiar las medias y las SEM, tanto para T0 y T12.

Tabla 17 Media y SEM de los compuestos con valores significativos para el efecto de la alimentación (Media de las áreas $\times 10^3$).

COMPUESTO	ALIMENTACIÓN				VALOR P
	LINO		CONVENCIONAL		
	MEDIA	SEM	MEDIA	SEM	
Tolueno	218,12	38,83	86,55	7,60	0,001***
Hexanal	981,93	232,64	1.070,37	186,47	0,093

*= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$

El tolueno es el único compuesto que ha tenido valores significativos para el efecto de la alimentación; en cambio, el hexanal no presenta diferencias significativas, aunque sí se puede ver una tendencia a que haya efecto en la alimentación. El tolueno ha tenido un valor de área mayor para la alimentación en lino que para la alimentación en convencional; en cambio para el hexanal, el efecto ha sido al revés, siendo el valor de área mayor para la alimentación en convencional. Según Ruiz Darbonnens, M., (2012) en un trabajo realizado sobre carne de cordero, el hexanal no ha tenido valores significativos en el efecto de la alimentación.

5.3. Análisis de correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa

Tabla 18 Análisis de la correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa en carne cruda a T0 y T12.

COMPUESTOS		0 DÍAS	12 DÍAS
		mgMDA/kg muestra	mgMDA/kg muestra
2-propanona	Correlación de Pearson	-0,296	0,692*
	Sig. (bilateral)	0,377	0,018
Aminas	Correlación de Pearson	0,210	0,833*
	Sig. (bilateral)	0,865	0,010
2-butanona	Correlación de Pearson	0,687*	0,842**
	Sig. (bilateral)	0,028	0,001
1,2-propanodiona	Correlación de Pearson	0,690	-0,107
	Sig. (bilateral)	0,197	0,864
Hexanal	Correlación de Pearson	0.079	0.196
	Sig. (bilateral)	0.817	0.563
Benceno	Correlación de Pearson	0,930	. ^c
	Sig. (bilateral)	0,070	
1-penten 3-ol	Correlación de Pearson	0,570	0,654
	Sig. (bilateral)	0,430	0,056
Pentanal	Correlación de Pearson	.	0,689
	Sig. (bilateral)		0,198
Tolueno	Correlación de Pearson	0,070	0,665*
	Sig. (bilateral)	0,858	0,036

Se puede observar como para las muestras T0 hay compuestos volátiles que presentan un nivel de significación positiva frente a la oxidación de los ácidos grasos. Estos compuestos son la 1,2-propanodiona y el benceno.

En cambio, para T12, los compuestos con una significación positiva son la 2-propanona, las aminas, la 2-butanona, el 1-penten-3-ol, el pentanal y el tolueno. Hay correlación negativa en la 1,2-propanodiona, pero no es significativo.

El hexanal es el principal aldehído producido durante la oxidación lipídica en carne y muchos autores han constatado una buena correlación entre éste y las TBARS en diferentes tipos de carnes (Brunton, N. P. & Monahan F. J., 2000). Sin embargo, no ocurre lo mismo aquí.

Hay varios estudios que indican que hay una alta correlación entre los valores de TBARS y aldehídos y cantidades de hexanal. Nieto, G. & Garrido, M.D., (2011) encontraron una correlación entre el índice TBARS y el hexanal de 0.936, mientras que Brunton, N. P. & Monahan F. J., (2000) encontraron una correlación de 0.99; éstos son valores muy superiores a los que se obtienen en este TFG, ya que los valores para T0 y T12 son 0.079 y 0.196, respectivamente.

Mediante un estudio realizado por Cittadini Lorenzo, J.M. A. & Munekata, P.E., (2015) se detectaron valores de TBARS en muestras de potro en fresco que van desde 0.11 hasta 0.14 mg MDA/kg. En este trabajo, los valores del índice de oxidación de la grasa van desde 0,31 hasta

0,66 mg MDA/kg. La mayor variabilidad de los datos en este trabajo puede ser debida a que las carnes provienen de muestras maduradas 0 días (T0) (0,31 mg MDA/kg) y muestras maduradas 12 días (T12) (0,66 mg MDA/kg), lo que indicaría un aumento de la oxidación con el tiempo de maduración.

Los valores altos de TBARS se pueden encontrar en carne cocinada en comparación con la carne cruda Broncano, J.M. & Parra, V., (2009) y Juárez, M., Ficco, A., & Avilés, C., (2010). Por el contrario, otros autores, como Serrano, A., Cofrades, S., & Jiménez-Colmenero, F., (2007) afirman que no hay un aumento de TBARS durante la cocción.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Después de la realización de este Trabajo Fin de Grado, y una vez vistos los resultados, se pueden sacar varias conclusiones:

- ❖ El perfil de los compuestos volátiles identificados en el músculo *Longissimus dorsi* de potros jóvenes alimentados con pienso convencional, está formado por 32 compuestos volátiles. Las familias mayoritarias han sido los hidrocarburos alifáticos, los aldehídos alifáticos y las cetonas alifáticas; en cambio, los compuestos que han aparecido en menor medida pertenecen a las familias de hidrocarburos aromáticos, alcoholes alifáticos, compuestos azufrados, ácidos carboxílicos, aminas, ureas, azoles, terpenoides y haluros.
- ❖ Las familias de compuestos volátiles con mayor Porcentaje Relativo de Área (PRA) han sido las cetonas alifáticas, los hidrocarburos alifáticos y los aldehídos alifáticos. Los compuestos con un mayor PRA han sido la 2-propanona, el pentano y el 2-metil pentano.
- ❖ Hay varios compuestos que aumentan con el efecto de la maduración, aunque el tolueno es el único que lo hace de forma significativa.
- ❖ Así mismo, hay varios compuestos que presentan efecto de la alimentación, pero ninguno de forma significativa, excepto el tolueno; de forma que la carne de los animales alimentados con pienso enriquecido en lino presenta valores más elevados de tolueno que la carne de animales alimentados con pienso convencional.
- ❖ La correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa se da principalmente para T12 y esto es debido probablemente a que la carne de potro contiene ácidos grasos poliinsaturados que se han ido oxidando durante el tiempo de maduración.

CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA

Acero Adámez, P. (2009). *Planificación y manejo de la explotación equina* (Vol. 5). Valladolid: Consejería de Agricultura y Ganadería de León. Recuperado a partir de http://www.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100Detalle/1131977209076/_/1284232522548/Redaccion

Andújar, G., P., D., & Venegas, O. (2003). *Química y Bioquímica de la carne y los productos cárnicos* (p. 126). La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.

Aranda Barandiain, L. (2013). España y el escándalo de la carne de caballo | Mundo animal |. Recuperado 9 de mayo de 2017, a partir de <http://www.dw.com/es/espa%C3%B1a-y-el-esc%C3%A1ndalo-de-la-carne-de-caballo/a-16771077>

Arteta Hugueros, M. (2013). *Determinación de la fracción aromática de la carne de toro de lidia*. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.

Asociación de Criadores de Ganado Equino de la Montaña Asturiana. (s. f.). Recuperado 17 de mayo de 2017, a partir de <http://acgema.com/index.php/la-raza%20/>

Asociación de Criadores de Ganado Equino de Raza Hispano Bretón en Cantabria / Manadas. (s. f.). Recuperado 6 de junio de 2017, a partir de <http://test.hispanobretoncantabria.com/>

Asociación Pura Raza Cabalo Galego. (s. f.-a). Recuperado 6 de junio de 2017, a partir de <http://cabalogalego.com/#>

Asociación Pura Raza Cabalo Galego. (s. f.-b). Definición de la raza. Distribución geográfica e importancia. Recuperado 6 de junio de 2017, a partir de <http://cabalogalego.com/>

Barriada Álvarez, M. M. (s. f.). *Calidad de la carne: Parámetros de referencia y factores que la condicionan* (No. 4/94) (p. 29). Principado de Asturias: Instituto de Experimentación y Promoción Agraria.

Bascón Suárez, M.C. (2016). *La Cromatografía de Gases-Olfatometría como herramienta en la evaluación del aroma de los alimentos*. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

Broncano, J.M., P., M. J., & Parra, V., T., M. L. (2009). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. *Meat Science*, 6.

Brunton, N. P., C., D. A., & Monahan F. J., D., R. (2000). A comparison of solid-phase microextraction (SPME) fibres for measurement of hexanal and pentanal in cooked turkey. *Food Chemistry*, 6.

Cabrera, D. (2015). Histología Sistema Respiratorio: Cavidad Nasal. Recuperado 7 de junio de 2017, a partir de <http://histologiaspiratorio.blogspot.com.es/2015/04/cavidad-nasal.html>

Calkins, C.R., H., J. M. (2007). A fresh look at meat flavor. *Meat Science*, 17.

Catelli, J. (2004). *El caballo en Europa para producción de carne* (pp. 1-3). Universidad de Buenos Aires.

Catelli, J., Caviglia, J., Tassara, M., & Giménez, R. (2006). Producción de equinos

para carne. *Revista de Ciencias Agrarias y Tecnología de los Alimentos*, 24, 1-12.

Checa Cortés, M.L. (2004). *Análisis de la variabilidad genética en razas equina autóctonas españolas detectada mediante microsatélites*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Correa, E.C., B., P., & Ruiz-Altisent, M., C., C. (2005). *Nariz electrónica ¿Herramienta para la calidad en la Industria Agroalimentaria?* (p. 10). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.

Domínguez, R., G., M., & Fonseca, S., L., J. M. (2013). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 8.

Fábregas, X. (2002). Producción, calidad y consumo de carnes equinas en España. *Eurocarne*, 110(10), 1-5.

FAO. (s. f.). FAO - Producción y Sanidad Animal. Recuperado 6 de junio de 2017, a partir de <http://www.fao.org/ag/againfo/home/es/index.htm>

FAOSTAT. (s. f.). Situación Mundial. Recuperado 6 de junio de 2017, a partir de <http://perso.wanadoo.es/milantx/mundo.htm>

Franco, D., F., M., Temperán, S., G., L., & Lorenzo, J.M. (2011). *Calidad de la canal del potro Gallego de Monte* (p. 4). San Cibrao das Viñas, Ourense, España: Centro Tecnológico de la carne.

Harris, P. (2006). *Efecto de la nutrición y otros factores para asegurar un crecimiento óptimo en el potro* (p. 11). Leicestershire, UK: WALTHAM Centre for Pet Nutrition.

Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibañez, E. (2006). Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae: A review. *Food Chemistry*, 98(1), 136-148. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.058>

Insausti, K., B., M. J., & Gorraiz, C., P., A. (2002). Volatile compounds of raw beef from 5 local spanish cattle breeds stored under modified atmosphere, 1-10.

Insausti, K., Z., G., Beriain, M.J., S., M. V., Gómez, I., A., A., & Mendizabal, J.A., P., A. (2011). *Enriquecimiento en ácidos grasos poliinsaturados y omega-3 de carne de cordero de Raza Navarra mediante la utilización de semillas de lino y algas marinas. II calidad de la carne: Composición en ácidos grasos* (pp. 1-3). Pamplona, España: ETSIA, Universidad Pública de Navarra.

ITG Ganadero - Raza Burguete. (s. f.). Recuperado 10 de mayo de 2017, a partir de <http://www.itgganadero.com/itg/portal/seccion.asp?S=3&N=78&P=17>

Juárez, M., F., S., Ficco, A., P., F., & Avilés, C., P., O. (2010). Buffalo meat composition as affected by different cooking methods. *Food and Bioproducts Processing*, 3.

Kosowska, M., A. M., M., & Fortuna, T. (2017). Volatile compounds in meat and meat products. *Food Science and Technology*, 7.

Lorenzo, J. M., & Domínguez, R. (2014). Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure. *Flavour and Fragrance Journal*, 29(4), 240-248. <https://doi.org/10.1002/ffj.3201>

Lorenzo, J.M., C., A., & Munekata, P.E., D., R. (2015). Physicochemical properties of foal meat as affected by cooking methods. *Meat Science*, 5.

Lorenzo, J.M., C., J. (2013). Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Science*, 8.

Loza San Martín, V. (2012). *Efecto de la congelación, la alimentación y el espesor de grasa dorsal en el perfil aromático de la carne de terneros de Raza Pirenaica*. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.

Ma, R., H., N., & Bekhit A. E., L., T. F. (2012). Evaluation of pre-rigor injection of beef with proteases on cooked meat volatile profile after 1 day and 21 days post-mortem storage. *Meat Science*, 9.

Madruga, M.S., E., J. S., Oruna-Concha, M.J., B., D., & Mottram, D.S. (2010). Determination of some water-soluble aroma precursors in goat meat and their enrolment on flavour profile of goat meat. *Food Chemistry*, 7.

MAPAMA. (s. f.). Compuestos orgánicos volátiles. Recuperado 1 de mayo de 2017, a partir de http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2003). *Estudio y caracterización del sector equino en España* (p. 357). Tragega-Sanidad Animal y Servicios Ganaderos, SA.

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). *El sector equino en cifras. Principales indicadores económicos en 2015* (p. 40). Madrid: Subdirección General de Productos Ganaderos.

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s. f.-a). Bргуete - Catálogo oficial de razas. Recuperado 25 de abril de 2017, a partir de <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/equino-caballar/burguete/galeria.aspx>

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s. f.-b). Información del sector equino. Recuperado 23 de abril de 2017, a partir de <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/equino/default.aspx>

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s. f.-c). Raza equino caballar caballo de pura raza gallega. Recuperado 22 de mayo de 2017, a partir de <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/equino-caballar/caballo-pura-raza-gallega/>

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Razas de Ganado del Catálogo Oficial de España* (p. 226).

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (s. f.). *Aturdimiento* (p. 57). AECOSAN.

Molina, A. (2008). Capítulo 20: Sector equino. En *El libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural* (p. 24).

Mottram, D.S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, 9.

Narváez-Rivas, M., G., E., & León-Camacho, M. (2012). Analysis of volatile compounds from Iberian hams: a review. *International Journal of Fats and Oils*.

Nieto, G., B., S., & Garrido, M.D. (2011). Effect of supplementing ewes' diet with thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracillis*) leaves on the lipid oxidation of cooked lamb meat. *Food Chemistry*, 5.

Oficina Regional para Asia y el Pacífico. (s. f.). Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado. Recuperado 7 de junio de 2017, a partir de <http://www.fao.org/docrep/005/x6909S/x6909s09.htm>

Oliván García, M., S. S., V., & García Espina, P. (2014). *Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno* (p. 8).

Pérez de Muniain Ortigosa, A., A. S. M., F. J., & Villanueva Vergara, M. (2011). Capítulo 8: El caballo en Navarra. En *ITG Ganadero* (pp. 249-276).

Pinaya Salazar, K.A. (2008). *Análisis del impacto del sector equino tradicional de España hacia el mercado internacional y sus efectos dentro de la economía española*. Universidad de Barcelona, Barcelona, España.

Raza Burguete. (s. f.). Recuperado 16 de abril de 2017, a partir de <http://www.intiasa.es/es/explotaciones-ganaderas/areas-de-interes/ganaderia-navarra/razas-autoctonas/nuestras-razas/burguete.html>

Raza equino caballar BURGUETE - Datos productivos. (s. f.). Recuperado 6 de junio de 2017, a partir de http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/equino-caballar/burguete/datos_productivos.aspx

Raza equino caballar CABALLO DE PURA RAZA GALLEGA. (s. f.). Recuperado 9 de mayo de 2017, a partir de <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/equino-caballar/caballo-pura-raza-gallega/>

Ruiz Darbonnens, M. (2012). *Efecto de la alimetación en el perfil aromático de la carne cocinada de cordero de la Raza Navarra*. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.

Sañudo Astiz, C. (2007). La calidad organoléptica de la carne (VIII). *Mundo Ganadero Ovino-Caprino*, 2.

Sarriés, M.V., I., G., Goñi, M.V., I., K., & Beriain, M.J. (2005). *Estabilidad del color de la carne de potro producida en Navarra* (p. 3). Pamplona, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos-Universidad Pública de Navarra.

Serrano, A., L., J., Cofrades, S., S.-M., F. J., & Jiménez-Colmenero, F. (2007). Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat Science*, 9.

Teja Otazua, J. (2017). *Perfil aromático de la carne de potro procedente de animales alimentados con semillas de lino*. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.

Van Ba, H., R. K. S., & Inho, H. (2012). Flavor Characteristics of Hanwoo Beef in Comparison with other Korean foods. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 11.

Xunta de Galicia. (2013). *Programa de Mejora del caballo de Pura Raza Gallega*.

Asociación de criadores do cabala de Pura Raza Galega.