



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# **PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE Y DEL QUESO DE LA OVEJA GUIRRA**

**TESIS DOCTORAL**

Presentada por:

Elena Escolar Saval

Dirigida por:

Martín Rodríguez García

València, enero de 2016





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**MARTÍN RODRÍGUEZ GARCÍA, CATEDRÁTICO DE ESCUELA UNIVERSITARIA  
DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIA ANIMAL DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada “PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE Y DEL QUESO DE LA OVEJA GUIRRA”, ha sido realizada por la Licenciada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos Elena Escolar Saval en el Departamento de Ciencia Animal bajo su dirección y que, una vez revisado y comprobado el trabajo, considera que reúne los requisitos necesarios para la obtención del grado de Doctor, por lo que autoriza su presentación.

Y para que así conste, firmo el presente documento en València, a 14 de enero de 2016.

Dr. Martín Rodríguez García



## **FINANCIACIÓN**

Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación aportada por:

El Proyecto INIA CAL 03-089 (2004-2007) titulado: “Desarrollo sostenible y su influencia sobre la aptitud quesera del ganado ovino autóctono de la Comunidad Valenciana”

La Conselleria d’Agricultura, Pesca i Alimentació y la Asociación Nacional de Criadores de Raza Guirra (ANGUIRRA) nos facilitaron el rebaño de ovejas Guirras y colaboraron en la financiación de este proyecto.



## **Veles e vents**

*Veles e vents han mos desigs complir  
faent camins dubtosos per la mar:  
mestre i ponent contra d'ells veig armar;  
xaloc, llevant, los deuen subvenir,  
ab llurs amics lo grec e lo migjorn,  
fent humils precés al vent tramuntanal  
que en son bufar los sia parcial  
e que tots cinc complesquen mon retorn.*

*Bullirà el mar com la cassola en forn,  
mudant color e l'estat natural,  
e mostrarà voler tota res mal  
que sobre si atur un punt al jorn.  
Grans e pocs peixes a recors correran  
e cercaran amagatalls secrets:  
fugint al mar, on són nudrits e fets,  
per gran remei en terra eixiran.*

*Los pelegrins tots ensems votaran  
e prometran molts dons de cera fets,  
la gran paor traurà al llum los secrets  
que al confés descuberts no seran,  
e en lo perill no em caureu de l'esment,  
ans votaré al Déu qui ens ha lligats  
de no minvar més fermes voluntats  
e que tots temps me sereu de present.*

*Jo tem la mort per no ser-vos absent,  
perquè amor per mort és anul·lats,  
mas jo no creu que mon voler sobrats  
pusca esser per tal departiment.*

*Jo só gelós de vostre escàs voler  
que, jo morint, no meta mi en oblit.  
Sol est pensar me tol del món delit,  
car, nós vivint, no creu se pusca fer:*

*après ma mort, d'amar perdau poder  
e sia tost en ira convertit.*

*E jo forçat d'aquest món ser eixit,  
tot lo meu mal serà vós no veer.*

*Oh Déu! per què terme no hi ha en amor,  
car prop d'aquell jo em trobara tot sol?  
Vostre voler sabera quant me vol,  
tement, fiant de tot l'avenidor!*

*Jo son aquell pus extrem amador  
après d'aquell a qui Déu vida tol:  
puix jo son viu, mon cor no mostra dol  
tant com la mort, per sa extrema dolor.*

*A bé o mal d'amor jo só dispost,  
mas per mon fat fortuna cas no em porta:  
tot esvetlat, ab desbarrada porta  
me trobarà, faent humil respot.*

*Jo desig ço que em porà ser gran cost  
i aquest esper de molts mals m'aconhorta;  
a mi no plau ma vida ser estorta  
d'un cas molt fer, qual prec Déu sia tost.*

*Lladoncs les gents no els calrà donar fe  
al que amor fora mi obrarà:  
lo seu poder en acte es mostrarà  
e los meus dits ab los fets provaré.*

*Amor, de vós, jo en sent més que no en sé,  
de què la part pitjor me'n romandrà,  
e de vós sap lo qui sens vós està.  
A joc de daus vos acompanyaré*

*Ausiàs March (València, 1400-1459)*





## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi amigo y director Martín Rodríguez la confianza puesta en mí para la realización de esta Tesis Doctoral. También por su enorme implicación y esfuerzo para que se haya podido llevar a cabo.

A Ángel de la “Quesería Los Corrales” de Almedíjar, en Castellón, porque sin sus instalaciones, su disposición, su sabiduría y su paciencia, no habría sido posible la ejecución de gran parte del trabajo de esta tesis.

Quiero expresar también mi agradecimiento a Toni Trujillo Mesa, de la Universitat Autònoma de Barcelona, por sus indicaciones en algunas técnicas analíticas y a Ana Garzón Sigler, de la Universidad de Córdoba, por el apoyo prestado en las determinaciones reológicas de la leche.

També vull agrair a Cristòfol Peris, amic i cap al que admire, que haja confiat en mi des de que vaig entrar a Licoval, fa quasi 14 anys! (Com passa el temps, Tòfol!) ja que treballar en el laboratori m’ha fet créixer laboral i personalment. Açò m’ha facilitat portar a bon terme esta tesis.

A todos los compañeros *licovaleros*, Yoli, Ali, Eu, Min, Sil, Mari, cuyas amistades han quedado ahí para siempre. ¡Por los buenos momentos vividos!

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo de mi familia, mi madre, mi padre, mi hermana y mi hermano, que aunque lejos físicamente, están muy cerca de mí. Me han apoyado siempre incondicionalmente y son lo mejor que tengo. Os quiero.

Agradecer enormemente a todas aquellas personas que han contribuido desinteresadamente en la ejecución de este trabajo, tanto en el laboratorio, en la granja, o en la revisión de la tesis.

A mis amigas y amigos, que están ahí, a las duras y a las maduras, porque muchas veces no soy fácil de aguantar!! Todos y cada uno de ellos saben quiénes son. Gracias por quererme, apoyarme y animarme siempre en todos los ámbitos de mi vida: personales, académicos, deportivos, etc. A mis paterenses: sois geniales y ¡¡¡que biba la beba baja!!! ¡Qué haría yo sin vosotros!



## RESUMEN

La raza Guirra, autóctona de la Comunidad Valenciana, ha sido utilizada históricamente para la producción de corderos en zonas de secano y de montaña, mientras que en otras zonas con mayor disponibilidad de pasto era aprovechada para la producción lechera, y con su leche se elaboraban quesos tradicionales. El censo actual de la raza se ha reducido hasta unas 5000 cabezas, pero en los últimos 10 años, varias explotaciones han reiniciado la actividad lechera. Sin embargo, hay pocos trabajos sobre las características productivas de esta raza.

Con el fin de conocer la producción de leche de la oveja Guirra, su composición y las características de su leche y quesos, se han desarrollado en la granja experimental de la UPV una serie de estudios con 116 ovejas (72 de raza Guirra y 44 de raza Manchega) durante tres lactaciones, que se presentan agrupados en tres trabajos.

En el primer trabajo se realizó un estudio comparativo de la producción y las características de la leche en ovejas de raza Guirra y de raza Manchega. Se estudió la producción y la composición de la leche en el periodo de cría y en el periodo de ordeño, el fraccionamiento de la leche ordeñada, el perfil de ácidos grasos y el tamaño de partícula (glóbulo de grasa y micela de caseína).

En el segundo trabajo se abordó el estudio de las características de los quesos de pasta dura elaborados con leche de oveja Guirra y de oveja Manchega. En primer lugar se elaboraron quesos con leche pasteurizada de oveja Guirra y Manchega, se estudiaron las características reológicas de la leche, la composición del suero, el tiempo de coagulación, el rendimiento quesero, la composición físico-química de los quesos, la evolución del color durante la maduración, las características sensoriales y la aceptación de los quesos por los consumidores. En segundo lugar, se elaboraron quesos con leche cruda de oveja Guirra y Manchega, siguiendo el procedimiento de aumentar la temperatura de la cuajada (de 32 °C a 37 °C) durante el desuerado. Además, también se fabricó otro tipo de queso con leche cruda de oveja Guirra, pero sin aumentar la temperatura de la cuajada. Se analizó durante la maduración de los quesos la composición físico-química, el color, la textura, las características sensoriales y el nivel de aceptación por los consumidores.

En el tercer trabajo se realizó una comparación entre dos tipos de queso con leche cruda de oveja Guirra, uno con cuajo de cordero y otro con coagulante vegetal (*Cynara cardunculus*). Se estudiaron durante la maduración las características físico-químicas de los quesos, la proteólisis, la lipólisis, el color y la textura. También se realizó un análisis sensorial y su aceptación por los consumidores.

Se pudo comprobar:

Respecto a las **características productivas** y a las **características de la leche**, las ovejas de raza Guirra, con una producción media de unos 100 litros de leche ordeñada, presentan una menor producción y un fraccionamiento con menor proporción de leche a máquina que las ovejas Manchegas. La composición de la leche presenta pequeñas diferencias en el contenido en proteína, lactosa y extracto seco, que es ligeramente mayor en las ovejas Guirras. El perfil de ácidos grasos en

la leche de oveja Guirra presenta una menor proporción en ácidos grasos de cadena corta y mayor proporción de ácidos grasos de cadena larga que en la oveja Manchega. Las ovejas de raza Guirra presentaron en su leche micelas de caseína y glóbulos de grasa de menor tamaño que las ovejas de raza Manchega.

En **quesos elaborados con leche pasterizada**, la leche de oveja Guirra, en relación a la leche de oveja Manchega, presenta un tiempo de cuajado similar, una velocidad de coagulación mayor, una dureza media ( $A_{30}$ ) superior, y una dureza máxima ( $A_{60}$ ) similar. El rendimiento de la cuajada es menor en la leche de oveja Guirra, pero el rendimiento quesero obtenido en las fabricaciones es similar en ambas razas.

El queso de oveja Guirra presenta inicialmente un mayor contenido en extracto seco, grasa y proteína que el queso de oveja Manchega, pero estas diferencias se anulan a partir de los 60 días. Se observa que el queso de oveja Guirra es menos luminoso, más amarillento, más duro y menos friable que el queso de oveja Manchega, pero la impresión global es similar en ambos quesos. Los consumidores prefieren el queso de oveja Manchega, sobre todo a los 60 días de maduración.

En quesos elaborados con **leche cruda** y con **diferente temperatura durante el desuerado**, se observa que el queso de oveja Guirra fue menos graso y presentó mayor contenido en proteína que el de oveja Manchega. El aumento de la temperatura de la cuajada no afectó al extracto seco del queso a partir de los 60 días.

El análisis instrumental de color y de textura no mostró diferencias significativas entre los quesos de ambas razas, ni tampoco entre los quesos de oveja Guirra elaborados con distinta temperatura de desuerado. La impresión global de los quesos, evaluada por los catadores a los 120 días de maduración, es similar en las dos razas y también en los quesos de oveja Guirra con distinta temperatura de desuerado. También los consumidores encuentran una impresión global similar del queso elaborado con distinta temperatura, a los 90 días de maduración.

En quesos elaborados con **coagulante vegetal** se observa un mayor contenido en extracto seco y grasa que en los quesos de cuajo animal. El nivel de lipólisis es similar en los dos tipos de queso, pero la proteólisis es mayor en el queso de coagulante vegetal.

En cuanto a la textura, tanto el análisis instrumental como el sensorial muestran una gran semejanza en los dos quesos. Igualmente, el olor y el sabor fueron similares. El grado de aceptación global por los catadores fue alto en ambos quesos. No obstante, tanto los catadores como los consumidores indican que el queso de cuajo animal es más aromático que el queso obtenido con coagulante vegetal.

El grado de maduración de los quesos influyó en numerosos descriptores sensoriales. Los quesos de 180 días, respecto a los de 120 días, presentaron mayor intensidad global de aroma, mayor grado de firmeza y tamaño de gránulo y mayor aceptación global.

## SUMMARY

The Guirra, a breed sheep native of the Valencia region, has been used historically for lamb production in rainfed lands and mountains, while in other areas with greater availability of pasture it was exploited for milk production, and in turn, were produced traditional cheeses.

The current census of the breed has been reduced to approximately 5,000 heads, but in the last 10 years, several dairy farms have resumed their dairy activity, however, there are few studies on the productive characteristics of this breed.

In order to know more about the milk production of the Guirra sheep, the composition and characteristics of both its milk and cheese, a series of studies with 116 sheep (72 Guirra and 44 Manchega) during three lactations, have been developed in the experimental farm of the UPV. These studies have been arranged in three papers.

In the first paper a comparative study was conducted about the production and characteristics of the Guirra and Manchega milk. Production and milk composition was researched in the rearing period and milking period, as well as the milk yield fragmentation, the fatty acid profile and the particle size (fat globule and casein micelle).

In the second paper were addressed the characteristics of hard cheeses made from Guirra and Manchega milk. At the beginning, cheeses were made with both pasteurized Guirra and Manchega milk, and were studied the milk rheological characteristics, as well as the serum composition, coagulation time, the cheese output, the cheeses physicochemical characteristics, the color development during the ripening process, the sensory characteristics of the cheese by a panel of tasters and sensory consumer acceptance. Secondly, cheese was produced from raw milk of Manchega and Guirra sheep by increasing the curd temperature (32 °C to 37 °C) during the draining process. Additionally, another type of cheese was made with Guirra raw milk, but with no increase the curd temperature. During the ripening process, the physico-chemical properties of the cheeses, their color, texture, sensory characteristics and their consumer acceptance characteristics. were researched

In the third paper, a comparison between two types of cheese from Guirra milk was made: one with lamb rennet and the other with a vegetable coagulant (*Cynara cardunculus*). During the ripening process, both cheeses physicochemical characteristics were researched, their proteolysis, lipolysis, color and texture. A sensory analysis and sensory consumer acceptance were also carried. It was found:

Regarding the **productive characteristics** and **characteristics of Guirra milk**, with an average production of about 100 liters of milk a lactation, this breed has both less production and a proportion of fractionation milk machine than the Manchega breed. The milk composition has small differences in the protein content, lactose and dry matter, which is slightly higher in the Guirra milk. The fatty acid profile in Guirra milk has a lower proportion of short-chain fatty acids and a higher

proportion of long-chain fatty acids than the Manchega. The Guirra milk presented smaller casein micelles and fat globules than Manchega milk.

In **cheeses made with pasteurized milk**, the Guirra milk has a similar curdling time, a faster coagulation, a higher average hardness ( $A_{30}$ ), but a similar maximum hardness ( $A_{60}$ ). The curd yield is lower in the Guirra milk, but the cheese yield obtained in the production is similar in both types.

The Guirra cheese initially presented a higher content of dry matter, fat and protein than Manchega cheese, but these differences were reduced during the ripening process, disappearing after 60 days. The Guirra cheese is fainter and more yellowish. It has a higher hardness and elasticity, and a lower friability and adhesion than Manchega cheese, but the overall impression is similar in both cheeses. Consumers preferred Manchega cheese, especially after 60 days of ripening.

In **cheeses made from raw milk and different draining temperature**, the Guirra cheese had less fat and had more protein content than the Manchega cheese. The increasing curd temperature during the draining does not affect the dry matter content of the cheese after 60 days of ripening.

The instrumental analysis of color and texture showed no significant differences between cheeses of both breeds, nor between Guirra cheeses made with different temperature of draining. The overall impression of cheeses, evaluated by tasters within 120 days of ripening, is similar in both Guirra and Manchega cheeses, and also in the Guirra cheeses with different draining temperature and sheep cheeses with different temperature Guirra draining. Consumers also found a similar overall impression of the cheese made with different temperature, after 90 days of ripening.

In **cheeses made with vegetable coagulant** is observed a higher dry matter content and fat than in animal rennet cheeses. The level of lipolysis is similar in both types of cheese, but the proteolysis is greater in the vegetable coagulant cheese.

All the texture, the instrumental and the sensory analysis show great similarity in the two cheeses. Sensuously, the two types of cheese were very similar, and overall acceptability by tasters was high and similar in both cheeses. However, both consumers and tasters indicate that the cheese made with animal rennet is more aromatic than the one obtained with vegetable coagulant.

The degree of maturation of the cheeses influenced many sensorial descriptors. 180-day ripened cheeses compared to 120-day ripened cheeses have a greater aroma intensity, a greater strength and granule size and a greater overall acceptance.

## RESUM

La raça Guirra, autòctona de la Comunitat Valenciana, ha sigut utilitzada històricament per a la producció de corders en zones de secà i de muntanya, mentre que en altres zones amb major disponibilitat de past era aprofitada per a la producció lletera, amb la seua llet s'elaboraven formatges tradicionals. El cens actual de la raça s'ha reduït fins uns 5000 animals, però en els darrers 10 anys, varies explotacions han reiniciat l'activitat lletera, no obstant, hi ha pocs treballs sobre les característiques productives d'aquesta raça.

Per tal de conèixer la producció de llet de l'ovella Guirra, la seua composició i característiques, i els seus formatges, s'han desenvolupat en la granja experimental de la Universitat Politècnica de València, estudis amb 116 ovelles (72 de raça Guirra i 44 de raza Manxega) durant tres lactacions, que es presenten agrupats en tres treballs.

En el primer treball es va realitzar un estudi comparatiu de la producció i les característiques de la llet entre ovelles de raça Guirra i de raça Manxega. Es va estudiar la producció i la composició de la llet en el període d'amamentament i en el de munyida, el fraccionament de la llet munyida, el perfil d'àcids greixos i el tamany de partícula (glòbul de greix i micel·la de caseïna).

En el segon treball es van estudiar de les característiques dels formatges de pasta dura elaborats amb llet d'ovella Guirra i de Manxega. En primer lloc es van elaborar formatges amb llet pasteuritzada d'ovella Guirra i d'ovella Manxega, es van estudiar les característiques reològiques de la llet, la composició del sèrum, el temps de coagulació, el rendiment formatger, la composició físico-química dels formatges, l'evolució del color durant la maduració, les característiques sensorials i l'acceptació dels formatges pels consumidors. En segon lloc, es van elaborar formatges amb llet crua d'ovella Guirra i de Manxega, seguint el procediment d'augmentar la temperatura de la quallada (de 32 °C a 37 °C) durant la separació del sèrum. A més, també es va dur a terme la fabricació d'un altre tipus de formatge amb llet crua d'ovella Guirra, però sense augmentar la temperatura de la quallada. Es van estudiar durant la maduració dels formatges la composició físico-química, el color, la textura, les característiques sensorials i el nivell d'acceptació pels consumidors.

En el tercer treball es va realitzar una comparació entre dos tipus de formatge amb llet d'ovella Guirra, un amb quall de corder i un altre amb coagulant vegetal (*Cynara cardunculus*). Es van estudiar durant la maduració les característiques físico-químiques dels formatges, la proteòlisi, la lipolisi, el color i la textura. També es va realitzar un anàlisi sensorial dels formatges i la seua acceptació pels consumidors.

Es va comprovar:

Respecte a les **característiques productives** i a les **característiques de la llet**, les ovelles de raça Guirra, amb una producció mitjana d'uns 100 l de llet munyida, presenten una menor producció i un fraccionament amb menor proporció de llet a màquina que les ovelles Manxegues. La composició de la llet presenta xicotetes diferències en el contingut en proteïna, lactosa i en extracte sec, que és lleugerament major en les ovelles Guirres. El perfil d'àcids greixos en la llet d'ovelles

Guirres presenta una menor proporció en àcids greixos de cadena curta i major proporció d'àcids greixos de cadena llarga que en l'ovella Manxega. Les ovelles de raça Guirra van presentar en la seva llet micel·les de caseïna i glòbuls de greix de menor tamany que les ovelles de raça Manxega.

En **formatges elaborats amb llet pasteuritzada**, la llet d'ovella Guirra, en relació a la llet d'ovella Manxega, presenta un temps de quallat semblant, una velocitat de coagulació major, una duresa mitjana ( $A_{30}$ ) superior, però la duresa màxima ( $A_{60}$ ) és similar. El rendiment de la quallada és menor en la llet d'ovella Guirra, però el rendiment formatger obtingut en les fabricacions és similar en ambdues races.

El formatge d'ovella Guirra presenta inicialment un major contingut en extracte sec, greix i proteïna que el formatge d'ovella Manxega, però aquestes diferències es van anar reduint durant la maduració, i a partir dels 60 dies es van anul·lar. S'observa que el formatge d'ovella Guirra és menor luminós, més groguenc, més dur i menys friable que el formatge d'ovella Manxega, però la impressió global és semblant en els dos formatges. Els consumidors prefereixen el formatge d'ovella Manxega, sobre tot als 60 dies de maduració.

En **formatges elaborats amb llet crua** i amb **diferent temperatura** durant la separació del sèrum, el formatge d'ovella Guirra presenta menys greix i més proteïna que el formatge d'ovella Manxega. L'augment de la temperatura de la quallada durant la fase de separació del sèrum no va afectar al extracte sec del formatge a partir dels 60 dies de maduració.

L'anàlisi instrumental del color i de textura no va mostrar diferències significatives entre els formatges d'ambdues races, ni tampoc entre els formatges d'ovella Guirra elaborats amb distinta temperatura en la separació del sèrum. La impressió global dels formatges, evaluada pels catadors als 120 dies de maduració, és semblant en ambdues races i també amb els formatges d'ovella Guirra amb distinta temperatura en la separació del sèrum. També els consumidors mostren una impressió global similar dels formatges elaborats amb distinta temperatura, als 90 dies de maduració.

En **formatges elaborats amb coagulant vegetal** s'observa un major contingut en extracte sec i greix que en els formatges de quall animal. El nivell de lipolisi és semblant en els dos tipus de formatge, però la proteòlisi és major en el formatge elaborat amb coagulant vegetal.

En quant a la textura, l'anàlisi instrumental i l'anàlisi sensorial mostren una gran semblança en els dos formatges. També sensorialment els dos tipus de formatge van ser molt semblants, i el grau d'acceptació global pels tastadors va ser alt i semblant en els dos tipus de formatges. No obstant això, tant els tastadors com els consumidors indiquen que el formatge elaborat amb quall animal és més aromàtic que el de coagulant vegetal.

El grau de maduració del formatge va influir en nombrosos descriptors sensorials. Els formatges de 180 dies, respecte als de 120 dies, presenten una major intensitat global d'aroma, major grau de fermesa i tamany de grànul i una major acceptació global.



## LISTADO DE ABREVIATURAS

A<sub>30</sub>: dureza media de la cuajada

A<sub>60</sub>: dureza máxima de la cuajada

AAL: aminoácidos libres

AG: ácidos grasos

AGCC: ácidos grasos de cadena corta

AGCL: ácidos grasos de cadena larga

AGCM: ácidos grasos de cadena media

AGL: ácidos grasos libres

AGT: ácidos grasos totales

a<sub>w</sub>: actividad del agua

CAS: caseína

DOP: Denominación de Origen Protegida

ES: extracto seco

F1, F2, F3: fabricaciones 1, 2 y 3

G: grasa

HGDO: hectogrado

HR: Humedad Relativa

IA: índice de aterogenicidad

K<sub>20</sub>: velocidad de endurecimiento

L: lactosa

LAM: leche apurado a máquina

LICOVAL: Laboratori d'Anàlisi de Llet de la Universitat Politècnica de València

LM: leche a máquina

LRCS: logaritmo de células somáticas

LTD: leche total diaria

min: minutos

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

NS: nitrógeno soluble

NT: nitrógeno total

P: proteína

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

r: tiempo de coagulación

RC: rendimiento de la cuajada

RCS: recuento de células somáticas

SAT: ácidos grasos saturados

T: temperatura

vs: versus



# Índices



## Índice General

1. ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO .....	35
1.1. Antecedentes .....	35
1.2. Objetivos .....	37
1.3. Plan de trabajo .....	38
2. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	43
2.1. Sector ovino lechero .....	43
2.2. La Raza Manchega .....	43
2.3. El consumo de queso .....	44
2.4. Características de la leche de oveja.....	48
2.4.1. Características físico químicas y recuento de células somáticas .....	48
2.4.2. Parámetros reológicos.....	53
2.4.3. Factores que influyen en la producción y composición de la leche .....	54
2.5. Transformación de la leche en queso.....	56
2.5.1. Fabricación del queso .....	57
2.5.2. Cambios bioquímicos durante la maduración .....	60
2.5.3. Características sensoriales.....	62
2.5.4. Pruebas sensoriales .....	65
3. PRIMER TRABAJO. Estudio comparativo de la producción, fraccionamiento y características de la leche de oveja Guirra y oveja Manchega.....	69
3.1. Objetivos .....	69
3.2. Materiales y métodos .....	69
3.2.1. Animales y equipo de ordeño .....	69
3.2.2. Diseño experimental.....	70
3.2.3. Producción, fraccionamiento, RCS y composición de la leche .....	71
3.2.4. Análisis de ácidos grasos.....	72
3.2.5. Tamaño de las partículas (glóbulo de grasa y micela de caseína).....	72
3.2.6. Análisis estadístico.....	73
3.3. Resultados y discusión .....	75
3.3.1. Producción y composición de la leche de oveja Guirra .....	75
3.3.2. Perfil de ácidos grasos .....	82
3.3.3. Tamaño del glóbulo y de la micela de caseína.....	89
3.4. Conclusiones .....	91
4. SEGUNDO TRABAJO. Estudio comparativo de Quesos de oveja Guirra y oveja Manchega. ....	95
4.1. Objetivos .....	95
4.2. Materiales y métodos .....	95
4.2.1. Diseño experimental Quesos leche pasterizada .....	95
4.2.2. Análisis de la leche utilizada para la elaboración de los quesos y del suero .....	96
4.2.3. Elaboración quesos con leche pasterizada .....	96
4.2.4. Análisis de los quesos .....	99
4.2.5. Determinación del color .....	99
4.2.6. Análisis sensorial de los quesos leche pasterizada.....	99
4.2.7. Diseño experimental Quesos leche cruda de Guirra vs. Manchega.....	100
4.2.8. Elaboración de los quesos con leche cruda .....	101

4.2.9.	Análisis de los quesos .....	101
4.2.10.	Análisis de la textura .....	101
4.2.11.	Análisis sensorial de los quesos de leche cruda .....	102
4.2.12.	Análisis estadístico .....	102
4.3.	Resultados y discusión Quesos leche pasterizada.....	104
4.3.1.	Características de la leche y el suero.....	104
4.3.2.	Características físico químicas de los quesos.....	107
4.3.3.	Resultados del color .....	109
4.3.4.	Resultados del ensayo sensorial.....	111
4.3.5.	Conclusiones .....	118
4.4.	Resultados y discusión Quesos elaborados con leche cruda (calentamiento cuajada).....	119
4.4.1.	Características físico químicas de la leche .....	119
4.4.2.	Características físico-químicas de los quesos durante la maduración .....	119
4.4.3.	Análisis sensorial de los quesos.....	126
4.4.4.	Conclusiones .....	132
5.	TERCER TRABAJO. Estudio comparativo del Queso de oveja Guirra elaborado con cuajo animal y coagulante vegetal. ....	135
5.1.	Objetivo.....	135
5.2.	Materiales y métodos .....	135
5.2.1.	Diseño experimental.....	135
5.2.2.	Elaboración de los quesos.....	136
5.2.3.	Análisis de la composición, del pH y del color .....	138
5.2.4.	Determinación de cloruro sódico .....	138
5.2.5.	Proteolisis.....	138
5.2.6.	Lipolisis.....	138
5.2.7.	Determinación de la actividad del agua ( $a_w$ ).....	138
5.2.8.	Análisis sensorial .....	139
5.2.9.	Análisis estadístico.....	139
5.3.	Resultados y discusión .....	141
5.3.1.	Características de la leche y composición del suero. ....	141
5.3.2.	Características físico-químicas de los quesos durante la maduración .....	142
5.3.3.	Aspecto y conservación de los quesos maduros .....	146
5.3.4.	Evolución del nitrógeno soluble y aminoácidos libres.....	147
5.3.5.	Lipolisis.....	149
5.3.6.	Evaluación del color de los quesos durante la maduración.....	155
5.3.7.	Análisis de textura .....	158
5.3.8.	Análisis sensorial catadores .....	160
5.3.9.	Análisis sensorial por consumidores .....	162
5.4.	Conclusiones .....	166
6.	CONCLUSIONES GENERALES .....	171
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	174
8.	ANEXOS.....	189
8.1.	Anexo 1. Fichas utilizadas por los consumidores en los ensayos realizados con quesos de oveja Guirra y de oveja Manchega. ....	189
8.2.	Anexo 2. Ficha utilizada por los consumidores en los quesos del tercer trabajo, elaborados con cuajo animal y con coagulante vegetal. ....	191

## Índice de Figuras

Figura 1. Plan de trabajo para la caracterización de la leche y el queso de oveja Guirra .....	1
Figura 2. Volumen (%) del consumo de queso en el año 2013 (iqda.) y gasto (€) en consumo de quesos (drcha.) (MAGRAMA, 2013).....	44
Figura 3. Gráfico del viscosímetro de torsión tipo tromboelastógrafo. ....	53
Figura 4. Esquema de la submicela de caseína. Horne (2006).....	57
Figura 5 Diagrama de espacios de color (L* a* b*) .....	64
Figura 6. Diseño experimental de las dos lactaciones estudiadas .....	71
Figura 7. Curva de lactación en ovejas de raza Guirra y Manchega (*: P<0,05; **: P< 0,01; ***: P<0,001). ....	75
Figura 8. Evolución de los AG de cadena corta (izqda.), media y larga (drcha.) a lo largo de la lactación.....	88
Figura 9. Evolución de los AG saturados (izqda.), MUFA y PUFA (drcha.) a lo largo de la lactación....	88
Figura 10. Esquema de las fabricaciones y los análisis de la leche y los quesos elaborados con leche pasteurizada.....	96
Figura 11. Proceso de elaboración del queso. * Fermento compuesto por <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> y <i>Lactococcus lactis subsp. Cremoris</i> ; ** CaCl <sub>2</sub> 35 % (p/v) adicionado al 0,01 % (v/p); *** cuajo de cordero (1:10000).....	98
Figura 12. Diseño experimental. Fabricación de los quesos con leche cruda (G1, G2 y M) a lo largo de la lactación. ....	100
Figura 13. Análisis de doble compresión (TPA).....	102
Figura 14. Evolución del contenido en grasa y proteína por 100 g de ES durante la maduración.....	108
Figura 15. Evolución de los parámetros del color (L, a, b) en los quesos durante la maduración. (*: P<0,05; **: P<0,01).....	110
Figura 16. Valoración sensorial por consumidores a los 60 días de maduración .....	115
Figura 17. Valoración por los consumidores a los 90 días de maduración.....	116
Figura 18. Evolución del contenido en grasa (% ES) a lo largo de la maduración.....	122
Figura 19. Evolución del contenido en proteína (% ES) a lo largo de la maduración.....	122
Figura 20. Evolución de los parámetros L, a y b a lo largo de la maduración.....	124
Figura 21. Diseño experimental. Quesos de oveja Guirra A y V.....	135
Figura 22. Proceso de elaboración del queso. * Fermento: <i>Lactococcus lactis subsp. Lactis</i> y <i>Lactococcus lactis subsp. Cremoris</i> . ** Cuajo animal de cordero actividad 75 UC, 1 ml/7l leche (A) ; Coagulante vegetal <i>Cynara cardunculus</i> , actividad coagulante 200 UC, 1 ml/l leche (V).....	137
Figura 23. Evolución del contenido en grasa (% ES) de los quesos elaborados con cuajo animal o vegetal a lo largo de la maduración.....	144
Figura 24. Evolución del contenido proteico (% ES) de los quesos elaborados con cuajo animal o coagulante vegetal a lo largo de la maduración.....	145

---

Figura 25. Quesos elaborados con cuajo de cordero (G1) y con coagulante vegetal (G2) a los 90 días de maduración en las tres fabricaciones (F1, F2 y F3).....	147
Figura 26. Quesos elaborados con cuajo de cordero (izqda.) y con coagulante vegetal (drcha.) a los 240 días de maduración en las tres fabricaciones.....	147
Figura 27. Evolución del NS (g/100 g queso), del NS/NT (%) y de los aminoácidos libres aa (mg Leu/g queso) durante la maduración de los quesos elaborados con cuajo animal o coagulante vegetal .....	149
Figura 28. Evolución de la concentración de AGL de cadena corta, media y larga en el porcentaje de los AGL totales.....	154
Figura 29. Parámetros de color (L, a y b) durante la maduración de los quesos .....	156
Figura 30. Evolución de los parámetros de textura durante la maduración de los quesos.....	160
Figura 31. Valoración sensorial de los quesos por los consumidores a los 120 días de maduración (n=94).....	164
Figura 32. Valoración sensorial de los quesos por los consumidores a los 240 días de maduración (n=160).....	165



## Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los quesos de oveja con D.O.P. en España. Fuente: MAGRAMA 2015.....	47
Tabla 2. Composición media de la leche de oveja, cabra y vaca.....	48
Tabla 3. Principales ácidos grasos (g/100 g AGT) de la grasa de la leche de vaca, cabra y oveja, de animales alimentados con raciones similares ( sin grasa añadida). ....	50
Tabla 4. Porcentajes de ácidos grasos de cadena corta, media y larga (AGCC, AGCM y AGCL) encontrados en distintas razas.....	51
Tabla 5. Denominaciones de los quesos y duración mínima del periodo de maduración exigido .....	60
Tabla 6. Parámetros más utilizados en el análisis de textura de los quesos (ISO 5492:2008).....	63
Tabla 7. Número de animales utilizados en las dos lactaciones (G: Guirras; M: Manchegas).....	69
Tabla 8. Producción, composición de la leche y RCS durante el periodo de amamantamiento .....	76
Tabla 9. Efecto de la semana de lactación sobre la producción, composición y RCS de la leche durante el periodo de amamantamiento (media±ES).....	76
Tabla 10. Efecto de la raza, el número de lactación y el tipo de parto sobre la producción de leche, el fraccionamiento durante el ordeño, los componentes de la leche y el RCS (media±ES). ....	79
Tabla 11. Efecto de la semana de lactación sobre la producción, composición de la leche y RCS durante el periodo de ordeño (media±ES).....	80
Tabla 12. Efecto del año experimental sobre la producción de leche, el fraccionamiento durante el ordeño, los componentes de la leche y el RCS (media±ES). ....	82
Tabla 13. Efecto de la raza sobre la producción de leche (LTD, ml/día), contenido en grasa (%) y composición de ácidos grasos (%) en leche de oveja Guirra y Manchega en las semanas 13 y 15 de lactación (Año 1) (media±ES).....	84
Tabla 14. Efecto de la raza Guirra vs. Manchega sobre la producción de leche (LTD, ml/día), contenido en grasa (%), composición de ácidos grasos (%) en toda la lactación (Año 2) (media±ES). ....	85
Tabla 15. Efecto de la raza sobre la producción de leche (ml/día), contenido en grasa (%) y composición de ácidos grasos (%) en leche de oveja en las semanas 13 y 15 de lactación (Años 1 y 2) (media±ES).....	86
Tabla 16. Efecto de la raza y el número de lactación de los animales sobre la producción (ml/día), la composición de la leche (%), la producción diaria de grasa y proteína (g/día) y el LRCS en las semanas 12 y 14 de lactación (media±ES). ....	89
Tabla 17. Efecto de la raza sobre el tamaño del glóbulo de grasa y de las micelas de caseína (media±ES). ....	90
Tabla 18. Coeficientes de correlación del tamaño del glóbulo de grasa y las micelas de caseína con la producción de leche (LTD), el contenido de la leche en grasa, proteína, lactosa y extracto seco (ES), y las producciones diarias de grasa y proteína.....	91

---

Tabla 19. Efecto de la raza y la fabricación en las características físico-químicas de la leche y en la composición del suero (media±ES).....	104
Tabla 20. Efecto de la raza y la fabricación en las características reológicas y rendimiento quesero de la leche utilizada en las fabricaciones de los quesos (media±ES).....	106
Tabla 21. Nivel de significación estadística de los componentes del queso y del pH. ....	107
Tabla 22. Evolución de los componentes principales del queso (ES, grasa y proteína) y el pH durante la maduración de los dos tipos de queso (media±ES) .....	108
Tabla 23. Nivel de significación estadística de los factores estudiados sobre los parámetros de color. ....	109
Tabla 24. Nivel de significación estadística de los factores estudiados en los parámetros sensoriales de los quesos .....	111
Tabla 25. Resultados de la valoración sensorial (escala de 7 puntos) de los quesos, realizada por un panel de catadores expertos (media±ES).....	113
Tabla 26. Valoración sensorial por consumidores (n=320) a los 60 días de maduración (frecuencias en porcentaje) .....	115
Tabla 27. Valoración de consumidores a los 90 días de maduración.....	116
Tabla 28. Efecto de la edad y el sexo en el análisis sensorial de comparación por parejas a los 60 días de maduración. Frecuencias en porcentaje. ....	116
Tabla 29. Efecto de los hábitos de consumo (frecuencia y tipo) en la valoración sensorial de comparación por parejas a los 60 días de maduración. Frecuencias en porcentaje. ....	117
Tabla 30. Efecto de la edad y el sexo en el análisis sensorial de comparación por parejas a los 90 días de maduración. Frecuencias en porcentajes. ....	117
Tabla 31. Efecto de los hábitos de consumo (frecuencia y tipo de queso) en la valoración sensorial de comparación por parejas a los 90 días de maduración. Frecuencias en porcentajes.....	118
Tabla 32. Características físico-químicas y tiempo de coagulación de las leches de oveja Guirra y Manchega utilizadas en las fabricaciones. ....	119
Tabla 33. Nivel de significación de los factores estudiados en las características físico-químicas de los quesos. ....	120
Tabla 34. Evolución de la composición físico-química de los quesos a lo largo de la maduración....	121
Tabla 35. Evolución de los parámetros de textura durante la maduración de los quesos (media±ES) .....	126
Tabla 36. Evaluación sensorial de los quesos con 120 días de maduración por un panel de catadores experimentados (valoración en una escala de 7 puntos) .....	127
Tabla 37. Valoración sensorial (frecuencia relativa de respuestas, %) realizada por consumidores (n = 145) en los quesos elaborados con (G2) o sin (G1) calentamiento de la cuajada.....	129
Tabla 38. Valoración sensorial (Escala de 10 puntos, media±ES) realizada por consumidores (n=145) en quesos de 60 días de maduración, elaborados con leche cruda de oveja Guirra sin calentamiento de la cuajada (G1) o con calentamiento (G2) y en queso de oveja Manchega (M) con calentamiento. ....	130

---

Tabla 39. Valoración sensorial (Escala de 10 puntos, media±ES) realizada por consumidores (n=145) en quesos de 90 días de maduración, elaborados con leche cruda de oveja Guirra sin calentamiento de la cuajada (G1) o con calentamiento (G2) y en queso de oveja Manchega (M) con calentamiento. ....	130
Tabla 40. Composición físico-química de la leche utilizada en las producciones de queso. ....	141
Tabla 41. Efecto del tipo de coagulante sobre el tiempo de coagulación, el rendimiento quesero y la composición del suero (media±ES).....	142
Tabla 42. Nivel de significación estadística de los componentes del queso, del pH y la $a_w$ . ....	142
Tabla 43. Evolución de los componentes del queso (g/100g de queso), $a_w$ y del pH durante el periodo de maduración (media±ES) .....	143
Tabla 44. Efecto de la fabricación sobre los componentes del queso (g/100g de queso), $a_w$ y pH durante el periodo de maduración (media±ES) .....	144
Tabla 45. Nivel de significación estadística de los factores estudiados sobre las variables de proteolisis.....	148
Tabla 46. Resultados del análisis de varianza de los ácidos grasos libres. ....	150
Tabla 47. Efecto del tipo de queso y el día de maduración sobre el perfil de AGL (mg/g de grasa) en los quesos (media±ES). ....	152
Tabla 48. Efecto del tipo de queso y del día de maduración en los AGL (mg/g grasa) de cadena corta, media y larga y en los saturados, MUFA y PUFA (media±ES).....	153
Tabla 49. Valores del Índice de aroma a lo largo de la maduración en los tipos de queso animal (A) y vegetal (V) (media±ES).....	153
Tabla 50. Nivel de significación estadística de los parámetros estudiados sobre las variables del color .....	155
Tabla 51. Coeficientes de correlación de los parámetros del color L, a y b con la composición de los quesos y las variables de proteolisis y lipolisis. ....	158
Tabla 52. Nivel de significación estadística de los parámetros de textura. ....	159
Tabla 53. Resultado del análisis de varianza de la valoración sensorial de catadores. ....	161
Tabla 54. Valores medios de la evaluación sensorial de los catadores (media± ES).....	162
Tabla 55. Valoración sensorial realizada por consumidores en quesos de 120 días (Frecuencias en porcentaje).....	164
Tabla 56. Valoración sensorial realizada por consumidores en quesos de 240 días (Frecuencias en porcentaje).....	165
Tabla 57. Efecto del tipo de consumidor sobre la valoración global de los quesos (media±ES) .....	166



Antecedentes, objetivos y plan de trabajo



## 1. ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

### 1.1. Antecedentes

La Raza Guirra, también llamada Sudat o Roja Levantina, es la raza de ovejas propia de la Comunitat Valenciana. Está catalogada en peligro de extinción según el Anexo I del Real Decreto 2129/2008. En el año 1997 se creó la Asociación Nacional de Criadores de la Raza Guirra (ANGUIRRA) y en 1999 se estableció su libro genealógico, con el fin de llevar a cabo un mayor control de la población. Es una raza local que tradicionalmente ha estado distribuida en zonas próximas a la costa de la Comunitat Valenciana, entre las que cabe destacar la región costera y montañosa de Alicante; Xàtiva, La Vall d'Albaida y L'Horta Nord en Valencia; Onda, Nules, Villarreal y Burriana en Castellón (Sánchez, 1976). En los últimos años su población se ha mantenido más o menos estable, con un censo de unas 5.000 cabezas (ANGUIRRA, 2015).

El origen de esta raza es confuso. Aunque está bien documentada la existencia de ovinos en la España romana con vellones de color marrón rojizo (Klein, 1979), la ausencia en la Península de otra raza de ovejas con pigmentación roja general e intensa, así como las estrechas relaciones históricamente mantenidas entre el Levante español y el Norte de África ha conducido a plantear el origen africano de la raza propuesto por Sánchez (1976). En este sentido cabe señalar el trabajo de Carrión (2012), que comprobó, mediante análisis de ADN, un origen diferente en ovejas Guirras y otras razas españolas y europeas.

Tradicionalmente se distinguían dos ecotipos, la "Guirra fina", en el secano y la montaña, donde la disponibilidad de alimento era estacional y escasa en ciertas épocas del año, y se usaba básicamente para la cría de corderos. Y por otro lado, la "Guirra basta", de mayor tamaño que la anterior, explotada en la huerta, donde había más recursos alimenticios y existía una gran tradición de ordeño.

La reputación de la raza en esta zona para la producción de leche explica el tradicional comercio de ovejas desde la zona montañosa de Alicante, cuando finalizaba su vida útil, hacia la huerta de Gandía y Valencia. El área de expansión se ha visto limitada a las zonas montañosas y llanuras de huerta próximas a la costa levantina, que son zonas de mayor intensificación en la explotación agrícola.

La oveja Guirra es de tamaño medio, de apariencia longilínea con perfil convexo, de orejas horizontales de tamaño medio y sin cuernos en ambos sexos. El cuello es largo y cilíndrico, con un borde traqueal desnudo y con mamellas en algunos animales. El tronco presenta una línea dorso-lumbar recta y algo ensillada. Tiene la ubre desarrollada, de tipo globoso, bien implantada y altamente funcional. Presenta una capa de color rojo oscuro en los corderos, que posteriormente sufre degradaciones pigmentarias y la aparición de canas con la edad. Los animales adultos presentan la piel roja y la lana de color marrón rojizo. Posee un vellón con muy baja densidad y abundante suarda, que le aporta un alto grado de untuosidad a la lana, lo que ha originado el nombre de Sudat. Las fibras tienen un diámetro de 22 a 24  $\mu\text{m}$  y según la clasificación española son de tipo IV "entrefinas" (Parés *et al.*, 2010). El peso de las ovejas varía desde unos 50 kg en las zonas

---

de montaña hasta 60 o 70 kg en las fértiles zonas llanas o en rebaños estabulados. El peso más frecuente en los machos varía de 70 a 80 kg.

Los aspectos sociológicos han condicionado enormemente el proceso de desaparición de esta raza. Se han reducido las zonas de pasto y en muchas ocasiones resulta difícil transitar por ellas con el ganado (Rodríguez *et al.*, 1998)

En la Comunitat ha existido históricamente una gran tradición quesera, como demuestran los abundantes restos arqueológicos encontrados (Arroyo y García, 1988). Los quesos tradicionales eran mayoritariamente quesos frescos, algunos de los cuales eran elaborados con leche de oveja Guirra (Fleischmann, 1924; Compaire, 1976). En esta región, la producción de quesos ha estado íntimamente ligada al autoconsumo y a la venta en entornos cercanos al ganadero, por ello la desaparición de muchas explotaciones ganaderas ha condicionado la pérdida de algunos quesos como el de Cervera del Maestre, el queso fresco del Valle de Ayora o el queso de Burriana (Rivera, 1987). Entre los quesos actualmente elaborados en la Comunitat, están el queso de Cassoleta de Puçol, el queso de Burriana, el Tronchón en la zona del Maestrazgo de Castellón, el queso de Servilleta en La Costera (Valencia) y Alto Vinalopó y el queso de La Nucía (Alicante).

La raza Guirra recoge una historia de actividades comerciales e industriales desarrolladas por los comerciantes y ganaderos de la región valenciana a lo largo de centenares de años. Esta raza forma parte del patrimonio cultural de la Comunitat. Por ello y por la importancia de la conservación del ganado autóctono, que contribuye a evitar la pérdida de la agro-biodiversidad, se crea la necesidad de la caracterización de esta raza para la producción de leche ordeñada, su composición y propiedades tecnológicas y las características del queso.



---

## 1.2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

1. Caracterizar la **producción y la composición de la leche** de oveja Guirra, comparada con la de oveja Manchega, manteniendo los animales de ambas razas en las mismas condiciones de alimentación y manejo. Se estudia la producción, el fraccionamiento durante el ordeño y la composición de la leche durante la lactación. Además también se realizan estudios comparativos del:
  - Perfil de ácidos grasos de la leche a lo largo de la lactación.
  - Tamaño de los glóbulos de grasa y de las micelas de caseína de la leche.
2. Estudiar la **transformación de la leche en queso** de oveja Guirra.
  - Analizar las características reológicas de la leche y las particularidades del queso de pasta dura elaborado con leche de oveja Guirra, en relación a un queso similar elaborado con leche de oveja Manchega. En el proceso de fabricación es habitual utilizar una temperatura de cuajado de 32 °C y realizar un calentamiento posterior de la cuajada (37°C) durante el proceso de desuerado.
    - En queso elaborado con leche pasteurizada se evalúa la composición físico química, el color, las características sensoriales mediante un panel de catadores expertos y la aceptación por los consumidores.
    - En queso elaborado con leche cruda se evalúa la composición físico química, el color, la textura, las características sensoriales y las preferencias de los consumidores. También se estudia el queso de oveja Guirra elaborado sin aumentar la temperatura de la cuajada por encima de 32 °C.
  - Estudio del queso de oveja Guirra elaborado con cuajo animal (de cordero) y con coagulante vegetal (de *Cynara cardunculus*), así como su evolución durante la maduración, las características sensoriales y las preferencias de los consumidores.

### 1.3. Plan de trabajo

El plan de trabajo para la realización de esta tesis doctoral se muestra en la Figura 1, y ha sido el siguiente:

**Año 1**, que corresponde a la primera lactación: se ha analizado la producción y la composición de la leche de las ovejas de raza Guirra y de Manchega semanalmente en el periodo de amamantamiento (semanas de la 1 a la 6). En el periodo de ordeño (semanas de la 7 a la 21) se ha analizado semanalmente la producción de leche y el fraccionamiento durante el ordeño, y la composición físico-química se ha analizado quincenalmente. Se ha analizado el tamaño de las partículas de la leche (glóbulos de grasa y micelas de caseína) en las semanas 12 y 14 y el perfil de ácidos grasos de la leche (semanas 13 y 15). En esta primera lactación se han elaborado quesos con leche pasteurizada de oveja Guirra (G) y de oveja Manchega (M), en las semanas 10, 13 y 16. En las fabricaciones se ha analizado la composición físico química de la leche utilizada, las propiedades reológicas de la misma y las características del suero. Así mismo, se ha analizado el rendimiento quesero y la composición físico química (grasa, proteína, extracto seco, pH) y el color de los quesos en los días 1, 30, 60 y 90 de maduración. En los días 60 y 90 se ha llevado a cabo un análisis de catadores experimentados y un ensayo sensorial de consumidores.

**Año 2**, que corresponde a la segunda lactación: se ha analizado la producción, el fraccionamiento y la composición de la leche en el periodo de ordeño. Se ha analizado el perfil de ácidos grasos de la leche en las semanas 2, 5, 9, 13 y 15 de lactación. En las semanas 12, 14 y 16 se han elaborado quesos con leche cruda de oveja Guirra (G1: cuajada a 32 °C; G2: cuajada a 37 °C) y de oveja Manchega (M: cuajada a 37 °C). En cada fabricación se ha analizado la composición físico química de la leche utilizada. Así mismo, se ha analizado el tiempo de coagulación, la composición físico-química de los quesos, el color y la textura en los días 1, 60, 90 y 120 de maduración. En los días 60 y 90 se ha realizado un ensayo sensorial de consumidores y en el 120 un análisis de catadores experimentados .

**Año 3**, en el que se han realizado tres fabricaciones de quesos con leche cruda de oveja Guirra utilizando en su elaboración cuajo animal (A) y coagulante vegetal (V), en las semanas 11, 12 y 14 de la lactación. De la leche de estas fabricaciones se ha analizado la composición físico química y el tiempo de coagulación. También se ha analizado la composición química del suero. De los quesos elaborados en esta lactación se ha analizado la composición físico-química (grasa, proteína, extracto seco y pH), el contenido en sal, la actividad del agua, el color, la proteólisis (nitrógeno soluble y aminoácidos libres), la lipólisis (ácidos grasos libres) y la textura en los días 1, 90, 120, 180 y 240. El análisis sensorial de catadores experimentados se realizó a los días 120 y 180 de maduración, y el ensayo de consumidores a los 120 y los 240 de maduración.

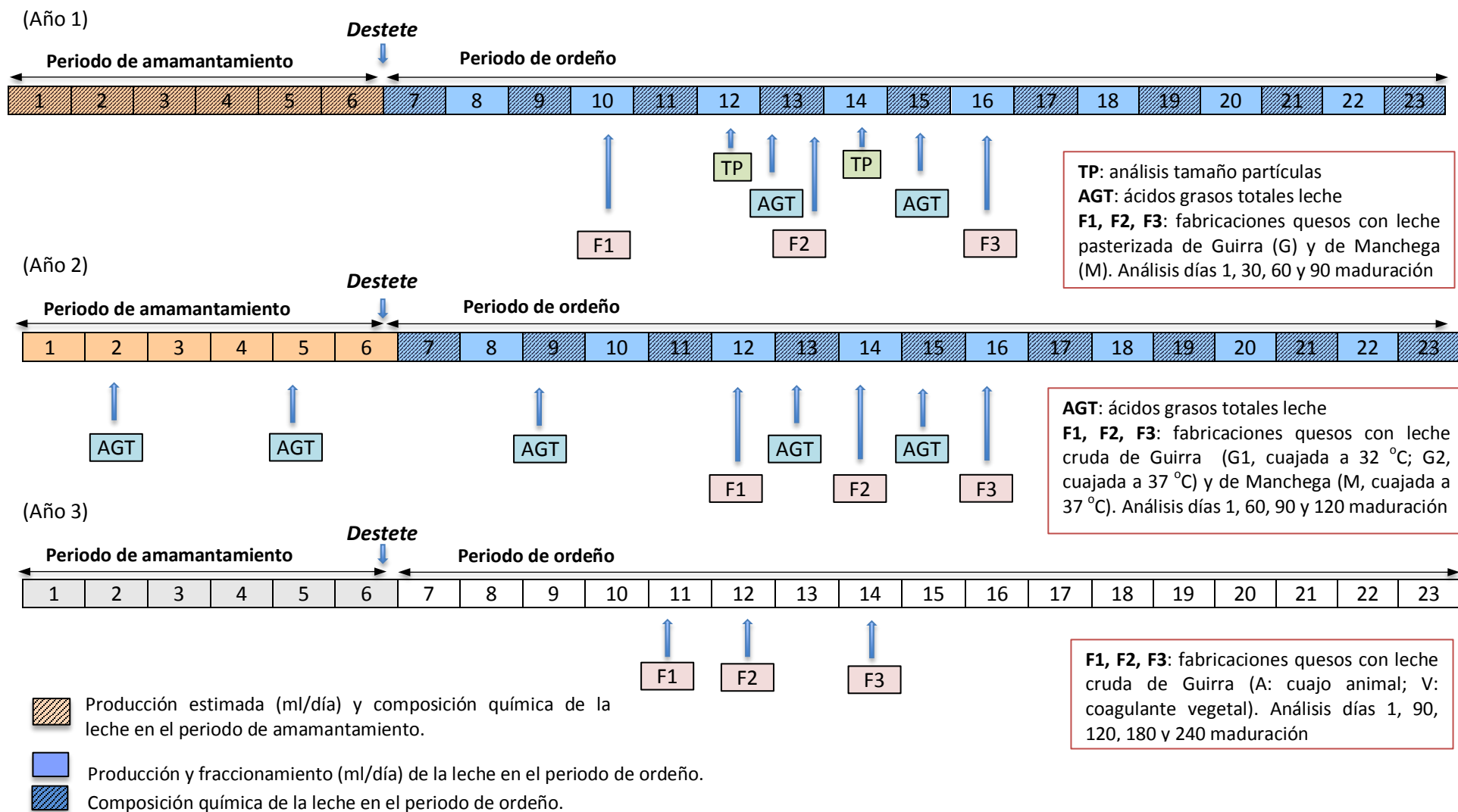


Figura 1. Plan de trabajo para la caracterización de la leche y el queso de oveja Guirra



# Introducción



## 2. INTRODUCCIÓN GENERAL

### 2.1. Sector ovino lechero

El censo mundial de ganado ovino en el año 2013 fue de 1.173 millones de cabezas (FAOSTAT, 2014), siendo Asia el continente de mayor concentración (45 %), seguido de África (24 %), Europa (13 %), Oceanía (13 %) y en último lugar, América (7 %). En Europa, el censo es de 130 millones de cabezas, de las que 98 pertenecen a la Unión Europea de los 28 Estados miembros. El mayor censo lo ostenta Reino Unido (27%), seguido de España (20 %), Grecia (12 %), Rumanía (11 %), Francia (9 %) e Italia (9 %). De los 98 millones, el 70 % se destinan a la producción de carne, mientras que el 30 % se dedica también a la producción de leche. (EUROSTAT, 2013).

En España, el censo de ovino es de 16.573.748 cabezas. El mayor número de cabezas de ganado se encuentran en la región de Extremadura, con el 20,9 % del total, seguida de Castilla León con el 18,8 %, Castilla La Mancha con el 14,8 % y Andalucía con el 13,3 % (MAGRAMA, 2014). La Comunidad Valenciana apenas tiene un 2 % del censo de ovino. La evolución del censo en España permaneció estable desde el año 1992 hasta el 2000, momento en el que se muestra un declive, que se acentúa en los años 2012 y 2013.

La leche de oveja producida en España ha aumentado de 503 millones de litros en 2011 a 552 millones en el 2012 (MAGRAMA, 2014). Esta leche se destina en su mayoría a la elaboración de quesos, puros o de mezcla, y a otros productos lácteos derivados. El precio de la leche en el mercado fue de 9,03 €/HGDO<sup>1</sup> la leche de oveja con D.O.P. y de 6,85 €/HGDO la leche de otras razas no acogidas a la D.O.P. en 2012, mientras que en 2013 fue de 8,96 € y 7,54 € respectivamente.

En la Comunitat Valenciana, la producción de leche de ovino fue de 1,6 millones de litros en 2012, siendo apenas un 0,3 % del total producido en España (552.517 millones de litros).

La base animal de la producción ovina en España ha estado constituida, históricamente, por un conjunto de razas autóctonas. Actualmente, de las 50 razas inscritas en el catálogo oficial, 43 son autóctonas (MAGRAMA, 2014). La introducción de razas foráneas altamente productivas (Assaf y Lacaune principalmente) y su cruce con razas locales, ha provocado que la leche de oveja se haya visto incrementada en los últimos años. Otros factores, como los programas de selección genética y la incorporación de mecanismos y automatismos en las instalaciones también han contribuido a este aumento en la producción de leche de oveja.

### 2.2. La raza Manchega

La raza Manchega, originaria de la región de La Mancha. Es una raza de aptitud mixta, ya que obtiene buenos resultados tanto en producción de carne, con corderos lechales y de cebo, como en producción de leche. Dentro de las razas de ovejas lecheras de España, la Manchega es la que más representación tiene con un censo aproximado de 1.100.000 reproductoras (AGRAMA, 2015), de las cuales el 50 % se dedica a la producción de leche y el otro 50 % a la de carne.

---

<sup>1</sup> HGDO: Hectogrado

Es una raza rústica y con una gran adaptabilidad. Es de una alta precocidad sexual y tiene partos fáciles y un gran instinto maternal. Esta raza se encuentra en un esquema de selección desde el año 1986 (Jurado *et al.*, 2006). En el año 2014, un total de 129 explotaciones con un censo de 121.929 ovejas reproductoras estaban en control lechero oficial, cuyo sistema habitual de producción (en el 97 % de explotaciones) consiste en el amamantamiento de las crías durante un mes y el ordeño posterior de las madres con una duración total de la lactación de 155 días. La producción media de leche ordeñada es de 189 kg por lactación en ovejas primíparas y 209 kg en ovejas adultas, con un contenido en grasa de 7,3 % y de proteína de 5,5 % (MAGRAMA, 2015).

La asociación que gestiona el Libro Genealógico de la raza es AGRAMA (Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega), que agrupa a ganaderos que trabajan para mejorar la productividad y calidad del sector ovino manchego. Se encarga de asesorar técnicamente a los ganaderos asociados, también de gestionar los nacimientos, las altas en las ganaderías y de calificar a los animales de acuerdo a su estándar racial.

La leche de la oveja Manchega se destina mayoritariamente a la elaboración de queso Manchego, producto amparado bajo la Denominación de Origen Protegido (DOP). El número de animales inscritos en la DOP es de 556.363 en 910 explotaciones (DOP Queso Manchego, 2010), con una producción media para el conjunto de las explotaciones de unos 100 litros por animal y año.

### 2.3. El consumo de queso

El consumo de queso en los hogares españoles fue de 8,22 kg/persona y año en el 2013, lo que supone un incremento del 2,8 % con respecto al año anterior, aunque es un valor muy alejado de los 17,2 kg/persona de media que se consumen en Europa. Como se observa en la Figura 2, el queso fresco es el más consumido, siendo un 30 % del total, seguido del semicurado, con un 21,5 %, y del curado con un 20,9 %. El perfil de hogar consumidor está formado por parejas con hijos, cuyo responsable de la compra tiene entre 35 y 49 años y de rentas altas y medias, aunque la media de edad aumenta en el caso de la compra de quesos semicurados y curados (entre 50 y 65 años). En general, las comunidades autónomas más consumidoras son Canarias, Murcia, la Comunitat Valenciana y Asturias, y las que menos, País Vasco y Castilla la Mancha. (MAGRAMA, 2014)

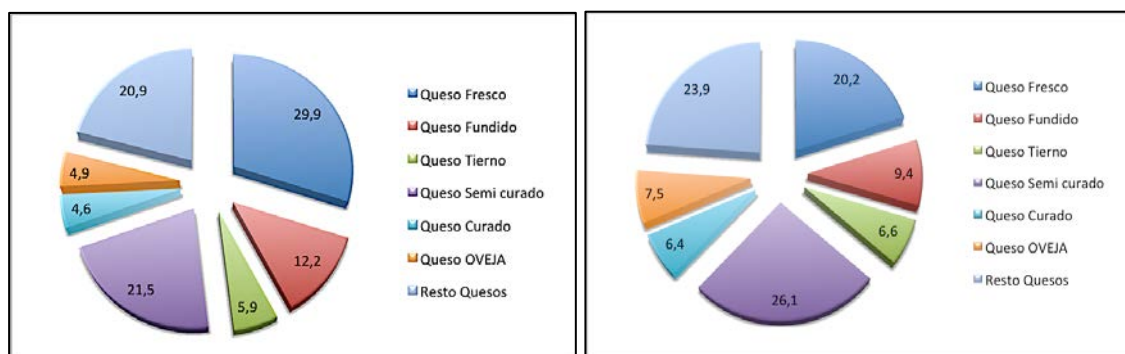


Figura 2. Volumen (%) del consumo de queso en el año 2013 (iqda.) y gasto (€) en consumo de quesos (drcha.) (MAGRAMA, 2013).



El **queso fresco** presenta un consumo de 2,46 kg/persona y año en 2013, siendo los principales consumidores la Comunitat Valenciana, Asturias, Extremadura y Cantabria. Por el contrario, Aragón y Castilla La Mancha son las comunidades autónomas que menos consumo hacen de esta variedad de queso.

Los **quesos semicurados** presentan un consumo de 1,77 kg/persona y año, lo que supone un aumento del 5,9 % respecto al año anterior. Las comunidades con mayor consumo de este tipo de queso son Canarias, Baleares, Valencia y Murcia, frente a País Vasco y Extremadura, que son las de menor consumo. Estos quesos concentraron el 21,5 % del total del consumo, habiendo incrementado su compra en un 4,4 %, en línea con el gasto, que ascendió un 4,8 %.

El consumo del **queso curado** fue de 380 g/persona y año, que representa un descenso del 1,7 %, mientras que el gasto se incrementó en un 0,7 % a causa del incremento en su precio medio. Los mayores incrementos en compra se presentaron en los hogares formados por adultos independientes, con un ascenso del 13,2 %, llegando a un consumo per cápita de 534 g/persona y año. Por otro lado, los jóvenes independientes fueron los que más redujeron el consumo per cápita de esta variedad en un 40,2 %.

Por último, la variedad de **queso fundido** se incrementó en consumo durante el año 2013 en un 4,5 %, al igual que el gasto en un 4,1 %. El perfil del hogar más consumidor de esta variedad está formado por parejas con hijos (más de 3 miembros), coincidiendo con hogares de rentas más acomodadas, y cuyo responsable de la compra no supera los 49 años.

El consumo de Queso de Oveja fue de un 4,9 % (0,49 kg/persona y año), lo cual en el 2013 suponía el 7,5 % del gasto total en queso (debido a su coste más elevado). Este queso suele ser curado, y en algún caso semicurado.

Los hábitos de compra se decantaron por el canal dinámico, que incluye el hipermercado (16,4 %), la tienda de descuento (18,1 %) y el supermercado (52,2 %) , donde, en el año 2013, se incrementó la venta en un 3,9 % con respecto al año anterior. El resto de venta se efectuó en tiendas tradicionales y otras vías (MAGRAMA, 2014).

En España hay 7 quesos con Denominación de Origen Protegida elaborados con leche de oveja, que son el queso Manchego, el Zamorano, el Roncal, el Idiazábal, el Queso de la Serena, la Torta del Casar y el Queso Flor de Guía. Las Denominaciones de Origen Protegidas (D.O.P.) e Indicadores Geográficos Protegidas (I.G.P.) constituyen el sistema utilizado en España para el reconocimiento de una calidad diferenciada, consecuencia de características propias y diferenciales, debidas al medio geográfico en las que se producen las materias primas y se elaboran los productos. Estos sellos están regulados por un consejo regulador público (MAGRAMA, 2012).

Según el MAGRAMA (2012), estos quesos presentan las características mostradas en la Tabla 1. En la tabla se muestra la localización de las DOP de los quesos, la raza de la que se obtiene la leche, parámetros tecnológicos como el tipo de coagulante, el tiempo de coagulación y la temperatura a la que se lleva la cuajada durante el desuerado, tiempo mínimo y máximo –si lo hay– de maduración, características visuales (medidas, peso, características de la pasta, corteza, ojos) y características físico químicas (Extracto Seco, Grasa en % ES, Proteína en % ES).

---

Los quesos de oveja elaborados con cuajo animal son el Idiazábal, el Zamorano, el Roncal y el Manchego. Los quesos hechos con coagulante vegetal son el Queso de la Serena, la Torta del Casar y el Queso Flor de Guía, aunque este último también puede elaborarse con cuajo animal. Los quesos elaborados con coagulante vegetal se caracterizan por tener una textura cremosa y untuosa (pasta blanda), y una corteza blanda, mientras que los elaborados con cuajo animal muestran una corteza dura. La pasteurización es opcional en el Manchego, el Queso de la Serena y en el queso Flor de Guía, mientras que en el resto se utiliza la leche cruda. La mayoría tienen forma cilíndrica y los pesos varían desde 0,5 kg a 4 kg. El contenido en ES oscila entre 50 y 60 %, la proteína en cuanto a porcentaje de ES puede ir de 22,5 a 35 %, y materia grasa sobre porcentaje de ES puede ser de 45 a 55 %, excepto el queso Flor de Guía, que permite un mínimo de 29,5 % de grasa sobre ES.

Tabla 1. Características de los quesos de oveja con D.O.P. en España. Fuente: MAGRAMA 2015

Características	Manchego	Zamorano	Idiazábal	Roncal	Queso de La Serena	Torta del Casar	Flor de Guía
<b>Localización DOP</b>	La Mancha	Zamora	País Vasco y Navarra (excepto Valle del Roncal)	Valle del Roncal (Navarra)	Badajoz	Cáceres	Gran Canaria
<b>Raza ovejas</b>	Manchega	Churra y Castellana	Latxa y Carranzana	Rasa, Latxa, Assaf y Lacaune	Merina	Merina (tronco merino y entrefino)	Canaria (al menos un 60 % de oveja, resto vaca y cabra)
<b>Tratamiento térmico</b>	Sí (Industrial) No (Artesanal)	No	No (Pastor o Artesano)	No	No / Sí	No	No
<b>Cuajo/coagulante</b>	Animal o enzimas autorizados	Animal	Animal o enzimas autorizados	Animal	Vegetal	Vegetal	Animal, vegetal o enzimas autorizados
<b>Coagulación Tiempo / Temp</b>	45-60 min / 28-32 °C	30-45 min / 28-32 °C	20-45 min / 28-32 °C	30-60 min / 30-37 °C	50-75 / 25-32 °C	50-80 min / 28-32 °C	28-35 °C
<b>T desuerado</b>	37 °C	≤ 40 °C	37 °C	37 °C			30-38 °C
<b>Forma / Peso</b>	Cilíndrico. De 0,4 a 4 kg.	Cilíndrico. Máx 4 kg	Cilíndrica. 1 – 3 kg	Cilíndrica. Peso variable	Discoidal. 750 g – 2 kg	Cilíndrica. 500 g – 1,1 kg	Cilíndrica. 2-5 kg
<b>Diámetro Ø A: altura</b>	Ø 22 cm A: 12 cm	Ø 24 cm A: 14 cm	Ø 10-30 cm A: 8-12 cm	Ø variable A: 8-12 cm	Ø 18-24 cm A: 4-8 cm	Ø 11-17 cm A: 5-7 cm	Ø 20-30cm A: 4-8 cm
<b>Características de la pasta</b>	Firme. Textura granulosa en los muy curados	Firme y compacta. Amarilla.	Compacta. Amarilla pálida u oscura (ahumado)	Compacta	Blanda a semiblanda	Blanda a muy blanda. Textura cremosa	Muy blanda en semicurado. Dura en curado
<b>Corteza / Ojos</b>	Dura / Pequeños	Dura /Pequeños	Dura	Dura / Sin ojos	Semidura /Pequeños	Semidura /Pequeños	Fina y blanda
<b>ES mínimo (%)</b>	55	55	55	Máx 60	50	50	56,5
<b>G/ES mínimo (%)</b>	50	45	45	45	50	50	29,5
<b>P/ES mínimo (%)</b>	30	30	25	-	35	-	22,5
<b>Tiempo maduración</b>	Mínimo 30 días (<1,5 kg) y 60 días (>1,5 kg) Máxima 2 años	Mínimo 100 días	Mínimo 60 días	Mínimo 120 días	Mínimo 20 días (leche pasterizada)	Mínimo 60 días	Semicurado 15-60 días ; Curado >60 días

## 2.4. Características de la leche de oveja

### 2.4.1. Características físico químicas y recuento de células somáticas

La leche está constituida por agua, grasa, proteína, lactosa y minerales. La composición variará según especies, razas, estado de lactación, alimentación, edad del animal, salud, etc. Lo que caracteriza a la leche de oveja, que la diferencia de la leche de vaca o de cabra, es su alto contenido en sólidos totales, en especial, grasa y proteína. Esto es lo que permite que la leche de oveja tenga un mayor rendimiento quesero.

En la Tabla 2 se presentan los valores medios de los componentes de la leche de oveja, cabra y vaca, en la que se observa que lo que caracteriza a la leche de oveja es el mayor contenido en todos sus componentes.

Tabla 2. Composición media de la leche de oveja, cabra y vaca

Componente	Oveja	Cabra	Vaca
Grasa (%)	7,9	3,8	3,8
Proteína (%)	6,2	3,4	3,2
Lactosa (%)	4,9	4,1	4,7
Sólidos no grasos (%)	12,0	8,9	9,0
Cenizas (%)	0,9	0,8	0,7
Punto crioscópico (°C)	-0,57	-0,55	-0,54
pH	6,68	6,65	6,58

Park *et al.* (2007)

La **grasa** es uno de los constituyentes bioactivos más importantes de la leche de oveja, debido al valor altamente nutricional y al efecto físico-químico, sensorial y a la influencia que tiene en la transformación a productos lácteos (Park *et al.*, 2007). El grupo principal de lípidos son los triglicéridos, siendo el 97-98 % de su totalidad. Se encuentran junto a pequeñas cantidades de glicéridos parciales (mono y diglicéridos), colesterol, ésteres de colesterol, ácidos grasos no esterificados (libres) y fosfolípidos. El color de esta grasa es blanco debido al bajo contenido en carotenos.

Esta grasa se encuentra emulsionada en forma de pequeños glóbulos esféricos, envueltos por una membrana lipoproteica tomada de la célula durante el proceso de secreción, que estabiliza la emulsión. El tamaño de los glóbulos tiene un tamaño medio aproximado de 3,5  $\mu\text{m}$ , aunque varía entre especies, con valores de  $3,88 \pm 0,18 \mu\text{m}$  vs  $5,18 \pm 0,04 \mu\text{m}$  en vaca y búfala respectivamente (Ménard *et al.* 2010); en ovejas de raza Massese, se han observado tamaños del glóbulo de  $3,61 \pm 0,181 \mu\text{m}$  (Martini *et al.*, 2004). También en leche de cabra, Pisanu *et al.* (2013) han observado diferencias entre razas,  $2,73 \pm 0,15 \mu\text{m}$  en cabras de raza Sarda frente a  $3,63 \pm 0,27 \mu\text{m}$  en cabras de raza Saanen, siendo esta última una raza altamente productiva.

La importancia del tamaño del glóbulo de grasa radica en que contribuye a definir propiedades tan importantes como el sabor, tacto en la boca y estabilidad del glóbulo durante el procesado (Wiking *et al.*, 2003). Los glóbulos grandes son más susceptibles que los de menor

---

tamaño a la coalescencia y a la lipólisis durante el proceso de bombeo y transporte de la leche desde la sala de ordeño a la planta de fabricación. Esta diferencia en el tamaño del glóbulo de grasa también podría afectar a las características del queso, ya que los glóbulos más pequeños poseen más área superficial y tienen más capacidad de retención de agua (Wiking *et al.*, 2003).

Entre los factores que influyen en el tamaño de los glóbulos de grasa se pueden citar factores genéticos, como la especie o la raza (Martini *et al.*, 2006), factores fisiológicos como el estado de lactación o el número de lactación (Wiking *et al.*, 2004) y factores ambientales como la alimentación (Wiking *et al.*, 2003).

La grasa es el componente más variable de la leche, tanto cuantitativa como cualitativamente. Depende tanto del estado de lactación (cuando mayor es la producción, menor es el contenido en grasa), la estación, la raza, el genotipo y la alimentación. Este último factor es el que ha sido estudiado con mayor profundidad. Se han llevado a cabo numerosos estudios para conocer el impacto de la alimentación sobre la cantidad y el perfil de esta grasa, tanto para mejorar la cantidad de ácidos grasos beneficiosos (ácido ruménico, ácidos grasos omega 3, etc), como para disminuir los que son considerados perniciosos para la salud (ácidos grasos trans) (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008).

Los ácidos grasos de cadena corta y de cadena media (del C4:0-C14:0) y aproximadamente la mitad del palmítico (C16:0) se sintetizan *de novo* en las células del epitelio mamario (Peaker, 1977). Los AG de cadena larga llegan a la glándula mamaria procedentes de lípidos circulantes en sangre que tienen su origen en la grasa de la dieta, la grasa microbiana y la grasa movilizada de las reservas corporales en situaciones de balance energético negativo, como ocurre por ejemplo durante el inicio de lactación, mayoritariamente palmítico, esteárico y oleico (Chilliard *et al.*, 2000; Chilliard y Ferlay, 2004).

En la Tabla 3 se expone el perfil de ácidos grasos que presenta la grasa láctea de vacas, ovejas y cabras. Se observa que la leche de oveja, en relación con la leche de vaca, presenta una mayor proporción de ácidos grasos de cadena corta (del C4:0 al C10:0), 17,25 vs 14,76 %, esteárico (C18:0; 10,5 % vs 5,73 %) y ácido oleico (C18:1; 15,25 % vs 11,59 %), y una menor proporción en ácido palmítico (C16:0; 22,04 % vs 33,36 %). En relación con la leche de cabra se observa una mayor proporción de ácidos grasos de corta y media (C4:0 al C12:0), 22,62 % en leche de oveja vs 15,75 % en cabra, y menor proporción de palmítico (22,04 % vs 35,88 %).

Tabla 3. Principales ácidos grasos (g/100 g AGT) de la grasa de la leche de vaca, cabra y oveja, de animales alimentados con raciones similares ( sin grasa añadida).

Ácidos Grasos	Vaca	Cabra	Oveja
	Bell <i>et al.</i> (2006)	Nudda <i>et al.</i> (2006)	De La Fuente <i>et al.</i> (2009)
C4:0	5,17	-	2,8
C6:0	3,38	1,58	2,39
C8:0	1,98	2,01	3,45
C10:0	4,23	8,23	8,61
C12:0	4,8	3,93	5,37
C13:0	0,25	-	0,18
C14:0	13,78	10,68	10,18
cis-9 C14:1	1,36	0,22	0,76
C15:0	1,68	-	1,39
C16:0	33,36	35,88	22,04
cis-9 C16:1	1,87	0,93	1,64
C18:0	5,73	6,91	10,5
trans-11 C18:1	-	0,7	2,53
trans-C18:1	1,4	1,54	-
cis-9 C18:1	11,59	18,54	15,25
cis-9, cis-12 C18:2	-	2,36	3,47
cis-6, cis-9, cis-12 C18:3 n-6	-	0,09	0,06
cis-9, cis-12, cis-15 C18:3 n-3	0,39	0,45	1,22
cis-9, trans-11 C18:2 (RA)	0,45	0,63	0,89
trans-10, cis-12 C18:2 (CLA)	0	0,0004	0,02
C20:0	0,12	-	0,38

Tomado de Gallardo (2013)

Estas diferencias en el perfil de ácidos grasos, un mayor contenido en ácidos grasos de cadena corta en la leche de oveja, muestran que es más difícil alterar la composición de la grasa en esta especie que en vacas y cabras.

La importancia de los ácidos grasos de cadena corta y media radica en las características organolépticas que confieren a la leche de oveja y a los productos lácteos obtenidos (Fernández-García *et al.*, 1994; Park *et al.*, 2007).

El perfil de los ácidos grasos también se ve afectado por factores genéticos (raza, genotipo), fisiológicos (edad, estado de lactación o estación) y ambientales (alimentación), y sus interacciones (De La Fuente *et al.*, 2009). En la Tabla 4 se puede observar la distribución de los ácidos grasos de cadena corta, media y larga encontradas por distintos autores en diferentes razas.

Tabla 4. Porcentajes de ácidos grasos de cadena corta, media y larga (AGCC, AGCM y AGCL) encontrados en distintas razas.

Raza	AGCC (% C4-C8)	AGCM (% C10-C16)	AGCL (% >C16)	Ref. Bibliográfica
Talaverana	5	38	54	Velasco <i>et al.</i> , 2001
Lacaune	8	43	32	Carta <i>et al.</i> , 2008
Sarda	10	43	40	Signorelli <i>et al.</i> , 2008
Altamurana	10	47	36,7	Signorelli <i>et al.</i> , 2008
Kachi	11,5	45,4	41,8	Talpur <i>et al.</i> , 2009
Assaf	9	55	37	Estrada <i>et al.</i> , 2013
Churra	10	45	37	Gallardo, 2013
Karagouniko /Chios	10	53	27	Sinanoglou <i>et al.</i> , 2015

Dentro de las **materias nitrogenadas** de la leche la fracción más importante es el nitrógeno proteico (95 % del total de las materias nitrogenadas). La fracción proteica se puede clasificar en dos grupos: caseínas y proteínas del suero. Las caseínas (aproximadamente el 80 % de las proteínas) predominantes son  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ . La caseína tiene una gran influencia en el rendimiento quesero, siendo de gran importancia la proporción de sus diferentes fracciones y el tamaño micelar. Dentro del segundo grupo, las proteínas del suero, se encuentran la  $\alpha$ -lactalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, la albúmina del suero y las inmunoglobulinas.

La proteína se ve afectada negativamente con la producción de leche a lo largo de la lactación, de tal modo que al disminuir la producción, aumenta su concentración. El contenido en nitrógeno no proteico de la leche varía con la alimentación de los animales, y está compuesto principalmente por urea (45 % en la leche de oveja), aminoácidos libres y nucleótidos.

Como la caseína está altamente correlacionada con el contenido en proteína total, también al disminuir la producción de leche, aumenta su concentración. La proteína total, junto con la grasa, es uno de los factores tenidos en cuenta para evaluar la calidad de la leche y establecer el precio que se paga al ganadero.

La **lactosa** constituye prácticamente la totalidad de los carbohidratos de la leche, siendo un componente esencial para los microorganismos fermentativos que producen ácido láctico en la formación de algunos productos lácteos. La lactosa disminuye conforme avanza la lactación (Pavic *et al.*, 2002; Sevi *et al.*, 2004), y aumenta desde la primera hasta la tercera lactación, reduciéndose en lactaciones posteriores (Ploumi *et al.*, 1998). Estos autores comprobaron que el incremento en la concentración de lactosa desde la primera a la tercera lactación estaba relacionada con una mayor producción de leche. El descenso posterior puede ser debido al deterioro en la salud de la ubre de los animales y su función secretora, pues como comprobó Martí (2005), la leche procedente de glándulas infectadas, tiene menor contenido en lactosa. Aproximadamente el 96-98 % de la lactosa se pierde con el suero en el momento de desuerado en la elaboración del queso, aunque la lactosa

residual que queda en la cuajada en la maduración podría influir en las características del queso, ya que las bacterias lactofermentativas pueden hacer que se transforme en ácido láctico (Fox y Kelly, 2006).

Los **minerales** presentes en el leche de oveja son el calcio, el fósforo, el potasio, el cloro, el sodio, el magnesio y el citrato. El calcio y el fósforo se encuentran presentes tanto ligados como en forma libre. Los minerales están distribuidos entre una fase soluble y una coloidal y su concentración es de aproximadamente de un 0,9% de la materia seca de la leche (Park *et al.*, 2007). Esta fracción tiene una gran importancia nutricional y tecnológica, en particular por los aportes mencionados de calcio y fósforo (MacDonald *et al.*, 1999). No hay cambios estacionales significativos en el contenido total de minerales de la leche.

En cuanto a las **vitaminas**, además de la importancia nutricional, juegan un papel relevante en la actividad metabólica de los microorganismos de la leche. Las vitaminas hidrosolubles (grupo B y C) están presentes en la fase acuosa de la leche. La concentración es poco variable, ya que provienen de la biosíntesis de las bacterias del rumen. Las vitaminas liposolubles (A, E y D) están asociadas a la materia grasa y varían, entre otros aspectos, según el tipo de alimentación (Taverna *et al.*, 2001). Raynal-Ljutovac *et al.* (2008) encontraron que tanto la leche de cabra como la de oveja tienen niveles muy bajos de  $\beta$ -caroteno, ya que este es convertido en retinol (vitamina A).

La **actividad del agua** ( $a_w$ ) se define como la relación entre la presión parcial de vapor de agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. La actividad de agua y el pH son factores que afectan a la estabilidad y conservación del queso, ya que contribuyen a minimizar el deterioro y previenen el crecimiento de microorganismos patógenos en el queso (Guinee y Fox, 2004). Es un importante parámetro de selección microbiana y de la acción de las enzimas, sobre todo las proteolíticas. Durante la maduración se produce un descenso en la actividad de agua que frena el desarrollo microbiano.

El **pH** de la leche de oveja oscila entre 6,51 y 6,85 (Haenlein y Wendorff, 2006) y es una característica que afecta a la capacidad quesera de la leche (Park *et al.*, 2007). Al igual que otros componentes de la leche, está influenciado por la lactación (Pellegrini *et al.*, 1994). El pH de la leche disminuye si han actuado las bacterias lácticas en la leche, ya que la lactosa se degrada transformándose en ácido láctico. También en presencia de calostro, en leche de cabra, Romero *et al.* (2013) comprobaron que el pH era significativamente más bajo que en la leche normal fresca. El estado sanitario, expresado como recuento de células somáticas, tiene una relación positiva con el pH, de tal modo que al aumentar el recuento de células, aumenta el valor del pH a valores superiores a 7,0 (Muelas *et al.*, 1996).

El **recuento de células somáticas** (RCS) es el método indirecto de diagnóstico del estado sanitario de la mama. Ariznabarreta (1999) estableció que una leche de tanque de leche de oveja por debajo de 250.000 céls/ml reflejaba un buen estado sanitario del rebaño (baja prevalencia de mamitis). El efecto visible de la menor capacidad de síntesis de las células secretoras y de la destrucción de las mismas como consecuencia de una mamitis es la disminución de la producción láctea. La presencia de mamitis también afectan a la composición de la leche, de tal forma que la



lactosa se ve reducida, así como la proporción de caseínas en la leche con respecto a la proteína bruta (Martí, 2005).

### 2.4.2. Parámetros reológicos

Los parámetros reológicos son aquellas características que muestran la aptitud de la leche para su transformación en queso. Son la viscosidad, la plasticidad y la elasticidad de la cuajada formada durante la coagulación de la leche.

La determinación de estos parámetros se puede realizar con diferentes metodologías, siendo el más utilizado el viscosímetro de torsión tipo tromboelastógrafo. McMahon y Brown (1982) definieron las características del coágulo a partir de dicho viscosímetro mediante la definición de ciertas magnitudes medidas sobre la curva característica que representa el tromboelastógrafo, que se presenta en la Figura 3. Estos parámetros son: el tiempo de coagulación ( $r$ ), la velocidad de endurecimiento ( $K_{20}$ ), que son los minutos que tarda en alcanzar una amplitud de 20 mm desde el comienzo de la coagulación, y la dureza media ( $A_{30}$ ) y máxima ( $A_{60}$ ) de la cuajada, que corresponden a la amplitud de la curva a los 30 y a los 60 minutos desde la adición del cuajo, respectivamente. Se consideraran leches con buena aptitud quesera las que presentan un tiempo de coagulación bajo y una alta velocidad de cuajado, ya que se minimiza la pérdida de sólidos en el desuerado (McMahon y Brown, 1984) por lo que la cuajada presenta una mayor dureza media y máxima. Valores bajos de la relación  $r/A_{30}$  indican leches con una rápida coagulación y una gran dureza de la cuajada, mientras que valores altos son leches que coagulan más lentamente, lo que provoca mayores pérdidas de proteína en el desuerado. La relación  $r+K_{20}$  se utiliza cuando los valores de  $K_{20}$  son pequeños, e indica la velocidad de endurecimiento de la cuajada desde el inicio del análisis.

Otro parámetro que obtenemos es el rendimiento en cuajada (RC), que son los gramos de cuajada obtenidos al coagular 10 ml de leche.

Los parámetros reológicos presentan una elevada variabilidad debida a distintos factores, como por ejemplo el RCS. Leches con recuentos altos ( $> 10^6$  céls/ml) presentan peores propiedades reológicas, ya que aumenta el tiempo de coagulación y disminuye velocidad de endurecimiento (Martí, 2005).

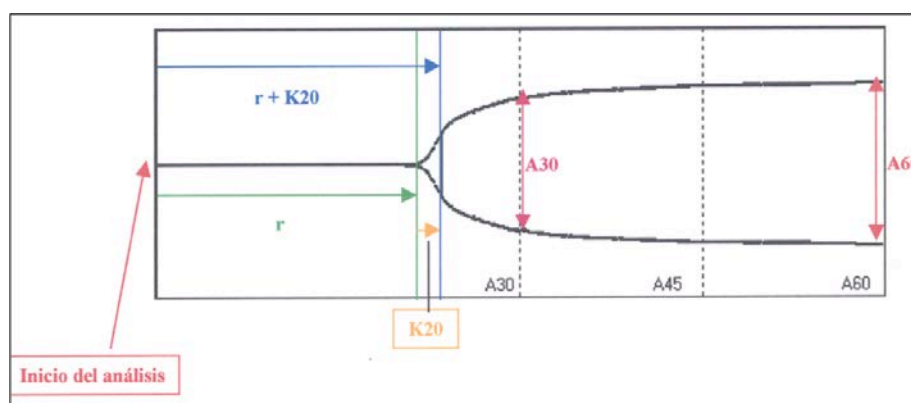


Figura 3. Gráfico del viscosímetro de torsión tipo tromboelastógrafo.

Fuente: Formagraph (FossElectric)

### 2.4.3. Factores que influyen en la producción y composición de la leche

Un gran número de factores son los que influyen en la cantidad y calidad de la leche. Se pueden clasificar en intrínsecos (inherentes al animal, esto es, la raza, el estado de lactación, el número de lactación, la aptitud al ordeño y el estado sanitario de la ubre), y extrínsecos (sistema de lactancia, número de corderos criados, momento del destete, ordeño mecánico, alimentación y época del año).

#### 2.4.3.1. Factores intrínsecos

La **raza** es uno de los principales factores de variación de la producción y de la composición. Existe una gran diversidad de producción entre las diferentes razas, que se pueden agrupar en razas de alto, medio y bajo potencial lechero. Esta variabilidad de la producción lechera también afecta a la composición química de la leche. En general existe una correlación negativa entre la producción y los componentes de la leche. En razas de alto potencial lechero se pueden citar la Assaf, con producciones de 450 kg de leche en 210 días de lactación y un contenido en grasa y proteína de 5,90 y 5,10 % respectivamente (MAGRAMA, 2011b); la Lacaune, con 328 kg de leche en 171 días de lactación y 6,76 % de grasa y 5,71 % de proteína (MAGRAMA, 2014); y la Awassi con producciones de 297 kg en 212 días de lactación y una composición de 6,97 % de grasa y 5,45 % de proteína (De La Fuente *et al.*, 2006). En las razas de potencial medio se sitúan las razas lecheras españolas (Manchega, Churra, Latxa, Castellana, Carranzana y Merino de Grazalema), con producciones de 100 a 230 litros, un contenido en grasa de 6,08 a 7,57 % y un contenido en proteína desde 5,12 a 6 %. Y entre las razas de potencial bajo se encuentra la Merina, que presenta una producción de unos 50 litros por lactación y un contenido en grasa del 7 al 10 % y en proteína del 5 al 7 % (MAGRAMA, 2011c).

El **estado de lactación** influye en las características de la leche, de tal forma que los principales componentes presentan una curva inversa a la producción. En el pico de producción se produce una menor concentración de grasa y proteína, que irán aumentando hasta el final de la lactación a medida que la producción disminuye. El contenido en lactosa decrece progresivamente con el paso de la lactación. La lactosa es el componente osmóticamente más activo de la leche, y su concentración presenta poca variación a lo largo de la lactación en animales sanos, mientras que en animales mamíticos, disminuye a lo largo de la lactación (Martí, 2005), debido a que es parcialmente sustituida por otros elementos como por ejemplo, cloruros (Sevi *et al.*, 2004).

Los parámetros reológicos de la leche se ven fuertemente afectados por el estado de lactación (Sevi *et al.*, 2004). Estos autores encuentran que el tiempo de cuajado permanece constante a lo largo de la lactación, pero la velocidad de formación de la cuajada aumenta significativamente en el transcurso de la misma, mientras que la firmeza de la cuajada después de 45 min disminuye. Así, las cualidades tecnológicas de la leche empeoran cuando el animal se encuentra al final de la lactación (Pellegrini *et al.*, 1997).

El **número de lactación** de las ovejas es otro factor que condiciona la producción de leche, la cual va aumentando paulatinamente durante los primeros años de vida, hasta alcanzar un máximo en la tercera o cuarta lactación (Gabiña *et al.*, 1993; Gonzalo *et al.*, 1994). Othmane *et al.* (2002) encontraron, en ovejas de raza Churra, que la edad de los animales influye en los componentes de la leche (grasa y proteína). Ploumi *et al.* (1998) en ovejas Chios, concluyeron que tanto la producción como la composición de la leche se veía afectada por el número de lactación. Sevi *et al.* (2000) encontraron que tanto la proteína y la caseína y también la grasa, aumentaron con el número de lactaciones, aunque no vieron un aumento significativo en la producción.

También el **número de crías** afecta a la producción de leche ordeñada, ya que ovejas con dos o más corderos pueden producir hasta un 9,8 % más de leche que las que solo tienen uno (Arias *et al.*, 2012).

El **estado sanitario** de los animales condiciona notablemente la producción y composición de la leche. La infección de la ubre, la mastitis, es la enfermedad más común en las ovejas lecheras. Los procesos infecciosos de la glándula mamaria implican una disminución de sus funciones de síntesis y un aumento de sus funciones de filtración de la sangre a la leche. Debido al deterioro de la barrera fisiológica entre la sangre y la leche, los constituyentes procedentes de la sangre (albúmina, inmunoglobulinas y sodio) aumentan, mientras que la lactosa (producida en la glándula mamaria) disminuye (Pirisi *et al.*, 2000), por lo tanto, en la leche procedente de animales mamíticos, la producción global de ácido láctico se ve reducida y presentan valores más altos de pH. Las infecciones intramamarias pueden llegar a producir una reducción del 15 % en la producción de leche (Martí, 2005).

La influencia de la mamitis en el contenido en grasa de la leche está sujeta a una cierta controversia. Mientras que algunos autores no encuentran diferencias en leches con alto o bajo recuento (Albenzio *et al.*, 2004), otros estudios apoyan la idea de que la mamitis da lugar a una ligera reducción en el porcentaje de materia grasa (Leitner *et al.*, 2004). En cuanto a la proteína, en cambio, sí se observan diferencias, ya que al aumentar las células somáticas, aumenta la proteína del suero, no así las caseínas.

Las propiedades de coagulación de la leche también se ven afectadas por el recuento de células somáticas, ya que un aumento de las mismas provoca una coagulación más lenta (Pirisi *et al.*, 2000) y un menor rendimiento quesero (Pulina *et al.*, 2006), disminuye el potencial proteolítico en la maduración del queso (Albenzio *et al.*, 2004) e incrementa la concentración de ácidos grasos libres (Jaeggi *et al.*, 2003).

#### **2.4.3.2. Factores extrínsecos**

La **alimentación** es uno de los factores que más condicionan la producción y la composición de la leche. Estudios sobre el efecto de la alimentación animal sobre la calidad de la leche y del queso se han centrado en ver la relación entre los nutrientes ingeridos y los componentes de la leche (Coulon *et al.*, 2004).

Shdaifat *et al.* (2013) encontraron diferencias en cuanto al contenido en grasa de la leche en ovejas Awassi al introducir 4 dietas distintas en los animales. No encontraron, sin embargo, diferencias en cuanto a producción ni en cuanto a materia seca.

Numerosos autores han encontrado, por ejemplo, que la alimentación es el principal factor que condiciona la composición de ácidos grasos de la leche, tanto en vacas (Jensen, 2002), como en cabras (Chilliard *et al.*, 2003) o en ovejas (Bocquier y Caja, 2001).

La **época del año** influye en la calidad y en la producción de la leche, ya que tanto las temperaturas como la disponibilidad de pasto son factores que según algunos autores, pueden ser las causantes de dichas diferencias. Este factor, por lo tanto, tiene una relación directa con el de la alimentación, ya que Sevi *et al.* (2004) encontraron diferencias de composición tanto en grasa como en proteína en leches de otoño frente a leches de primavera. La leche de primavera, por tanto, tuvo un menor rendimiento quesero que la de otoño, debido al menor contenido en grasa y caseína. Sevi *et al.* (2001) encontraron que altas temperaturas podían afectar de forma negativa a la producción de leche y a su capacidad tecnológica, debido al aumento del tiempo de cuajado y a una menor firmeza de dicha cuajada.

## 2.5. Transformación de la leche en queso

La composición físico química de la leche y la calidad higiénica de la misma tienen una enorme influencia en el rendimiento y las características finales del queso. De hecho, entre los componentes de la leche, la grasa y la proteína son fundamentales, debido a su contribución al rendimiento, sabor y características sensoriales de los productos lácteos (Scintu y Piredda, 2007)

Según los coeficientes de correlación observados por algunos autores, las caseínas de la leche parecen ser los componentes que principalmente explican la velocidad de endurecimiento y la firmeza de la cuajada. Se observa que a mayor contenido de caseína total, se obtienen geles más firmes a una mayor velocidad de endurecimiento (Jaramillo, 2007).

Las caseínas de la leche, en concreto las  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$  y  $\beta$ , determinan la sensibilidad al calcio de las proteínas. Al añadir calcio a dichas caseínas disueltas, se produce la coagulación inmediata por el establecimiento de puentes de calcio intermoleculares. Esta reacción es la base de la fabricación del queso, al igual que de la formación de geles ácidos como el yogur. Estas caseínas precipitan en soluciones de más de 6 mmol/l y con temperaturas superiores a 20 °C. El contenido en calcio de la leche es de unos 30 mmol/l, lo cual propicia la precipitación de las caseínas. La caseína  $\kappa$  se diferencia del resto en que es insensible a la adición de calcio.

Las caseínas se encuentran muy organizadas en la leche, formando partículas con un tamaño medio de unos 100-200 nm en leche de oveja (Anifantakis, 1986). Para explicar la estructura de las micelas de caseína hay propuestos varios modelos, como los de Dalgleish *et al.* (2004) o el de Horne (2006), que se presenta en la Figura 4, pero a día de hoy no existe un consenso general sobre la estructura micelar, aunque puede decirse que se trata de una red de caseínas  $\alpha_s$  unidas por fosfato cálcico. Entre la red de caseínas  $\alpha_s$  se sitúan las caseínas beta y kappa, ambas pueden migrar desde las micelas hasta la fase acuosa durante el almacenamiento prolongado a bajas temperaturas, y

aunque probablemente durante el calentamiento se vuelven a reasociar en la micela, se desconoce si la estructura nativa se recupera del todo. Gran parte de la caseína  $\kappa$  se localiza en la superficie de las micelas proporcionando estabilidad a toda la estructura.

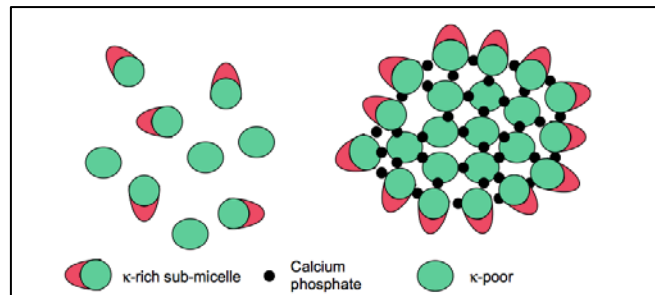


Figura 4. Esquema de la submicela de caseína. Horne (2006)

El tamaño de las micelas de caseína se ve afectado por factores genéticos y el régimen de alimentación de los animales. Respecto a las características de las proteínas, es importante conocer el efecto beneficioso de la variante B de las caseínas  $\kappa$  y  $\beta$  en las propiedades reológicas de la leche y en el rendimiento quesero, ya que se ha demostrado que leches con gran proporción de esta variante en las caseínas, tienen valores más bajos de diámetro micelar (Day *et al.*, 2015), lo cual le confiere a la leche un tiempo de coagulación más corto y un coágulo con mayor dureza que la variante A (Coulon *et al.*, 2005); por ello, el estudio del polimorfismo de las proteínas es de alto interés para la industria quesera, ya que esto parece indicar que conocer el tamaño de la micela de caseína podría ser indicador del comportamiento de la leche en el cuajado.

### 2.5.1. Fabricación del queso

Los procesos comunes en la transformación de la leche en queso son la coagulación, el desuerado y la maduración del queso. Sin embargo, hay otros procesos que también pueden darse, como por ejemplo, un tratamiento térmico como la pasteurización. Este proceso tiene el objeto de inactivar posibles microorganismos patógenos. Aunque hay varios tipos, la pasteurización baja (63-65 °C en 30 min o 72-75 °C en 15-30 s) es el más utilizado en la industria láctea (Grappin y Beuvier, 1998).

La **coagulación** es un proceso que se produce por la acción de enzimas proteolíticas, o agentes acidificantes que provocan modificaciones físico-químicas en las micelas de caseína. La primera etapa para la obtención del queso se inicia con la hidrólisis enzimática de la  $\kappa$ -caseína. Este fenómeno altera las propiedades de las micelas, de forma que se vuelven inestables y tienden a agregarse. Esto dará como resultado el gel o coágulo. Hay distintos tipos de enzimas, que provocan la coagulación, y pueden ser de origen animal (extraídas del estómago de terneros o corderos lactantes), vegetal (extraídas, por ejemplo del cardo *Cynara Cardunculus*) o microbiano. El cuajo animal, que es el más utilizado en la industria quesera, contiene dos proteasas como son la quimosina y la pepsina, que son los principales enzimas responsables de la coagulación (Scintu y Piredda, 2007).

La acidez de la leche y la temperatura a la que se lleva a cabo la coagulación enzimática determinarán la dosis de cuajo necesario y la velocidad de formación del gel. Este proceso de cuajado se puede conseguir de diferentes formas, bien por una acidificación de la leche, o bien por la adición de agentes específicos como el cuajo o algunos coagulantes vegetales (flor del cardo *Cynara cardunculus*, leche de higuera o azafrán silvestre).

El “cuajo”, según la organización International Dairy Federation (IDF 110:2012), es un extracto del abomaso de rumiantes. El nombre de cuajo debe ser reservado para los enzimas preparados de estómagos de rumiantes, y los otros enzimas que originan la coagulación de la leche se denominen “Coagulantes”.

La coagulación tradicional de la leche con el cuajo se produce en dos etapas. Una primera etapa enzimática, en la que los enzimas proteolíticos contenidos en el cuajo atacan a la  $\kappa$ -caseína. En la segunda fase se produce la coagulación de las micelas que han sido desestabilizadas por el ataque enzimático anterior.

Se distinguen tres tipos de cuajo: cuajo de origen animal, coagulante de origen vegetal y coagulante de origen microbiano, aunque los más utilizados son el cuajo y el coagulante vegetal (Renobales, 2007). El cuajo animal o renina ha sido usado tradicionalmente para producir la coagulación de la leche (cuajo de ternero, de cordero y de cerdo). Se trata de un conjunto de endopeptidasas que componen los fermentos gástricos de los mamíferos lactantes. La responsable de hidrolizar específicamente en enlace Phe<sub>105</sub>-Met<sub>106</sub> de la caseína bovina (Abellán, 2010).

Aunque hay diferencias entre las quimosinas de las diferentes especies mencionadas, estas se caracterizan por ser peptidasas gástricas neonatales con poca actividad proteolítica y alta actividad coagulante de la leche. Debido a la escasez y al alto coste de estas sustancias, se han buscado alternativas para llevar a cabo la coagulación de la leche.

El coagulante vegetal crudo, obtenido a partir de flores de cardos de las especies *Cynara cardunculus* y *Cynara humilis*, se ha utilizado con gran éxito como coagulante en la elaboración de algunas variedades de quesos españoles, como el Queso de La Serena (Fernández, 2008), en La Torta del Casar (Delgado *et al.*, 2010), el Queso de los Pedroches (Tejada *et al.*, 2007), y en algunos quesos portugueses, como el Queso Serra (Macedo *et al.*, 1993). Estos quesos poseen unas características organolépticas particulares, que son apreciadas por un gran grupo de consumidores. Además, la utilización de un coagulante vegetal, les confiere la característica de ser un producto considerado vegetariano. Del *Cynara cardunculus* se han aislado tres proteinasas ácidas denominadas cinarasas o ciprocinas. Se trata de tres proteasas ácidas pertenecientes al tipo de proteasas aspárticas denominadas ciprocinas 1, 2 y 3 (Cordeiro *et al.*, 1992 y 1994), siendo la ciprocina 3 la que muestra características similares a la quimosinas.

Estas enzimas vegetales tienen, además del efecto coagulante, un efecto proteolítico fuerte, muy importante para el desarrollo de las características del queso en la maduración, tanto en el aroma como en la textura, confiriéndole a los quesos una textura más fina y untuosa, así como un aroma y un sabor más fuerte (Tejada *et al.*, 2007; Galán *et al.*, 2008).

---

En el **desuerado** se produce la eliminación del suero, y viene dada por la rotura o corte de la cuajada cuando esta llega a la consistencia necesaria. El tamaño de corte de los granos, la temperatura a la que se someta la cuajada y el movimiento por parte del quesero, afectarán a la velocidad del desuerado.

La consistencia de la cuajada obtenida enzimáticamente depende de numerosos factores, como el contenido proteico de la leche, el pH de coagulación y la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  en la leche, entre otros. Una vez que el cuajo ha actuado y la leche coagula, el gel expulsa parte del lactosuero que ha quedado atrapado en el interior. La red constituida por las micelas comienza a contraerse cuando se corta el coágulo.

La **maduración**, así como el salado y el moldeado, son muy diferentes para los distintos tipos de quesos. Este periodo, si lo hay, recoge una serie de modificaciones bioquímicas de los componentes de la cuajada. Se da en unas condiciones de temperatura y humedad idóneas para el tipo de queso que se esté elaborando, dependiendo también del contenido en humedad inicial del queso, del pH y de la concentración de sal en el mismo. La finalidad de la maduración es la extracción paulatina de la humedad y el consecuente desarrollo del aroma, la textura y el flavor característicos. Los cultivos iniciadores utilizados en la elaboración desempeñan un papel fundamental en la creación de las condiciones más favorables para conseguir ese aroma y flavor deseado.

Factores como la duración del periodo de maduración, la temperatura a la que se mantiene el queso y la humedad relativa del aire en la cámara de maduración regularán la actividad microbiana. Puede decirse que a temperaturas de maduración más altas, más rápido es el proceso de maduración. La humedad del aire será clave en la selección de la flora superficial de la cuajada, factor determinante en el resultado de aroma y flavor del queso.

Según la legislación en nuestro país (Real Decreto 1113/2006) los quesos, dependiendo de su maduración, se dividen en queso fresco (el que está dispuesto para el consumo después de su fabricación), queso blanco pasteurizado (es aquel queso fresco en el que el coágulo obtenido se somete a un proceso de pasteurización, quedando dispuesto para el consumo al finalizar su proceso de fabricación) y queso maduro (es el que, tras el proceso de fabricación, requiere mantenerse durante cierto tiempo a una temperatura y en condiciones tales que se produzcan los cambios físicos y químicos característicos del mismo). La palabra madurado podrá sustituirse por los calificativos según el grado de maduración alcanzado por el producto a la salida de fábrica que figuran en la Tabla 5.

Tabla 5. Denominaciones de los quesos y duración mínima del periodo de maduración exigido (RD 1113/2006)

Denominaciones facultativas	Peso > 1,5 kg	Peso ≤ 1,5 kg
	Maduración mínima en días	
Tierno	7	7
Semicurado	35	20
Curado	105	45
Viejo	180	100
Añejo	270	

El salado es un proceso que tiene como objetivos completar el desuerado (a través de un proceso de equilibrio de presión osmótica, a la vez que ingresa salmuera a los quesos los mismos pierden una mayor cantidad de suero desde su interior), regular la actividad microbiana, ya que el aumento de la concentración salina dentro del queso inhibe varias reacciones enzimáticas y evita el desarrollo de microorganismos contaminantes, y también tiene una función gustativa, ya que esa salinidad es necesaria para agradar al consumidor, y ayuda en la formación de la corteza.

Este proceso puede hacerse de tres formas: añadiendo la sal a la cuajada, salado a mano de los quesos o introducción de los quesos en una salmuera (a 20-22 grados Baumé, a 10-11 °C de temperatura). Este último es el método más utilizado en la fabricación de los quesos.

## 2.5.2. Cambios bioquímicos durante la maduración

### 2.5.2.1. Glicolisis

La fermentación de la lactosa a ácido láctico es un proceso que causa la reducción del pH durante la maduración del queso. El fenómeno de la glicolisis se produce debido a la acción de los microorganismos presentes en la cuajada del queso, que metabolizan la lactosa residual principalmente en ácido L-láctico (McSweeney y Sousa, 2000).

La transformación de la lactosa en ácido láctico se produce principalmente durante la coagulación y el desuerado de la cuajada, aunque continuará durante el proceso de maduración. Se produce de forma rápida en las 24 h que siguen al desuerado y se prolonga durante una o dos semanas hasta la desaparición, casi en su totalidad, de la lactosa. Durante las primeras etapas de la maduración, la lactosa es metabolizada en diferentes componentes dependiendo del tipo de queso. En quesos de superficie enmohecida, el L-Lactato es metabolizado en CO<sub>2</sub> y agua, contribuyendo a cambios en la textura de dichos quesos. En quesos tipo holandés (Gouda, Massdam), una proporción del lactato se oxida formando acetato, mientras que los bajos niveles de citrato son metabolizados para producir diacetilo, que es el responsable del flavor y de la formación de ojos en este tipo de quesos (Fox *et al.*, 1990).

### 2.5.2.2. Proteolisis

En la maduración del queso se producen fenómenos que serán los que le confieran las características de sabor, olor y textura al queso. Entre estos fenómenos, tal vez el más importante sea la proteolisis (Fox, 1988; Smit *et al.*, 2000). En la mayoría de variedades de quesos, la hidrólisis



inicial de las caseínas se debe al coagulante y en menor extensión a la plasmina, y quizás a proteinasas de células somáticas (catepsina D), que dan lugar a la formación de péptidos de gran tamaño (insolubles en agua) y péptidos de tamaño intermedio (solubles en agua), que serán degradados por el coagulante y por enzimas procedentes de los microorganismos iniciadores y no iniciadores del queso. La producción de pequeños péptidos y aminoácidos libres se debe a la acción de proteinasas y peptidasas microbianas (McSweeney y Sousa, 2000). Por esta razón, la relación entre la cantidad de nitrógeno soluble y el nitrógeno total se pueden utilizar como indicativo del grado de degradación proteica.

La degradación de la matriz proteica en péptidos, aminoácidos, amoníaco y compuestos sulfurados a lo largo de la maduración influirá de manera determinante en las características del queso, tanto en cuanto a la textura (elasticidad, dureza, adhesividad, gomosidad, etc), como al flavor, debido a la producción de grupos amino, compuestos azufrados y grupos carboxilo.

Los productos finales de la proteolisis son los aminoácidos libres que se encuentran a distintas concentraciones dependiendo del tipo de queso y han sido empleados como índices de maduración (McSweeney y Fox, 1997).

En la elaboración del queso, la mayor parte del coagulante se pierde con el suero, pero un pequeño porcentaje (6-10 %) queda retenido en la cuajada (Jaramillo, 2007). Esta porción es la responsable, en parte, de la proteolisis primaria de las caseínas.

La proteolisis puede dividirse en dos etapas: **proteolisis primaria**, que será la responsable de la textura blanda característica al principio de la obtención de la cuajada, y que es causada por la actividad de las proteasas endógenas de la leche. Y la **proteolisis secundaria**, en la que se produce, por parte de las bacterias ácido-lácticas, la hidrólisis de péptidos grandes en péptidos de pequeño tamaño y aminoácidos, los cuales se encuentran en grandes cantidades en los quesos madurados y que intervienen en el desarrollo del flavor de los quesos, ya que son detectados por los receptores del sabor (Tavaria *et al.*, 2003).

### 2.5.2.3. Lipolisis

La grasa de la leche está formada mayoritariamente (un 96-99 % en peso del total de la grasa) por triglicéridos, seguidos de diglicéridos y fosfolípidos (con un 0,3-1,6 % y un 0,2-1 % respectivamente). Hay otros componentes lipídicos minoritarios, pero no por ello menos importantes, como son los ácidos grasos libres (0,1-0,4 %), que influyen notablemente al flavor de la leche y los productos derivados.

La lipolisis es un fenómeno que consiste en la hidrólisis de gran parte de las grasas, y origina la liberación de ácidos grasos. Estos ácidos grasos libres formados durante la maduración son importantes precursores de diferentes componentes volátiles del queso.

El tipo de cuajo afecta al fenómeno de la lipolisis, así por ejemplo, se han encontrado diferencias en el perfil de ácidos grasos, en concreto de cadena corta, en quesos hechos con cuajo de cordero en pasta o en cuajo bovino (Virto *et al.*, 2003).

### 2.5.3. Características sensoriales

#### 2.5.3.1. Textura

La textura es un atributo fundamental para la aceptación de cualquier alimento. En quesos de oveja maduros, la textura es una característica decisiva para la calidad de producto, su identidad y la aceptación por parte del consumidor (Konstance y Honsinger, 1992). Según la Organización Internacional de Normalización, se define la textura como “todos los atributos mecánicos, geométricos y de superficie de un producto perceptibles a través de los receptores cinestésico y somáticos y (si corresponde) visuales y auditivos desde el primer bocado hasta la deglución final” (ISO 5492:2008).

Los atributos de calidad textural pueden ser evaluados mediante análisis descriptivos sensoriales y análisis instrumentales. La combinación de tiempo y alto costo asociado con el análisis sensorial ha motivado el desarrollo de pruebas mecánicas que se correlacionan positivamente con los análisis sensoriales.

La medición de la textura se realiza por medio de un texturómetro, y son varias las pruebas que se utilizan para ello (análisis del perfil de la textura -TPA-, compresión uniaxial, flexión, torsión o relajación). Estas medidas instrumentales ofrecen mayor objetividad y reproducibilidad. Aunque algunos estudios en quesos tipo Cheddar han demostrado que la correlación entre las medidas de textura de un texturómetro y los parámetros sensoriales descritos por un panel de catadores expertos solo eran significativas con la dureza, y no así con la adhesividad (Brennan *et al.*, 1975), este análisis de los parámetros mecánicos puede resultar de utilidad para la industria debido a su facilidad de realización, estandarización y ser altamente reproducible, por lo que permite llevar a cabo un control de calidad (Antonίου *et al.*, 2000).

La textura es un parámetro que se ve afectado por la composición físico-química de los quesos y por los fenómenos que se desarrollan en la maduración. En la maduración los cambios de textura se desarrollan en dos fases diferenciadas. Los primeros días, la dureza y la fracturabilidad disminuyen debido a cambios bioquímicos, como es la hidrólisis de las caseínas causada por el cuajo residual (O’Callaghan y Guinee, 2004). En una segunda etapa, a la vez que los quesos van perdiendo humedad y se están desarrollando fenómenos de la proteólisis, va aumentando la dureza y la fracturabilidad, y disminuyendo la cohesividad constantemente (Albenzio y Santillo, 2011).

Los parámetros más utilizados en el análisis de textura de los quesos y su definiciones (ISO 5492:2008), se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros más utilizados en el análisis de textura de los quesos (ISO 5492:2008)

	Definición
Dureza (N)	Atributo mecánico de textura relacionado con la fuerza requerida para lograr una determinada deformación, penetración o rotura de un producto
Fracturabilidad (N)	Atributo mecánico de textura relacionado con la cohesión y la dureza y con la fuerza necesaria para romper un producto en migas o pedazos.
Adhesividad (N * s)	Atributo mecánico de textura relacionado con la fuerza requerida para despegar el producto o la sustancia del paladar o de un sustrato.
Cohesividad	Atributo mecánico de textura relacionado con el grado de deformación de un producto antes de su rotura; incluye los atributos de fragilidad, de masticabilidad y gomosidad.
Elasticidad	Atributo mecánico de textura relacionado con: a) la rapidez de recuperación después de la aplicación de una fuerza de deformación, y b) el grado en que un material deformado recupera su condición original después de retirar la fuerza de deformación.
Masticabilidad (N)	Atributo mecánico de textura relacionado con el esfuerzo requerido para masticar un producto sólido hasta un estado listo para su deglución.
Gomosidad (N)	Atributo mecánico de textura relacionado con la cohesividad de un producto tierno.

### 2.5.3.2. Color

El color es un parámetro fundamental en los alimentos, es la ya que es responsable directo de la apariencia del producto y su aceptación por parte de los consumidores (Maegenis *et al.*, 2014). En la ISO 5492:2008 se define como la “Sensación de tono, saturación y claridad inducida por estimulación de la retina por ondas luminosas de varias longitudes de onda”, en la percepción del mismo. También puede definirse como la “propiedad que tiene el objeto para producir diferentes sensaciones en el ojo como consecuencia de la forma en que refleja o emite luz”.

La forma más utilizada de cuantificar el color en los quesos es la utilización de sistemas de colorimetría, como por ejemplo el espacio CIELAB (Figura 5), que expresa el color en tres coordenadas: “L”, la luminosidad (que va de 0 a 100, siendo el 0 el más claro); “a”, que indica la tendencia del color al rojo (valores positivos) o al verde (valores negativos), y el “b”, que es la tendencia al color amarillo (valores positivos) o al azul (valores negativos).

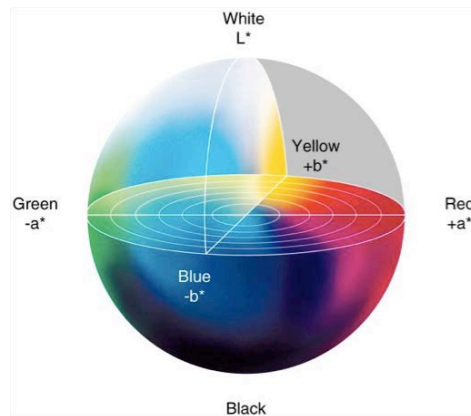


Figura 5 Diagrama de espacios de color ( $L^* a^* b^*$ )

Los quesos de oveja de pasta prensada suelen tener una coloración blanco-hueso en los más jóvenes, hasta llegar a un color amarillo tenue o pajizo en los maduros. El color depende de la composición química del queso, así como del contenido en carotenoides y riboflavinas provenientes de la alimentación de los animales y de la raza. Diferentes trabajos han demostrado que según la alimentación recibida, ha variado el contenido en carotenoides presentes en el queso. Animales que han sido alimentados con pasto han aportado coloraciones más amarillas que los alimentados con heno (Coulon *et al.*, 2005).

### 2.5.3.3. Gusto

El gusto o sabor de los alimentos es uno de los atributos clave para el consumidor. El gusto se percibe en la lengua y en el paladar. Es un “Atributo sensorial perceptible por el órgano olfatorio, vía retronasal durante la degustación” (ISO 5492:2008). Se diferencian cinco tipos de gustos: ácido, amargo, dulce, salado y umami.

En los productos fermentados, por ejemplo el queso, este sabor viene dado tanto por los procesos de glicolisis, proteolisis y lipolisis. En la glicolisis, dependiendo de los microorganismos y las condiciones de maduración, el lactato puede formar compuestos que contribuyen al aroma y el sabor del queso. La lipolisis también contribuye a la formación de estas características por la formación de compuestos derivados, como los ácidos grasos libres (AGL), ésteres o cetonas. (Delgado, 2011). Se han identificado varios componentes como los causantes de este sabor, y la mayor parte provienen de la proteolisis de las caseínas, ya que se forman péptidos de pequeño a medio tamaño y aminoácidos libres, que contribuyen en gran medida en el sabor, sobre todo al sabor amargo, que resulta una característica favorable en quesos de oveja maduros, y no lo es en los primeros estadios de la maduración (Licón, 2012).

El sabor de la cuajada y del queso fresco es dulce debido a la presencia residual de lactosa. El sabor salado es debido a la adición de cloruro sódico en la elaboración de los quesos y a sales minerales como potasio, calcio y al magnesio.

#### 2.5.3.4. Aroma

El aroma es otro atributo clave para la aceptación o el rechazo del producto, en este caso, el queso. Es originado por sustancias volátiles susceptibles de ser detectadas por el olfato. La formación del aroma del queso depende fundamentalmente de los cambios bioquímicos producidos por microorganismos asociados a este ecosistema (bacterias iniciadoras o bacterias del ácido láctico) (Delgado, 2011).

Durante la maduración, los procesos de glicolisis, lipolisis y proteolisis provocan la degradación de los componentes del queso (lactosa, grasa y proteína) en otros productos primarios y secundarios (Fox y McSweeney, 1997). Mediante la glicolisis, la hidrólisis de la lactosa contribuye al aroma del queso al producirse mayoritariamente ácido láctico, junto con algunos ácidos volátiles, etanol y pequeñas cantidades de otros compuestos precursores de aroma. La lipolisis, por otro lado, supone la conversión de los triglicéridos de la leche en ácidos grasos libres, algunos de los cuales son volátiles y contribuyen en gran medida a la formación del aroma. La proteolisis es el proceso mediante el cual la caseína de la leche es hidrolizada a péptidos de menor tamaño molecular y finalmente a aminoácidos, y supone el fenómeno más importante de formación de aroma en la maduración de los quesos. La importancia de los aminoácidos radica en que son precursores de otros compuestos responsables del aroma (Wallace y Fox, 1997).

Se han hecho esfuerzos importantes para caracterizar estas sustancias volátiles, con la finalidad de determinar el origen geográfico del producto, contaminaciones fraudulentas con otros tipos de leche, tratamientos térmicos u otras características (Licón, 2012). Por ello, y debido al interés creciente en la caracterización de los productos tradicionales, por ejemplo los quesos con Denominación de Origen Protegida (DOP), se ha estudiado el perfil volátil de algunos quesos españoles. Entre los quesos de oveja se puede citar el queso Manchego (Mallia *et al.*, 2005), el queso Roncal (Barron *et al.*, 2005), el Idiazábal (Barron *et al.*, 2007), el queso de La Serena (Carbonell *et al.*, 2002), Zamorano (Fernández-García *et al.*, 2004) y Torta del Casar (Delgado *et al.*, 2010; Calzada *et al.*, 2014). En estos estudios se identificaron un gran rango de compuestos volátiles que contribuyen al aroma de esos quesos. Los cambios observados tanto en su perfil volátil, como en la abundancia de sus componentes pueden ser considerables, lo que proporciona notas aromáticas diferentes a cada tipo de queso (Delgado, 2011).

#### 2.5.4. Pruebas sensoriales

La evaluación sensorial de los alimentos trata del examen de las propiedades organolépticas utilizando los órganos de los sentidos (ISO 6658:2005). Por un lado los consumidores perciben las características reológicas, estructurales y químicas de los quesos mediante la vista, el tacto, el oído y el gusto, y las expresan utilizando términos descriptivos.

Hay distintos tipos de pruebas. Por un lado, las pruebas afectivas o hedónicas, que involucran a consumidores y la evaluación se realiza según la concepción personal de aceptación y textura. Estas pruebas son útiles para determinar la aceptabilidad del producto, la preferencia y la

---

intención de compra. Para este caso, primero ha de hacerse un reclutamiento de personal, que puede ser interno o externo.

Otro tipo de pruebas son las descriptivas, que se hacen para diferenciar cualitativa y cuantitativamente diversos tipos de quesos. Para la realización de estas pruebas es necesaria la selección de un panel de 6 a 15 catadores que llevarán a cabo la evaluación. Previamente es preciso realizar un entrenamiento para definir los descriptores, comprobar su identificación por los panelistas y establecer una escala de evaluación.

PRIMER TRABAJO. Estudio comparativo de la producción, fraccionamiento y características de la leche de oveja Guirra y oveja Manchega





### 3. PRIMER TRABAJO. Estudio comparativo de la producción, fraccionamiento y características de la leche de oveja Guirra y oveja Manchega.

#### 3.1. Objetivos

El objetivo del primer trabajo es caracterizar la producción de leche en un rebaño de ovejas de raza Guirra, su fraccionamiento durante el ordeño, los componentes principales de la leche, el perfil de ácidos grasos y el tamaño del glóbulo de grasa y de la micela de caseína en la leche ordeñada.

Este trabajo se ha realizado en la granja de pequeños rumiantes y laboratorios de la Unidad de Producciones Animales del Departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de València (UPV).

#### 3.2. Materiales y métodos

##### 3.2.1. Animales y equipo de ordeño

Se utilizó un total de 116 ovejas, distribuidas como se indica en la Tabla 7: 72 de raza Guirra (G) y 44 de raza Manchega (M), divididas en dos lactaciones. Las ovejas Guirras procedían de la asociación ANGUIRRA y las ovejas de raza Manchega procedían del Rebaño Nacional de Raza Manchega del CERSYRA (Valdepeñas).

El primer año se utilizaron 64 ovejas (42 G y 22 M), de las cuales 22 eran de primera lactación (10 G y 12 M) y 42 eran de 2 o más lactaciones (32 G y 10 M). El segundo año se utilizaron 52 ovejas (30 G y 22 M), de las cuales 18 eran de primera lactación (13 G y 5 M) y 34 eran de 2 o más lactaciones (17 G y 17 M). La frecuencia de partos simples y dobles fue del 64 y 36 % en la raza Guirra y del 52 y 48 % en la raza Manchega. No se utilizaron los mismos animales en las dos lactaciones.

Tabla 7. Número de animales utilizados en las dos lactaciones (G: Guirras; M: Manchegas)

	Número de animales					
	Año	Raza	Número lactación		Tipo de parto	
			1	>=2	Simple	Doble
Año 1	64	42 G	10	32	27	15
		22 M	12	10	11	11
Año 2	52	30 G	13	17	19	11
		22 M	5	17	12	10
<i>Total</i>	<i>116</i>		<i>40</i>	<i>76</i>	<i>69</i>	<i>47</i>

El periodo de amamantamiento fue de 6 semanas y se utilizó un sistema de producción de “media leche”, en el que las ovejas eran ordeñadas una vez al día (10:00 h) y después permanecían con sus corderos. El destete se realizó al finalizar la sexta semana de lactación y las ovejas

---

empezaron a ser ordeñadas 2 veces al día (a las 8:00 h y a las 17:00 h) hasta el final de la lactación o hasta la semana 23. Se consideró finalizada la lactación cuando la producción diaria era inferior a 400 ml/día.

Las ovejas permanecieron estabuladas y fueron alimentadas siguiendo las recomendaciones del I.N.R.A. (1990). La ración diaria estaba compuesta por heno de alfalfa (1,3 Kg), paja (300 g), subproductos de cítricos (unos 2 Kg/animal) y cantidades variables de concentrado (entre 1 y 1,5 Kg) para adaptarse a las necesidades de los animales a lo largo de la lactación. El primer año el subproducto de cítrico utilizado fue pulpa de naranja, mientras que el fueron cítricos de destrío.

El ordeño se realizó en una sala tipo CASSE (Alfa-Laval Agri), con 2 plataformas de 12 plazas cada una, 6 unidades de ordeño en línea alta y bloqueo automático en cascada. La sala estaba equipada con medidores volumétricos. Los parámetros de trabajo en la sala de ordeño fueron: nivel de vacío de 38 kPa, velocidad de pulsación de 180 ppm y relación de pulsación de 50 %. La rutina de ordeño utilizada fue la de “apurado y retirada” (Fernández *et al.*, 1989), seguido de una desinfección de los pezones.

### **3.2.2. Diseño experimental**

El esquema del diseño experimental se representa en la Figura 6. La lactación tuvo una duración de 23 semanas, dividida en dos periodos: amamantamiento las 6 primeras semanas y ordeño el resto de la lactación.

Durante el primer año se evaluó, en el periodo de amamantamiento, la producción, la composición y el recuento de células somáticas (RCS). En el periodo de ordeño se evaluó la producción de leche, el fraccionamiento de la leche durante el ordeño, la composición y el RCS. Además se analizó en la leche ordeñada, el tamaño del glóbulo de grasa y de la micela de caseína en las semanas 12 y 14 y el perfil de ácidos grasos en las semanas 13 y 15.

En el segundo año se estudió, en el periodo de ordeño, la producción de leche, el fraccionamiento de la leche ordeñada, su composición y el RCS, así como el perfil de ácidos grasos durante la lactación (semanas 2, 5, 9, 13 y 15).

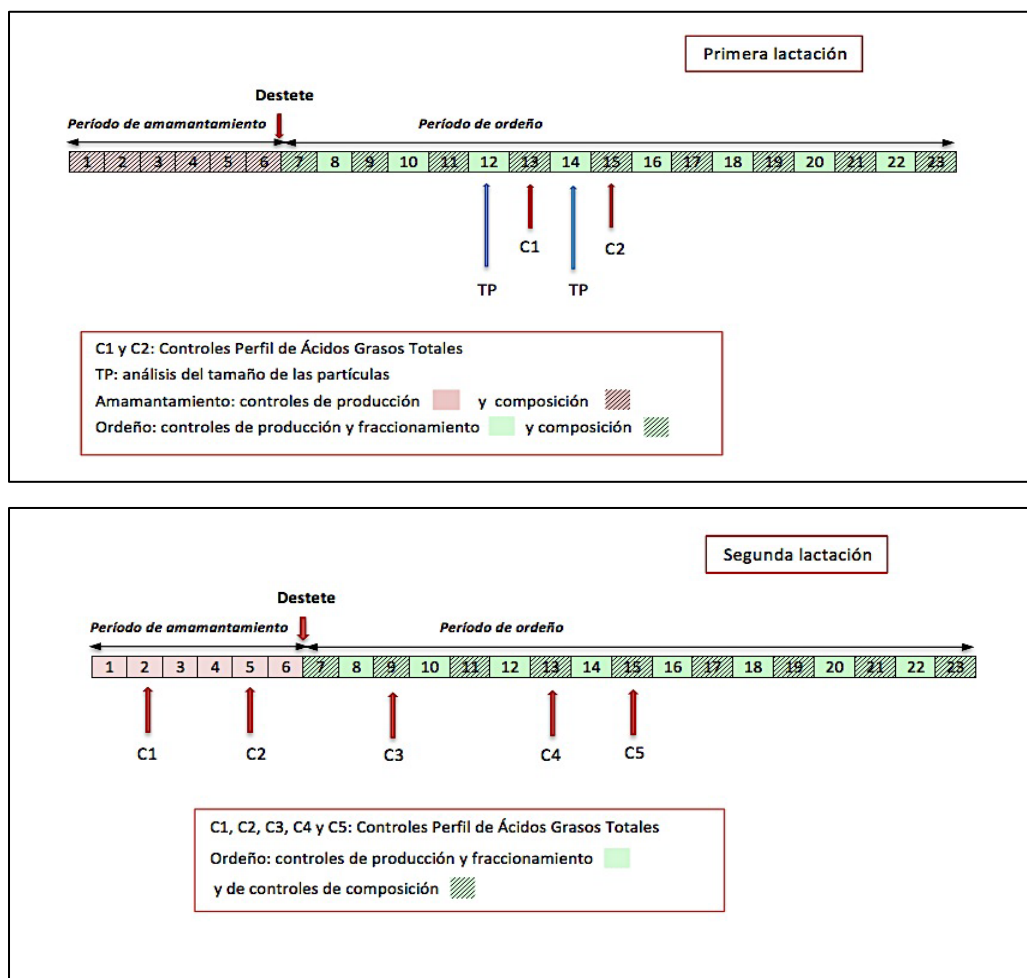


Figura 6. Diseño experimental de las dos lactaciones estudiadas

### 3.2.3. Producción, fraccionamiento, RCS y composición de la leche

Durante el periodo de amamantamiento, la producción de leche fue evaluada mediante el método de la oxitocina (Doney *et al.*, 1979). Para estimar la capacidad de producción mediante este método, las ovejas eran ordeñadas a las 8:00 y tras el vaciado de la ubre se les inyectaban 4 UI de oxitocina (Oxitón, Laboratorios Ovejero) por vía endovenosa (yugular), realizando a continuación un apurado a mano, para vaciar completamente la ubre. Transcurridas cuatro horas se volvía a aplicar una segunda inyección de oxitocina para obtener el volumen de leche producido por el animal en ese intervalo de tiempo. La capacidad productiva en 24 h se obtuvo multiplicando por 6 el volumen de leche producido durante el intervalo de 4 horas. Además, de cada muestra de leche se analizó su composición y la RCS.

En el periodo de ordeño, la producción y el fraccionamiento de la leche se midieron cada semana en los ordeños de la mañana y de la tarde. La composición de la leche y el RCS se determinó cada dos semanas.

En el fraccionamiento de la leche ordeñada se obtiene la "leche a máquina" (LM) y la leche de apurado a máquina (LAM). Estas fracciones se expresan en volumen (ml) y en porcentaje de la producción diaria (PLM= % LM; PLAM= % LAM).

Las muestras de leche, recogidas en cada ordeño (mañana y tarde) fueron llevadas al laboratorio LICOVAL, para determinar la composición y el RCS de la leche. La composición química (grasa, proteína, caseína, lactosa y extracto seco) se analizó mediante un equipo automático basado en la espectrofotometría de infrarrojos (MilkoScan FT120, FossElectric, Dinamarca). El RCS se analizó mediante el método fluoro-optoelectrónico, utilizando el equipo Fossomatic 5000 (FossElectric, Dinamarca).

Para determinar la composición y el RCS diario se calculó la media ponderada de cada componente a partir de los ordeños de la mañana y de la tarde.

#### **3.2.4. Análisis de ácidos grasos**

Para realizar este estudio se utilizaron 80 ovejas, 40 cada año (25 G y 15 M), de las cuales 15 eran de primera lactación (10 G y 5 M) y 25 eran de 2 o más lactaciones (15 G y 10 M).

Durante el periodo de amamantamiento las muestras de leche se tomaron a partir de la leche obtenida con el método de la doble inyección de oxitocina, y en el periodo de ordeño se recogieron de la leche ordeñada por la mañana y por la tarde, realizando después una mezcla con proporciones similares a la producción de la mañana y de la tarde, para que la muestra fuese representativa de la producción total diaria. Inmediatamente después de su recogida, las muestras se trasladaban al laboratorio, donde se distribuían en 2 alícuotas de 50 ml cada una y se congelaban a -40 °C hasta el momento de realizar los análisis de ácidos grasos.

Para este análisis se llevó a cabo la extracción de la materia grasa de la leche mediante el método descrito en la IDF 172:2001. Una vez extraídos lípidos y compuestos liposolubles, se realiza la metilación de los ácidos grasos según las indicaciones descritas en la norma IDF 182:2002.

El perfil de ácidos grasos de la leche fue determinado por cromatografía de gases, según la norma IDF 184:2002. Se empleó un cromatógrafo de gases FISSON modelo 8160 (Milán, Italia) dotado de un muestreador automático AS 800 con inyector en modo "split" y un detector de ionización de llama (FID).

#### **3.2.5. Tamaño de las partículas (glóbulo de grasa y micela de caseína)**

Para realizar este trabajo se utilizaron 18 ovejas G (7 de primera lactación y 11 con dos o más lactaciones) y 18 ovejas M (8 de primera lactación y 10 con dos o más lactaciones). Se tomaron 36 muestras (una por animal), distribuidas equitativamente para cada raza en las semanas 12 y 14. Se tomaron muestras del ordeño de la mañana y de la tarde. Para obtener una muestra representativa de la producción diaria, se siguió la metodología descrita en los análisis de ácidos grasos.

También se tomaron muestras de leche de tanque durante 3 semanas de lactación (12, 13 y 14). Un día de cada semana se tomaron 3 muestras del tanque de leche de cada raza, para obtener un valor medio de la composición y del tamaño de las partículas de la leche de tanque.

De cada muestra se determinó la composición, el recuento de células somáticas y el tamaño de las partículas de la leche (glóbulo de grasa y micela de caseína).

El análisis del tamaño de las partículas se realizó por triplicado en cada muestra y se llevó a cabo mediante un equipo basado en la técnica de difracción láser (Mastersizer 2000, Malvern Instruments Ltd., Malvern, UK).

Para analizar el tamaño de los glóbulos de grasa se siguió el procedimiento descrito por Attaie y Richter (2000). Se trataron las muestras con una solución de urea 8M y EDTA 50 mM, llevada a pH = 7 mediante NaOH 1M, en una proporción 1:10, con tal de disociar las micelas de caseína. Para la determinación del tamaño de las micelas de caseína se centrifugaron a 2000 g durante 20 min (Huppertz, 2004) 40 ml de leche. Posteriormente se filtraron las muestras a través de lana de vidrio para desechar la grasa de la leche. Los parámetros utilizados en el análisis fueron los siguientes: índice de absorción de 0,01; índice de refracción de la leche desnatada de 1,47 (Attaie y Richter, 2000); índice de refracción del agua de 1,332; índice de oscurecimiento de 10 y una agitación de 1000 rpm. La media del volumen equivalente,  $d(4,3) = \sum N_i d_i^4 / \sum N_i d_i^3$  (donde  $N_i$  es el número de glóbulos de un tamaño de diámetro  $d_i$ ) fue calculado por el software del equipo.

### 3.2.6. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 9.2, 2001 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) y los modelos utilizados fueron los siguientes:

Para estudiar la **producción**, la **composición** y el **RCS** (en Log) en el periodo de **amamantamiento** se utilizó el PROC MIXED con el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + NL_j + P_k + S_l + O_m (R_i, NL_j, P_k) + R_i \times NL_j + R_i \times P_k + R_i \times S_l + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

$Y_{ijklm}$  = valor de cada variable estudiada

$\mu$  = media

$R_i$  = efecto de la raza ( $i=1$ , Guirra;  $i=2$ , Manchega)

$NL_j$  = efecto del número de lactación ( $j=1$ , primera lactación;  $j=2$ ,  $\geq$  dos lactaciones)

$P_k$  = efecto del parto ( $k=1$ , simple;  $k=2$ , doble)

$S_l$  = efecto de la semana ( $j=1$ , semana 1;  $j=2$ , semana 2;...;  $j=6$ , semana 6).

$O_m (R_i, NL_j, P_k)$  = efecto de la oveja dentro de una raza, un número de lactación y un tipo de parto

$R_i \times NL_j$  = interacción entre la raza y el número de lactación.

$R_i \times P_k$  = interacción entre la raza y el tipo de parto

$R_i \times S_l$  = interacción entre la raza y semana

$\varepsilon_{ijklm}$  = error residual

Para estudiar la producción, la composición y el RCS (en Log) en el periodo de **ordeño** se utilizó el PROC MIXED con el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + NL_j + P_k + S_l + A_n + O_m (R_i, NL_j, P_k) + R_i \times NL_j + R_i \times P_k + R_i \times S_l + R_i \times A_n + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

A = efecto año ( $n=1$ , año 1;  $n=2$ , año 2)

$R_i \times A_n$  = Interacción raza por año

Para estudiar la **producción total de leche ordeñada y la duración del periodo de ordeño**, se utilizó el PROC GLM con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + NL_j + P_k + A_l + R_i \times NL_j + R_i \times P_k + R_i \times A_l + \epsilon_{ijkl}$$

Para estudiar el **perfil de ácidos grasos en cada año separadamente** se utilizó el PROC MIXED con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkm} = \mu + R_i + NL_j + S_k + O_m(R_i, NL_j) + R_i \times NL_j + R_i \times S_k + \epsilon_{ijkm}$$

Donde:

$Y_{ijkm}$  = valor de la variable estudiada

$\mu$  = media

$R_i$  = efecto de la raza ( $i=1$ , Guirra;  $i=2$ , Manchega)

$NL_j$  = efecto del número de lactación ( $j=1$ , 1 lactación;  $j=2$ ,  $\geq 2$  lactaciones)

$S_k$  = efecto de la semana. En el año 1,  $k=1$ , semana 13;  $k=2$ , semana 15. En el año 2,  $k=1$ , semana 2;  $k=2$ , semana 5;  $k=3$ , semana 9;  $k=4$ , semana 13;  $k=5$ , semana 15.

$O_m(R_i, NL_j)$  = efecto oveja dentro de raza y número de lactación

$R_i \times NL_j$  = interacción entre la raza y el número de lactación

$R_i \times S_k$  = interacción entre la raza y semana

$\epsilon_{ijkm}$  = error residual

Para realizar el **análisis conjunto de los dos años del perfil de ácidos grasos** en las semanas 13 y 15, se utilizó el PROC MIXED con el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + A_j + NL_k + S_l + O_m(R_i, NL_k) + R_i \times A_j + R_i \times NL_k + R_i \times S_l + \epsilon_{ijklm}$$

Donde:

$A_j$  = efecto año ( $j=1$ , año 1;  $j=2$ , año 2)

$R_i \times A_j$  = interacción entre la raza y el año

Para estudiar el **tamaño de las partículas** en animales individuales, se utilizó el PROC GLM con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + NL_j + S_k + R_i \times NL_j + R_i \times S_k + \epsilon_{ijk}$$

Para estudiar el **tamaño de las partículas** en leche de tanque, se utilizó el PROC GLM con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + S_j + \epsilon_{ij}$$

La comparación de medias se realizó en todos los casos mediante la opción PDIF que utiliza el test "t".

### 3.3. Resultados y discusión

#### 3.3.1. Producción y composición de la leche de oveja Guirra

Las curvas medias de lactación obtenidas en ovejas de raza Guirra y Manchega se exponen en la Figura 7. Se observa el aumento de producción en las primeras semanas de lactancia, el posterior mantenimiento del nivel productivo en la etapa de amamantamiento y el descenso característico que tiene lugar cuando se realiza el destete y se inicia el periodo de ordeño. Las curvas de lactación evolucionan de forma paralela en las dos razas y se comprueba que las ovejas Guirras presentan unas producciones inferiores a las ovejas Manchegas en toda la lactación.

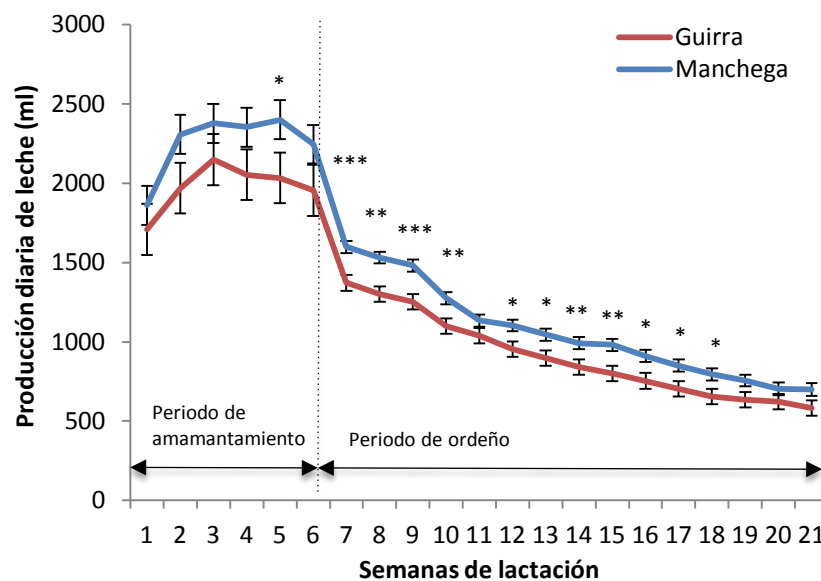


Figura 7. Curva de lactación en ovejas de raza Guirra y Manchega (\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ ).

##### 3.3.1.1. Periodo de amamantamiento

Los valores medios de producción, composición de la leche y RCS se exponen en la Tabla 8. Se observa que la producción media en la raza Guirra fue de  $2004 \pm 79$  ml/día, significativamente menor que en la raza Manchega ( $2233 \pm 79$  ml/día). En esta etapa la producción lechera se vio afectada significativamente por el tipo de parto (simple:  $1955 \pm 62$  ml/día, doble:  $2282 \pm 81$  ml/día) y por el número de lactación de las ovejas (primera:  $1900 \pm 80$  ml/día, segunda o más lactaciones:  $2336 \pm 70$  ml/día). También la semana de lactación influyó significativamente en la producción. Se observó un aumento significativo hasta la semana 3 en ovejas Guirras y hasta la semana 2 en ovejas Manchegas, pero sólo hubo diferencias significativas entre razas en la semana 5 (Tabla 9).

Sin embargo, los componentes de la leche no se vieron afectados significativamente por la raza, el tipo de parto o el número de lactación de las ovejas. El principal factor que influyó significativamente en los componentes de la leche fue la semana de lactación, cuyos valores se muestran en la Tabla 8. A excepción del contenido en lactosa, que aumentó, se observa un descenso generalizado en los restantes componentes: grasa, proteína, caseína y extracto seco. Respecto al RCS, se comprobó un descenso en este periodo, pero los valores de la oveja Guirra fueron

significativamente superiores a los de raza Manchega en las semanas segunda y tercera y en todo el periodo de amamantamiento, aunque en ambas razas fueron bajos (media geométrica: 323.594 vs 158.489 céls/ml, respectivamente). Las interacciones de la raza con el tipo de parto y el número de lactación no fueron significativas, indicando que las diferencias observadas entre parto simple y doble o entre animales de primera lactación y de dos o más lactaciones, aparecen igualmente en ambas razas.

Tabla 8. Producción, composición de la leche y RCS durante el periodo de amamantamiento

Variables	Tipo de animales		Significación estadística			
	Guirra n=42	Manchega n=22	Raza	Parto	Número Lactación	Semana Lactación
Producción (ml/día)	2004±79	2233±74	*	***	***	*
Grasa (%)	7,15±0,20	7,89±0,30	ns	ns	ns	**
Proteína (%)	5,15±0,08	4,95±0,13	ns	ns	ns	***
Lactosa (%)	4,99±0,05	5,11±0,09	ns	ns	ns	***
Caseína (%)	4,30±0,12	4,42±0,21	ns	ns	ns	***
ES (%)	18,43±0,25	19,09±0,43	ns	ns	ns	**
RCS Log (céls/ml)	5,51±0,07	5,20±0,12	*	ns	ns	***

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

Tabla 9. Efecto de la semana de lactación sobre la producción, composición y RCS de la leche durante el periodo de amamantamiento (media±ES).

Variables	Raza	Semanas de lactación					
		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
Producción (ml/día)	G	1710±124 <sup>a</sup>	1969±123 <sup>ab</sup>	2149±123 <sup>b</sup>	2054±123 <sup>ab</sup>	2033±123 <sup>ab</sup>	1955±123 <sup>ab</sup>
	M	1861±161 <sup>a</sup>	2308±160 <sup>b</sup>	2378±160 <sup>b</sup>	2353±160 <sup>b</sup>	2400±160 <sup>b</sup>	2246±160 <sup>b</sup>
Grasa (%)	G	7,51±0,35 <sup>b</sup>	7,45±0,35 <sup>b</sup>	7,41±0,32 <sup>b</sup>	7,25±0,28 <sup>b</sup>	7,14±0,28 <sup>ab</sup>	6,62±0,27 <sup>a</sup>
	M	8,3±0,45 <sup>b</sup>	8,2±0,45 <sup>a</sup>	8,15±0,45 <sup>a</sup>	7,7±0,45 <sup>a</sup>	7,5±0,45 <sup>a</sup>	7,17±0,45 <sup>a</sup>
Proteína (%)	G	5,46±0,12 <sup>b</sup>	5,18±0,12 <sup>a</sup>	5,03±0,12 <sup>a</sup>	5,03±0,11 <sup>a</sup>	5,11±0,11 <sup>a</sup>	5,1±0,11 <sup>a</sup>
	M	5,44±0,19 <sup>c</sup>	4,92±0,19 <sup>ab</sup>	4,63±0,19 <sup>a</sup>	4,7±0,18 <sup>ab</sup>	5,00±0,18 <sup>bc</sup>	4,79±0,18 <sup>ab</sup>
Lactosa (%)	G	4,38±0,08 <sup>a</sup>	4,93±0,09 <sup>b</sup>	5,09±0,08 <sup>bc</sup>	5,15±0,08 <sup>c</sup>	5,20±0,08 <sup>c</sup>	5,22±0,08 <sup>c</sup>
	M	4,67±0,14 <sup>a</sup>	5,15±0,14 <sup>b</sup>	5,17±0,14 <sup>b</sup>	5,18±0,13 <sup>b</sup>	5,18±0,13 <sup>b</sup>	5,30±0,13 <sup>b</sup>
Caseína (%)	G	4,51±0,20 <sup>a</sup>	4,3±0,20 <sup>ab</sup>	4,25±0,19 <sup>ab</sup>	4,00±0,19 <sup>b</sup>	3,99±0,19 <sup>b</sup>	3,92±0,18 <sup>b</sup>
	M	4,61±0,32 <sup>b</sup>	4,37±0,32 <sup>ab</sup>	4,3±0,32 <sup>ab</sup>	3,85±0,3 <sup>ab</sup>	4,19±0,3 <sup>ab</sup>	3,8±0,18 <sup>a</sup>
Extracto Seco (%)	G	18,75±0,20 <sup>b</sup>	18,65±0,20 <sup>b</sup>	18,64±0,20 <sup>b</sup>	18,51±0,19 <sup>ab</sup>	18,52±0,19 <sup>ab</sup>	17,91±0,18 <sup>a</sup>
	M	19,95±0,32 <sup>b</sup>	19,16±0,32 <sup>ab</sup>	19,02±0,32 <sup>ab</sup>	18,59±0,30 <sup>a</sup>	18,55±0,30 <sup>a</sup>	18,25±0,29 <sup>a</sup>
Log RCS (céls/ml)	G	6,07±0,10 <sup>c</sup>	5,63±0,10 <sup>A,b</sup>	5,37±0,10 <sup>A,a</sup>	5,31±0,09 <sup>a</sup>	5,28±0,09 <sup>a</sup>	5,39±0,09 <sup>a</sup>
	M	5,81±0,16 <sup>c</sup>	5,12±0,16 <sup>B,b</sup>	4,97±0,16 <sup>B,ab</sup>	5,37±0,15 <sup>b</sup>	5,20±0,15 <sup>b</sup>	4,77±0,12 <sup>a</sup>

<sup>a-e</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

<sup>A-B</sup> Medias en la misma columna con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)



### 3.3.1.2. Periodo de ordeño

#### Efecto de la raza y la semana de lactación

Los resultados de duración del periodo de ordeño, producción de leche ordeñada y las fracciones del ordeño (Leche a máquina y leche de apurado a máquina) se exponen en la Tabla 10. Se comprueba que la raza influyó significativamente en la duración del periodo de ordeño, en la producción total de leche y en la producción diaria, en la fracción de LM y en las fracciones PLM y PLAM. Las ovejas de raza Guirra tuvieron un menor periodo de ordeño y fueron menos productivas que las Manchegas, con valores de  $114\pm 1$  y  $119\pm 1$  días de ordeño y producciones medias de leche ordeñada de  $101\pm 4$  y  $132\pm 5$  litros, respectivamente. También las ovejas Guirras presentaron una menor producción diaria y una menor fracción de LM, pero la LAM no difiere significativamente entre razas. Las fracciones del ordeño, expresadas en porcentaje de la producción diaria, presentan un valor de PLM menor en las ovejas Guirras ( $70,61\pm 1,15\%$ ) que en las Manchegas ( $75,53\pm 1,27\%$ ) y, por tanto la fracción PLAM, que requiere la actuación del ordeñador para extraer la leche de la ubre, es mayor en la oveja Guirra ( $29,39\pm 1,15\%$ ) que en la Manchega ( $24,66\pm 1,27\%$ ). Estos resultados muestran que las ovejas Guirras fueron menos productivas y su ordeño resultó un poco más laborioso que en las Manchegas.

La semana de lactación afectó significativamente ( $P < 0,001$ ) a la producción de leche, a las fracciones obtenidas en la leche ordeñada, a los componentes de la leche y al RCS. La interacción de la "raza con la semana de lactación" no fue significativa ( $P > 0,05$ ), indicando una evolución similar de la producción, del fraccionamiento de leche ordeñada, de los componentes de la leche y del RCS en ovejas de raza Guirra y Manchega.

El descenso de producción observado a lo largo de la lactación en la Figura 7 originó una reducción significativa de las fracciones del ordeño. Así, los valores de las fracciones PLM:PLAM varían en las ovejas de raza Guirra desde unos valores máximos de 74:26 en las primeras semanas de ordeño hasta unos valores de 67:33 al final de la lactación, y las ovejas de raza Manchega desde 80:20 hasta 70:30 en el mismo periodo.

El nivel de producción expresado por las ovejas Guirras de este rebaño es similar a la producción media estimada para el conjunto de explotaciones de raza Manchega (90 a 100 litros), que aparece recogido en el Programa de mejora de la raza ovina Manchega (MAGRAMA, 2011a). En dicho programa se confirma la existencia de una gran variabilidad de producción, ya que en los rebaños sometidos a control lechero, la producción media por lactación normalizada de 120 días fue de 161 kg de leche y, más recientemente, se presentan valores de 230 kg (MAGRAMA, 2014).

Otras razas lecheras presentaban producciones de unos 100 litros/lactación en los inicios de sus programas de selección, como la raza Churra en 1988 (ANCHE, 2012), la raza Latxa en 1990 (MAGRAMA, 2011d) o la raza Lacaune en 1964 (Barillet *et al.*, 2001). Sin embargo, la aplicación de los esquemas de selección ha permitido aumentar la producción a un ritmo de 1 a 3 litros/año en las razas españolas y hasta 6 litros/año en la raza Lacaune (Ugarte *et al.*, 2002).

En relación al fraccionamiento de la leche ordeñada, que expresan la facilidad de extracción de la leche acumulada en la ubre mediante el ordeño mecánico, los valores obtenidos en las ovejas

---

Manchegas se encuentran en el rango de variación observado por diferentes autores (Gallego, 1983; Fernández, 1985; Rodríguez, 1997 y Molina, 1999), con unas proporciones de LM y LAM que varían de 75,7 a 85,7% para la LM y de 24,5 a 15,4% para la LAM. En los esquema de selección se han incorporado los caracteres morfológicos de la ubre para facilitar el ordeño mecánico (Ugarte *et al.*, 2002), consiguiendo entre otras ventajas una mayor fracción de LM.

Respecto a los componentes de la leche, se observó en todo el periodo de ordeño conjuntamente (Tabla 10) que el contenido en grasa no mostró diferencias significativas entre razas, pero los restantes componentes de la leche fueron significativamente superiores en la oveja Guirras (+0,22 % la proteína, +0,25 % la caseína, +0,08 % la lactosa y +0,58 % el extracto seco). La evolución de los componentes de la leche durante el periodo de ordeño se expone en la Tabla 11. Se comprueba que los contenidos en grasa, proteína, caseína y extracto seco aumentan a lo largo de la lactación, mientras que el contenido en lactosa disminuye. No hubo diferencias significativas entre razas para el contenido en grasa en ninguna semana de lactación. Sin embargo, se observó que la leche de oveja Guirra presentó valores más altos que la leche de oveja Manchega para el contenido en proteína y en caseína desde la semana 15 al final de la lactación, para el contenido en lactosa en la semana 11 y para el contenido en extracto seco en las semanas 9 y 15. Estos resultados indican que la composición de la leche es similar en las dos razas hasta la semana 15, pero en las últimas semanas de lactación la leche de oveja Guirra presenta un contenido en proteína un poco mayor que la oveja Manchega.

En relación al RCS, se observó que en todo el periodo de ordeño fue mayor en ovejas Guirras que en Manchegas, presentando un valor (media geométrica) de 223.872 céls/ml en las ovejas Guirras y 102.329 céls/ml en ovejas Manchegas, pero en ambas razas los valores son inferiores a los valores umbrales considerados como indicadores de infección mamaria (500.000 céls/ml, según Ariznabarreta, 1999). Esta variable se mantuvo sin cambios importantes durante el periodo de ordeño, y sus valores fueron significativamente superiores en leche de ovejas Guirras a partir de la semana 9 de lactación.

Tabla 10. Efecto de la raza, el número de lactación y el tipo de parto sobre la producción de leche, el fraccionamiento durante el ordeño, los componentes de la leche y el RCS (media±ES).

Variables	Raza			Número de Lactación			Parto		
	Guirra (n=72)	Manchega (n=44)	Sign. Estad.	1ª Lactación (n=39)	≥ 2ª Lactación (n=77)	Sign. Estad.	Parto 1 (n=69)	Parto 2 (n=47)	Sign. Estad.
Días ordeño	114±1	119±1	**	115±2	118±1	ns	116±1	116±1	ns
L. Ordeñada (L)	101±4	132±5	***	110±6	123±4	ns	113±5	120±4	ns
Prod. Diaria (ml/día)	900±11	1057±13	***	944±15	1014±10	***	938±11	1020±14	***
LM (ml)	652±32	806±35	**	706±41	753±27	ns	714±28	745±38	ns
LAM (ml)	257±15	254±17	ns	248±20	262±13	ns	227±14	283±18	*
PLM (%)	70,61±1,15	75,53±1,27	**	73,25±1,5	72,7±1,0	ns	74,56±1,02	71,38±1,35	ns
PLAM (%)	29,39±1,15	24,66±1,27	**	26,75±1,48	27,30±1,0	ns	25,43±1,02	28,62±1,35	ns
Grasa (%)	7,93±0,06	7,79±0,07	ns	7,60±0,08	8,12±0,05	***	7,97±0,05	7,75±0,07	*
Proteína (%)	6,45±0,03	6,20±0,03	***	6,29±0,04	6,36±0,02	ns	6,30±0,03	6,35±0,03	ns
Lactosa (%)	4,70±0,01	4,62±0,01	**	4,64±0,02	4,68±0,01	ns	4,70±0,01	4,62±0,02	***
Caseína (%)	5,13±0,02	4,91±0,03	***	4,96±0,03	5,09±0,02	**	5,02±0,02	5,03±0,03	ns
Extracto Seco (%)	20,08±0,07	19,50±0,08	***	19,48±0,10	20,10±0,06	***	19,91±0,07	19,67±0,09	*
RCS Log (céls/ml)	5,35±0,03	5,01±0,03	***	5,19±0,03	5,17±0,03	ns	5,09±0,02	5,27±0,03	***

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P< 0,001

LM: leche a máquina; LAM: leche apurado a máquina; PLM: porcentaje leche a máquina; PLAM: porcentaje leche apurado a máquina; RCS: recuento de células somáticas

Tabla 11. Efecto de la semana de lactación sobre la producción, composición de la leche y RCS durante el periodo de ordeño (media±ES).

Variables	Raza	Semanas de lactación							
		Sem 7	Sem 9	Sem 11	Sem 13	Sem 15	Sem 17	Sem 19	Sem 21
Producción (ml)	G	1372±38 <sup>A,g</sup>	1252±38 <sup>A,f</sup>	1038±38 <sup>e</sup>	897±38 <sup>A,d</sup>	800±38 <sup>A,cd</sup>	703±38 <sup>A,bc</sup>	635±38 <sup>ab</sup>	583±38 <sup>a</sup>
	M	1598±49 <sup>B,e</sup>	1482±49 <sup>B,e</sup>	1135±49 <sup>d</sup>	1046±49 <sup>B,cd</sup>	981±49 <sup>B,c</sup>	850±49 <sup>B,b</sup>	756±49 <sup>ab</sup>	700±49 <sup>a</sup>
Grasa (%)	G	6,65±0,14 <sup>a</sup>	7,17±0,14 <sup>b</sup>	7,78±0,14 <sup>c</sup>	8,12±0,14 <sup>cd</sup>	8,22±0,14 <sup>d</sup>	8,17±0,14 <sup>e</sup>	8,36±0,15 <sup>e</sup>	9,04±0,15 <sup>e</sup>
	M	6,55±0,18 <sup>a</sup>	6,74±0,18 <sup>a</sup>	7,71±0,18 <sup>b</sup>	7,88±0,18 <sup>b</sup>	7,98±0,18 <sup>b</sup>	8,05±0,18 <sup>bc</sup>	8,49±0,18 <sup>cd</sup>	8,95±0,18 <sup>d</sup>
Proteína (%)	G	5,57±0,07 <sup>a</sup>	5,71±0,07 <sup>b</sup>	6,02±0,07 <sup>c</sup>	6,21±0,07 <sup>c</sup>	6,66±0,07 <sup>A,d</sup>	7,13±0,07 <sup>A,e</sup>	7,05±0,07 <sup>A,e</sup>	7,22±0,07 <sup>A,e</sup>
	M	5,35±0,09 <sup>a</sup>	5,52±0,09 <sup>b</sup>	5,85±0,09 <sup>c</sup>	6,06±0,09 <sup>c</sup>	6,41±0,09 <sup>B,d</sup>	6,73±0,09 <sup>B,e</sup>	6,76±0,09 <sup>B,e</sup>	6,92±0,09 <sup>B,e</sup>
Lactosa (%)	G	4,91±0,04 <sup>a</sup>	4,89±0,04 <sup>a</sup>	4,83±0,04 <sup>A,a</sup>	4,72±0,04 <sup>b</sup>	4,60±0,04 <sup>c</sup>	4,54±0,04 <sup>c</sup>	4,61±0,04 <sup>c</sup>	4,48±0,04 <sup>c</sup>
	M	4,87±0,05 <sup>a</sup>	4,80±0,05 <sup>ab</sup>	4,64±0,05 <sup>B,bc</sup>	4,68±0,05 <sup>b</sup>	4,53±0,05 <sup>cd</sup>	4,52±0,05 <sup>cd</sup>	4,55±0,05 <sup>c</sup>	4,42±0,05 <sup>d</sup>
Caseína (%)	G	4,4±0,06 <sup>a</sup>	4,57±0,06 <sup>A,b</sup>	4,84±0,06 <sup>c</sup>	4,98±0,06 <sup>c</sup>	5,33±0,06 <sup>A,d</sup>	5,69±0,06 <sup>A,e</sup>	5,58±0,06 <sup>A,e</sup>	5,68±0,06 <sup>A,e</sup>
	M	4,25±0,07 <sup>a</sup>	4,37±0,07 <sup>B,a</sup>	4,67±0,07 <sup>b</sup>	4,86±0,07 <sup>b</sup>	5,13±0,07 <sup>B,c</sup>	5,36±0,08 <sup>B,d</sup>	5,31±0,08 <sup>B,cd</sup>	5,36±0,08 <sup>B,d</sup>
Extracto Seco (%)	G	18,10±0,18 <sup>a</sup>	18,71±0,18 <sup>A,b</sup>	19,51±0,18 <sup>c</sup>	19,94±0,18 <sup>c</sup>	20,55±0,18 <sup>A,d</sup>	20,72±0,18 <sup>de</sup>	21±0,18 <sup>de</sup>	21,74±0,19 <sup>f</sup>
	M	17,7±0,29 <sup>a</sup>	17,98±0,23 <sup>B,b</sup>	19,12±0,23 <sup>c</sup>	19,46±0,23 <sup>cd</sup>	19,87±0,23 <sup>B,de</sup>	20,25±0,23 <sup>ef</sup>	20,74±0,23 <sup>fg</sup>	21,29±0,23 <sup>g</sup>
Log RCS (céls/ml)	G	5,37±0,06 <sup>b</sup>	5,32±0,06 <sup>A,b</sup>	5,34±0,06 <sup>A,b</sup>	5,41±0,06 <sup>A,bc</sup>	5,5±0,06 <sup>A,c</sup>	5,51±0,06 <sup>A,c</sup>	5,29±0,06 <sup>A,b</sup>	5,04±0,06 <sup>A,a</sup>
	M	5,28±0,08 <sup>a</sup>	5,07±0,08 <sup>B,ab</sup>	5,02±0,08 <sup>B,b</sup>	5,02±0,08 <sup>B,b</sup>	5,04±0,08 <sup>B,b</sup>	4,99±0,08 <sup>B,b</sup>	4,93±0,08 <sup>B,bc</sup>	4,73±0,08 <sup>B,c</sup>

<sup>a-g</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

<sup>A-B</sup> Medias en la misma columna con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

### **Efecto del número de lactación**

El número de lactación de las ovejas fue un importante factor de variación (Tabla 10), que influyó significativamente en la producción y en algunos componentes de la leche (grasa, caseína y ES), pero no afectó a la duración del periodo de ordeño. Las ovejas de primera lactación, en relación con las de 2 o más lactaciones, produjeron aproximadamente un 10 % menos de leche ordeñada, con un fraccionamiento durante el ordeño similar, pero en la composición de su leche se observó un menor contenido en grasa ( $7,60 \pm 0,08$  vs  $8,12 \pm 0,05$  %, respectivamente), en caseína ( $4,96 \pm 0,03$  vs  $5,09 \pm 0,01$  %, respectivamente) y en extracto seco ( $19,48 \pm 0,10$  vs  $20,10 \pm 0,07$  %, respectivamente). La interacción de la “raza con el número de lactación” no fue significativa ni en la producción, ni en los componentes de la leche, el fraccionamiento y el RCS, mostrando que las diferencias existentes entre animales de distinto número de lactación (primera vs segunda o más lactaciones) son similares en las dos razas.

La superioridad productiva de las ovejas adultas, respecto a las de primer parto, es similar a la que presentan las ovejas raza Manchega en control lechero (+10%), según los datos del MAGRAMA (2014). Es conocido el aumento de la producción con el número de lactación de las ovejas hasta la tercera o cuarta lactación y también con la edad al parto (Gabiña *et al.*, 1993) y, para una misma edad, estos autores comprobaron que la producción aumenta con el número de lactación.

### **Efecto del tipo de parto**

Los resultados obtenidos en ovejas de partos simple y parto doble se presentan en la Tabla 10. Se comprueba que el tipo de parto no afectó significativamente a la duración del periodo de ordeño ni a la producción total de leche ordeñada, aunque se observaron efectos significativos en la producción media diaria, en la fracción LAM, en el contenido en grasa y ES y en el RCS. La producción de leche fue un 10,87 % superior en ovejas de parto doble y presentó un menor contenido en grasa y ES y un mayor RCS que en ovejas de parto simple. Sin embargo, las diferencias en la composición de la leche son poco relevantes y el RCS fue bajo (parto simple: 123.000 céls/ml; parto doble: 186.200 céls/ml). También las fracciones del ordeño fueron poco afectadas por el tipo de parto, únicamente la LAM fue superior (+56 ml/día) en ovejas de parto doble. La interacción “raza por tipo de parto” no fue significativa, mostrando con ello que las diferencias entre parto simple y doble son similares en las dos razas. Se puede concluir que el efecto más claro del tipo de parto fue el aumento de producción de leche ordeñada entorno al 10 %.

### **Efecto del año**

Durante los dos años en los que se desarrolló el trabajo de granja no se utilizaron los mismos animales y tampoco se utilizó la misma dieta. Así, el efecto “año experimental” engloba una serie de circunstancias que se dan cada año y en conjunto se observa en la Tabla 12 que afectaron significativamente a la producción de leche, al fraccionamiento de la leche ordeñada (PLM:PLAM) y a la mayor parte de los componentes de la leche (grasa, caseína, lactosa y ES). Se comprobó que los resultados obtenidos el primer año, en relación a los del segundo año, presentaron una mayor producción lechera, con mejor fraccionamiento durante el ordeño (mayor PLM) y mayor contenido

en grasa, caseína, lactosa y ES. La interacción “año por raza” no fue significativa en ninguna de las variables estudiadas, indicando que las diferencias entre razas se produjeron igualmente en los dos años experimentales.

Tabla 12. Efecto del año experimental sobre la producción de leche, el fraccionamiento durante el ordeño, los componentes de la leche y el RCS (media±ES).

Variables	Año 1 (n=64)	Año 2 (n=52)	Sign. Estadística
L. Ordeñada (L)	125±4	109±5	*
Prod. Diaria (ml/día)	1019±12	939±13	***
LM (ml)	790±32	669±34	*
LAM (ml)	241±15	269±17	ns
PLM (%)	75,98±1,14	69,96±1,23	***
PLAM (%)	24,01±1,14	30,04±1,23	***
Grasa (%)	8,12±0,06	7,60±0,07	***
Proteína (%)	6,30±0,03	6,34±0,03	ns
Lactosa (%)	4,75±0,02	4,57±0,02	***
Caseína (%)	4,96±0,02	5,09±0,03	***
Extracto Seco (%)	20,08±0,07	19,50±0,08	***
RCS Log(céls/ml)	5,17±0,03	5,18±0,03	ns

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*\*: P< 0,001

LM: leche a máquina; LAM: leche apurado a máquina; PLM: porcentaje leche a máquina; PLAM: porcentaje leche apurado a máquina; RCS: recuento de células somáticas

### 3.3.2. Perfil de ácidos grasos

Este trabajo se realizó en dos años consecutivos. En el primero de ellos se estudió el perfil de ácidos grasos de la leche de oveja Guirra y Manchega en las semanas 13 y 15 de lactación. Posteriormente se realizó un estudio más amplio el segundo año, en el que se analizaron las diferencias del perfil de ácidos grasos entre ambas razas desde el principio de la lactación hasta la semana 15.

El año 1 (Tabla 13) se comprobó que la raza era un importante factor de variación en la composición de la grasa láctea, mientras que el número de lactación apenas influyó en la composición de la grasa y la interacción de la “raza con el número de lactación” no fue significativa. Las ovejas Guirras, en relación a las Manchegas, presentaron menor producción de leche, con un contenido en grasa que no difiere significativamente entre ellas, pero la composición de su grasa láctea fue distinta. La leche de oveja Guirra presentó una menor proporción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y de cadena media (AGCM) y mayor proporción de ácidos grasos de cadena larga (AGCL). En los AG individuales, se observó que los ácidos caproico (C6:0), caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), mirístico (C14:0), miristoleico (C14:1) y palmitoleico (C16:1) fueron significativamente menos abundantes en leche de oveja Guirra que en leche de oveja Manchega, mientras que los ácidos esteárico (C18:0) y oleico (C18:1) presentaron una proporción

significativamente mayor en la grasa láctea de oveja Guirra. Los restantes AG estudiados, los AG saturados, los MUFA y PUFA, no difieren significativamente entre razas, pero el índice de aterogenicidad (IA) fue significativamente menor en la leche de oveja Guirra. Este índice tiene interés por los efectos beneficiosos que puede aportar a la salud humana el consumo de productos lácteos con un valor más bajo de IA (Chilliard *et al.*, 2003).

La semana de lactación afectó significativamente al contenido en AGCM y AGCL. En la semana 13 la proporción de AGCM ( $56,39 \pm 0,82$  %) fue menor que en la semana 15 ( $58,72 \pm 0,71$  %), mientras que los AGCL fueron más abundantes en la semana 13 ( $34,24 \pm 0,80$  %) que en la 15 ( $31,83 \pm 0,69$  %). La interacción "raza por semana" no fue significativa, indicando una evolución similar de ambas razas.

El número de lactación de las ovejas no alteró el perfil de AG de la leche, sin embargo De la Fuente *et al.* (2009), en un trabajo realizado con 2218 lactaciones de ovejas de raza Churra, observaron que al aumentar la edad de los animales, aumentaban los AGCC y AGCM, a la vez que descendían los MUFA y PUFA. Pero estas diferencias se dieron principalmente entre animales con edades de 1 y 2 años, ya que a partir de los 2 años sólo se observaron diferencias en los PUFA. En el presente trabajo, los animales de primera lactación tenían 2 años, por lo que el perfil de AG fue similar en animales de primera lactación y en los de 2 o más lactaciones.

En el año 2 (Tabla 14), se comprobó que la semana de lactación (desde la semana 2 a la 15) fue el principal factor que influyó en la producción de leche, contenido en grasa y composición de la grasa láctea. La raza afectó significativamente a la producción de leche, al contenido en grasa y a la proporción de AG de cadena corta y cadena larga, mientras que los AGCM, los saturados, los MUFA, los PUFA y el IA no se vieron afectados significativamente por la raza. La oveja Guirra presentó una menor producción de leche y mayor contenido en grasa que la oveja Manchega. Respecto a la composición de la grasa láctea, la leche de oveja Guirra mostró un contenido menor en AGCC y mayor en AGCL, confirmándose los resultados ya observados el año 1. Los AG con 6 a 12 carbonos fueron más abundantes en la leche de oveja Manchega, mientras que los ácidos esteárico (C18:0) y araquidónico (C20:4 (n6)) lo son en leche de oveja Guirra.

Los principales AG encontrados en la raza Guirra y Manchega (que representan cerca del 85 %) fueron el palmítico (C16:0,  $28,48 \pm 0,36$  y  $28,04 \pm 0,43$ ), el oleico (C18:1(n9),  $18,28 \pm 0,37$  y  $17,37 \pm 0,45$ ), el mirístico (C14:0,  $12,52 \pm 0,18$  y  $12,89 \pm 0,22$ ), el cáprico (C10:0,  $10,61 \pm 0,20$  y  $11,72 \pm 0,24$ ), el esteárico (C18:0,  $8,50 \pm 0,29$  y  $7,15 \pm 0,34$ ) y el láurico (C12:0,  $6,09 \pm 0,16$  y  $6,64 \pm 0,19$ ). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Carta *et al.* (2008) con las raza Sarda x Lacaune y con De La Fuente *et al.* (2009) en raza Churra, aunque en este último trabajo el orden de importancia de los AG varía.

Con el fin de comprobar si las diferencias observadas en el perfil de AG entre razas varían entre los años 1 y 2, se realizó el análisis conjunto de los datos de las semanas 13 y 15 para los dos años. Se observa en la Tabla 14 que el año influyó significativamente en el contenido en grasa y en la composición de la grasa láctea. Los cambios de dieta y de animales de un año a otro, puesto que el

segundo año muchos animales fueron sustituidos, originaron diferencias en el perfil de AG de la leche.

Tabla 13. Efecto de la raza sobre la producción de leche (LTD, ml/día), contenido en grasa (%) y composición de ácidos grasos (%) en leche de oveja Guirra y Manchega en las semanas 13 y 15 de lactación (Año 1) (media±ES).

Variables	Raza		Sign. Estadística			
	Guirra (n=50)	Manchega (n=30)	Raza	Sem. de lactación	Nlac	RxNlac
LTD	794±39	933±57	*	***	*	ns
Grasa	8,57±0,24	9,34±0,35	ns	ns	*	ns
C4:0	3,29±0,06	3,51±0,09	ns	ns	ns	ns
C6:0	2,92±0,04	3,24±0,06	***	ns	ns	ns
C8:0	2,87±0,06	3,22±0,08	**	ns	ns	ns
C10:0	9,46±0,25	10,51±0,36	*	ns	ns	ns
C12:0	5,27±0,19	5,70±0,27	ns	ns	ns	ns
C14:0	12,05±0,27	13,22±0,37	*	***	ns	ns
C14:1	0,24±0,02	0,30±0,02	*	***	*	ns
C16:0	27,45±0,45	28,28±0,63	ns	**	ns	ns
C16:1	1,17±0,05	1,46±0,07	***	ns	**	ns
C18:0	10,01±0,32	7,51±0,44	***	**	ns	ns
18:1(n9)	22,33±0,49	20,24±0,68	*	*	ns	ns
18:1(n7)	0,38±0,02	0,43±0,03	ns	*	ns	ns
C18:2	1,74±0,08	1,55±0,11	ns	ns	ns	ns
C18:3(n3)	0,37±0,02	0,38±0,03	ns	*	ns	ns
C20:1(n9)	0,50±0,03	0,60±0,05	ns	ns	ns	ns
AGCC	9,10±0,13	10,03±0,18	***	ns	ns	ns
AGCM	55,64±0,76	59,47±01,06	**	**	ns	ns
AGCL	35,34±0,73	30,73±1,02	***	**	ns	ns
Saturados	73,28±0,55	75,03±0,76	ns	ns	ns	ns
MUFA	24,61±0,50	23,04±0,69	ns	*	ns	ns
PUFA	2,11±0,10	1,92±0,14	ns	ns	ns	ns
IA <sup>(1)</sup>	3,13±0,12	3,54±0,16	*	**	ns	ns

<sup>(1)</sup> Índice de aterogenicidad:  $(C12 + 4 \times C14 + C16) / \Sigma$  AG insaturados (Chilliard *et al.*, 2003).  
 AGCC (cadena corta)= C4-C8 ; AGCM (cadena media)= C10-C16 ; AGCL (cadena larga)≥ C18  
 ns: no significativo ; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001



Tabla 14. Efecto de la raza Guirra vs. Manchega sobre la producción de leche (LTD, ml/día), contenido en grasa (%), composición de ácidos grasos (%) en toda la lactación (Año 2) (media±ES).

Variables	Raza		Raza	Semana
	Guirra (n=125)	Manchega (n=75)		
LTD	1152,34±74,70	1408,62±90,56	*	***
Grasa	7,29± 0,14	6,79± 0,17	*	***
C4:0	4,10±0,10	4,12±0,12	ns	***
C6:0	3,31±0,05	3,52±0,06	**	*
C8:0	3,17±0,06	3,53±0,08	***	ns
C10:0	10,61±0,20	11,72±0,24	**	***
C12:0	6,09±0,16	6,64±0,19	*	***
C14:0	12,52±0,18	12,89±0,22	ns	***
C14:1	1,02±0,03	1,02±0,03	ns	***
C16:0	28,48±0,36	28,04±0,43	ns	***
C16:1	0,89±0,03	0,88±0,03	ns	***
C18:0	8,50±0,29	7,15±0,34	**	***
C18:1(n9)	18,28±0,37	17,38±0,45	ns	***
C18:1(n7)	0,25±0,01	0,23±0,01	ns	***
C18:2	1,99±0,06	2,07±0,08	ns	ns
C18:3(n6)	0,11±0,008	0,10±0,009	ns	***
C18:3(n3)	0,29±0,01	0,29±0,01	ns	***
C20:1(n9)	0,14±0,009	0,13±0,01	ns	*
C20:4(n6)	0,22±0,008	0,18±0,01	**	**
C20:5(n3)	0,02±0,005	0,01±0,006	ns	ns
AGCC	10,60±0,18	11,28±0,22	*	***
AGCM	59,60±0,60	61,20±0,72	ns	***
AGCL	29,79±0,62	27,51±0,73	*	***
Saturados	76,75±0,43	77,69±0,52	ns	***
MUFA	20,64±0,42	19,62±0,50	ns	***
PUFA	2,64±0,07	2,68±0,09	ns	ns
Índice de aterogenicidad <sup>(1)</sup>	3,88±0,11	4,10±0,13	ns	***

<sup>(1)</sup> Índice de aterogenicidad:  $(C12 + 4 \times C14 + C16) / \Sigma$  AG insaturados (Chilliard *et al.*, 2003).  
 AGCC (cadena corta)= C4-C8 ; AGCM (cadena media)= C10-C16 ; AGCL (cadena larga)≥ C18  
 ns: no significativo ; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

Tabla 15. Efecto de la raza sobre la producción de leche (ml/día), contenido en grasa (%) y composición de ácidos grasos (%) en leche de oveja en las semanas 13 y 15 de lactación (Años 1 y 2) (media±ES).

Variables	RAZA		Raza	Año	Semana	Raza x Año
	Guirra (n=100)	Manchega (n=60)				
LTD	718,97±34,32	897,94±42,52	**	ns	***	ns
Grasa	8,23±0,18	7,97±0,23	ns	*	***	ns
C4:0	3,55±0,06	3,67±0,08	ns	ns	ns	ns
C6:0	3,04±0,03	3,30±0,04	***	ns	*	ns
C8:0	2,99±0,05	3,37±0,06	***	ns	**	ns
C10:0	10,44±0,19	11,55±0,24	***	*	ns	ns
C12:0	6,13±0,16	6,67±0,20	*	*	***	ns
C14:0	13,30±0,20	14,00±0,25	*	*	***	ns
C14:1	0,69±0,01	0,73±0,02	ns	***	***	ns
C16:0	29,16±0,36	29,00±0,45	ns	ns	***	ns
C16:1	1,11±0,03	1,22±0,04	*	*	*	ns
C18:0	7,95±0,23	6,32±0,28	***	**	***	ns
18:1(n9)	18,72±0,37	17,22±0,46	*	**	***	ns
18:1(n7)	0,25±0,01	0,29±0,02	ns	**	***	ns
C18:2	1,78±0,07	1,78±0,08	ns	ns	ns	ns
C18:3(n3)	0,38±0,02	0,38±0,02	ns	ns	***	ns
C20:1(n9)	0,32±0,02	0,37±0,02	ns	**	ns	ns
AGCC	9,59±0,12	10,36±0,15	***	*	*	ns
AGCM	60,64±0,57	63,24±0,69	**	**	***	ns
AGCL	29,64±0,57	26,28±0,69	***	**	***	ns
Saturados	76,57±0,41	77,91±0,51	*	*	*	ns
MUFA	21,23±0,38	19,74±0,46	*	**	*	ns
PUFA	2,37±0,08	2,32±0,10	ns	*	ns	ns
IA <sup>(1)</sup>	4,01±0,11	4,33±0,14	ns	*	*	ns

<sup>(1)</sup>IA(Índice de aterogenicidad): (C12 + 4 x C14 + C16)/Σ AG insaturados (Chilliard *et al.* 2003).

AGCC (cadena corta)= C4-C8 ; AGCM (cadena media)= C10-C16 ; AGCL (cadena larga)≥ C18

ns: no significativo ;\*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

Se observó nuevamente en la Tabla 15 el efecto ya conocido de la raza sobre la composición de la grasa láctea. La leche de oveja Guirra presentó un menor contenido en AGCC y AGCM, así como un mayor contenido en AGCL que la leche de oveja Manchega. Sin embargo, también se observó que la interacción “raza por año” no fue significativa, indicando con ello que las diferencias entre razas se repiten los dos años, lo que aporta mayor robustez a este resultado. Las ovejas Guirras, con menor producción y menor actividad secretora de la glándula mamaria que las ovejas Manchegas, presentan en su leche una menor proporción de los AGCC (-0,77 %) y AGCM (-2,6 %),

que tienen su origen mayoritariamente en la síntesis de novo en la propia glándula mamaria (Peaker, 1977), y en cambio, incorporan mayor proporción de AGCL (+3,36 %) procedentes de la grasa de la dieta o de la movilización de las reservas grasas corporales (Chilliard *et al.*, 2000). Esto indica que la grasa láctea puede ser más afectada por la composición de la grasa de la dieta en la oveja Guirra que en la oveja Manchega.

Estos resultados están en concordancia con los obtenidos por Barbosa *et al.* (2007), que observaron en un rebaño de ovejas Churras y Assaf, con el mismo manejo en ambas razas, que las ovejas de raza Churra, menos productivas que las Assaf, presentaron menor proporción de AGCM y mayor proporción de AGCL. Sin embargo, estos autores, en otro rebaño de ovejas Churras y Awassi observaron un perfil de AG similar en las dos razas, a pesar de la gran diferencia de producción entre ellas.

Signorelli *et al.* (2008) estudiaron el perfil de AG en 3 razas de un mismo rebaño, manejadas en idénticas condiciones y con diferentes niveles de producción de leche (Gentile di Puglia, con 599 ml/día; Altamura, con 1134 ml/día; y Sarda, con 1793 ml/día). Comprobaron que las razas con menor nivel productivo tenían un perfil de AG similar entre sí, pero estas razas, en relación con la más productiva, presentaban una similar proporción de AGCC, una menor proporción de AGCM y mayor proporción de AGCL, al igual que lo observado en el presente trabajo.

Mierlita *et al.* (2011), estudiaron dos razas de baja producción lechera manejadas en idénticas condiciones y encontraron claras diferencias en el perfil de AG. Sin embargo, Sinanoglou *et al.* (2015), en las razas Karagouniko y Chios, con diferencias de producción importantes entre ellas, encontraron únicamente pequeñas diferencias en la proporción de AGCC, lo que concuerda con los resultados de Duranti y Casoli (1988), que compararon en 3 razas manejadas en las mismas condiciones (Sarda, Comisana y Massese) y señalan que las diferencias más importantes se dieron en los AGCC.

Aunque no resulta sencillo realizar comparaciones entre resultados obtenidos por diferentes autores, de los comentarios anteriores se desprende la existencia de un efecto de la raza sobre el perfil de AG de la leche, que contribuyen a ciertas particularidades de los quesos elaborados con su leche (Taibi *et al.*, 2000).

Para conocer la composición de la grasa láctea a lo largo de la lactación y las diferencias entre razas, se ha representado en la Figura 8 la evolución del contenido en AGCC, AGCM y AGCL. También se ha representado en la Figura 9 la evolución de los AG saturados, MUFA y PUFA. Se observa durante la lactación una variación importante de la composición de la grasa de la leche en las dos razas. Los AGCC y AGCL descienden desde el inicio de la lactación, mientras que los AGCM presentan un aumento continuado. También se observa un aumento de los AG saturados y un descenso de los MUFA, mientras que los PUFA no varían significativamente durante la lactación.

Entre razas no hubo diferencias significativas en ninguna semana de lactación para el contenido de AGCC, AGCM, AGCL, AG saturados, MUFA y PUFA. No obstante, las diferencias más importantes entre razas aparecen en los AGCC, principalmente en el periodo de ordeño.

De la Fuente *et al.* (2009) observaron también en la oveja Churra una evolución similar en los AGCC, AGCM y AGCL durante la lactación, pero la evolución fue distinta en los AG saturados, que descendieron, y en los MUFA y PUFA, que aumentaron. En estas diferencias hay que considerar el efecto de la dieta, que tiene una gran importancia en la composición de la grasa.

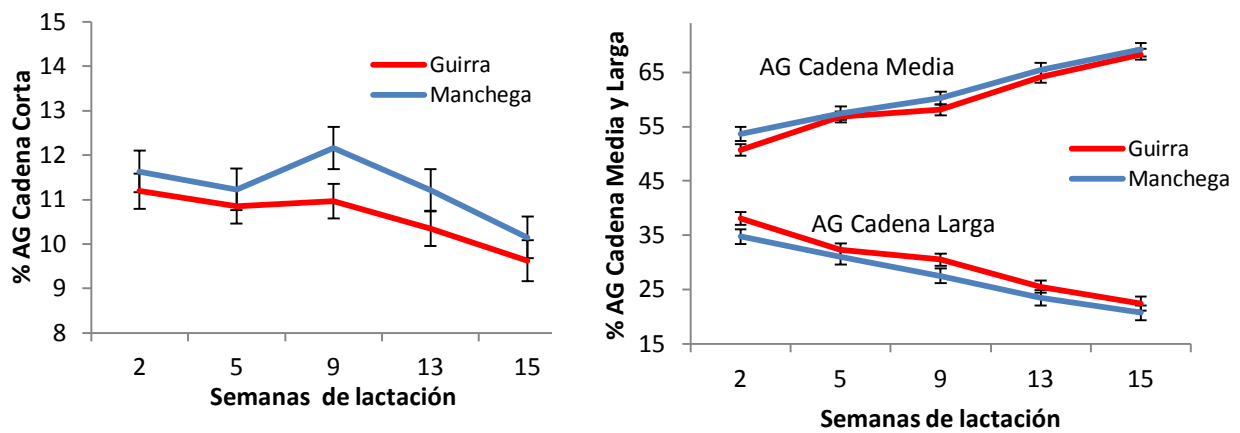


Figura 8. Evolución de los AG de cadena corta (izqda.), media y larga (drcha.) a lo largo de la lactación.

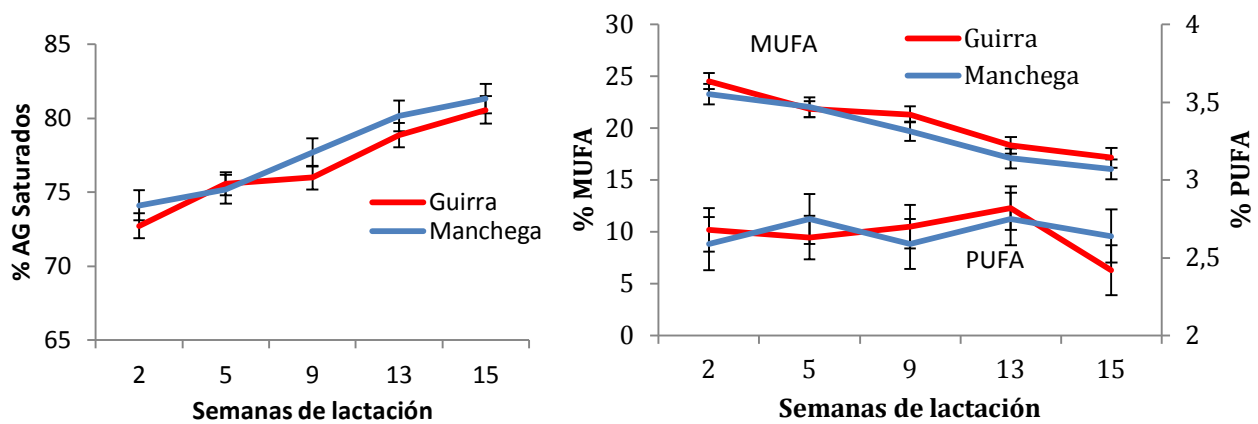


Figura 9. Evolución de los AG saturados (izqda.), MUFA y PUFA (drcha.) a lo largo de la lactación.

La evolución de la composición de la grasa de la leche es afectada por la evolución de la capacidad de ingestión de los animales. Al principio de la lactación, durante las primeras semanas de amamantamiento, las ovejas no pueden consumir una cantidad de alimento suficiente para hacer frente a sus necesidades, debiendo movilizar sus reservas corporales (INRA, 1990). Posteriormente, con el avance de la lactación los animales recuperan su capacidad de ingestión, restablecen su balance energético y no movilizan reservas. En este proceso, van cambiando los precursores de la grasa láctea y su composición se ve alterada. Inicialmente, la composición de la grasa de la leche presentó los valores más altos de AGCL, que proceden principalmente de la movilización de reservas

(Chilliard y Ferlay, 2004). Al avanzar la lactación, los AGCM, que proceden de la síntesis en la glándula y de la grasa de la dieta, van adquiriendo más importancia. Las particularidades de cada raza en estos procesos fisiológicos y en la síntesis de AG en la glándula mamaria originan las diferencias encontradas en el perfil de AG.

Se puede concluir que la composición de la grasa láctea en ovejas de raza Guirra y Manchega es bastante similar, pero presenta unas diferencias en torno al 0,8 % en los AGCC y al 2,5 % en los AGCM (mayor en la oveja Manchega) y al 3,3 % en los AGCL (mayor en la oveja Guirra), que se mantienen durante la lactación.

### 3.3.3. Tamaño del glóbulo de grasa y de la micela de caseína

En la Tabla 16 se presentan los valores medios de producción, composición de la leche y el LRCS (log RCS céls/ml), así como la producción diaria de grasa y proteína. Se comprueba que no hubo diferencias significativas entre razas en la producción, composición de la leche y el LRCS, pero la producción diaria de grasa fue significativamente mayor en la raza Manchega que en la raza Guirra. Respecto al número de lactación, se observó que la producción de leche fue similar en las ovejas primíparas y en las ovejas de dos o más lactaciones, pero el contenido en grasa y ES fue significativamente menor en la leche de animales más jóvenes. La interacción de la “raza con el número de lactación” no fue significativa en las variables estudiadas, mostrando que las diferencias entre los animales de primera lactación y los de más de una lactación fueron similares en las dos razas.

Tabla 16. Efecto de la raza y el número de lactación de los animales sobre la producción (ml/día), la composición de la leche (%), la producción diaria de grasa y proteína (g/día) y el LRCS en las semanas 12 y 14 de lactación (media±ES).

Variables	Raza		Número de lactación		Sign. Estadística	
	Guirra n=18	Manchega n=18	1ª lact n=14	≥2ª lactación n=22	Raza	Número lactación
<b>Prod. leche</b>	972±63	1086±63	1014±66	1048±52	ns	ns
<b>Grasa</b>	8,11±0,18	8,48±0,20	7,94±0,21	8,65±0,17	ns	*
<b>Proteína</b>	6,43±0,14	6,23±0,15	6,14±0,16	6,53±0,13	ns	ns
<b>Caseína</b>	5,15±0,11	5,04±0,12	4,93±0,13	5,26±0,10	ns	ns
<b>Prot.suero</b>	1,25±0,03	1,32±0,04	1,33±0,03	1,25±0,02	ns	ns
<b>Lactosa</b>	5,08±0,09	5,09±0,10	5,02±0,10	5,14±0,08	ns	ns
<b>Extracto Seco</b>	20,64±0,34	20,84±0,37	20,09±0,39	21,39±0,31	ns	*
Prod. grasa	80,83±5,05	94,62±5,47	82,88±6,47	92,56±5,64	*	ns
Prod. proteína	63,91±3,98	69,57±3,14	63,87±3,99	69,61±3,14	ns	ns
<b>RCS Log(céls/ml)</b>	5,05±0,09	5,01±0,10	5,16±0,10	4,90±0,08	ns	ns

n: número de animales. ns: no significativo; \*: P<0,05

Los resultados del tamaño del glóbulo de grasa y la micela de caseína se exponen en la Tabla 17. Se comprueba que en las muestras de animales individuales, con 18 animales de cada raza, la leche de oveja Guirra presentó un tamaño de partícula significativamente menor que la leche de oveja Manchega, tanto en el glóbulo de grasa ( $3,16 \pm 0,04$  vs  $3,48 \pm 0,05$   $\mu\text{m}$ , respectivamente) como en la micela de caseína ( $163,35 \pm 1,54$  vs  $171,66 \pm 1,62$  nm, respectivamente). Sin embargo, en la leche de tanque, que fue recogida en 3 días de la lactación (en las semanas 12, 13 y 14) y por tanto se disponía de 3 muestras para cada raza, sólo se pudo comprobar este efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de la raza sobre el tamaño de la micela de caseína ( $163,35 \pm 1,54$  vs  $171,66 \pm 1,62$  nm en raza Guirra y Manchega, respectivamente), mientras que el glóbulo de grasa no mostró diferencias significativas entre razas.

El número de lactación de las ovejas (primera vs segunda o más lactaciones) y la semana en que se realizaron las medidas (12 y 14), no afectaron significativamente al tamaño de las partículas de la leche.

Tabla 17. Efecto de la raza sobre el tamaño del glóbulo de grasa y de las micelas de caseína (media $\pm$ ES).

Variables	Tipo de muestra	Raza		Sign. Estadística
		Guirra	Manchega	
Glóbulo de grasa ( $\mu\text{m}$ )	Individual n= 18 Guirras	$3,16 \pm 0,04$	$3,48 \pm 0,05$	***
	n= 18 Manchegas			
	Tanque n= 3 Guirras	$3,52 \pm 0,16$	$3,61 \pm 0,16$	ns
	n= 3 Manchegas			
Micela de caseína (nm)	Individual n= 18 Guirras	$163,35 \pm 1,54$	$171,66 \pm 1,62$	***
	n= 18 Manchegas			
	Tanque n= 3 Guirras	$164,55 \pm 0,86$	$168,77 \pm 0,86$	*
	n= 3 Manchegas			

n: número de animales; ns: no significativo; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$

Las correlaciones del tamaño del glóbulo de grasa y de la micela de caseína con la producción de leche, los componentes de la leche (Grasa, proteína, lactosa y ES) y las producciones de grasa y proteína diarias (Tabla 18), muestran que el diámetro del glóbulo de grasa está correlacionado con la producción de leche y con la producción diaria de grasa y de proteína ( $r = 0,46$ ;  $r = 0,52$  y  $r = 0,43$ ,  $P < 0,001$ ), y presenta una correlación negativa con el contenido en proteína de la leche ( $r = -0,32$ ,  $P < 0,001$ ). Sin embargo, el tamaño de la micela de caseína sólo está correlacionado con el contenido de la leche en proteína ( $r = 0,35$ ,  $P < 0,001$ ) y en ES ( $r = 0,28$ ,  $P < 0,01$ ).

La tendencia de un aumento del tamaño del glóbulo de grasa al aumentar la producción de leche y la producción diaria de grasa concuerda con las indicaciones de Ménard *et al.* (2010), que señalan una limitación o un ahorro en la producción de la membrana celular que envuelve al glóbulo de grasa, de modo que una mayor cantidad de grasa producida lleva consigo la formación de

glóbulos de mayor diámetro, para reducir la superficie total de los glóbulos. La correlación negativa del tamaño del glóbulo con el contenido en proteína se debe a que existe una correlación negativa del contenido en proteína con la producción de leche ( $r = -0,45$ ,  $P < 0,01$ ) y por tanto también existe una tendencia negativa del contenido en proteína con la producción de grasa.

Tabla 18. Coeficientes de correlación del tamaño del glóbulo de grasa y las micelas de caseína con la producción de leche (LTD), el contenido de la leche en grasa, proteína, lactosa y extracto seco (ES), y las producciones diarias de grasa y proteína.

Variables	LTD (ml/día)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	ES (%)	Prod. Grasa (g/día)	Prod. Proteína (g/día)
Glóbulo de grasa	0,46 ***	ns	-0,32 ***	ns	ns	0,52 ***	0,43 ***
Micela de caseína	ns	ns	0,35 ***	ns	0,28 **	ns	ns

ns: no significativo; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$

### 3.4. Conclusiones

- Las ovejas de raza Guirra, con una producción media de unos 100 litros de leche ordeñada, presentan una menor producción y un fraccionamiento con menor proporción de LM que las ovejas Manchegas. La composición de la leche presenta pequeñas diferencias en el contenido en proteína, lactosa y ES, que es ligeramente mayor en las ovejas Guirras.
- El perfil de ácidos grasos en la leche de ovejas Guirras presenta una menor proporción en AGCC y mayor proporción de AGCL que en la oveja Manchega.
- Durante la lactación se producen cambios importantes en la composición de la grasa láctea, ya que aumentan los AGCM y disminuyen los AGCC y los AGCL.
- El tamaño de las partículas de la leche presenta diferencias entre las razas. La leche de oveja Guirra presenta micelas de caseína y glóbulos de grasa de menor tamaño que la leche de oveja Manchega.
- El número de lactación de las ovejas afectó a la producción de leche en el periodo de amamantamiento, pero la cantidad de leche ordeñada fue un 10 % menor en ovejas de una lactación que en ovejas con 2 o más lactaciones. No afectó al fraccionamiento ni a composición. Tampoco afectó al perfil de ácidos grasos ni al tamaño de las partículas (glóbulo de grasa y micela de caseína).





SEGUNDO TRABAJO. Estudio comparativo de  
quesos de oveja Guirra y oveja Manchega



## **4. SEGUNDO TRABAJO. Estudio comparativo de Quesos de oveja Guirra y oveja Manchega.**

### **4.1. Objetivos**

El objetivo de este trabajo es caracterizar el queso de oveja Guirra en relación a otro queso de pasta dura como es el de oveja Manchega. Entre las opciones utilizadas en la elaboración de quesos de oveja de pasta dura podemos encontrar quesos elaborados con leche pasteurizada o con leche cruda. Otra variante en el proceso de elaboración es aumentar la temperatura de la cuajada durante el proceso de desuerado, o no aumentarla.

En un **primer trabajo** se aborda el estudio del queso con leche pasteurizada, con la finalidad de determinar las características físico químicas y sensoriales, el color y la aceptación del queso de oveja Guirra por los consumidores.

La pasteurización es un proceso en el que se eleva la temperatura de la leche y se mantiene durante un tiempo determinado, con la finalidad de destruir las bacterias patógenas, pero que además tiene consecuencias en la leche como son algunos cambios en la leche que pueden afectar a sus cualidades tecnológicas, como son la eliminación parcial de microorganismos que podrían desarrollarse durante la maduración, la parcial o total inactivación de enzimas de la leche (complejo plasmina/plasminógeno, catepsinas, fosfatasa alcalina, etc), la desnaturalización de proteínas del suero o la modificación de la capacidad coagulante y la actividad de los fermentos lácticos (Grappin y Beuvier, 1997).

De esta forma, con la pasteurización de la leche se estandariza el producto con el que se van a elaborar los quesos, ya que la reducción de la flora intrínseca de la leche de una raza, que podría ser un parámetro diferenciador, se minimiza enormemente.

Y en un **segundo trabajo** se plantea el estudio de los quesos elaborados con leche cruda, ya sea calentando la cuajada o sin calentarla, para conocer las características físico químicas, sensoriales, el color, la textura y la aceptación del queso de oveja Guirra por los consumidores.

### **4.2. Materiales y métodos**

#### **4.2.1. Diseño experimental quesos leche pasteurizada**

Se elaboraron dos tipos de quesos con leche pasteurizada (G: leche de oveja Guirra; M: leche de oveja Manchega) en la quesería 'Los Corrales de Almedíjar' (Almedíjar, Castellón), siguiendo el protocolo de fabricación del queso Manchego (MAGRAMA). Se llevaron a cabo tres fabricaciones en las semanas 10, 13 y 16 de lactación, tal y como se indica en la figura 10.

Durante el periodo de maduración se realizaron los análisis físico químicos (grasa, proteína, materia seca y pH) y del color en los días 1, 30, 60 y 90. También se realizó un análisis sensorial de los quesos por un panel de catadores experimentados y un ensayo de consumidores en los días 60 y 90 de maduración.

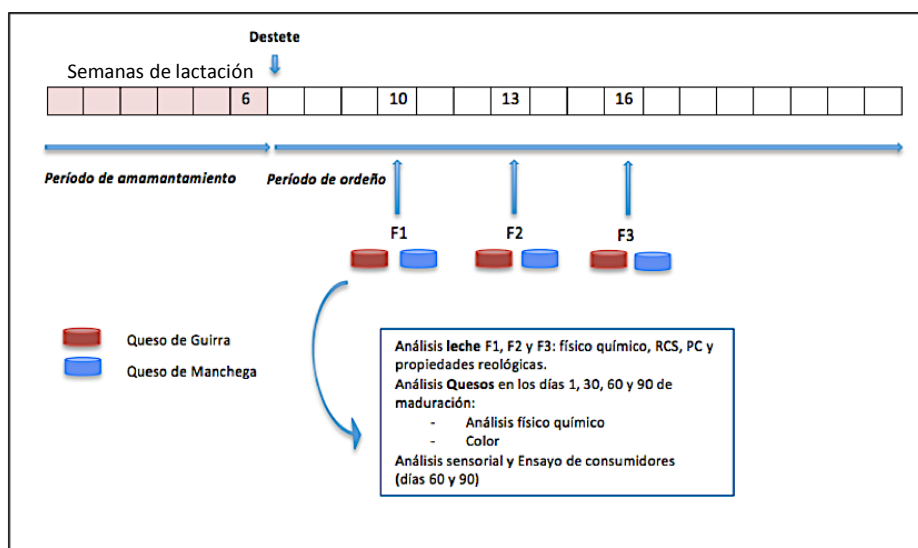


Figura 10. Esquema de las fabricaciones y los análisis de la leche y los quesos elaborados con leche pasteurizada

#### 4.2.2. Análisis de la leche utilizada para la elaboración de los quesos y del suero

Las muestras de leche utilizadas en cada una de las fabricaciones se analizaron por triplicado en el Laboratori d'Anàlisi de Llet de la Universitat Politècnica de València (LICOVAL). Los análisis químicos de la leche y del suero (grasa, proteína, lactosa y materia seca) se determinaron mediante espectroscopía de infrarrojos, con el equipo Milko Scan FT120 (FossElectric, Dinamarca). El pH se midió con un pHmetro (Crison). El punto crioscópico ( $^{\circ}\text{C}$ ) se analizó con el equipo Cryostar I (Funke Gerber). El recuento de células somáticas se analizó mediante el método fluoro-opto-electrónico, con el equipo Fossomatic 5000 (FossElectric, Dinamarca).

Los índices tecnológicos de la leche (tiempo de coagulación, dureza media y máxima del coágulo y velocidad de endurecimiento) se analizaron con un Formagraph (FossElectric). Este instrumento se basa en el movimiento oscilatorio de pequeños péndulos circulares inmersos en muestras de 10 ml de leche a las que se les ha añadido 50  $\mu\text{l}$  de cuajo comercial (cuajo líquido laboratorios Arroyo, Santander, 1:15.000) diluido al 4 %, a  $32^{\circ}\text{C}$ . El desarrollo del análisis se mantiene durante 60 minutos. Las variables medidas son el  $r$  (tiempo de coagulación),  $K_{20}$  (velocidad de endurecimiento),  $A_{30}$  y  $A_{60}$  que son la dureza media y máxima a los 30 y 60 min respectivamente. Posteriormente calculamos las relaciones  $r+K_{20}$  y  $r/A_{30}$ .

#### 4.2.3. Elaboración quesos con leche pasteurizada

En cada fabricación se partió de unos 50 kg de leche de cada raza (Guirra y Manchega), obtenidos en 3 o 4 días (6 u 8 ordeños), y mantenidos a  $4^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su utilización. Las fabricaciones de los quesos (leche de oveja Guirra y de Manchega) fueron simultáneas. La leche se pasteurizó ( $65^{\circ}\text{C}$ , 30 min) y posteriormente se atemperó a  $32^{\circ}\text{C}$ . Se le añadió el fermento (compuesto por *Lactococcus lactis subsp. lactis* y *Lactococcus lactis subsp. cremoris*) al 2 % (p/p), y el  $\text{CaCl}_2$  35 % (p/v) adicionado al 0,01 % (v/p). Se añadió cuajo de cordero con una actividad coagulante de 75 UC en la proporción de 1 ml/7l (Abiasa, Pontevedra), y se determinó el punto de corte de la

---

cuajada manualmente mediante una espátula y se anotó el tiempo de cuajado. A continuación, se realizó el corte mediante liras de forma vertical y horizontal; y posteriormente se llevó a cabo un desmenuzamiento manual de la misma, hasta alcanzar un tamaño de los granos de unos 8 mm.

El moldeado de los quesos se realizó en moldes de 14,5 cm de diámetro y 11,4 cm de altura, para formar quesos de aproximadamente 2 kg. Para el prensado se utilizó una fuerza de 0,5 kg/cm<sup>2</sup> (0,5 bar) durante 1 h. Posteriormente se voltearon los quesos y se les aplicó una fuerza de 1,5 kg/cm<sup>2</sup> durante 6 horas.

Una vez los quesos estuvieron prensados, se pasaron a la salmuera (22 °Baumé), en condiciones de pH y temperatura controladas (pH: 5,4; T: 10 °C) durante 11 h. Una vez los quesos salieron de la salmuera se llevaron al oreo (T: 10 °C; HR: 70 %), donde permanecieron 11 h. A la salida de la cámara de oreo los quesos se pesaron para calcular el rendimiento bruto quesero (RTO (%)) = [peso queso (kg) / peso leche (kg)] x 100. Una vez pesados, fueron trasladados a la cava de maduración (T: 11 °C; HR: 85 %).

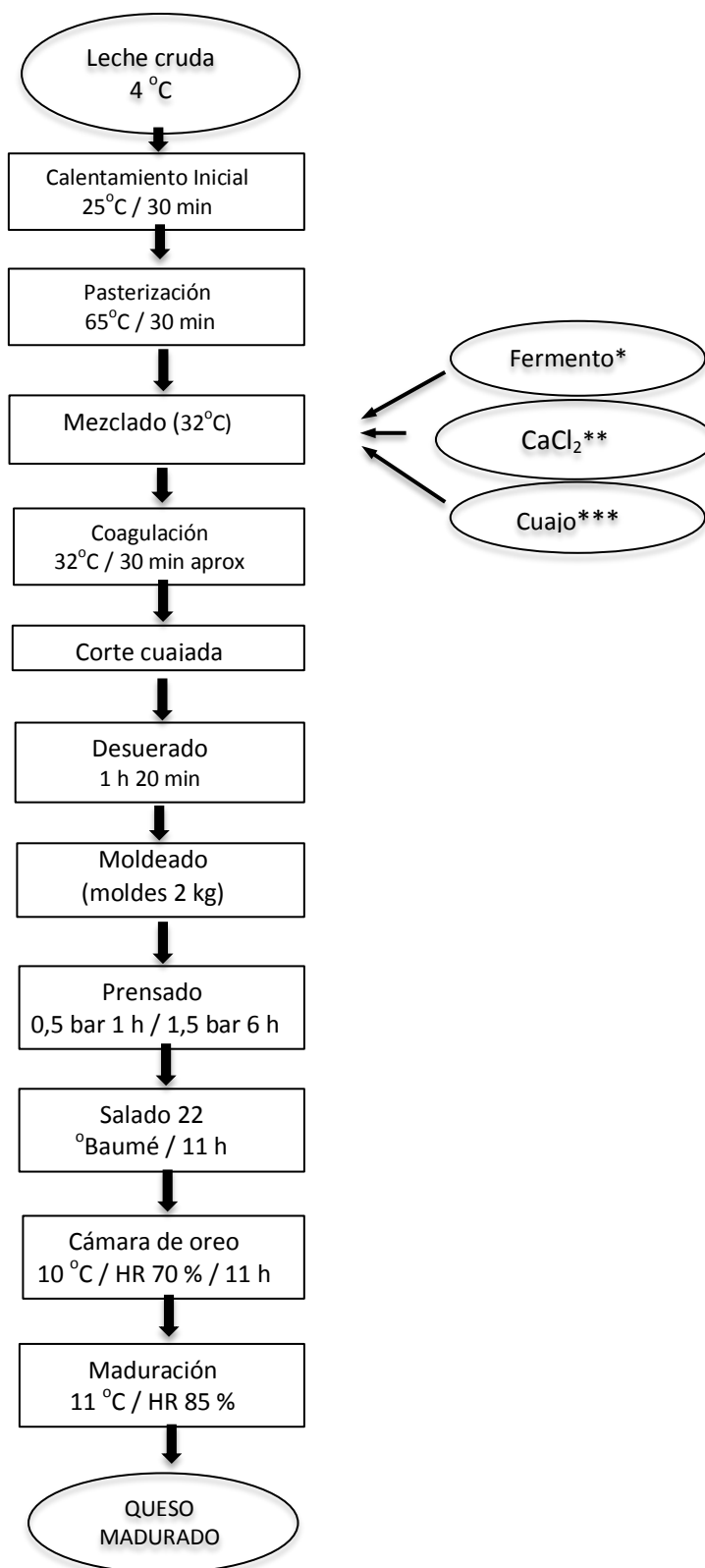


Figura 11. Proceso de elaboración del queso. \* Fermento compuesto por *Lactococcus lactis subsp. lactis* y *Lactococcus lactis subsp. Cremoris*; \*\* CaCl<sub>2</sub> 35 % (p/v) adicionado al 0,01 % (v/p); \*\*\* cuajo de cordero (1:10000)

#### 4.2.4. Análisis de los quesos

La determinación de la **materia grasa** se hizo siguiendo el método Van Gulik para quesos (ISO 3433:1975) mediante digestión de la muestra con ácido sulfúrico, tratamiento con alcohol isoamílico y centrifugación. Este análisis se realizó por triplicado.

La concentración de **nitrógeno total** se realizó según la norma IDF 20-1:2014 a partir de 0,25 g de queso previamente triturado y bien homogeneizado, mediante el método Kjeldahl. La destilación y valoración se llevó a cabo en un equipo integrado Foss Tecator. Las mediciones para cada muestra de queso se realizaron por triplicado. El cálculo de la proteína se determinó multiplicando por un factor (6,38).

El **extracto seco total** se determinó según la norma IDF 4:2004, se desecaron 3 g de queso triturado a 102 °C y se mezclaron con 20 g de arena de mar lavada y previamente desecada, en cápsula metálica de 73 mm de diámetro y 30 mm de altura, hasta peso constante. Las muestras se analizaron por triplicado.

El **pH** se realizó por el método potenciométrico mediante un aparato Hanna HI 99163 con una sonda específica para el análisis de queso. Las medidas se realizaron por quintuplicado.

#### 4.2.5. Determinación del color

El análisis del color se llevó a cabo mediante un colorímetro portátil CR300 Minolta. Se utilizó como iluminante el parámetro D65 y un ángulo de observación de 10°. Las mediciones se efectuaron en puntos distintos de la muestra de queso excluyendo la corteza formada. Se obtuvieron los valores según la escala del CIE *L a b*, donde el parámetro "L" varía de 0 a 100 y da una medición de la luminosidad, el valor "a" corresponde a la variación en las proporciones del color rojo (valores positivos) a verde (valores negativos), y "b" corresponde a las variaciones del color amarillo (valores positivos) al azul (valores negativos). Se tomaron 10 medidas de cada muestra.

#### 4.2.6. Análisis sensorial de los quesos leche pasterizada

La evaluación sensorial de los quesos se realizó en 2 momentos durante el periodo de maduración, a los 60 y a los 90 días. Cada día se realizaron dos valoraciones mediante ensayo de consumidores. Otra valoración fue realizada por un panel de catadores entrenados y familiarizados con las técnicas sensoriales normalmente utilizadas para evaluar los quesos.

##### Ensayo de consumidores

En los ensayos de consumidores, se realizó, por un lado, una prueba de comparación por parejas (ISO 5495:2005), donde se analizan las preferencias de los consumidores entre los quesos de oveja Guirra y de oveja Manchega: Q1 y Q2, y por otro, un análisis de valoración individual, en el que se valora cada queso separadamente, en una escala de 10 puntos. (Fichas Anexo 1).

Estos ensayos se llevaron a cabo entre el personal de la Universitat Politècnica de València, utilizando 324 consumidores tanto para el queso de 60 días como para el de 90.

Después de retirar la corteza formada durante la maduración, los quesos se cortaron en cuñas de 1 cm de grosor y se mantuvieron durante 1 hora a temperatura ambiente. Para la prueba

de comparación por parejas, las muestras presentadas a los consumidores fueron identificadas por un número de tres dígitos y se presentaron en una bandeja de aluminio, junto con pan, agua y la encuesta. Una vez explicado el contenido de la encuesta se procedió a realizar las valoraciones. En el caso de la valoración individual, se presentó cada queso (Q1 y Q2) de forma individual con su encuesta correspondiente.

### Catadores expertos

El análisis sensorial de los quesos se hizo mediante una cata con un panel de 7 catadores experimentados de la Universitat Autònoma de Barcelona. Siguiendo un procedimiento de preparación de las muestras explicado anteriormente, se evaluaron los parámetros de color, olor, aroma, sabor y textura utilizando una escala de 7 puntos, en la que 1 corresponde a valoración nula o muy débil y 7 elevada. Los catadores también dieron su impresión global de las muestras de quesos asignando un valor en una escala de 7 puntos.

#### 4.2.7. Diseño experimental quesos leche cruda de Guirra vs. Manchega

Se elaboraron tres tipos de quesos con leche cruda. Dos de ellos con leche de oveja Guirra:

- **G1:** después del corte de la cuajada, se mantuvo la temperatura a 32 °C .
- **G2:** después del corte de la cuajada realizado a 32 °C, se aumentó la temperatura a 37 °C durante 15 min en el proceso de desuerado

Y uno con leche de oveja Manchega:

- **M:** proceso de elaboración idéntico al G2

Se realizaron tres fabricaciones en las semanas 12, 14 y 16 de lactación tal y como se muestra en la figura 12, siguiendo el protocolo de fabricación del queso Manchego.

Durante el periodo de maduración se realizaron los análisis físico químicos (grasa, proteína, materia seca y pH), del color y la textura en los días 1, 60, 90 y 120. También se realizó un análisis sensorial de los quesos por un panel de catadores experimentados (día 120 de maduración) y un ensayo de consumidores (días 60 y 90 de maduración).

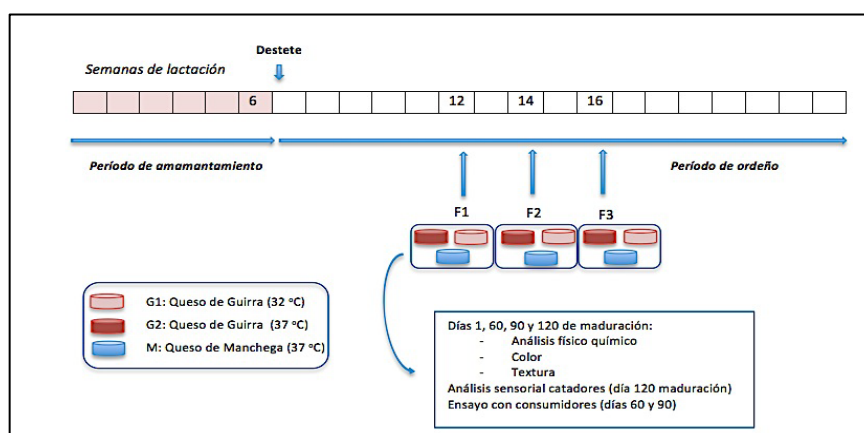


Figura 12. Diseño experimental. Fabricación de los quesos con leche cruda (G1, G2 y M) a lo largo de la lactación.



#### 4.2.8. Elaboración de los quesos con leche cruda

Los quesos se elaboraron siguiendo el protocolo que se siguió en el primer trabajo, pero con la leche cruda.

En cada fabricación se partió de unos 50 kg de leche para cada tipo de queso (G1, G2 y M). La leche se obtuvo en 3 o 4 días (6 u 8 ordeños), y se mantuvo a 4 °C hasta el momento de su utilización. Se fabricaron simultáneamente los quesos G2 y M, y posteriormente el queso G1. La leche se calentó a 32 °C para llevar a cabo la mezcla del fermento y el cuajo (los mismos que en trabajo anterior). Una vez formada la cuajada, en el queso G1 se mantuvo a 32 °C para llevar a cabo el corte y el posterior desuerado, mientras que en el G2 y el M se subió la temperatura de la cuajada a 37 °C durante 15 min.

El tamaño de los quesos fue de aproximadamente 1,2 kg. El moldeado, prensado, salado, oreado y madurado se llevaron a cabo de la misma forma que en el trabajo anterior.

#### 4.2.9. Análisis de los quesos

Los análisis de la composición físico química de los quesos y el análisis del color se hicieron de la forma descrita en el trabajo anterior.

#### 4.2.10. Análisis de la textura

El análisis instrumental de la textura se realizó mediante un texturómetro TA-TX2 Texture Analyzer (State Microsystem, Surrey, US), dotado de una célula de carga de 300 N, y con una sonda P50 (cilindro de 50 mm de diámetro). Se hizo un ensayo de doble compresión (TPA). Para ello, las muestras de queso se cortaron en dados de 1 cm<sup>3</sup> y se mantuvieron a 20 °C aproximadamente 2 h antes de realizar el análisis (10 repeticiones) en los días 1, 60, 90 y 120 de maduración en las tres fabricaciones. Estos ensayos se realizaron con una fuerza de activación de 5 g (0,04903 N), a una velocidad de compresión de 80 mm/min y la compresión se efectuó hasta el 70 % de su altura original. Se utilizó glicerol como lubricante de base para eliminar la fricción (Buffa *et al.*, 2001).

El análisis de doble compresión consiste en someter a la muestra de queso a un doble ciclo de compresión a desplazamiento constante. Tal y como se observa en la Figura 13, los parámetros a medir a través de este método son la firmeza, dada por la fuerza máxima registrada durante el primer ciclo de compresión ( $F_1$ ), la Fuerza máxima registrada durante la compresión en el 2º ciclo ( $F_2$ ), el área (o trabajo) registrado hasta la  $F_1$  y el área hasta la  $F_2$ . Con estos datos se calcularán las siguientes relaciones: cohesividad ( $A_2/A_1$ ), dureza ( $F_2$ ), elasticidad (Tiempo dif. 4:5/ Tiempo dif. 1:2), masticabilidad ( $F_2 * (A_{4:6}/A_{1:3}) * (\text{Tiempo dif } 4:5/\text{Tiempo dif. } 1:2)$ ), adhesividad ( $A_3$ ).

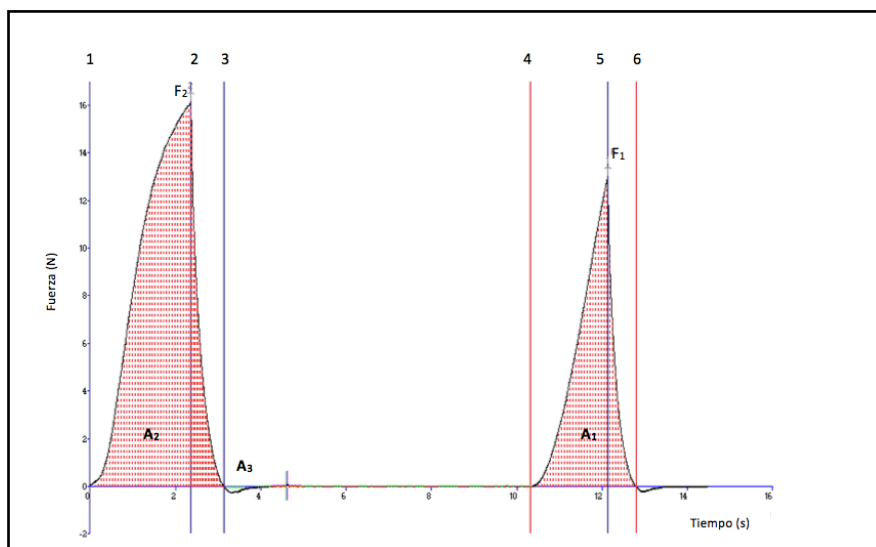


Figura 13. Análisis de doble compresión (TPA).

#### 4.2.11. Análisis sensorial de los quesos de leche cruda

En los ensayos de consumidores, se realizó, por un lado, una prueba de comparación por parejas (ISO 5495:2005), donde se analizan las preferencias de los consumidores entre los quesos de oveja Guirra (G1 y G2) y por otro, un análisis de valoración individual, en el que se valora cada queso separadamente (G1, G2 y M), en una escala de 10 puntos. (Fichas Anexo 1).

El análisis sensorial de los quesos realizado por un panel de catadores expertos, se llevó a cabo de la misma forma que en el análisis de los quesos de leche pasteurizada.

#### 4.2.12. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 9.2, 2001 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) mediante el PROC GLM y los modelos utilizados para estudiar las características de la leche y las variables analizadas en los quesos, tanto los elaborados con leche pasteurizada como los de leche cruda, fueron los siguientes:

Para estudiar las características físico químicas y reológicas, así como el recuento de células somáticas y el rendimiento quesero de la **leche** se ha utilizado el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + F_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = valor de la variable estudiada

$\mu$  = media

$R_i$  = efecto de la raza ( $i=1$ , Guirra;  $i=2$ , Manchega)

$F_j$  = efecto de la fabricación ( $j=1$ , F1;  $j=2$ , F2;  $j=3$ , F3)

$\epsilon_{ij}$  = error residual

Para estudiar las características físico-químicas del **queso**, el color, la textura, el análisis de catadores y las valoraciones individuales en los ensayos de consumidores.

$$Y_{ijk} = \mu + Q_i + F_j + D_k + Q_i \times F_j + Q_i \times D_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = valor de la variable estudiada

$\mu$  = media general

$Q_i$  = efecto del tipo de queso (En el queso de leche pasteurizada:  $i=1$ , leche de oveja Guirra;  $i=2$ , leche de oveja Manchega. En el queso de leche cruda:  $i=1$ , G1;  $i=2$ , G2;  $i=3$ , M)

$F_j$  = efecto de la fabricación ( $j=1$ , F1;  $j=2$ , F2;  $j=3$ , F3)

$D_k$  = efecto del día (En el queso con leche pasteurizada:  $k=1$ , día 1;  $k=2$ , día 30,  $k=3$ , día 60;  $k=4$ , día 90. En el queso con leche cruda:  $k=1$ , día 1,  $k=2$ , día 60,  $k=3$ , día 90;  $k=4$ , día 120)

$Q_i \times F_j$  = interacción del queso por la fabricación

$Q_i \times D_k$  = interacción del queso por el día

$\varepsilon_{ijk}$  = error residual

La comparación de medias se realizó en todos los casos mediante la opción PDIFF que utiliza el test "t".

Para estudio de las frecuencias de preferencia en los ensayos de consumidores se utiliza el test Chi cuadrado.

### 4.3. Resultados y discusión Quesos leche pasterizada

#### 4.3.1. Características de la leche y el suero

En la Tabla 19 se exponen los datos de las características físico-químicas de la leche y la composición del suero. La raza afectó significativamente al contenido en lactosa, ES de la leche y grasa del suero. En la leche, el contenido en lactosa y ES fue superior en la oveja Guirra, mientras que los demás componentes (grasa y proteína) y el pH fueron similares en las dos razas.

La leche utilizada en las fabricaciones presenta un alto contenido de grasa y proteína en las dos razas, Guirra y Manchega, con valores similares a los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2006) y Pérez-Baena *et al.* (2010), e inferiores a los citados por Jaramillo *et al.* (2008). Las diferencias observadas entre razas para el contenido en lactosa concuerdan con los resultados obtenidos por Rodríguez *et al.* (2006), que también encontraron diferencias significativas para este componente en la leche entre ovejas Guirras y Manchegas ( $4,79 \pm 0,02$  vs  $4,63 \pm 0,02$  %, respectivamente), y con los resultados del primer trabajo de esta tesis.

Tabla 19. Efecto de la raza y la fabricación en las características físico-químicas de la leche y en la composición del suero (media $\pm$ ES).

Variables	Raza		$\pm$ ES	Sign. Estadística		
	Guirra	Manchega		Raza	Fabricación	
Leche	Grasa (%)	8,06	8,08	0,01	ns	**
	Proteína (%)	6,31	6,36	0,02	ns	*
	Lactosa(%)	4,92	4,63	0,04	*	ns
	Extracto Seco (%)	20,78	20,51	0,04	*	*
	Log RCS (céls/ml)	5,26	5,63	0,09	ns	ns
	pH	6,56	6,58	0,01	ns	ns
	Punto crioscópico (°C)	-0,57	-0,56	0,00	ns	ns
Suero	Grasa (%)	1,62	1,90	0,01	*	*
	Proteína (%)	1,72	1,79	0,05	ns	ns
	Lactosa (%)	4,33	3,68	0,10	ns	ns
	Extracto Seco (%)	8,60	8,55	0,06	ns	ns
	Cenizas (%)	1,43	1,69	0,09	ns	ns

ns: no significativo, \*: P<0,05; \*\*: P<0,01

El recuento de células somáticas (RCS) con valores de 182.000 céls/ml en la raza Guirra y 426.000 céls/ml en la raza Manchega, no difiere significativamente ( $P>0,05$ ) entre razas y puede considerarse moderadamente bajo. Este parámetro es una medida indirecta del grado de infección de la ubre, que es capaz de alterar la composición y las propiedades de la leche. Se ha comprobado que la leche de ovejas con RCS menor de 500.000 céls/ml tiene mejores características tecnológicas para la fabricación de queso que la leche con RCS superiores a 1.000.000 céls/ml (Albenzio *et al.*, 2004). También se ha podido constatar que las leches con altos RCS producen importantes efectos

negativos en las características sensoriales de los quesos (Coulon *et al.*, 2005). De acuerdo con estos autores, los valores de RCS obtenidos son inferiores al límite que podría afectar a las propiedades de coagulación de la leche y a las características sensoriales de los quesos.

El pH de la leche es similar en las dos razas y presenta valores comprendidos en el intervalo de una leche fresca normal (pH: 6,51-6,85, Haenlein y Wendorff, 2006).

El punto crioscópico es similar en la leche de ambas razas. Este parámetro tiene interés para evaluar la cantidad de agua añadida a la leche (aguado). Presenta pequeñas variaciones estacionales en la especie ovina (de -0,55 a -0,58 °C), con valores más bajos en invierno, y también varía con el contenido de sales de la dieta (Alais, 1985). Los valores obtenidos pueden considerarse normales.

En relación a la composición del suero se observa un mayor contenido en grasa en la oveja Manchega.

Las fabricaciones de queso, que se realizaron durante 3 semanas de la lactación (10, 13 y 16), afectaron significativamente al contenido en ES, grasa y proteína de la leche. Los valores en la leche fueron más altos en la tercera fabricación y los más bajos en la primera, mientras que la segunda presentó valores intermedios, siguiendo la evolución de los componentes de la leche durante la lactación. Sin embargo, el contenido en lactosa, el pH, el RCS, el punto crioscópico y el rendimiento quesero no se vieron afectados significativamente por la fabricación. En el suero también se comprobó que el contenido en grasa fue mayor en la tercera fabricación, mientras que el contenido en proteína, lactosa, cenizas y ES no se vieron afectados por la fabricación.

Respecto a las características reológicas de la leche (Tabla 20), se observa que el tiempo de coagulación evaluado de forma instrumental no difiere significativamente entre razas, sin embargo cuando se midió manualmente en las fabricaciones de queso, fue menor en la oveja Guirra. La leche de esta raza presentó una mayor velocidad de coagulación y mayor dureza media de la cuajada ( $A_{30}$ ) que la leche de ovejas Manchegas, lo que concuerda con los valores obtenidos por Jaramillo (2007) en ambas razas. Estos resultados están relacionados con el menor tamaño de la micela de caseína en la leche de oveja Guirra, ya que según Pirisi *et al.* (1999), un menor tamaño de la micela está asociado a un menor tiempo de coagulación, mayor velocidad de coagulación y dureza de la cuajada. Una mayor velocidad de endurecimiento de la cuajada es deseable, porque la cuajada formada será más firme y se perderá menos grasa y proteína durante la fabricación del queso (Okigbo *et al.*, 1985). Sin embargo, en este trabajo solamente se ha confirmado un menor contenido en grasa (Tabla 16) en el suero de oveja Guirra. La relación entre el tiempo de coagulación y la dureza media ( $r/A_{30}$ ) fue menor en la leche de oveja Guirra que en Manchega, mostrando en la primera raza un valor ( $0,65 \pm 0,04$ ) que corresponde a una leche con tiempo de coagulación corto y dureza media de valor alto, con mejores características de coagulación que en la segunda raza, cuyo valor ( $1,06 \pm 0,04$ ) corresponde a una leche de dureza media baja. Sin embargo, la dureza máxima de la cuajada fue similar en leche de oveja Guirra y Manchega a los 60 minutos. El rendimiento de la cuajada fue mayor en leche de oveja Manchega que en leche de oveja Guirra, pero el rendimiento quesero obtenido en las fabricaciones fue similar en ambas razas. En este sentido, Jaramillo (2007) observó un mayor desuerado con leche de oveja Guirra que con leche de oveja Manchega, aunque no

encontró diferencias en el rendimiento de la cuajada.

Tabla 20. Efecto de la raza y la fabricación en las características reológicas y rendimiento quesero de la leche utilizada en las fabricaciones de los quesos (media±ES).

Variables	Raza		±ES	Sign. Estadística	
	Guirra	Manchega		Raza	Fabricación
r (min)	22,69	26,25	1,34	ns	ns
K <sub>20</sub> (min)	2,56	5,05	0,14	**	ns
r+K <sub>20</sub> (min)	25,14	31,36	1,52	ns	ns
A <sub>30</sub> (mm)	34,84	24,82	0,60	*	ns
A <sub>60</sub> (mm)	42,88	43,26	1,14	ns	*
r/A <sub>30</sub>	0,65	1,06	0,04	*	ns
RC (g/10 ml leche)	3,37	3,42	0,008	*	*
Tiempo de coagulación (min)	24,33	33,00	0,94	*	ns
Rendimiento quesero (%)	25,21	25,28	0,36	ns	ns

ns: no significativo, \*: P<0,05, \*\*: P<0,01

r: tiempo de coagulación, K<sub>20</sub>: velocidad de coagulación, A<sub>30</sub>: dureza media, A<sub>60</sub>: dureza máxima, RC: rendimiento de la cuajada.

En las características reológicas de la leche se observó que las fabricaciones afectaron significativamente al RC y a la dureza máxima (A<sub>60</sub>). Se comprobó que los valores más altos de ambos parámetros se presentaron en la primera fabricación (RC: 3,51±0,01 g/10 ml; A<sub>60</sub>: 46,39 mm), pero los más bajos para RC se dieron en la tercera fabricación (RC: 3,33±0,01 g/10 ml), mientras que los menores valores de A<sub>60</sub> aparecen en la segunda fabricación (A<sub>60</sub>: 38,58 mm). Este deterioro de los parámetros tecnológicos de la leche con el avance de la lactación ha sido atribuido a cambios en la composición de la leche o en su actividad enzimática (Sevi *et al.*, 2004), así como a las modificaciones en el tamaño de la micela de caseína y el equilibrio mineral (Pellegrini *et al.*, 2007).

En un estudio realizado por Garzón *et al.* (1993) con 3672 muestras de leche de ovejas de raza Manchega se observan unos valores de los parámetros reológicos con mayor tiempo de coagulación (desde 43,45±0,90 a 39,04±0,22 min), mayor dureza media (desde 31±1,42 a 25,23±2,17 mm) y mayor dureza máxima (desde 60,69±1,46 a 56,48±2,03 mm) que los obtenidos en el presente trabajo.

Martí (2005), con ovejas de raza Manchega, encontró valores medios de r menores (14,18±7,03), aunque con una gran variabilidad, también Bianchi *et al.* (2004), en ovejas de raza Sarda, obtuvieron valores menores de r en animales sanos (16,5 min) que los encontrados en este trabajo. Los valores de K<sub>20</sub> obtenidos en las dos razas han sido similares a los obtenidos por otros autores (Albenzio *et al.*, 2004; Bianchi *et al.*, 2004; Martí, 2005), ya que estos obtienen valores que van desde 2,2 min a 6,8 min. Según estos mismos autores, el tiempo de coagulación medio está entre 9,03 a 20,7 min, por lo que los resultados encontrados en este trabajo se encuentran ligeramente por encima de dichos valores. La dureza media (A<sub>30</sub>) obtenida ha sido menor a los valores medios encontrados en bibliografía, que van desde 45,7 a 68,0 mm (Pugliese *et al.*, 2000; Sevi *et al.*, 2000).

### 4.3.2. Características físico químicas de los quesos

Los resultados del análisis estadístico (Tabla 21) mostraron que la raza y el día de maduración tuvieron una gran influencia en la composición de los quesos, ya que afectaron significativamente en los contenidos de ES, grasa y proteína por 100 g de queso, pero no afectaron al pH de los quesos. Sin embargo, la fabricación afectó significativamente al contenido en ES y al pH de los quesos. También se comprobó la existencia de interacciones significativas de la “raza por día” y de la “raza por fabricación” para el contenido en extracto seco de los quesos, lo que muestra por un lado, una evolución distinta de este componente durante la maduración de los quesos en las dos razas y, por otro, que las diferencias de ES entre los quesos de ambas razas varían de una fabricación a otra.

Tabla 21. Nivel de significación estadística de los componentes del queso y del pH.

Variables	Raza	Día	Fabricación	Raza*Día	Raza * Fabric.
ES (g/100 g de queso)	***	***	*	*	***
Grasa (g/100 g de queso)	*	***	ns	ns	ns
Proteína (g/100 g de queso)	**	***	ns	ns	ns
pH	ns	ns	***	ns	ns
Grasa (g/100 g ES)	ns	ns	ns	ns	ns
Proteína (g/100 g ES)	*	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo; \*: P<0,05, \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

En la Tabla 22 se presenta la evolución de los componentes de los quesos (ES, grasa y proteína) durante la maduración de los dos tipos de queso, G y M. El contenido en ES, G y proteína (por 100 g de queso) aumentó durante la maduración. Inicialmente, el ES fue superior en queso de oveja Guirra (G) que en queso de oveja Manchega (M) ( $55,99 \pm 0,49$  vs  $52,27 \pm 0,49$  %, respectivamente, P<0,05), lo que refleja un mayor desuerado en el primer queso. Este resultado se pudo comprobar en las tres fabricaciones realizadas, aunque el contenido en ES fue superior en la segunda fabricación ( $59,44 \pm 0,30$  %) que en la tercera ( $58,18 \pm 0,30$  %), mientras que la primera presentó un valor intermedio. La superioridad del queso G frente al M en el contenido de ES se mantuvo durante los primeros 30 días, pero las diferencias entre ambos quesos se redujeron a lo largo de la maduración y llegaron a anularse a los 60 días. Respecto al contenido en grasa y proteína, se comprueba una evolución similar a la descrita para el ES. Inicialmente, tanto la grasa como la proteína fueron significativamente más altas en el queso G que en M, pero a los 60 días fueron similares en los dos quesos.

En relación al contenido en grasa y proteína por 100 g de ES del queso, se comprueba en la Tabla 21 que la raza solamente influyó significativamente en el contenido en proteína. Estos componentes no se vieron afectados por el día de maduración o la fabricación, y las interacciones de

“raza por día” y “raza por fabricación” no fueron significativas. En la Figura 14 se ha representado su evolución durante la maduración. Se comprueba que tanto el contenido en grasa como en proteína se mantuvieron prácticamente constantes durante el periodo de maduración en los dos quesos. También se observa la gran semejanza del contenido en grasa en los quesos G y M, con valores medios de  $56,19 \pm 0,47$  % y  $56,17 \pm 0,47$  %, respectivamente, por lo que pueden ser considerados como quesos grasos según el RD 1113/2006. Sin embargo, el contenido en proteína, aunque no difiere significativamente entre los quesos ningún día del periodo de maduración, en todo el periodo conjuntamente fue superior en el queso G que en M ( $37,13 \pm 0,26$  vs  $36,22 \pm 0,26$  %, respectivamente).

Tabla 22. Evolución de los componentes principales del queso (ES, grasa y proteína) y el pH durante la maduración de los dos tipos de queso (media $\pm$ ES)

Variables	Raza	Días maduración				$\pm$ ES
		1	30	60	90	
ES (%)	G	55,99 <sup>a,A</sup>	57,72 <sup>a,A</sup>	60,91 <sup>b</sup>	64,35 <sup>c</sup>	0,49
	M	52,27 <sup>a,B</sup>	55,37 <sup>b,B</sup>	60,42 <sup>c</sup>	63,05 <sup>d</sup>	
G (g/100 g queso)	G	31,39 <sup>a,A</sup>	32,75 <sup>ab</sup>	34,11 <sup>bc</sup>	35,72 <sup>c</sup>	0,58
	M	28,74 <sup>a,B</sup>	31,44 <sup>b</sup>	34,22 <sup>c</sup>	35,44 <sup>c</sup>	
P (g/100 g queso)	G	20,80 <sup>a,A</sup>	21,51 <sup>ab,A</sup>	22,56 <sup>b</sup>	23,86 <sup>c</sup>	0,41
	M	18,85 <sup>a,B</sup>	19,89 <sup>a,B</sup>	21,76 <sup>b</sup>	23,28 <sup>c</sup>	
pH	G	4,92 <sup>a</sup>	4,67 <sup>b</sup>	4,83 <sup>b</sup>	4,83 <sup>b</sup>	0,07
	M	4,82	4,80	4,82	4,81	

<sup>a-c</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

<sup>A-B</sup> Medias en la misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

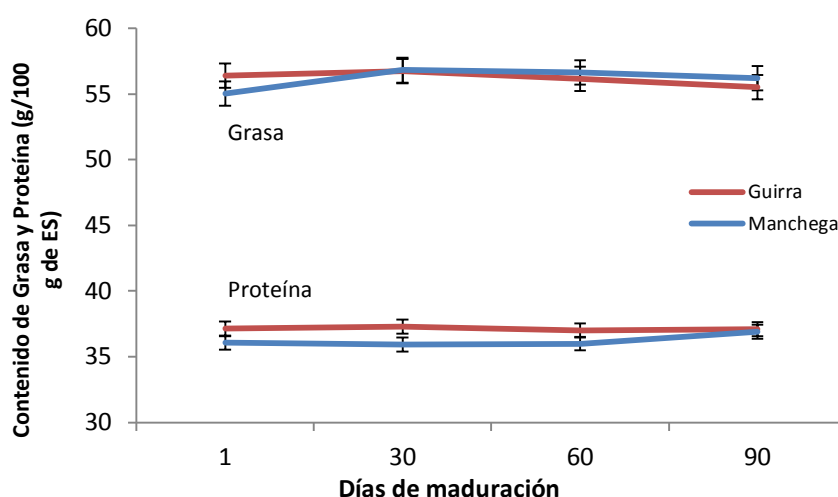


Figura 14. Evolución del contenido en grasa y proteína por 100 g de ES durante la maduración

Respecto al pH de los quesos, su evolución durante la maduración se presenta en la Tabla 22. Los valores en el queso G varían desde  $4,67 \pm 0,07$  a  $4,92 \pm 0,07$ , observándose el día 30 de maduración un valor significativamente menor que el día 1. Sin embargo en el queso M, los valores de pH mostraron un rango de variación más estrecho, desde  $4,80 \pm 0,07$  a  $4,82 \pm 0,07$  y no hubo



diferencias significativas entre los quesos G y M en ningún momento de la maduración. El marcado descenso del pH a los 30 días, en el queso G, se repitió en las tres fabricaciones que se llevaron a cabo, mientras que el queso M sólo presentó descenso de pH en este periodo en la primera fabricación. Esta acidificación del queso está relacionada con la transformación de la lactosa en ácido láctico por las bacterias lácticas presentes en el queso. Aunque la mayor parte de la lactosa de la leche se pierde en el desuerado (98 %), una cantidad residual permanece en el queso y su permanencia en el tiempo es variable, pudiendo encontrarse lactosa en algunos quesos hasta el día 15 o 20 de maduración (Carballo *et al.*, 1994; Macedo y Malcata, 1997). Jaramillo (2007) comprobó en el queso M un descenso máximo del pH en los primeros 15 días de maduración, desde  $5,12 \pm 0,08$  a  $4,78 \pm 0,08$ , mientras que en el queso G este descenso se prolongó a los 30 días, desde  $5,13 \pm 0,12$  a  $4,75 \pm 0,05$ . Posteriormente, a los 45 días observaron unos valores de  $4,82 \pm 0,06$  y  $4,78 \pm 0,08$  en los quesos M y G, respectivamente, valores similares a los del presente trabajo.

Se puede concluir que el queso G presenta una mayor caída de pH que el queso M durante el primer mes de maduración.

#### 4.3.3. Resultados del color

La evolución de los parámetros del color se presenta en la Figura 15. El análisis estadístico (Tabla 23) mostró que la raza afectó significativamente a los parámetros “a” y “b”, mientras que el día de maduración afectó significativamente a la luminosidad y al parámetro “b”. La fabricación influyó significativamente en la luminosidad de los quesos y las interacciones de la “raza con el día de maduración” y de la “raza con la fabricación” no fueron significativas en los tres parámetros del color.

Tabla 23. Nivel de significación estadística de los factores estudiados sobre los parámetros de color.

Parámetros de color	Raza	Día	Fabricación	Raza*Día	Raza*Fab.
L	ns	*	*	ns	ns
a	***	ns	ns	ns	ns
b	***	***	ns	ns	ns

ns: no significativo; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$

La luminosidad, que desciende a lo largo de la maduración de los quesos, no difiere entre G y M durante los primeros 60 días, pero los valores de G fueron significativamente ( $P < 0,05$ ) más bajos que los de M a los 90 días. También los valores de la primera fabricación ( $88,27 \pm 0,33$ ) fueron inferiores a los obtenidos en la segunda ( $89,29 \pm 0,33$ ) y tercera fabricación ( $89,76 \pm 0,33$ ).

En relación al parámetro “a”, que define la escala de tonalidad verde (valores negativos) y tonalidad rojiza (valores positivos), no varía significativamente durante la maduración de ambos quesos, e indica una coloración más verdosa en el queso G que en el M desde su fabricación.

Respecto al parámetro “b”, que define la escala de azul (valores negativos) y amarillo (valores positivos), se observó un aumento continuado durante la maduración en los dos quesos, con valores positivos en todo el periodo. La evolución de este parámetro, indica un aumento de la

tonalidad amarilla de los quesos en el proceso de maduración, que fue mayor en G que en M desde el día 1. Sin embargo, estas diferencias entre los quesos se fueron reduciendo a lo largo de la maduración y no hubo diferencias significativas entre ellos a los 90 días.

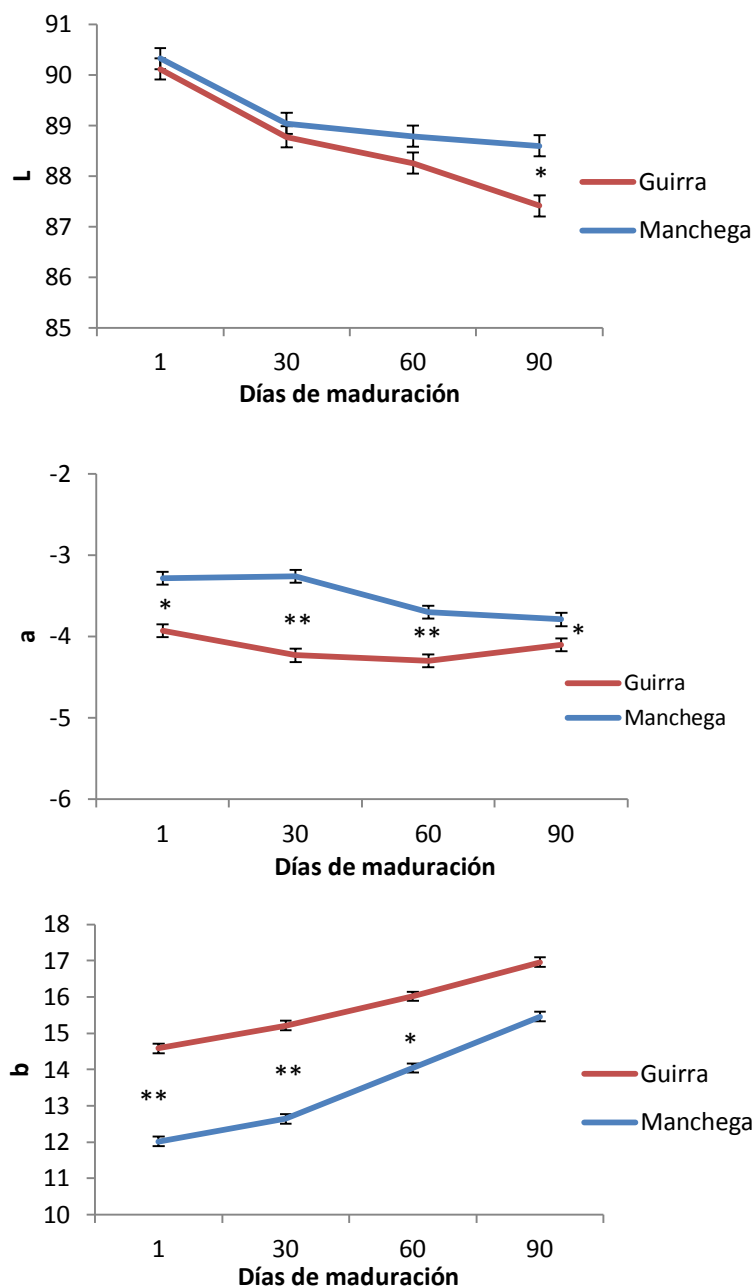


Figura 15. Evolución de los parámetros del color (L, a, b) en los quesos durante la maduración. (\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ )

El queso elaborado con leche pasteurizada de oveja Guirra tiene una tonalidad más amarillenta y verdosa que el queso de oveja Manchega desde el primer día de maduración, además, en quesos con más de dos meses de maduración, la luminosidad es menor.

#### 4.3.4. Resultados del ensayo sensorial

##### 4.3.4.1. Resultados del ensayo sensorial de catadores

Los resultados del análisis estadístico (Tabla 24) mostraron que los catadores no encontraron diferencias significativas entre quesos en los parámetros de olor y aroma. Respecto al sabor, únicamente observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el sabor amargo, pero las diferencias más importantes aparecieron en los parámetros de textura como la dureza ( $P < 0,01$ ), la elasticidad ( $P < 0,01$ ), la friabilidad ( $P < 0,001$ ) y la adherencia ( $P < 0,01$ ). Sin embargo, la impresión global no difiere significativamente entre ambos quesos. De todos los parámetros analizados, el día de maduración (60 o 90 días) sólo afectó significativamente al sabor salado ( $P < 0,05$ ) a la friabilidad ( $P < 0,01$ ) y a la adherencia ( $P < 0,001$ ). En relación con las fabricaciones del queso, se comprobó un efecto significativo en algunos parámetros de textura, como la elasticidad ( $P < 0,05$ ), la friabilidad ( $P < 0,001$ ) y la adherencia ( $P < 0,01$ ). Las interacción de “queso por día” no fue significativa y la interacción de “queso por fabricación” fue significativa en los parámetros de textura. Dichas interacciones indican que la evolución de los parámetros sensoriales desde 60 a 90 días fue similar en ambos quesos, mientras que las diferencias entre quesos presentan algunas variaciones en las tres fabricaciones realizadas.

Tabla 24. Nivel de significación estadística de los factores estudiados en los parámetros sensoriales de los quesos

Variables	Parámetro	Queso	Día	Fabricación	Queso x Día	Queso x Fab
Olor	Intensidad	ns	ns	ns	ns	ns
	Calidad	ns	ns	ns	ns	ns
Aroma	Intensidad	ns	ns	ns	ns	ns
	Calidad	ns	ns	ns	ns	ns
Sabor	Calidad	ns	ns	ns	ns	ns
	Salado	ns	*	ns	ns	ns
	Ácido	ns	ns	ns	ns	ns
	Amargo	*	ns	*	ns	*
	Picante	ns	ns	ns	ns	ns
	Regusto	ns	ns	ns	ns	ns
Textura	Dureza	**	ns	ns	ns	*
	Elasticidad	**	ns	*	ns	*
	Friabilidad	***	**	***	ns	**
	Adherencia	**	***	**	ns	**
Impresión global		ns	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$

En la Tabla 25 se presentan los valores medios asignados por los catadores a los diferentes parámetros sensoriales de los quesos con 60 y 90 días de maduración. En general, el queso G presentó un menor sabor amargo, una mayor dureza y elasticidad, menor friabilidad y adherencia

que el queso M. Estas diferencias en los parámetros de textura se comprueban en quesos de 60 y de 90 días, pero no ocurre así con el sabor amargo, ya que no hay diferencias significativas entre G y M ni a los 60 ni a los 90 días. Tampoco hay diferencias en la impresión global de los quesos a los 60 y 90 días.

Respecto al efecto del estado de maduración de los quesos, se comprobó que al aumentar el periodo de maduración de 60 a 90 días, disminuyó el sabor salado ( $4,07\pm 0,08$  vs  $3,73\pm 0,08$ , respectivamente), aumentó la friabilidad ( $3,78\pm 0,10$  vs  $4,80\pm 0,10$ , respectivamente) y la adherencia ( $3,48\pm 0,03$  vs  $3,87\pm 0,03$ , respectivamente). González-Viñas *et al.* (2001) observaron en queso Manchego elaborado con leche pasteurizada, que al aumentar el periodo de maduración de 60 a 120 días, aumentó la intensidad de aroma y los sabores amargo, picante y ácido, aunque las diferencias eran poco importantes en este periodo. Sin embargo, comprobaron que al aumentar la maduración hasta 180 días se ampliaban estas diferencias. En el presente trabajo, la diferencia del periodo de maduración es menor (de 60 a 90 días), y las diferencias en los parámetros sensoriales son menos marcadas. Sin embargo, en los parámetros de textura se observa mayor concordancia con estos autores, ya que también comprobaron un aumento de la fragilidad y adhesividad del queso durante la maduración.

En relación a las fabricaciones de los quesos se observó que los parámetros de olor, aroma y sabor de los quesos presentaron valores similares en las 3 fabricaciones realizadas, pero en la textura se observaron algunas diferencias entre ellas. Los quesos de la tercera fabricación presentaron menor elasticidad ( $2,75\pm 0,12$ ) y friabilidad ( $3,57\pm 0,05$ ) y una mayor adherencia ( $3,93\pm 0,04$ ) que los quesos de la primera fabricación ( $3,45\pm 0,12$ ;  $4,04\pm 0,05$  y  $3,50\pm 0,04$ , respectivamente), mientras que la tercera fabricación presentó valores intermedios. Las interacciones del tipo de queso con la fabricación fueron poco importantes.

Tabla 25. Resultados de la valoración sensorial (escala de 7 puntos) de los quesos, realizada por un panel de catadores expertos (media±ES).

Variables	Parámetro	Queso			Día			Queso x Día				
		Guirra	Manchega	± ES	60	90	± ES	Día 60		Día 90		± ES
								G	M	G	M	
Olor	Intensidad	4,19	3,88	0,16	3,97	4,10	0,16	4,17	3,77	4,21	4,00	0,23
	Calidad	4,25	4,08	0,10	4,27	4,06	0,10	4,37	4,17	4,13	4,00	0,15
Aroma	Intensidad	3,92	4,13	0,11	4,03	4,02	0,11	3,83	4,23	4,01	4,03	0,16
	Calidad	4,10	3,98	0,07	4,10	3,99	0,07	4,07	4,13	4,14	3,83	0,10
Sabor	Calidad	4,42	3,99	0,12	4,38	3,03	0,12	4,47	4,30	4,38	3,68	0,18
	Salado	3,89	3,90	0,08	4,07 <sup>a</sup>	3,73 <sup>b</sup>	0,08	4,13	4,00	3,64	3,81	0,12
	Ácido	4,08	4,09	0,12	4,17	4,00	0,12	4,17	4,17	4,00	4,01	0,18
	Amargo	2,96 <sup>a</sup>	3,26 <sup>b</sup>	0,05	3,15	3,06	0,05	3,10	3,20	2,81	3,31	0,08
	Picante	2,66	2,89	0,18	2,83	2,72	0,18	2,70	2,97	2,63	2,81	0,25
	Regusto	3,10	3,17	0,15	3,02	3,25	0,15	2,97	3,07	3,23	3,28	0,21
Textura	Dureza	4,15 <sup>a</sup>	3,30 <sup>b</sup>	0,07	3,83	3,62	0,07	4,25 <sup>a</sup>	3,40 <sup>b</sup>	4,04 <sup>a</sup>	3,20 <sup>b</sup>	0,10
	Elasticidad	3,64 <sup>a</sup>	2,83 <sup>b</sup>	0,10	3,20	3,26	0,10	3,57 <sup>a</sup>	2,83 <sup>b</sup>	3,71 <sup>a</sup>	2,82 <sup>b</sup>	0,14
	Friabilidad	3,22 <sup>a</sup>	4,04 <sup>b</sup>	0,04	3,78 <sup>a</sup>	3,50 <sup>b</sup>	0,04	3,37 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	3,07 <sup>a</sup>	3,89 <sup>b</sup>	0,05
	Adherencia	3,57 <sup>a</sup>	3,78 <sup>b</sup>	0,03	3,48 <sup>a</sup>	3,87 <sup>b</sup>	0,03	3,40 <sup>a</sup>	3,57 <sup>b</sup>	3,74 <sup>a</sup>	4,00 <sup>b</sup>	0,04
Impresión global		4,06	3,77	0,16	4,07	3,76	0,16	4,07	4,07	4,05	3,47	0,23

<sup>a-b</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice en la misma variable difieren significativamente (P<0,05)

#### 4.3.4.2. Resultados del ensayo sensorial de consumidores

Los resultados del análisis sensorial de los consumidores se exponen en la Tabla 26 y en la Figura 16 para quesos con 60 días de maduración y en la Tabla 27 y Figura 17 para quesos con 90 días de maduración.

Los consumidores encontraron diferencias de color entre los dos tipos de queso en el 83% de los casos el día 60 y en el 86 % el día 90. Una gran parte de ellos identificó una tonalidad más amarilla en G tanto el día 60 (77 %) como el día 90 (69,4 %) de maduración. Estos resultados concuerdan con los valores del análisis instrumental, donde se ha comprobado que G era más amarillento y verdoso que M, diferencias que fueron captadas a simple vista por los consumidores. También encontraron diferencias de olor, en el 85 % de los casos a los 60 días y en el 87,9 % a los 90 días, y mostraron una mayor preferencia por M a los 60 días (58 % de los casos), y a los 90 días en el 55 %.

Respecto al sabor, los consumidores indicaron mayor persistencia de sabor en M que en G a los 60 días (60,2 % de los casos) y a los 90 días (57,8 % de los casos).

En cuanto a la textura, los consumidores señalaron una mayor dureza en el queso G que en M a los 60 días (65,4 % de los casos) y a los 90 días (71,5 % de los casos), lo que concuerda con los resultados del panel de catadores. En la gomosidad, los consumidores no mostraron diferencias significativas a los 60 días (46,7 % vs 53,3 % en G y M, respectivamente), pero a los 90 días una mayor proporción de ellos identificaron el queso M más gomoso (64,9 %) que G.

Las valoraciones que hicieron del color, olor y sabor fueron altas y similares en ambos tipos de quesos (Figuras 16 y 17), indicando una buena aceptación por los consumidores. Sin embargo, la preferencia global fue mayor por el queso M que por G a los 60 días (60,5 %) y a los 90 días (55,9 %).

Para conocer mejor las preferencias en función del tipo de consumidor por su edad, sexo y los hábitos de consumo de queso, se han recogido los resultados obtenidos para una maduración de 60 días en las Tablas 28 y 29 y para una maduración de 90 días en las Tablas 30 y 31.

En los quesos con 60 días de maduración, se observa una mayor la proporción de consumidores que prefieren el queso M, tanto en hombres como en mujeres, en los más habituados al consumo de queso, particularmente en los más jóvenes y en los consumidores de quesos suaves. Sin embargo, no muestran preferencia por un tipo de queso en particular los consumidores con una edad superior a los 25 años, los que consumen queso con menor frecuencia (una o dos veces por semana) ni los habituados al consumo de queso madurado.

En los quesos con 90 días de maduración, ningún tipo de consumidor muestra una preferencia clara por un tipo de queso.

Todos los tipos de consumidores señalan la mayor dureza del queso G frente al M, tanto a los 60 días como a los 90 días de maduración. Además aquellos que prefieren el queso M, identifican en él una mayor persistencia de sabor y se observa también, en la mayor parte de los casos, una preferencia por el olor de este queso.

Se puede concluir que en quesos con 60 días de maduración, el queso Manchego, con una coloración más clara, un sabor más persistente, menor dureza y mayor gomosidad que el queso de

oveja Guirra, fue preferido por los consumidores, mientras que en quesos con 90 días, los consumidores encuentran menos diferencias sensoriales entre G y M y no hay una preferencia clara por un queso en ningún tipo de consumidor.

Tabla 26. Valoración sensorial por consumidores (n=320) a los 60 días de maduración (frecuencias en porcentaje)

Parámetro	Variables	Guirra	Manchega	Sign. Estadística
Color	¿Hay diferencias? Sí: 83			
	Más amarillo	77	23	***
Olor	¿Hay diferencias? Sí: 85			
	Preferencia	42	58	**
Sabor	Persistencia	39,8	60,2	***
Textura	Dureza	65,4	34,6	***
	Gomosidad	46,7	53,3	ns
Preferencia global		39,5	60,5	***

ns: no significativo ; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

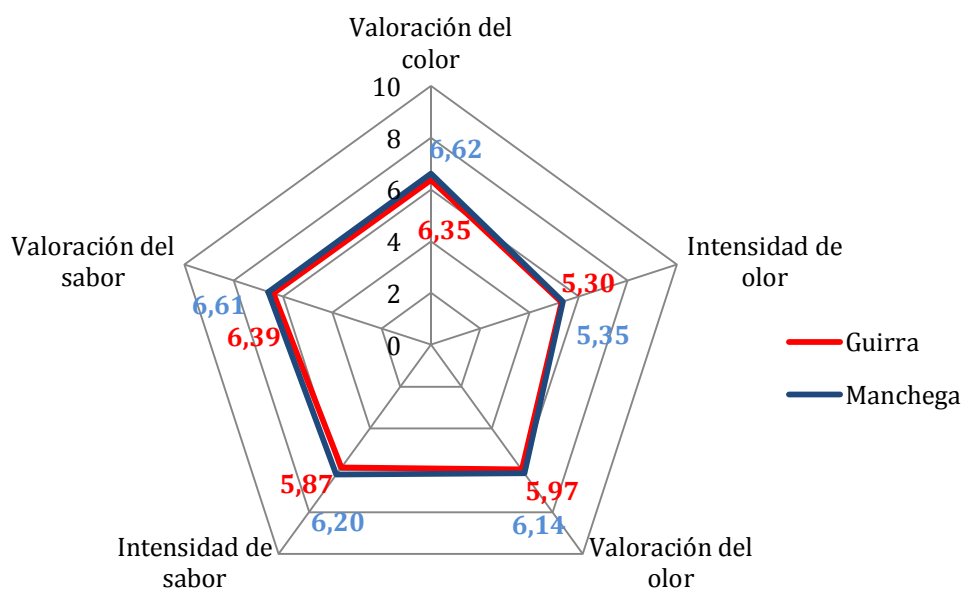


Figura 16. Valoración sensorial por consumidores a los 60 días de maduración

Tabla 27. Valoración de consumidores a los 90 días de maduración

Parámetro	Variable	Guirra	Manchega	Sign. Estadística
Color	¿Hay diferencias? Sí: 86			***
	Más amarillo	69,4	30,6	***
Olor	¿Hay diferencias? Sí: 86,5			***
	Preferencia	45	55	*
Sabor	Persistencia	42,2	57,8	***
Textura	Dureza	71,5	28,5	***
	Gomosidad	35,1	64,9	***
Preferencia global		44,1	55,9	**

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

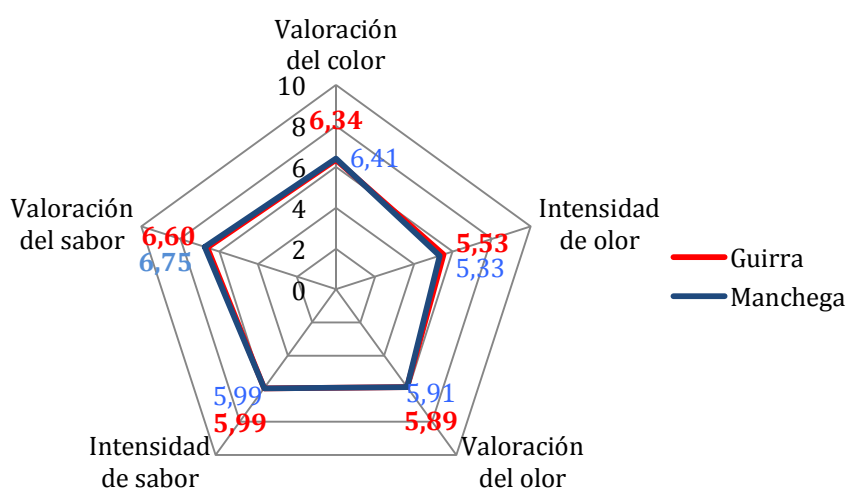


Figura 17. Valoración por los consumidores a los 90 días de maduración

Tabla 28. Efecto de la edad y el sexo en el análisis sensorial de comparación por parejas a los 60 días de maduración. Frecuencias en porcentaje.

Variables	Raza	Preferencia de olor	Dureza	Persistencia	Preferencia	
Edad	<25 años n=159	G	34,5	64,8	34,6	35,2
		M	65,5	35,2	65,4	64,8
	<i>Sign. Estad.</i>		***	***	***	***
	≥25 años n=160	G	50,4	66,0	45,0	43,8
		M	49,6	34,0	55,0	56,2
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	ns	ns
Sexo	Hombres n=188	G	38,9	64,7	38,8	38,8
		M	61,1	35,3	61,2	61,2
	<i>Sign. Estad.</i>		**	***	**	**
	Mujeres n= 131	G	47,8	66,4	41,2	40,5
		M	52,2	33,6	58,8	59,5
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	*	*

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001



Tabla 29. Efecto de los hábitos de consumo (frecuencia y tipo) en la valoración sensorial de comparación por parejas a los 60 días de maduración. Frecuencias en porcentaje.

Variables		Raza	Preferencia de olor	Dureza	Persistencia	Preferencia
Frecuencia de consumo	≤2 veces/sem n= 98	G	49,4	66,3	54,1	42,9
		M	50,6	33,7	45,9	57,1
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	ns	ns
	>2 veces/sem n= 221	G	39,4	65,4	33,5	38
		M	60,6	34,6	66,5	62
	<i>Sign. Estad.</i>		**	***	***	***
Tipo de consumidor	Suave+semi n= 172	G	35,1	64	40,1	34,9
		M	64,9	36	59,9	65,1
	<i>Sign. Estad.</i>		**	***	**	***
	Curado n= 147	G	51,2	67,1	39,5	44,9
		M	48,8	32,9	60,5	55,1
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	**	ns

ns: no significativo; \*: P&lt;0,05; \*\*: P&lt;0,01; \*\*\*: P&lt;0,001

Tabla 30. Efecto de la edad y el sexo en el análisis sensorial de comparación por parejas a los 90 días de maduración. Frecuencias en porcentajes.

Variables		Raza	Preferencia de olor	Dureza	Persistencia	Preferencia
Edad	<25 años n=218	G	47	70,2	38,6	45
		M	53	29,8	61,4	55
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	***	ns
	≥25 años n=92	G	40,2	74,7	48,9	42
		M	59,8	25,3	51,1	58
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	ns	ns
Sexo	Hombres n=182	G	46,7	72,9	42,9	42,9
		M	53,3	27,1	57,1	57,1
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	ns	ns
	Mujeres n= 124	G	42,3	69,3	41,1	46
		M	57,7	30,7	58,9	54
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	*	ns

ns: no significativo, \*: P&lt;0,05; \*\*: P&lt;0,01; \*\*\*: P&lt;0,001

Tabla 31. Efecto de los hábitos de consumo (frecuencia y tipo de queso) en la valoración sensorial de comparación por parejas a los 90 días de maduración. Frecuencias en porcentajes.

Variables		Raza	Preferencia de olor	Dureza	Persistencia	Preferencia
Frecuencia de consumo	≤2veces/sem n= 97	G	44,7	70,8	42,3	44,3
		M	55,3	29,2	57,7	55,7
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	ns	ns
	>2 veces/sem n= 209	G	45,1	71,8	42,1	44
M		54,9	28,2	57,9	56	
<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	*	ns	
Tipo de consumidor	Suave+semi n= 172	G	48,7	73,7	44,8	45,3
		M	51,3	26,3	55,2	54,7
	<i>Sign. Estad.</i>		ns	***	ns	ns
	Curado n= 135	G	40,2	68,7	38,8	42,5
M		59,8	31,3	61,2	57,5	
<i>Sign. Estad.</i>		*	***	**	ns	

ns: no significativo, \*: P<0,05; \*\*: P< 0,01; \*\*\*: P<0,001

#### 4.3.5. Conclusiones

- La leche de oveja Guirra, en relación a la leche de oveja Manchega, presenta un tiempo de cuajado similar, una velocidad de coagulación mayor, una dureza media ( $A_{30}$ ) superior, pero la dureza máxima ( $A_{60}$ ) es similar. El rendimiento de la cuajada es menor en la leche de oveja Guirra, pero el rendimiento quesero obtenido en las fabricaciones es similar en ambas razas.
- En la composición del suero, la oveja Manchega presenta un mayor contenido en grasa que la leche de oveja Guirra.
- El queso de oveja Guirra presentó inicialmente un mayor contenido en ES, grasa y proteína que el queso de Manchega, pero estas diferencias se fueron reduciendo durante la maduración, y a partir de los 60 días se anularon.
- Durante la maduración los quesos pierden luminosidad y se hacen más amarillentos. Estas características aparecen más marcadas en el queso de oveja Guirra que en el de oveja Manchega.
- En las características sensoriales, las diferencias más importantes entre el queso de oveja Guirra y de Manchega afectan a los parámetros de textura. El queso de Guirra presenta mayor dureza y elasticidad, y menor friabilidad y adherencia que el queso de oveja Manchega. Pero la impresión global es similar en los dos quesos.
- El análisis de consumidores mostró una buena valoración de los dos quesos, tanto a los 60 como a los 90 días de maduración. Los consumidores encuentran diferencias de olor, color y textura. El queso de oveja Guirra es más amarillo, más duro y menos gomoso que el de Manchega. En general, prefieren el queso de oveja Manchega, sobre todo a los 60 días de maduración.

## 4.4. Resultados y discusión Quesos elaborados con leche cruda (calentamiento cuajada)

### 4.4.1. Características físico químicas de la leche

Las características físico-químicas de la leche utilizada en las fabricaciones y su tiempo de coagulación se exponen en la Tabla 32. Se comprueba que a excepción del contenido en lactosa y el tiempo de coagulación, que presentaron diferencias significativas entre la leche de oveja Guirra y Manchega, las restantes características físico-químicas de la leche fueron similares en ambas razas. El contenido en lactosa fue mayor en la leche de oveja Guirra, mientras que el tiempo de coagulación fue mayor en la leche de oveja Manchega. Los valores medios del RCS en leche de oveja Guirra y Manchega (331.000 vs 316.000 céls/ml, respectivamente) fueron bajos, y el punto crioscópico presentó valores normales (-0,57 °C) para este tipo de leche en las dos razas según Haelnlein y Wendorff (2006).

La fabricación afectó significativamente al contenido en proteína, caseína, lactosa y al RCS. Las fabricaciones de queso se realizaron durante 4 semanas y desde la primera a la tercera fabricación se observó un aumento del contenido en proteína (de 5,93 a 6,78±0,02 %), en caseína (caseína de 5,01 a 5,62±0,02 %) y en el RCS (de 199.000 a 513.000 céls/ml), y un descenso del contenido en lactosa (de 4,92 a 4,72±0,02 %).

Tabla 32. Características físico-químicas y tiempo de coagulación de las leches de oveja Guirra y Manchega utilizadas en las fabricaciones.

Variables	Raza		±ES	Sign. estadística	
	Guirra	Manchega		Raza	Fabricación
Grasa (%)	7,73	8,17	0,13	ns	ns
Proteína (%)	6,33	6,38	0,02	ns	**
Lactosa (%)	4,91	4,73	0,01	***	***
Extracto Seco (%)	20,30	20,39	0,17	ns	ns
Caseína (%)	5,30	5,33	0,02	ns	**
pH	6,59	6,58	0,02	ns	ns
RCS (Log céls/ml)	5,57	5,52	0,03	ns	*
Punto Crioscópico (°C)	-0,57	-0,57	0,00	ns	ns
Tiempo de coagulación (min)	28,00	36,67	0,47	**	ns

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P< 0,01; \*\*\*: P<0,001

### 4.4.2. Características físico-químicas de los quesos durante la maduración

Los resultados del análisis estadístico se presentan en la Tabla 33. Se comprueba que el tipo de queso afectó significativamente al contenido de grasa y proteína (tanto por 100 g de queso como por 100 g de ES), pero no afectó al extracto seco ni al pH. El día de maduración afectó de forma significativa a los componentes del queso (ES, grasa y proteína) por 100 g de queso, al contenido en proteína por 100 g de ES y al pH, pero no afectó al contenido en grasa por 100 g de ES. Además se observaron interacciones significativas del “tipo de queso con el día de maduración” para el

contenido en ES y proteína, indicando una evolución diferente de estos componentes entre los quesos durante su maduración.

Tabla 33. Nivel de significación de los factores estudiados en las características físico-químicas de los quesos.

Variables	Queso	Día	Fab.	Queso x Día	Queso x Fab.
ES (g/100 g queso)	ns	***	***	*	ns
Grasa (g/100 g queso)	*	***	***	ns	ns
Proteína (g/100 g queso)	***	***	*	*	ns
pH	ns	**	ns	ns	ns
Grasa(g/100 g ES)	*	ns	**	ns	ns
Proteína (g/100 g ES)	***	**	ns	*	ns

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

Las fabricaciones de los quesos influyeron significativamente en el contenido de ES, grasa y proteína por 100 g de queso, así como al contenido en grasa por 100 g de extracto seco, pero no afectaron al pH. En la segunda fabricación los quesos presentaron menor contenido en ES, grasa y proteína que en la primera y tercera fabricaciones. La interacción “fabricación con el tipo de queso” no fue significativa en los componentes del queso y el pH, mostrando con ello una evolución similar de estas variables en los 3 tipos de queso de una fabricación a otra.

El rendimiento quesero de la leche se vio afectado significativamente (P<0,01) por el tipo de queso elaborado, pero no por la raza de las ovejas. El queso G1, elaborado sin aumentar la temperatura de la cuajada durante el proceso de desuerado, presentó un mayor rendimiento quesero (25,17±0,24 %) que los quesos G2 y M, elaborados aumentando la temperatura de la cuajada, cuyo rendimiento fue similar (G2: 22,09±0,24 % y M: 22,53±0,24 %). Las fabricaciones no afectaron al rendimiento quesero.

En la Tabla 34 se muestran las características físico-químicas de los quesos (ES, grasa y proteína por 100 g de queso) durante la maduración y, en las Figuras 18 y 19, se ha representado la evolución del contenido en grasa y proteína por 100 g de ES. Se observó en general un aumento del contenido en ES, grasa y proteína por 100 g de queso, así como de los valores de pH, durante la maduración de los quesos, pero esta evolución presentó diferencias entre los tipos de queso para el contenido en ES y Proteína.

Los quesos G2 y M presentaron inicialmente un contenido en ES similar y fueron superiores al obtenido en el queso G1. Como consecuencia de las diferencias en el contenido inicial de humedad, el rendimiento quesero en G1 fue superior al obtenido en G2 y M. Esta diferencia del contenido en humedad refleja un mayor desuerado de los quesos elaborados con un aumento de la temperatura después del corte de la cuajada, como indican Lurueña-Martínez *et al.* (2010) y Farahani *et al.* (2014). Sin embargo, durante el periodo de maduración se observó un aumento continuado del ES en los 3 tipos de quesos hasta los 90 días y no hubo diferencias significativas entre

ellos a partir de los 60 días (Tabla 34). El calentamiento de la cuajada (de 32 a 37 °C) dio lugar a unos quesos G2 y M más secos inicialmente que G1, pero las pérdidas de humedad durante la maduración anulaban estas diferencias de ES a partir de los 60 días entre los tipos de queso. La pérdida total de humedad fue de 15,58 % en G1 y alrededor del 10 % en G2 y M, con valores similares a los aportados por Cabezas *et al.* (2006) para el queso Manchego.

Tabla 34. Evolución de la composición físico-química de los quesos a lo largo de la maduración

Variables	Tipo de queso	1	60	90	120	±ES
Extracto Seco (%)	G1	51,00 <sup>a,A</sup>	59,85 <sup>b</sup>	64,58 <sup>c</sup>	66,58 <sup>c</sup>	0,80
	G2	54,30 <sup>a,B</sup>	61,78 <sup>b</sup>	64,15 <sup>c</sup>	65,05 <sup>c</sup>	
	M	54,97 <sup>a,B</sup>	61,57 <sup>b</sup>	64,38 <sup>c</sup>	65,03 <sup>c</sup>	
Grasa (% queso)	G1	25,20 <sup>a,A</sup>	30,33 <sup>b</sup>	32,75 <sup>c,AB</sup>	33,25 <sup>c</sup>	0,57
	G2	25,75 <sup>a,A</sup>	30,33 <sup>b</sup>	31,42 <sup>b,A</sup>	33,75 <sup>c</sup>	
	M	27,50 <sup>a,B</sup>	31,58 <sup>b</sup>	33,50 <sup>c,B</sup>	33,75 <sup>c</sup>	
Proteína (% queso)	G1	20,90 <sup>a,AB</sup>	24,32 <sup>b,A</sup>	26,20 <sup>c,AB</sup>	26,10 <sup>c,B</sup>	0,35
	G2	21,83 <sup>a,B</sup>	26,25 <sup>b,B</sup>	26,25 <sup>b,B</sup>	25,20 <sup>c,AB</sup>	
	M	20,53 <sup>a,A</sup>	23,55 <sup>b,A</sup>	25,25 <sup>c,A</sup>	24,95 <sup>c,A</sup>	
pH	G1	4,72 <sup>a</sup>	4,97 <sup>ab</sup>	5,14 <sup>b</sup>	5,13 <sup>b</sup>	0,10
	G2	4,82 <sup>a</sup>	5,11 <sup>ab</sup>	5,13 <sup>b</sup>	5,15 <sup>b</sup>	
	M	4,77 <sup>a</sup>	4,98 <sup>ab</sup>	5,04 <sup>ab</sup>	5,08 <sup>b</sup>	

<sup>a-c</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

<sup>A-C</sup> Medias en la misma columna para la misma variable con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

G1: queso con leche de Guirra cuajada a 32 °C; G2: queso con leche de Guirra cuajada a 37 °C; M: queso con leche de oveja Manchega cuajada a 37 °C.

Respecto al contenido en grasa por 100 g de queso, se observó un aumento importante en la maduración, paralelo al experimentado por el ES, desde unos valores iniciales de 25,2 % y 27,5 %, hasta unos valores el día 120 de maduración de 33,25 a 33,75 % en los 3 tipos de queso. En la evolución del contenido en grasa, los quesos de oveja Guirra (G1 y G2) presentaron valores similares entre sí, pero el queso M, aunque solo presentó diferencias significativas (P<0,05) a los 90 días con G2 (33,50±0,57 % vs 31,42±0,30 %, respectivamente), en todo el periodo de maduración su contenido en grasa (31,28±0,28 %) fue superior a G1 y G2 (30,63±0,28 % y 30,33±0,28 %, respectivamente).

El contenido medio en grasa por 100 g de ES también fue más alto en el queso M (51,32±0,46 %) que en los quesos G1 y G2 (50,61±0,46 % y 49,37±0,46 %, respectivamente), aunque las diferencias son poco relevantes. Son quesos grasos, cuya evolución del contenido en grasa durante la maduración se expone en la Figura 18. Se observa que en los quesos G1 y M el contenido en grasa no varía durante la maduración, mientras que en G2 se observa un aumento, desde 47,58±0,91 % el día 1 a 51,88±0,91 % el día 120.

En relación al contenido en proteína por 100 g de queso, también se produjo un aumento durante la maduración, desde unos valores iniciales próximos al 21 % a unos valores finales el día 120 de maduración comprendidos entre el 24,95 % y 26,10 %. Este aumento se produjo hasta los 90 días de maduración en los 3 tipos de queso, y se mantuvo el nivel de proteína con pocas variaciones

hasta el día 120. Se observó que el contenido en proteína, en quesos obtenidos mediante calentamiento de cuajada, fue mayor en G2 que en M durante los primeros 90 días de maduración. En este periodo, el queso G1 presentó valores intermedios entre G2 y M, pero a los 120 días de maduración el queso G1 presentó un mayor contenido en proteína que el queso M, mientras que G2 mostró un valor intermedio.

Para el contenido en proteína por 100 g de ES, se ha representado su evolución en la Figura 19. Se observa que los quesos de oveja Guirra, G1 y G2, presentaron valores significativamente superiores al queso M hasta los 60 (G1) y 90 días (G2) de maduración, pero a los 120 días no hubo diferencias significativas entre ellos. Los valores medios en todo el periodo de maduración fueron superiores en los quesos de oveja Guirra (G1:  $40,37 \pm 0,27$  % y G2:  $40,74 \pm 0,27$  %) que en el queso de oveja Manchega ( $38,30 \pm 0,27$  %).

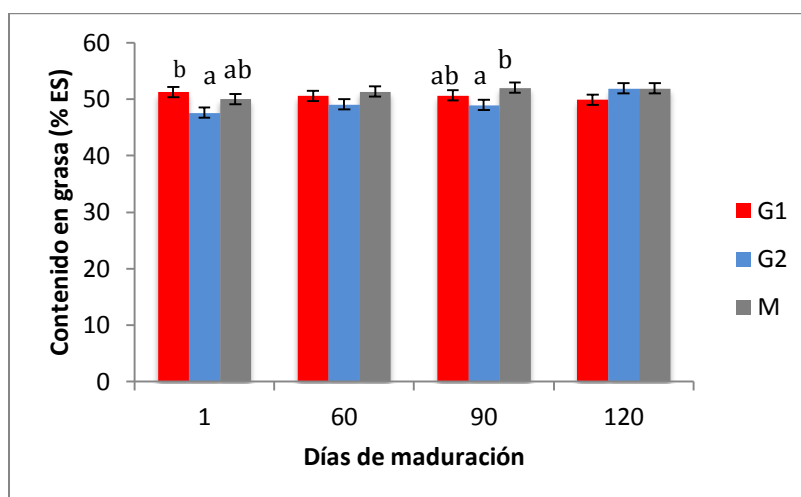


Figura 18. Evolución del contenido en grasa (% ES) a lo largo de la maduración

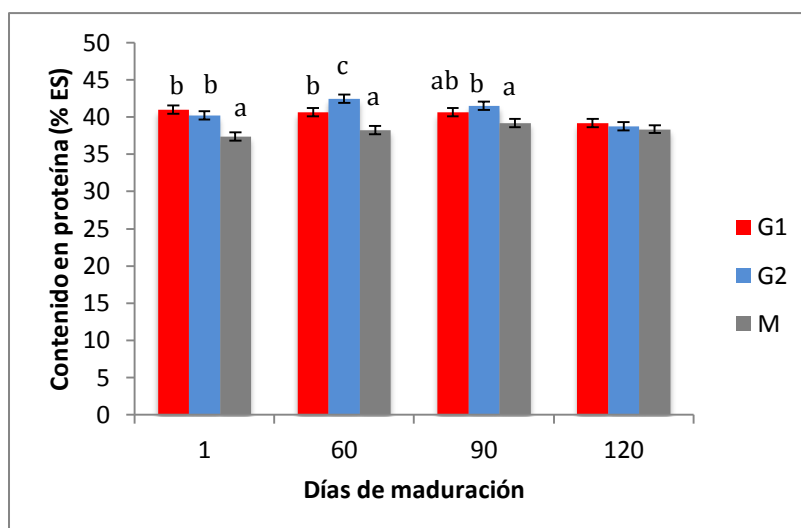


Figura 19. Evolución del contenido en proteína (% ES) a lo largo de la maduración

Se observa que en la composición de los quesos fue más importante el efecto de la raza (G2 vs M) de las ovejas que el calentamiento de la cuajada en la elaboración del queso (G1 vs G2). El queso de oveja Manchega fue un poco más graso y con menor contenido en proteína que el queso de oveja Guirra, pero el calentamiento de la cuajada no afectó a la composición físico-química de los quesos a partir de los 60 días de maduración.

En el pH de los quesos se observó un aumento en los primeros 90 días de maduración y se mantuvo hasta los 120 días en los tres tipos de quesos. No hubo diferencias significativas entre quesos en ningún día de maduración.

Los valores medios de pH (G1:  $5,00 \pm 0,05$ ; G2:  $5,05 \pm 0,05$  y M:  $4,97 \pm 0,05$ ) de pH fueron inferiores a los encontrados en queso Manchego elaborado con leche cruda por González Viñas *et al.* (2001) (pH: 5,39 a los 120 días) y por Cabezas *et al.* (2006) (pH: 5,37 y 5,47 a los 60 y 120 días de maduración respectivamente). Sin embargo, los valores obtenidos en el presente trabajo se encuentran en el rango de variación admitida por la DOP queso Manchego (de 4,8 a 5,8) para quesos con más de 90 días de maduración.

#### **4.4.2.1. Evolución del color de los quesos durante la maduración**

El análisis estadístico permitió comprobar que el tipo de queso no afectó significativamente a los parámetros del color, pero la fabricación y el día de maduración influyeron significativamente ( $P < 0,001$ ) en dichos parámetros. Los quesos de la tercera fabricación fueron menos luminosos y presentaron una tonalidad menos amarilla y verdosa que en las dos primeras fabricaciones, aunque estas diferencias fueron poco relevantes. Las interacciones del tipo de queso por el día de maduración y del tipo de queso con la fabricación no fueron significativas, indicando una evolución similar de los 3 tipos de queso durante su maduración y en las 3 fabricaciones.

La evolución de los parámetros del color de los quesos durante su maduración se ha representado en la Figura 20. La luminosidad se redujo durante la maduración de los quesos, pero el descenso más importante sucedió en los primeros 60 días y después hubo pocos cambios de este parámetro hasta el día 120. No se observaron diferencias significativas entre ellos durante la maduración. El parámetro *a* (color verdoso cuanto más negativo es el valor) también disminuyó en los quesos durante la maduración, que aumentó la tonalidad verdosa solamente en los primeros 90 días, después se mantuvo hasta el día 120. Se puede observar la gran semejanza de este parámetro durante la maduración en los 3 tipos de queso. El parámetro *b* (indicativo de color amarillo cuanto más alto es el valor) aumentó en los quesos hasta el día 90 y ya no varió significativamente a los 120 días. Tampoco se observaron diferencias significativas entre los quesos durante la maduración, aunque inicialmente el queso G2 tendió ( $P < 0,10$ ) a presentar una tonalidad más amarillenta que los quesos G1 y M.

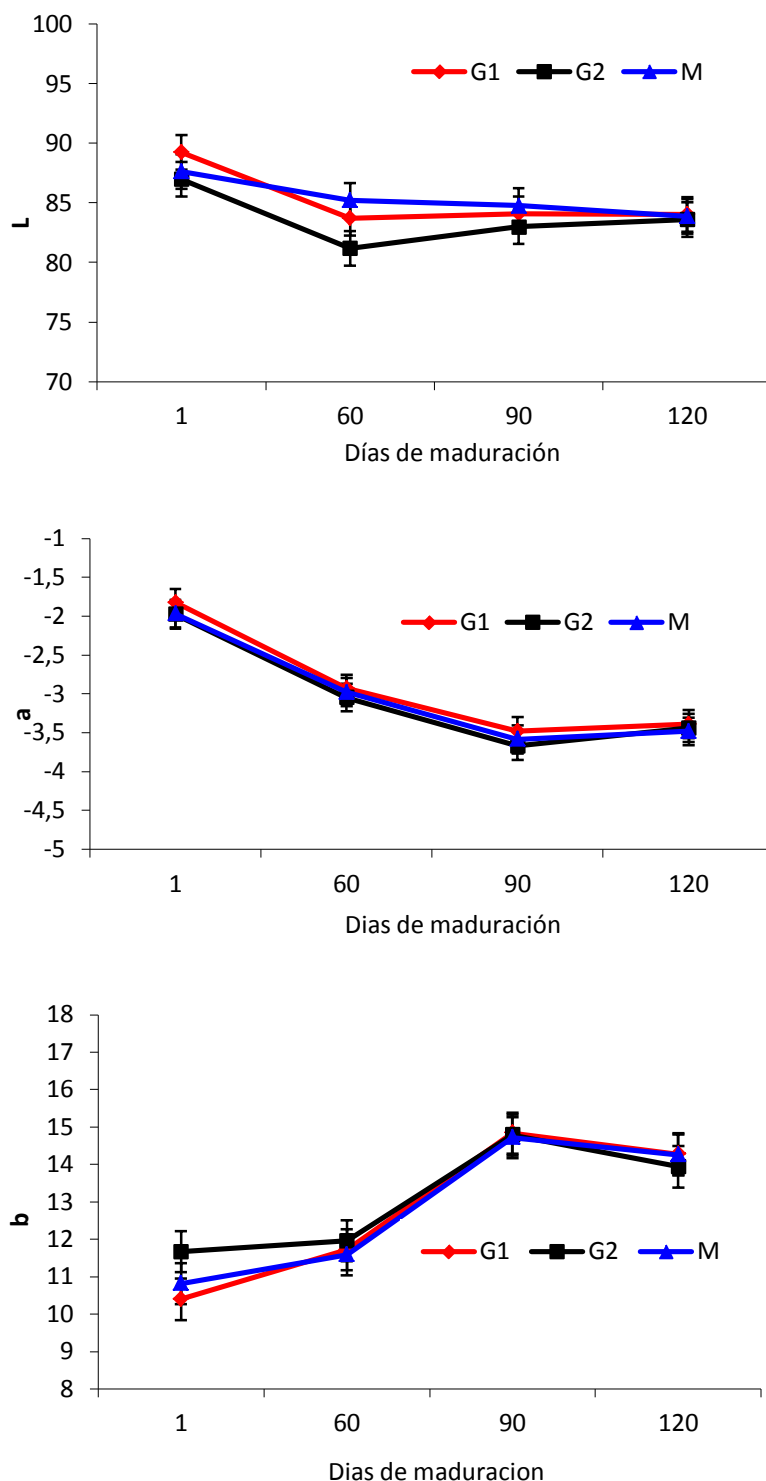


Figura 20. Evolución de los parámetros L, a y b a lo largo de la maduración



Estos resultados indican que ni la raza de las ovejas ni el calentamiento de la cuajada alteraron el color de los quesos, que fueron adquiriendo su coloración durante los primeros 90 días de maduración y se mantuvo sin cambios hasta el día 120. Sin embargo, Lurueña-Martínez *et al.* (2010) encontraron diferencias entre razas en quesos Zamoranos elaborados con leche de ovejas Churras, Castellanas y Assaf, en el parámetro “L”, no así en los parámetros “a” y “b”.

#### **4.4.2.2. Evolución de la textura de los quesos durante la maduración**

Los parámetros de textura de los quesos (dureza, elasticidad, masticabilidad, cohesividad y adhesividad) no se vieron afectados significativamente ( $P>0,05$ ) por el tipo de queso ni por la fabricación. Únicamente el día de maduración influyó significativamente ( $P<0,001$ ) en la dureza, elasticidad y cohesividad, mientras que la masticabilidad y adhesividad no se vieron afectadas de forma significativa ( $P>0,05$ ) por el estado de maduración de los quesos. Las interacciones del “tipo de queso con el día de maduración” y del “tipo de queso con la fabricación” no fueron significativas ( $P>0,05$ ), lo que refleja un comportamiento de los parámetros de textura de los quesos similar durante la maduración y también entre fabricaciones.

En la Tabla 35 se presenta la evolución de los parámetros de textura durante la maduración de los quesos. Se observa que a lo largo de la maduración los quesos fueron ganando en dureza, perdieron elasticidad y cohesividad. No se observaron diferencias significativas entre los quesos durante la maduración para ninguno de los parámetros de textura. Se comprueba que el aumento más importante de la dureza y el descenso de la cohesividad se produjo en ambos casos durante los primeros 90 días de maduración, mientras que la pérdida de elasticidad es más progresiva durante todo el periodo estudiado. Este aumento de la dureza concuerda con la evolución del contenido en ES de los quesos. González-Viñas *et al.* (2007) también observaron en queso Manchego un aumento de la dureza y un descenso de la elasticidad durante la maduración, pero estos autores comprobaron un descenso de la adhesividad entre 2 y 6 meses de maduración, mientras que en el presente trabajo, con un periodo de maduración más corto no se observó dicho descenso de adhesividad.

Tabla 35. Evolución de los parámetros de textura durante la maduración de los quesos (media±ES)

Parámetro	Tipo de Queso	Día de maduración				±ES
		1	60	90	120	
Dureza (N)	G1	4,87 <sup>a</sup>	11,63 <sup>b</sup>	15,73 <sup>c</sup>	18,29 <sup>c</sup>	1,27
	G2	6,28 <sup>a</sup>	11,10 <sup>b</sup>	18,18 <sup>c</sup>	16,61 <sup>c</sup>	
	M	5,76 <sup>a</sup>	11,91 <sup>b</sup>	13,82 <sup>b</sup>	15,42 <sup>b</sup>	
	Valor medio	5,63 <sup>a</sup>	11,55 <sup>b</sup>	15,91 <sup>c</sup>	16,77 <sup>c</sup>	
Elasticidad	G1	0,91 <sup>b</sup>	0,80 <sup>ab</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,04
	G2	0,89 <sup>c</sup>	0,79 <sup>bc</sup>	0,71 <sup>ab</sup>	0,60 <sup>a</sup>	
	M	0,90 <sup>c</sup>	0,82 <sup>bc</sup>	0,71 <sup>ab</sup>	0,63 <sup>a</sup>	
	Valor medio	0,90 <sup>d</sup>	0,80 <sup>c</sup>	0,73 <sup>b</sup>	0,64 <sup>a</sup>	
Masticabilidad (N)	G1	3,52	5,31	5,42	6,49	1,08
	G2	4,39	4,57	5,33	4,41	
	M	4,16	5,56	4,29	3,83	
	Valor medio	4,02	5,15	5,02	4,91	
Cohesividad	G1	0,80 <sup>b</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,05
	G2	0,80 <sup>b</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	
	M	0,80 <sup>c</sup>	0,57 <sup>b</sup>	0,44 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>a</sup>	
	Valor medio	0,80 <sup>c</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,44 <sup>a</sup>	
Adhesividad (N*s)	G1	-0,08	-0,13	-0,08	-0,13	0,04
	G2	-0,03	-0,08	-0,12	-0,10	
	M	-0,13	-0,19	-0,10	-0,18	
	Valor medio	-0,08	-0,13	-0,10	-0,14	

<sup>a-d</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

G1: queso con leche de Guirra cuajada a 32 °C; G2: queso con leche de Guirra cuajada a 37 °C; M: queso con leche de oveja Manchega cuajada a 37 °C.

#### 4.4.3. Análisis sensorial de los quesos

##### 4.4.3.1. Análisis de catadores

La evaluación sensorial de los quesos con 120 días de maduración fue realizada por un panel de catadores experimentados en una escala de 0 a 7 puntos, cuyos resultados se exponen en la Tabla 36.

##### **Efecto del calentamiento de la cuajada**

Los catadores comprobaron que el queso G1 tendió a presentar una mayor intensidad de olor que el queso G2 (4,92±0,21 vs 4,37±0,21, respectivamente, P<0,1), pero en la calidad del olor y en el aroma no encontraron diferencias significativas entre los quesos. En el sabor, identificaron un sabor salado significativamente mayor en G1 que en G2 (4,92±0,20 vs 3,67±0,20, respectivamente, P<0,01) y también observaron una tendencia de sabor más ácido en G1 que en G2 (4,04±0,25 vs 3,37±0,25, respectivamente, P<0,1). El sabor más salado del queso G1 puede ser debido a la mayor cantidad de humedad retenida (+ 2 %) después de pasar por la salmuera y la sala de oreo. Los

quesos más húmedos tienen mayor cantidad de agua para intercambiar, lo que facilitaría la difusión de sal al interior del queso. Los restantes parámetros del sabor (amargo, picante y regusto) presentaron puntuaciones similares en ambos quesos

En la textura, únicamente se observaron diferencias significativas en la elasticidad de los quesos, que fue mayor en G2 que en G1 ( $3,92 \pm 0,19$  vs  $3,21 \pm 0,19$ , respectivamente,  $P < 0,05$ ). La dureza, friabilidad y adhesividad fueron similares en los dos tipos de queso, coincidiendo con los resultados del análisis instrumental en la dureza y adhesividad.

Por último, la impresión global de los quesos fue buena y similar, tanto en el queso elaborado sin calentar la cuajada como en el queso con calentamiento de la cuajada.

Tabla 36. Evaluación sensorial de los quesos con 120 días de maduración por un panel de catadores experimentados (valoración en una escala de 7 puntos)

Atributo	Parámetro	Tipo de Queso			±ES	Significación estadística	
		G1	G2	M		Queso	G1 vs G2
OLOR	Intensidad	4,92	4,37	4,42	0,21	ns	+
	Calidad	4,33	4,50	4,37	0,20	ns	ns
AROMA	Intensidad	4,67	4,42	4,54	0,17	ns	ns
	Calidad	4,46	4,04	4,67	0,21	ns	ns
SABOR	Calidad	4,67	4,37	4,67	0,25	ns	ns
	Salado	4,42 <sup>b</sup>	3,67 <sup>a</sup>	4,17 <sup>ab</sup>	0,20	*	**
	Ácido	4,04	3,37	3,62	0,25	ns	+
	Amargo	2,92	3,33	3,04	0,28	ns	ns
	Picante	3,29	3,62	3,42	0,31	ns	ns
	Regusto	3,92	3,46	3,42	0,32	ns	ns
TEXTURA	Dureza	4,29 <sup>b</sup>	4,33 <sup>b</sup>	3,71 <sup>a</sup>	0,17	*	ns
	Elasticidad	3,21 <sup>a</sup>	3,92 <sup>b</sup>	3,50 <sup>ab</sup>	0,19	*	*
	Friabilidad	4,00	3,83	4,04	0,23	ns	ns
	Adhesividad	3,67	3,41	3,79	0,21	ns	ns
Impresión Global		4,38	4,25	4,75	0,32	ns	ns

ns: no significativo, +:  $P < 0,1$ ; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$

G1: queso de oveja Guirra elaborado sin calentar la cuajada.

G2: queso de oveja Guirra elaborado con calentamiento de la cuajada después del corte ( $37^{\circ}\text{C}$ , 15 min).

M: queso de oveja Manchega elaborado con calentamiento de la cuajada después del corte ( $37^{\circ}\text{C}$ , 15 min).

<sup>a-c</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

### **Efecto de la raza**

Para estudiar el efecto de la raza se compararán los quesos obtenidos mediante un idéntico proceso de elaboración, es decir con calentamiento de la cuajada en oveja Guirra (G2) y en oveja Manchega (M). Se comprueba que la única diferencia apreciada por los catadores entre ambos tipos de queso se refiere a la dureza, que fue significativamente mayor en G2 que en M ( $4,33\pm 0,17$  vs  $3,71\pm 0,17$ , respectivamente,  $P < 0,05$ ). Este resultado difiere del obtenido en el análisis instrumental, pero concuerda con los valores encontrados en el queso con leche pasteurizada, donde se comprobó una mayor dureza en el queso de oveja Guirra que en el queso Manchego.

Las puntuaciones obtenidas en los diferentes parámetros sensoriales son similares a las valoraciones realizadas por González-Viñas *et al.* (2001) en queso Manchego elaborado con leche cruda, utilizando para ello la escala hedónica de 0 a 7 puntos. Sin embargo, en una evaluación sensorial (escala de 0 a 7) de los principales quesos españoles de leche de oveja con 6 meses de maduración, Barron *et al.* (2005) puntuaron la intensidad de olor en diferentes quesos españoles de oveja (Manchego, Roncal, Zamorano e Idiazábal) en un intervalo de  $3,19\pm 0,17$  el menos valorado a  $4,55\pm 0,22$  el más valorado. De acuerdo con las puntuaciones asignadas por el panel de catadores, los quesos de oveja Guirra y el queso Manchego del presente trabajo con valores de  $4,92\pm 0,21$  a  $4,37\pm 0,21$  se situarían en el rango superior de los quesos de oveja españoles por su intensidad de olor.

#### **4.4.3.2. Análisis de consumidores**

Se han distinguido dos tipos de consumidores por sus hábitos de consumo, los habituales de queso madurado y los que consumen quesos de sabor más suave. Se observa que, en general, los primeros dan puntuaciones más altas que los segundos en los diferentes parámetros sensoriales, particularmente en los quesos de 60 días de maduración, mientras que a los 90 días hay pocas diferencias.

##### **Efecto del calentamiento de la cuajada**

Los consumidores encontraron diferencias significativas entre los quesos G1 y G2 (Tabla 37) para el color ( $P < 0,001$ ), olor ( $P < 0,001$ ) y textura (dureza y elasticidad,  $P < 0,01$ ), pero no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en la persistencia de sabor, ni se ha observado una preferencia clara por ninguno de los quesos.

El color fue identificado más amarillo en el queso elaborado con calentamiento de la cuajada a los 60 y 90 días de maduración. Sin embargo, las diferencias de color tuvieron poca influencia en las valoraciones realizadas por los consumidores (Tablas 38 y 39), que puntuaron con valores similares a los dos tipos de queso (media: 6,54 y 6,70 a los 60 y 90 días de maduración, respectivamente). Las diferencias de tonalidad del color amarillo que percibieron los consumidores fueron bien aceptadas entre ellos, particularmente por los consumidores habituados al queso madurado.

Respecto al olor, se comprobó la existencia de diferencias claras entre los quesos (para el 92 y 86 % de los consumidores a los 60 y 90 días, respectivamente), pero las puntuaciones asignadas a la intensidad de olor y a la aceptación o calidad de este olor no reflejaron esas diferencias. La

intensidad de olor a los 60 días de maduración tendió a ser mayor en G2 que en G1 ( $6,55 \pm 0,18$  vs  $6,11 \pm 0,18$ ;  $P < 0,1$ ), diferencia que fue mejor captada por los consumidores habituales de queso madurado que por los de queso más suave ( $7,06$  vs  $6,35 \pm 0,14$ , respectivamente,  $P < 0,05$ ). Sin embargo a los 90 días, la intensidad de olor fue valorada con similar puntuación en los dos tipos de queso (media: 6,85). La calidad o aceptación de este olor fue similar en los quesos de 60 días (media: 6,86), mientras que a los 90 días tendió a ser mejor valorada ( $P < 0,1$ ) en G1 ( $7,35 \pm 0,14$ ) que en G2 ( $7,02 \pm 0,14$ ). Las puntuaciones indican que los quesos pueden considerarse con un olor de intensidad media alta y de buena aceptación.

Tabla 37. Valoración sensorial (frecuencia relativa de respuestas, %) realizada por consumidores ( $n = 145$ ) en los quesos elaborados con (G2) o sin (G1) calentamiento de la cuajada.

Atributo	Variable analizada	Días de maduración						
		60 días $n = 105$			90 días $n = 145$			
		Tipo de queso		Sig. Est.	Tipo de queso		Sig. Est.	
		G1	G2		G1	G2		
COLOR	¿Cuál tiene color más amarillo?		11	89	***	31	69	***
	¿Hay diferencias de olor?		Sí = 92		***	Sí = 86		***
OLOR	¿Qué olor prefieres?							
	Tipo de consumidor	1	51,4	48,6	ns	59,0	41,0	ns
		2	47,7	52,3	ns	50,8	49,2	ns
	Todos los consumidores		49,3	50,7	ns	54,9	45,1	ns
SABOR	¿Cuál tiene un sabor más persistente?							
	Tipo de consumidor	1	56,6	43,4	ns	50,0	50,0	ns
		2	43,5	56,5	ns	38,9	61,1	ns
	Todos los consumidores		50	50	ns	44,4	55,6	ns
TEXTURA	¿Cuál está más duro?							
	Tipo de consumidor	1	27,4	72,6	**	32,4	67,7	**
		2	45,6	54,4	ns	39,4	60,6	ns
	Todos los consumidores		36,6	63,4	**	36,0	64,0	**
	¿Cuál es más gomoso?							
	Tipo de consumidor	1	68,1	31,9	**	48,5	51,5	ns
	2	55,1	44,9	ns	52,2	47,8	ns	
	Todos los consumidores		61,7	38,3	**	50,4	49,7	ns
Aceptación global	¿Qué tipo de queso prefieres?							
	Tipo de consumidor	1	56,8	43,2	ns	60,6	39,4	+
		2	34,3	65,7	**	50	50	ns
	Todos los consumidores		46,1	53,9	ns	55,2	44,8	ns

ns: no significativo; +:  $P < 0,1$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$

G1: queso elaborado sin calentar la cuajada. G2: queso elaborado calentando la cuajada a  $37^{\circ}\text{C}$ .

Tipo de consumidor 1: de queso suave ( $n = 90$  para 60 días de maduración y  $n = 71$  para 90 días)

Tipo de consumidor 2: de queso madurado ( $n = 55$  para 60 días de maduración y  $n = 74$  para 90 días)

Tabla 38. Valoración sensorial (Escala de 10 puntos, media±ES) realizada por consumidores (n=145) en quesos de 60 días de maduración, elaborados con leche cruda de oveja Guirra sin calentamiento de la cuajada (G1) o con calentamiento (G2) y en queso de oveja Manchega (M) con calentamiento.

Parámetro	Tipo consumidor	Tipo de queso			±ES	Efecto tipo consumidor
		G1	G2	M		
Color	1	6,51	6,43 <sup>A</sup>		0,15	6,47±0,10
	2	6,36	6,91 <sup>B</sup>		0,19	6,64±0,10
			6,43	6,66		0,12
Intensidad Olor	1	5,88	6,03 <sup>A</sup>	5,77	0,24	5,89±0,14
	2	6,35 <sup>a</sup>	7,06 <sup>bb</sup>	6,09 <sup>a</sup>	0,28	6,50±0,16
		6,11 <sup>ab</sup>	6,55 <sup>a</sup>	5,93 <sup>b</sup>	0,18	**
Calidad olor	1	6,41	6,41 <sup>A</sup>	6,42	0,21	6,42±0,12
	2	6,96	7,62 <sup>B</sup>	6,97	0,25	7,18±0,15
		6,69	7,02	7,00	0,17	***
Intensidad sabor	1	6,50	6,47 <sup>A</sup>	6,64 <sup>A</sup>	0,21	6,53±0,12
	2	7,08	7,62 <sup>B</sup>	7,04 <sup>B</sup>	0,25	7,25±0,15
		6,79	7,04	6,84	0,17	***
Calidad sabor	1	6,55 <sup>A</sup>	7,13 <sup>A</sup>	6,64 <sup>A</sup>	0,22	6,77±0,12
	2	7,66 <sup>B</sup>	7,92 <sup>B</sup>	7,44 <sup>B</sup>	0,25	7,67±0,15
		7,10 <sup>a</sup>	7,52 <sup>b</sup>	7,04 <sup>a</sup>	0,17	***

ns: no significativo; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

Tipo de consumidor 1: queso suave (n= 90). Tipo de consumidor 2: queso madurado (n= 55)

<sup>a-c</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

<sup>A-B</sup> Medias en la misma columna para la misma variable con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

Tabla 39. Valoración sensorial (Escala de 10 puntos, media±ES) realizada por consumidores (n=145) en quesos de 90 días de maduración, elaborados con leche cruda de oveja Guirra sin calentamiento de la cuajada (G1) o con calentamiento (G2) y en queso de oveja Manchega (M) con calentamiento.

Parámetro	Tipo consumidor	G1	G2	M	±ES	Efecto consumidor
Color	1	6,53	6,50		0,17	6,52±0,12
	2	6,89	6,87		0,16	6,88±0,12
		6,71	6,69		0,13	*
Intensidad Olor	1	6,87	6,54	6,55	0,23	6,65±0,13
	2	6,85	7,14	6,86	0,22	6,95±0,13
		6,86	6,84	6,71	0,16	ns
Calidad olor	1	7,46 <sup>b</sup>	6,67 <sup>aA</sup>	7,09 <sup>ab</sup>	0,20	7,07±0,11
	2	7,23	7,37 <sup>B</sup>	7,34	0,19	7,31±0,11
		7,35	7,02	7,21	0,14	ns
Intensidad sabor	1	6,96	6,92 <sup>A</sup>	6,94	0,21	6,94±0,12
	2	7,11 <sup>a</sup>	7,55 <sup>bb</sup>	6,89 <sup>a</sup>	0,20	7,18±0,12
		7,03	7,24	6,92	0,15	ns
Calidad sabor	1	7,63	7,17 <sup>A</sup>	7,33	0,21	7,38±0,12
	2	7,72 <sup>ab</sup>	7,76 <sup>bb</sup>	7,18 <sup>a</sup>	0,20	7,55±0,12
		7,68 <sup>b</sup>	7,47 <sup>ab</sup>	7,26 <sup>a</sup>	0,14	***

ns: no significativo ;\*: P<0,05; \*\*\*: P<0,001

Tipo de consumidor 1: queso suave (n = 71). Tipo de consumidor 2: queso madurado (n = 74)

<sup>a-c</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

<sup>A-B</sup> Medias en la misma columna para la misma variable con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

En relación al sabor, los consumidores no mostraron diferencias entre los tipos de queso en su persistencia del sabor en boca, después de haber sido saboreados y deglutidos (Tabla 37). Tampoco hubo diferencias significativas entre ellos en la intensidad de sabor (Tablas 38 y 39) a los 60 y 90 días. Sin embargo, la aceptación del sabor a los 60 días fue más alta ( $P < 0,05$ ) en el queso G2 ( $7,52 \pm 0,17$ ) que en el G1 ( $7,10 \pm 0,17$ ), particularmente en consumidores habituales de queso madurado. Sin embargo a los 90 días, la aceptación de la calidad del sabor fue elevada y similar en los dos tipos de queso (media: 7,57).

La textura de los quesos mostró diferencias perceptibles por los consumidores en dureza y gomosidad. El queso elaborado mediante calentamiento de la cuajada fue más duro y menos gomoso a los 60 y 90 días de maduración. En este queso se observó un mayor contenido inicial de ES y posteriormente, aunque ya no existieron esas diferencias, también se comprobó una mayor dureza y menor gomosidad, que fue mejor captada por los consumidores más habituales de queso suave.

La aceptación global de los consumidores no mostró una tendencia clara en la elección de un tipo de queso, ni a los 60 ni a los 90 días de maduración. No obstante, se comprobó que a los 60 días el queso G2 fue preferido significativamente (el 65,7 % de los casos;  $P < 0,01$ ) por los consumidores de queso madurado, mientras que los consumidores de queso suave no presentaron ninguna predilección. Con el progreso de la maduración hasta 90 días, se observó un cambio en las preferencias del tipo de queso, ya que el queso G1 tendió a ser más elegido (el 60,6% de los casos;  $P < 0,1$ ) por los consumidores de queso suave, mientras los consumidores de queso madurado no mostraron predilección por ninguno de ellos, pues se distribuyeron al 50% en cada tipo de queso.

### ***Efecto de la raza***

Para analizar el efecto de la raza se realiza la comparación entre los quesos elaborados con calentamiento de la cuajada, en la oveja Guirra G2 y en la Manchega M. Se dispone de las valoraciones individuales de estos quesos que realizaron los consumidores y que aparecen expuestas en las Tablas 38 y 39, para 60 y 90 días de maduración, respectivamente.

Se comprueba que a los 60 días de maduración, el queso de Guirra presentó una mayor intensidad de olor y calidad de sabor que el queso Manchego. Estas diferencias fueron detectadas principalmente por los consumidores habituales de queso madurado, ya que entre los consumidores de queso suave hubo menos diferencia de puntuación. A los 90 días de maduración, se comprobó una gran semejanza entre los dos tipos de queso, ya que no se encontraron diferencias significativas en olor ni en sabor.

#### 4.4.4. Conclusiones trabajo quesos con leche cruda.

- La composición de la leche y el rendimiento quesero es similar en ambas razas, pero el tiempo de coagulación es menor en la leche de oveja Guirra.
- El queso de oveja Manchega fue un poco más graso y presentó menor contenido en proteína que el queso de oveja Guirra. El aumento de la temperatura de la cuajada durante el desuerado aumentó el contenido inicial de extracto seco del queso y redujo el rendimiento quesero. Sin embargo, la pérdida de humedad en la maduración anuló las diferencias iniciales de extracto seco a partir de los 60 días.
- El análisis instrumental del color mostró que ni la raza ni el calentamiento de la cuajada afectaron a los parámetros L, a y b. Sin embargo, los consumidores encontraron una tonalidad más amarillenta en el queso elaborado mediante calentamiento de la cuajada.
- Según el análisis instrumental, la textura no se vio afectada ni por la raza ni por el calentamiento de la cuajada en el desuerado.
- Según los catadores la raza no afecta a la impresión global de los quesos, aunque el queso de Guirra es un poco más duro que el de oveja Manchega. Respecto al calentamiento de la cuajada, los catadores indican que no afecta a la impresión global de los quesos a los 120 días de maduración, aunque origina un queso menos salado y un poco más elástico.
- Según los consumidores, el queso elaborado con leche de oveja Guirra presenta, a los 60 días, mayor intensidad de olor y mejor calidad de sabor, pero a los 90 no encuentran diferencias entre en queso de oveja Guirra y el de oveja Manchega. El calentamiento origina un queso un poco más duro y amarillo, pero no afecta a la impresión global.
- Para producir un queso madurado con leche de oveja Guirra, no es necesario aumentar la temperatura de la cuajada por encima de 32 °C, ya que la valoración sensorial y la aceptación por los consumidores es similar en los dos quesos.



TERCER TRABAJO. Estudio comparativo del Queso de  
oveja Guirra elaborado con cuajo animal y  
coagulante vegetal



## 5. TERCER TRABAJO. Estudio comparativo del Queso de oveja Guirra elaborado con cuajo animal y coagulante vegetal.

### 5.1. Objetivo

Una vez realizados los trabajos con quesos de oveja Guirra y de Manchega, se comprobó que el queso elaborado con leche pasteurizada de oveja Guirra tenía peor aceptación que el queso de oveja Manchega, y en el queso elaborado con leche cruda había pocas diferencias entre las dos razas. Estos resultados nos han llevado a plantear otra forma de elaboración de los quesos con el fin de obtener un queso diferenciado y que sea bien apreciado por el consumidor.

El objetivo de este trabajo es estudiar las características del queso de oveja Guirra elaborado con coagulante vegetal de flor de cardo (*Cynara cardunculus*), tradicional en la Comunitat Valenciana y compararlo con el queso de esta misma raza elaborado con cuajo de cordero. Se pretende estudiar las características de estos quesos durante el proceso de maduración, sus características sensoriales y la aceptación por los consumidores.

### 5.2. Materiales y métodos

#### 5.2.1. Diseño experimental

Se elaboraron dos tipos de quesos con leche cruda de oveja Guirra, uno con cuajo animal (A) y el otro con coagulante vegetal (V) siguiendo el protocolo de fabricación del queso Manchego. Se llevaron a cabo tres fabricaciones en las semanas 11, 12 y 14 de lactación, tal y como se indica en la Figura 21.

Durante el periodo de maduración se realizaron los análisis físico químicos (grasa, proteína, materia seca,  $a_w$  y pH), del color, la proteólisis (nitrógeno soluble y la relación con el nitrógeno total), lipólisis (ácidos grasos libres) y análisis de la textura (TPA) en los días 1, 90, 120, 180 y 240. También se realizó un análisis sensorial de los quesos por un panel de catadores experimentados (días 120 y 180) y un ensayo de consumidores en los días 120 y 240 de maduración.

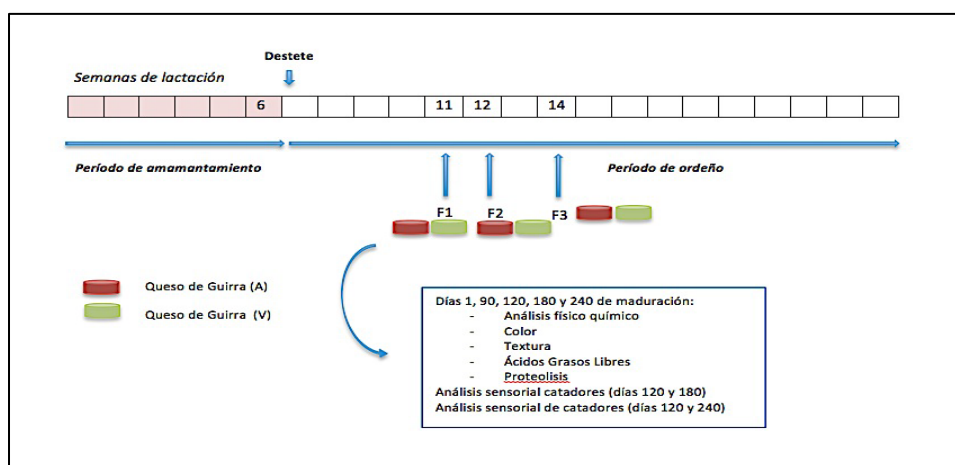


Figura 21. Diseño experimental. Quesos de leche de oveja Guirra A y V.

### 5.2.2. Elaboración de los quesos

Los quesos se elaboraron de la misma forma que en el segundo trabajo, con leche cruda de oveja Guirra y utilizando dos tipos de coagulantes diferentes, cuajo animal (de cordero) y coagulante vegetal (*Cynara cardunculus*), tal y como se expone en la Figura 22. La leche fue obtenida en 3 o 4 días (6 u 8 ordeños) y mantenida en refrigeración a 4 °C hasta el momento de su utilización. Se realizaron dos fabricaciones de queso simultáneamente.

El tiempo de coagulación se tomó de forma manual, como en el trabajo anterior, y el rendimiento quesero se determinó a partir del peso de los quesos a la salida de la cámara de oreo.

Para el queso **A** se utilizó cuajo animal de cordero (Abiasa, Pontevedra), con una actividad coagulante de 75 UC (unidades de coagulación) en la proporción de 1 ml/7 l de leche, y en el caso del **V**, coagulante vegetal líquido (Abiasa, Pontevedra) con una actividad coagulante de 200 UC/ml en una proporción de 1 ml/ 10 l de leche.

El corte se realizó mediante liras vertical y horizontalmente durante aproximadamente 10 min. Después se llevó a cabo un batido manual para desmenuzar el coágulo hasta un tamaño del grano de unos 8 mm. La temperatura se mantuvo a 32-33 °C en todo el proceso. Los procesos de moldeado, prensado y salado se hicieron de la misma forma que el trabajo anterior, así como la estancia en la cámara de oreo y en la maduración.

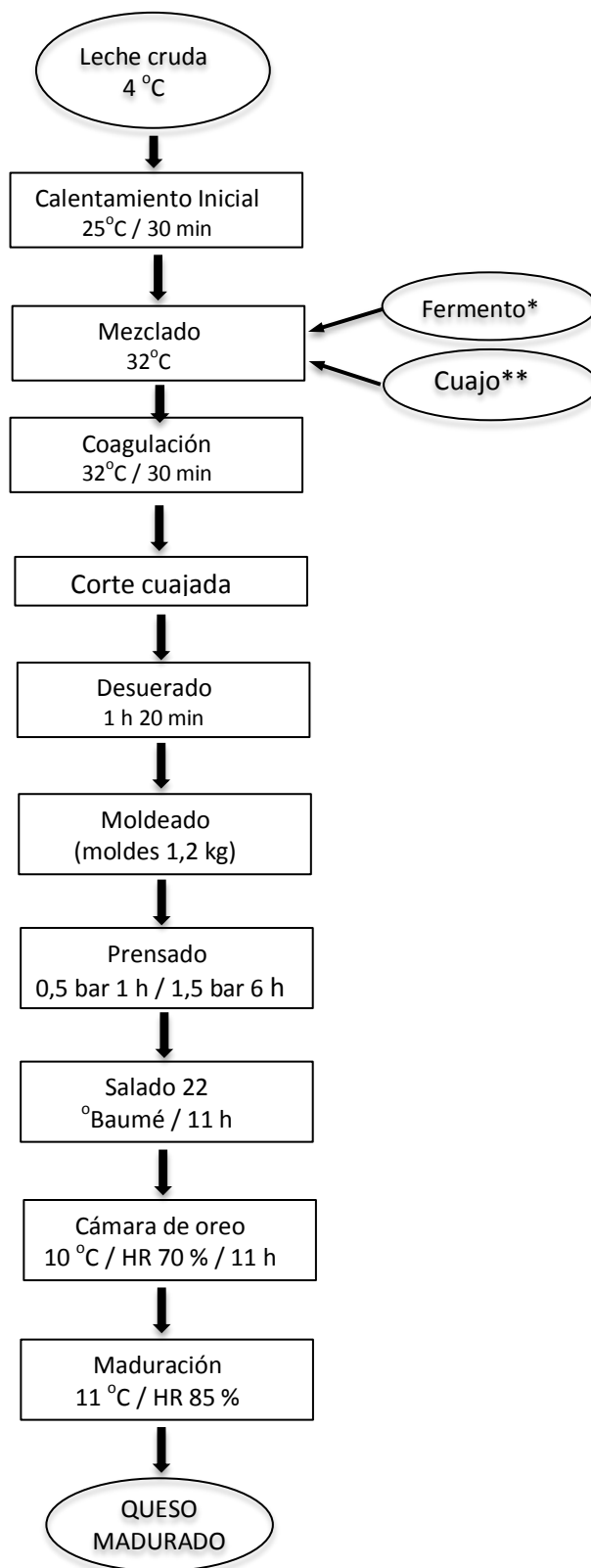


Figura 22. Proceso de elaboración del queso. \* Fermento: *Lactococcus lactis subsp. Lactis* y *Lactococcus lactis subsp. Cremoris*. \*\* Cuajo animal de cordero actividad 75 UC, 1 ml/7l leche (A) ; Coagulante vegetal *Cynara cardunculus*, actividad coagulante 200 UC, 1 ml/l leche (V).

### 5.2.3. Análisis de la composición, del pH, del color y de la textura

Las metodologías utilizadas para el análisis de la grasa, la proteína, la materia seca, el pH, el color y la textura son los mismos que los descritos en el trabajo anterior.

### 5.2.4. Determinación de cloruro sódico

La determinación de cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) en el queso, expresada como porcentaje de cloruro sódico ( $\text{NaCl}$ ), se realizó mediante la extracción de  $\text{Cl}^-$  en agua caliente, filtrado y valorado con nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) utilizando cromato potásico ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) como indicador (Ferrandini, 2006). El punto de viraje se observó mediante la formación de un precipitado rojo de cromato de plata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ).

### 5.2.5. Proteolisis

Las fracciones nitrogenadas se realizaron siguiendo el procedimiento descrito por Kuchroo y Fox (1982). Se obtuvieron las siguientes fracciones nitrogenadas: nitrógeno soluble en agua (FSA); nitrógeno soluble en agua a pH 4,6; nitrógeno soluble en ácido tricloroacético 15 % y nitrógeno soluble en ácido fosfotúngstico al 5 %.

La determinación de aminoácidos libres totales se realizó según el protocolo de Cd-ninhidrina descrito por Folkertsma y Fox (1992). Este método se basa en la reacción colorimétrica que tiene lugar entre la ninhidrina y los grupos  $\alpha$ -amino para formar un cromóforo violáceo con una lectura de absorbancia a 507 nm. Para este análisis se puede partir de las fracciones nitrogenadas FSA, pH 4,6 o en ácido fosfotúngstico al 5 %. Mediante la elaboración de recta patrón con distintas concentraciones de leucina, se determina con un espectrofotómetro la concentración de leucina presente en las muestras.

### 5.2.6. Lipolisis

Este análisis consiste en la extracción, separación y determinación de los ácidos grasos libres (AGL) en el queso. Esto se realizó según el procedimiento descrito por De-Jong y Badings (1990). Los AGL se separan de los lípidos neutros por absorción en una resina de intercambio iónico. Posteriormente son liberados de dicha resina y derivatizados con metanol acidificado antes de ser inyectados en el cromatógrafo para su determinación (IDF 184:2002)

Se utilizó un cromatógrafo de gases FISSON (Milán, Italia) modelo 8160 dotado de un muestreador automático AS800 con inyector en modo "split" y un detector de ionización de llama (FID). Los ésteres metílicos se separaron en una columna capilar DF-FFAP (J&W Scientific, CA, USA), de 30 m de longitud y 0,25 mm de diámetro interno.

### 5.2.7. Determinación de la actividad del agua ( $a_w$ )

La  $a_w$  se midió directamente utilizando un higrómetro de punto de rocío (AQUA LAB; Dew Point Water Activity Meter 4TE). El vapor de agua liberado por la muestra se pone en contacto con el higrómetro (desviación estándar  $\pm 0,003$ ) a una temperatura constante de 25 °C. Una vez alcanzado el equilibrio, se obtiene una medida estable de la actividad de agua.

### 5.2.8. Análisis sensorial

La evaluación sensorial de los quesos se realizó en 2 momentos durante el periodo de maduración. El panel de catadores realizó el ensayo a los 120 y 240 días de maduración y el ensayo de consumidores se llevó a cabo con a los 120 y a los 180 días de maduración.

El análisis sensorial realizado por catadores expertos se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial Euskal Herriko Unibertsitatea (LASEHU), en los días 120 y 180 de maduración de los quesos. En este estudio se utilizaron 12 quesos, seis elaborados con cuajo animal y seis con coagulante vegetal. Para cada tipo de queso se consideraron tres fabricaciones diferentes (F1, F2 y F3). De este modo, para cada día, tipo de cuajo y fabricación se disponía de un queso. El número de catadores en cada sesión fue de siete, y las muestras se presentaron a los evaluadores de forma aleatoria, codificadas con números de tres dígitos. La medición del grado de aceptación de las muestras se realizó en cada sesión de cata utilizando una escala simétrica de 9 puntos. Se evaluó el olor, la textura, el aroma y las sensaciones sápidas y trigeminales y la persistencia de sabor después de haber tragado la muestra.

Para el ensayo de consumidores se siguió el mismo procedimiento que el descrito en el segundo trabajo (ficha Anexo 2).

### 5.2.9. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 9.2, 2001 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) mediante el PROC GLM y los modelos utilizados para estudiar las características de la leche y las variables analizadas en los quesos fueron los siguientes:

Para estudiar las características físico químicas, el recuento de células somáticas y el rendimiento quesero de la **leche** se utiliza el siguiente modelo:

$$Y_i = \mu + F_j + \varepsilon_i$$

Donde:

$Y_i$  = valor de la variable estudiada

$\mu$  = media general

$F_j$  = efecto de la fabricación ( $j=1, F1; j=2, F2; j=3, F3$ ).

$\varepsilon_i$  = error residual

Para estudiar las características físico químicas del **queso**, color, la textura, análisis de catadores y las valoraciones individuales en los ensayos de consumidores.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + F_j + D_k + T_i \times F_j + T_i \times D_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = valor de la variable estudiada

---

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del tipo de queso ( $i=1, A; i=2, V$ )

$F_j$  = efecto de la fabricación ( $j=1$ , fabricación 1;  $j=2$ , fabricación 2;  $j=3$ , fabricación 3).

$D_k$  = efecto del día ( $k=1$ , día 1;  $k=2$ , día 90;  $k=3$ , día 120;  $k=4$ , día 180;  $k=5$ , día 240)

$T_i \times F_j$  = interacción tipo de queso por fabricación

$T_i \times D_k$  = interacción tipo de queso por día

$\epsilon_{ijk}$  = error residual

La comparación de medias se realizó en todos los casos mediante la opción PDIFF que utiliza el test "t".

Para estudio de las frecuencias de preferencia en los ensayos de consumidores se utiliza el test Chi cuadrado.



### 5.3. Resultados y discusión

#### 5.3.1. Características de la leche y composición del suero.

La composición físico-química de la leche utilizada en las fabricaciones de queso se expone en la Tabla 40. Esta leche presenta un alto contenido en grasa y proteína, que corresponde a los valores de composición de la leche de la oveja Guirra entre las semanas 11 y 14 de lactación. El recuento de células somáticas (RCS) puede considerarse moderadamente bajo y junto a los valores de pH, se puede considerar a la leche apta para realizar fabricaciones de queso, de acuerdo con las observaciones de Sampaio *et al.* (2015). Los valores del PC se corresponden con los valores normales de leche de oveja.

Tabla 40. Composición físico-química de la leche utilizada en las producciones de queso.

Variables	Fabricación 1	Fabricación 2	Fabricación 3
Grasa (%)	8,51	8,98	8,72
Proteína (%)	6,36	6,45	6,30
Lactosa (%)	5,28	5,17	5,15
Extracto seco (%)	21,82	22,37	21,88
RCS (*10 <sup>3</sup> céls/ml)	366	422	321
pH	6,51	6,51	6,58
Punto crioscópico (°C)	-0,571	-0,574	-0,563

El efecto del tipo de coagulante (animal o vegetal) utilizado en la elaboración del queso sobre el tiempo de coagulación, rendimiento quesero y la composición del suero se presenta en la Tabla 41. Se comprueba que el tipo de coagulante no afectó significativamente al tiempo de coagulación ni al rendimiento quesero, cuyos valores son similares a los obtenidos en los trabajos anteriores con leche pasteurizada y con leche cruda (tiempo de coagulación: 24,33±0,94 y 28,00±0,47 minutos y rendimiento quesero: 25,21±0,36 y 25,17±0,24 % respectivamente), sin embargo influyó en la composición del suero, que presentó un contenido de ES significativamente mayor con el cuajo animal que con el coagulante vegetal. Sin embargo, el contenido en grasa y proteína no se vieron afectados significativamente por el tipo de cuajo. La fabricación sólo afectó significativamente al contenido en proteína del suero, que fue mayor en la tercera fabricación (2,00±0,02) que en la primera (1,90±0,02) y segunda fabricaciones (1,93±0,02). Esta mayor pérdida de proteína puede ser debida al deterioro de las características reológicas de la leche al avanzar la lactación.

Tabla 41. Efecto del tipo de coagulante sobre el tiempo de coagulación, el rendimiento quesero y la composición del suero (media±ES).

Variables	Cuajo animal	Coagulante vegetal	± ES	Sign. Estadística
Tiempo de coagulación (min)	23,33	21,67	3,11	ns
Rendimiento quesero (%)	25,67	24,95	1,11	ns
Composición del suero:				
Extracto seco (%)	9,72	9,40	0,07	**
Grasa (%)	1,33	1,17	0,10	ns
Proteína (%)	1,93	1,95	0,01	ns

ns: no significativo, \*\*: P<0,01

### 5.3.2. Características físico-químicas de los quesos durante la maduración

El tipo de queso tuvo una gran influencia en sus características físico-químicas (Tabla 42). A excepción del contenido en sal y la actividad de agua, los componentes del queso (ES, grasa y proteína) y el pH se vieron afectados significativamente. Respecto a la fabricación de los quesos (primera, segunda o tercera), sólo se observó un efecto significativo sobre el contenido en ES, proteína y sobre el pH. El día de maduración fue el principal factor de variación que influyó significativamente en todas las características físico-químicas de los quesos. También fue importante la interacción “día de maduración por tipo de queso”, que fue significativa en las restantes variables (ES, grasa, proteína, sal y pH), pero no en la actividad de agua. Dichas interacciones indican que las características físico-químicas de los quesos evolucionan de forma distinta durante la maduración. También se observaron interacciones significativas del tipo de queso con la fabricación para el contenido en ES, proteína, sal y pH, indicando una relación de estos parámetros entre los dos tipos de queso diferente en las tres fabricaciones estudiadas.

Tabla 42. Nivel de significación estadística de los componentes del queso, del pH y la  $a_w$ .

Variables	Tipo	Día	Fab.	Tipo*Día	Tipo*Fab.
ES (%)	***	***	***	***	***
Grasa (%)	***	***	ns	*	ns
Proteína (%)	***	***	***	**	**
Sal	ns	***	ns	***	***
pH	***	***	**	*	***
$a_w$	ns	***	ns	ns	ns

ns: no significativo, \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

En la Tabla 43 se muestran las características físico-químicas de los quesos durante la maduración. El queso V presentó inicialmente un mayor contenido en grasa (+2,82 %), en proteína (+1,26 %) y en ES (+2,75 %) que el queso A. Puesto que la leche utilizada en la fabricación de ambos tipos de queso era la misma, el mayor contenido inicial de ES en V se explicaría por un mayor desuerado de la cuajada con el coagulante vegetal que con el cuajo animal. Posteriormente, a lo largo del periodo de maduración se observó un aumento continuado del ES en ambos tipos de queso, pero las diferencias entre ellos se fueron reduciendo hasta llegar a anularse a los 180 días. Esta evolución es idéntica a la observada para el contenido en grasa, mientras que las diferencias del contenido en proteína entre los dos tipos de queso se redujeron más rápidamente y se anularon a los 90 días de maduración.

Tabla 43. Evolución de los componentes del queso (g/100g de queso),  $a_w$  y del pH durante el periodo de maduración (media $\pm$ ES)

Variables	Tipo de queso	Días de maduración					$\pm$ ES
		1	90	120	180	240	
Extracto Seco	A	55,86 <sup>a,A</sup>	61,67 <sup>b,A</sup>	66,76 <sup>c,A</sup>	70,67 <sup>d</sup>	73,15 <sup>e,A</sup>	0,25
	V	58,61 <sup>a,B</sup>	64,25 <sup>b,B</sup>	68,34 <sup>c,B</sup>	71,30 <sup>d</sup>	74,41 <sup>e,B</sup>	0,25
Grasa	A	30,56 <sup>a,A</sup>	35,11 <sup>b,A</sup>	37,55 <sup>c,A</sup>	41,50 <sup>d</sup>	43,25 <sup>e</sup>	0,35
	V	33,38 <sup>a,B</sup>	37,17 <sup>b,B</sup>	38,83 <sup>c,B</sup>	42,05 <sup>d</sup>	44,05 <sup>e</sup>	0,35
Proteína	A	19,65 <sup>a,A</sup>	21,82 <sup>b</sup>	23,47 <sup>c</sup>	24,48 <sup>d</sup>	24,85 <sup>d,A</sup>	0,18
	V	20,91 <sup>a,B</sup>	22,10 <sup>b</sup>	23,56 <sup>c</sup>	24,47 <sup>d</sup>	25,56 <sup>e,B</sup>	0,18
Sal	A	1,43 <sup>a</sup>	2,63 <sup>b</sup>	2,81 <sup>c</sup>	2,81 <sup>c,A</sup>	3,06 <sup>d,A</sup>	0,06
	V	1,53 <sup>a</sup>	2,60 <sup>b</sup>	2,86 <sup>c</sup>	3,00 <sup>d,B</sup>	2,73 <sup>bc,B</sup>	0,06
$a_w$	A	0,98 <sup>e</sup>	0,96 <sup>d</sup>	0,94 <sup>c</sup>	0,93 <sup>b</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,002
	V	0,98 <sup>e</sup>	0,95 <sup>d</sup>	0,94 <sup>c</sup>	0,93 <sup>b</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,002
pH	A	5,35 <sup>ab</sup>	5,37 <sup>b,A</sup>	5,40 <sup>b</sup>	5,42 <sup>b</sup>	5,65 <sup>c,A</sup>	0,02
	V	5,34 <sup>ab</sup>	5,30 <sup>a,B</sup>	5,34 <sup>ab</sup>	5,39 <sup>b</sup>	5,50 <sup>c,B</sup>	0,02

<sup>a-e</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

<sup>A-B</sup> Medias en la misma columna para la misma variable con diferente superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

Respecto al efecto de la fabricación, cabe señalar que hay una gran uniformidad en las características físico-químicas de los quesos en las tres fabricaciones, con reducidos intervalos de variación para cada queso (Tabla 44). Se observa que el contenido en ES y grasa siempre fue mayor en V que en A, mientras que el contenido en proteína presentó menos diferencias entre quesos. Se puede concluir que las diferencias encontradas entre las fabricaciones son poco relevantes.

El mayor contenido de ES y grasa observado en el queso V respecto al queso A coincide con los resultados de Sanjuán *et al.* (2002), Tejada y Fernández-Salguero (2003) y Fernández-Salguero *et al.* (2003), sin embargo Prados *et al.* (2007) encontraron valores similares en ambos tipos de queso. En este sentido, Galán *et al.* (2008) comprobaron que el contenido en ES y grasa fue similar en los quesos V y A con dosis bajas de coagulante vegetal, pero con mayor cantidad de este coagulante, tanto el ES como el contenido en grasa fueron superiores en el queso V durante un periodo de maduración de 180 días. Sanjuán *et al.* (2002) señalaron que el coagulante vegetal parece presentar

una mayor capacidad para capturar los componentes grasos de la cuajada que el cuajo animal.

Tabla 44. Efecto de la fabricación sobre los componentes del queso (g/100g de queso),  $a_w$  y pH durante el periodo de maduración (media $\pm$ ES)

Variables	Tipo de queso	Fabricación			$\pm$ ES
		1	2	3	
Extracto Seco	A	66,74 <sup>a,A</sup>	65,94 <sup>b,A</sup>	64,18 <sup>c,A</sup>	0,19
	V	67,36 <sup>B</sup>	67,36 <sup>B</sup>	67,43 <sup>d,B</sup>	0,19
Grasa	A	37,60 <sup>a,A</sup>	37,97 <sup>b,A</sup>	37,19 <sup>a,A</sup>	0,27
	V	38,67 <sup>B</sup>	39,33 <sup>B</sup>	39,30 <sup>B</sup>	0,27
Proteína	A	23,46 <sup>C</sup>	22,85 <sup>b</sup>	22,21 <sup>a,A</sup>	0,14
	V	23,42 <sup>b</sup>	23,17 <sup>ab</sup>	23,37 <sup>a,B</sup>	0,14
Sal	A	2,44 <sup>a,A</sup>	2,45 <sup>a,A</sup>	2,74 <sup>b,B</sup>	0,04
	V	2,62 <sup>b,B</sup>	2,58 <sup>b,B</sup>	2,43 <sup>a,A</sup>	0,04
$a_w$	A	0,94	0,94	0,94	0,002
	V	0,94	0,94	0,94	0,002
pH	A	5,48 <sup>b,A</sup>	5,41 <sup>a,A</sup>	5,42 <sup>a,A</sup>	0,02
	V	5,30 <sup>a,B</sup>	5,47 <sup>c,B</sup>	5,36 <sup>b,B</sup>	0,02

<sup>a-c</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

<sup>A-B</sup> Medias en la misma columna para la misma variable con diferente superíndice difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

La grasa en el queso es un elemento importante que influye en las propiedades físicas y sobre todo en el desarrollo del sabor. Su contenido en porcentaje del ES se expone en la Figura 23, donde se comprueba que el queso V presentó unos valores significativamente superiores al queso A únicamente el primer día después de la fabricación. Se observó un aumento del contenido en grasa en los dos tipos de queso hasta los 180 días de maduración, alcanzando finalmente unos valores de  $59,17 \pm 0,47$  % en el queso A y  $59,21 \pm 0,47$  % en el queso V, por lo que pueden ser considerados como quesos grasos según el RD113/2006.

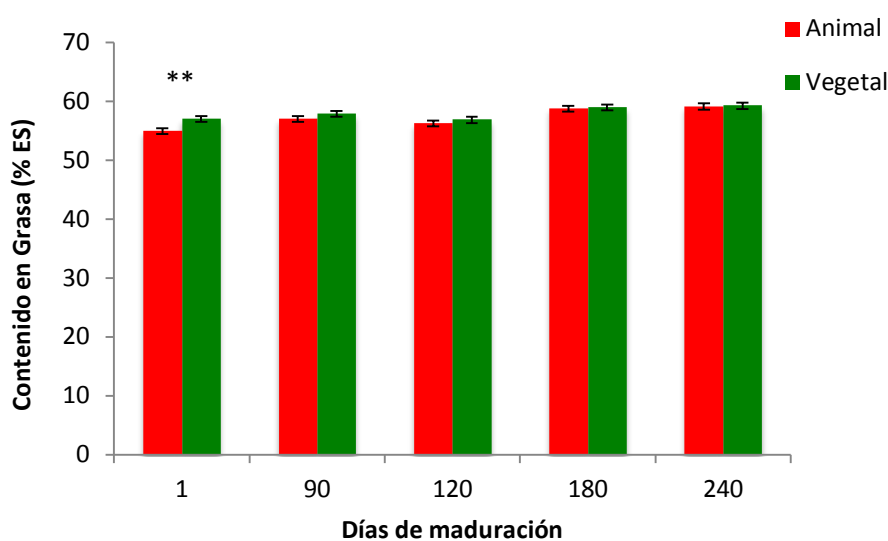


Figura 23. Evolución del contenido en grasa (% ES) de los quesos elaborados con cuajo animal o vegetal a lo largo de la maduración.

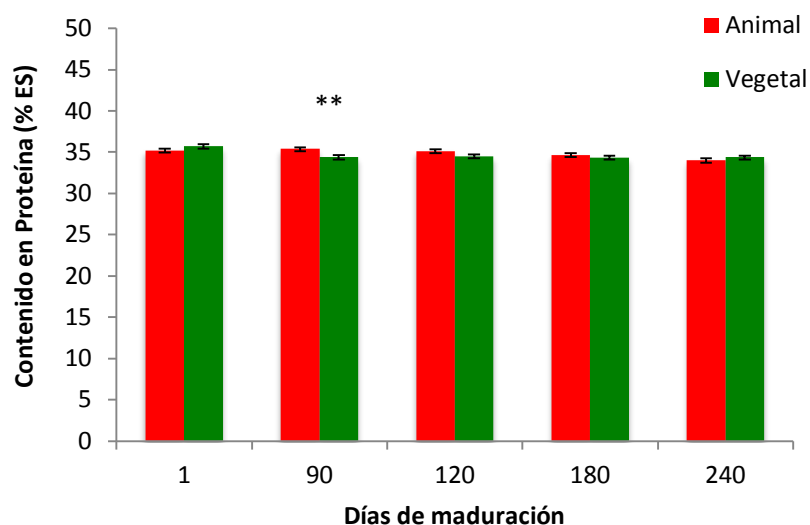


Figura 24. Evolución del contenido proteico (% ES) de los quesos elaborados con cuajo animal o coagulante vegetal a lo largo de la maduración.

El contenido de proteína en porcentaje del ES (Figura 24) presentó una interacción significativa ( $P < 0,05$ ) del “tipo de coagulante con el día de maduración”, indicando una evolución diferente de este componente en los dos tipos de queso. En general se observó un descenso del contenido proteico durante la maduración, pero en V este descenso tuvo lugar en los primeros 90 días y después se mantuvo constante hasta los 240 días, mientras que en A el nivel inicial de proteína permaneció durante los primeros 120 días y a continuación fue descendiendo de forma progresiva. Inicialmente no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los quesos V y A, pero a los 90 días V presentó valores más bajos que A y posteriormente no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los quesos. Finalmente los valores de proteína fueron de  $34,35 \pm 0,24$  % en V y  $33,98 \pm 0,24$  % en A, valores similares los obtenidos por Licón *et al.* (2015) en quesos Manchegos.

Sobre el efecto del tipo de coagulante (animal o vegetal) en el contenido proteico de los quesos existen datos contradictorios en la bibliografía. Así, Sanjuán *et al.* (2002) encontraron valores de proteína más bajos en V que en A, sin embargo, Prados *et al.* (2007) y Galán *et al.* (2008) observaron valores similares de proteína en los dos tipos de queso, incluso con diferentes dosis de coagulante vegetal (una alta y otra baja) durante un periodo de maduración de 180 días.

El contenido en sal aumentó con la pérdida de humedad de los quesos durante la maduración. Este aumento fue más importante en los primeros 90 días y después aumentó lentamente, con pequeñas variaciones entre los quesos, presentando unos valores a partir de los 120 días que estaban comprendidos entre  $2,73$  y  $3,00 \pm 0,06$  % en V y  $2,81$  y  $3,06 \pm 0,06$  % en A. Aunque el número de fabricación no afectó significativamente al contenido en sal, en la Tabla 44 se observa que cuando se considera todo el periodo de maduración en conjunto, la interacción tipo de queso con fabricación muestra que V presentó unos valores superiores a A en las dos primeras fabricaciones, mientras que en la tercera fabricación el contenido en sal fue más alto en A que en V. Sin embargo estas diferencias son poco relevantes.

La actividad de agua, que fue casi idéntica en los dos tipos de quesos, se redujo de forma progresiva durante la maduración, desde  $0,98 \pm 0,002$  el día 1 hasta  $0,91 \pm 0,002$  el día 240.

El pH aumentó a lo largo de la maduración y, aunque solo hubo diferencias significativas entre los quesos a los 90 y 240 días, con valores superiores en A que en V, en todo el periodo de maduración conjuntamente el pH fue mayor en A que en V ( $5,44 \pm 0,009$  vs  $5,37 \pm 0,009$ , respectivamente). En cada tipo de queso, los valores de pH no difieren significativamente durante gran parte de la maduración, en los primeros 120 días para V y 180 días para A, y en ambos casos se observó el aumento más importante del pH desde los 180 a los 240 días de maduración. El número de fabricación influyó en el valor del pH, y la interacción del tipo de queso con la fabricación se produce con diferencias poco relevantes entre los quesos y sin una tendencia clara entre ellos, por lo que el efecto de la fabricación sobre el pH ha sido poco importante en cada queso.

### 5.3.3. Aspecto y conservación de los quesos maduros

En la Figura 25 se muestran los quesos elaborados con cuajo animal (G1) y con coagulante vegetal (G2) en las 3 fabricaciones realizadas (F1, F2 y F3, respectivamente) a los 90 días de maduración. Se observa un aspecto y tamaño similares entre ellos. Sin embargo en la Figura 26, donde se exponen estos quesos con 240 días de maduración, se comprueba que los quesos A situados a la izquierda de la imagen presentan menor tamaño y peor aspecto que los quesos V situados a la derecha.

Esta reducción del tamaño y la deformación observada en el queso elaborado con cuajo de cordero está relacionada con la pérdida de humedad durante la maduración, que fue mayor en A (17,29 %) que en V (15,80 %), debido al mayor contenido inicial de humedad del queso A. Sin embargo estas diferencias no justifican la reducción del tamaño observado en el queso A respecto al queso V. Quizás sea debido a que las muestras para realizar los análisis químicos se tomaron del centro de la masa del queso, que mantiene la humedad, pero la zona periférica estaba más deshidratada en A que en V y por ello el deterioro fue mayor. Los quesos de un tamaño aproximado de 1,2 kg, como los de este trabajo, soportan mejor periodos de maduración de 240 días si han sido elaborados con coagulante vegetal que con cuajo de cordero, mostrando un periodo comercial más largo en el primer caso.



Figura 25. Quesos elaborados con cuajo de cordero (G1) y con coagulante vegetal (G2) a los 90 días de maduración en las tres fabricaciones (F1, F2 y F3)



Figura 26. Quesos elaborados con cuajo de cordero (izqda.) y con coagulante vegetal (drcha.) a los 240 días de maduración en las tres fabricaciones.

#### 5.3.4. Evolución del nitrógeno soluble y aminoácidos libres

Los índices utilizados para describir los cambios proteolíticos que ocurren en los quesos durante la maduración (Tabla 45): NS, NS/NT y aminoácidos libres se vieron afectados significativamente por el tipo de queso y el día de maduración. La fabricación también afectó significativamente al NS y NS/NT, pero no tuvo efectos significativos sobre el nivel de aminoácidos libres. Las interacciones del tipo de queso con el día de maduración fueron significativas en los índices de proteólisis estudiados, cuya evolución durante la maduración se ha representado en la Figura 35. La interacción del tipo de queso con la fabricación no fue significativa, indicando que las

diferencias entre los quesos V y A son similares en las diferentes fabricaciones.

Tabla 45. Nivel de significación estadística de los factores estudiados sobre las variables de proteolisis.

Variables	Tipo de queso	Día	Fabricación	Tipo x Día	Tipo x Fab.
NS	***	***	**	*	ns
NS/NT	***	***	**	*	ns
AAL	***	***	ns	***	ns

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001; NS: nitrógeno soluble; NT: nitrógeno total; AAL: aminoácidos libres.

Se observa en la Figura 27 que los valores de NS, NS/NT y los aminoácidos libres aumentan durante el periodo de maduración y siempre son mayores en V que en A. Los índices de NS y NS/NT aumentan en A durante todo el periodo de maduración estudiado, mientras que en V este aumento se produce hasta los 180 días y a continuación sus valores se mantienen constantes. Los aminoácidos libres aumentan en los dos tipos de queso en todo el periodo de maduración, pero el aumento observado en V desde 180 a 240 días es mucho mayor que en A.

Los resultados de NS y NS/NT concuerdan con los obtenidos en queso Manchego elaborado con coagulante animal o vegetal y madurado durante 180 días por Prados *et al.* (2006 y 2007), y también con los observados en queso de Los Pedroches (de pasta dura) elaborado con coagulante animal o vegetal y madurado durante 100 días por Fernández-Salguero y Sanjuán (1999). Estos autores observaron unos valores de NS y NS/NT superiores en el queso V que en A, pero encontraron una cantidad similar de aminoácidos libres en V y A. En este sentido, Galan *et al.* (2008) comprobaron que con una dosis baja de coagulante vegetal, el NS era mayor en los quesos V y A, pero el nivel de aminoácidos libres era similar entre ellos, sin embargo con una dosis alta de coagulante vegetal, tanto el NS como los aminoácidos libres eran superiores en V que en A. En el presente trabajo, la cantidad de coagulante vegetal utilizada fue suficientemente alta como para que el nivel de NS/NT y aminoácidos libres fuese superior en V que en A, pero las diferencias entre ambos tipos de queso fueron poco importantes, particularmente en los primeros 180 días.

En queso de La Serena (de pasta blanda) elaborado con coagulante vegetal (preparación directa con flores desecadas: 70 g/litro de agua y utilizando un ml/8 l de leche), el índice de maduración NS/NT a los 30 días alcanzó unos valores de 33 % y a los 60 días de 35 % (Roa *et al.*, 1999), similares a los alcanzados en el presente trabajo después de 120 días de maduración, lo que pone de manifiesto una actividad proteolítica más intensa en dicho queso que la obtenida en el presente trabajo.



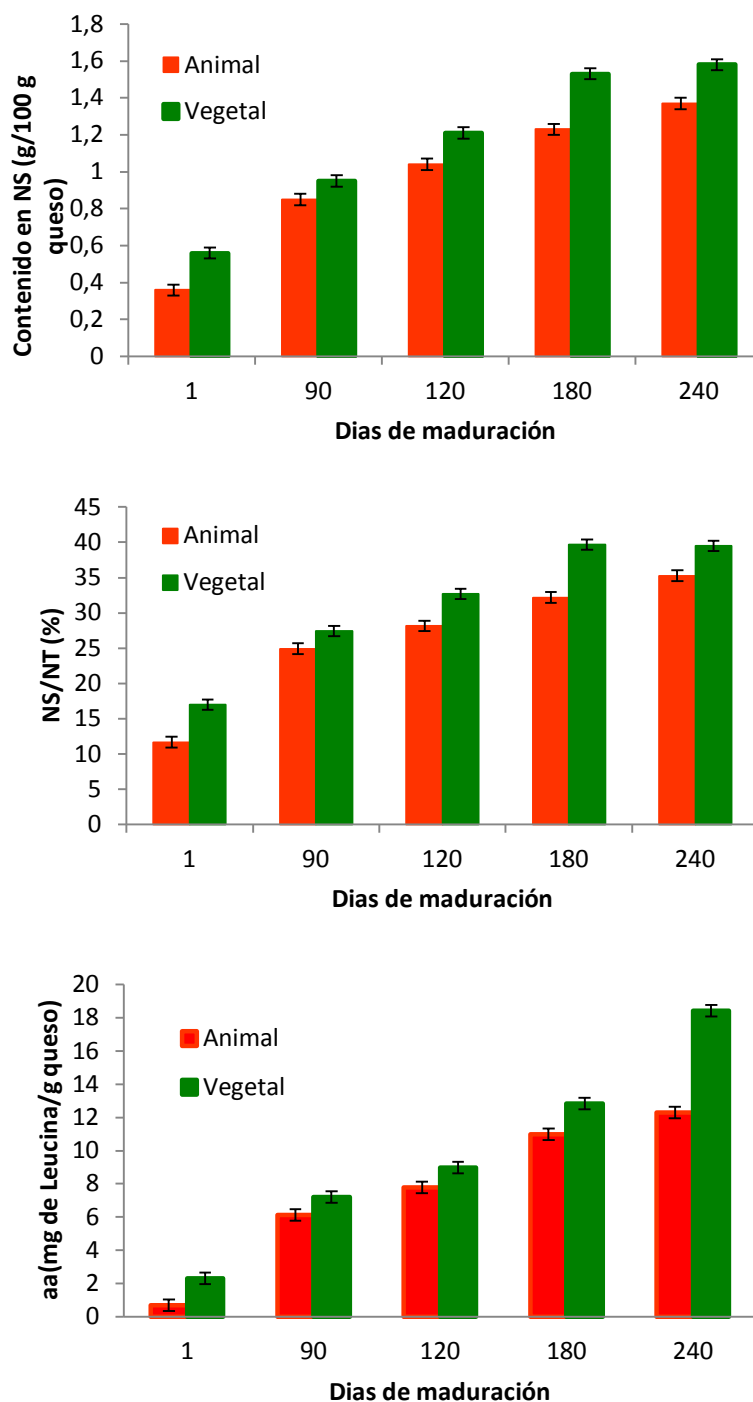


Figura 27. Evolución del NS (g/100 g queso), del NS/NT (%) y de los aminoácidos libres aa (mg Leu/g queso) durante la maduración de los quesos elaborados con cuajo animal o coagulante vegetal

### 5.3.5. Lipolisis

Los efectos del tipo de queso, la fabricación y el día de maduración en que se encuentran los quesos sobre la concentración de AGL se muestran en la Tabla 46. Se observa que el principal factor que influyó significativamente en el perfil de AGL fue el día de maduración. El tipo de queso tuvo poca influencia en la concentración de AGL, a excepción del ácido palmítico que fue significativamente superior en V que en A ( $2,67 \pm 0,15$  vs  $2,04 \pm 0,15$  mg/g grasa, respectivamente). Los

restantes AGL individuales, los de cadena corta (C4–C8), media (C10-C16) o larga ( $\geq$ C18), los saturados, monoinsaturados (MUFA), poliinsaturados (PUFA) y todos en conjunto no se vieron afectados significativamente por el tipo de queso. La interacción del “tipo de queso con el día de maduración” no fue significativa en ningún caso, indicando que la evolución del perfil de AGL durante la maduración fue similar en ambos tipos de queso.

Tabla 46. Resultados del análisis de varianza de los ácidos grasos libres.

Ácidos grasos	Sign. Estadística		
	Tipo	Fabricación	Día
C4:0	ns	*	***
C6:0	ns	*	***
C8:0	ns	ns	***
C10:0	ns	*	***
C12:0	ns	*	***
C14:0	ns	ns	***
C16:0	*	ns	***
C16:1	ns	*	***
C18:0	ns	ns	**
C18:1 (n9)c	ns	*	***
C18:2 (n6)c	ns	**	***
C18:3 (n3)	ns	**	***
AGCC	ns	ns	**
AGCM	ns	ns	***
AGCL	ns	*	***
A.G. Saturados	ns	ns	***
MUFA	ns	*	***
PUFA	ns	**	***
TOTAL	ns	*	***

ns: no significativo, \*: P<0,05, \*\*: P<0,01, \*\*\*: P<0,001

MUFA= ácidos grasos monoinsaturados; PUFA= ácidos grasos poliinsaturados

AGCC, AGCM, AGCL: ácidos grasos de cadena corta (C4-C8), media (C10-C16) y larga ( $\geq$ C18).

Respecto al número de fabricación cabe señalar que influyó significativamente en numerosos AGL individuales (C4:0, butírico; C6:0, caproico; C8:0, caprílico; C12:0, láurico; C16:1, palmitoleico; C18:1, oleico; C18:2, linoleico y C18:3, linoléico), en los AGL de cadena larga, en los MUFA, en los PUFA y en los AGL totales y en el porcentaje de AGL de cadena larga, pero la interacción del “tipo de queso con la fabricación” no fue significativa en ningún caso, mostrando con ello que las posibles diferencias que haya en los AGL entre los dos tipos de queso se repiten en las tres fabricaciones.

La evolución del perfil de AGL de los quesos durante la maduración aparece recogida en la

Tabla 47. Se comprobó en los dos quesos un aumento de la concentración de AGL totales en el periodo de maduración. Durante los primeros 90 días no hubo cambios significativos en los niveles de AGL, pero a los 120 días se observó en ambos quesos un aumento importante. Posteriormente la concentración de AGL en el queso A se mantuvo hasta los 240 días de maduración. Estos resultados indican que la lipólisis tuvo poca importancia en los primeros 90 días y a partir de los 120 días se empezó a adquirir el perfil característico de AGL de los quesos.

La mayor parte de los AGL considerados individualmente aumentaron su concentración durante la maduración. Únicamente el ácido caprílico (C8:0) disminuyó a partir del día 180. También esta evolución fue idéntica en los dos tipos de quesos, pero se comprobó que a los 240 días, los AGL mirístico, palmítico y esteárico fueron más altos en V que en A.

En la Tabla 48 se observa que los AGL de cadena corta no presentaron variaciones importantes a lo largo de la maduración, mientras que los AGL de cadena media y larga aumentaron en este periodo. Los valores de los quesos A y V no difieren entre sí durante la maduración en los AGL de cadena corta y larga, y en los AGL de cadena media solamente se observó un valor significativamente superior en el queso V a los 240 días de maduración. Lo mismo sucedió con los AGL saturados, mientras que los MUFA y los PUFA no difieren significativamente entre los quesos.

En la Figura 28 se ha representado la evolución del porcentaje de AGL de cadena corta, media y larga (% de AGL totales). Se comprueba que los AGL de cadena corta disminuyen en ambos quesos durante la maduración, desde valores iniciales próximos al 20 % hasta valores finales próximos al 8 %. En los AGL de cadena media se observó una tendencia opuesta, ya que aumentaron desde el día 1, con unos valores del 47 % en ambos quesos, hasta el día 240, con unos valores de  $53,08 \pm 1,43$  % en el queso A y  $57,46 \pm 1,43$  % en el queso V. Los valores de este queso fueron significativamente superiores a los del queso A en los 90 días, en los 240 días y en todo el periodo de maduración (media:  $54,05 \pm 0,68$  vs  $50,85 \pm 0,68$  %, respectivamente). En cambio, los AGL de cadena larga presentaron un aumento menor, desde valores próximos al 32 % en los dos quesos el día 1, hasta valores de  $37,89 \pm 1,00$  % en el queso A y  $35,60 \pm 1,00$  % en queso V el día 240, resultando un valor medio significativamente superiores en el queso A que en V ( $35,63 \pm 0,50$  vs  $33,52 \pm 0,50$  %).

Las diferencias en el perfil de ácidos grasos de los quesos muestran que el queso elaborado con coagulante vegetal presenta una mayor proporción de AGL de cadena media y menor proporción de AGL de cadena larga que en el queso A. Estas diferencias entre los quesos empezarán a estar más definidas a partir de los 120 días de maduración, con unos valores aproximados de AGL de cadena media y cadena larga en el queso V de 57 y 35 %, respectivamente y en el queso A de 53 y 37 %, respectivamente.

La elevada proporción de AGL de cadena corta y media concuerda con los resultados de Poveda (2001) en queso Manchego. La importancia de estos AGL ha sido destacada por McSweeney y Sousa (2000), junto a otros compuestos volátiles formados y a la proteólisis, por su contribución a la formación del flavor del queso. Destacan su importancia como compuestos aromáticos y como precursores de compuestos volátiles esenciales para el aroma. En este sentido, Fernández-García *et al.* (1994) definieron el índice de aroma como la relación entre el sumatorio  $\Sigma(C4:0-C10:0)/\Sigma(C12:0-$

C18:0), que expresa el balance entre el aroma y el sabor de un queso. Se considera adecuado si su valor está comprendido entre 30 y 50 %, de manera que una alteración de este índice puede dar lugar a la formación de aromas anormales en los quesos madurados.

En la Tabla 49 se presentan los valores de índice de aroma de los quesos y se observa que el queso V presenta valores comprendidos entre el 30 y 50 % a partir de los 90 días, mientras que el queso A presenta valores superiores hasta después de los 120 días, y se mantiene en el umbral superior de este rango con índices significativamente superiores en el queso A a los 90 días ( $P<0,01$ ), a los 120 y 180 días ( $P<0,05$ ). Estos resultados indican que A es un queso más aromático que V.

Tabla 47. Efecto del tipo de queso y el día de maduración sobre el perfil de AGL (mg/g de grasa) en los quesos (media $\pm$ ES).

Ácidos Grasos	Tipo	Día					$\pm$ ES
		1	90	120	180	240	
C4:0	A	0,14 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,43 <sup>b</sup>	0,42 <sup>b</sup>	0,05
	V	0,11 <sup>a</sup>	0,22 <sup>ab</sup>	0,44 <sup>c</sup>	0,35 <sup>bc</sup>	0,45 <sup>c</sup>	
C6:0	A	0,10 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,34 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,03
	V	0,07 <sup>a</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	0,26 <sup>c</sup>	0,19 <sup>bc</sup>	0,23 <sup>c</sup>	
C8:0	A	0,82 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,43 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,07
	V	0,79 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,47 <sup>c</sup>	0,38 <sup>c</sup>	
C10:0	A	0,44 <sup>a</sup>	0,87 <sup>ab</sup>	1,63 <sup>bc</sup>	2,08 <sup>c</sup>	1,46 <sup>bc</sup>	0,29
	V	0,33 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	1,22 <sup>bc</sup>	1,42 <sup>bc</sup>	2,07 <sup>c</sup>	
C12:0	A	0,25 <sup>a</sup>	0,43 <sup>ab</sup>	0,81 <sup>bc</sup>	0,98 <sup>c</sup>	0,71 <sup>bc</sup>	0,12
	V	0,22 <sup>a</sup>	0,44 <sup>ab</sup>	0,75 <sup>bc</sup>	0,82 <sup>c</sup>	1,02 <sup>c</sup>	
C14:0	A	0,55 <sup>a</sup>	0,76 <sup>ab</sup>	1,42 <sup>c</sup>	1,61 <sup>c</sup>	1,32 <sup>A,bc</sup>	0,19
	V	0,48 <sup>a</sup>	0,95 <sup>a</sup>	1,59 <sup>b</sup>	1,73 <sup>b</sup>	1,95 <sup>B,b</sup>	
C16:0	A	1,20 <sup>a</sup>	1,36 <sup>ab</sup>	2,63 <sup>c</sup>	2,72 <sup>c</sup>	2,30 <sup>A,bc</sup>	0,33
	V	1,09 <sup>a</sup>	1,96 <sup>a</sup>	3,26 <sup>b</sup>	3,45 <sup>b</sup>	3,58 <sup>B,b</sup>	
C16:1	A	0,06 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,02
	V	0,05 <sup>a</sup>	0,10 <sup>ab</sup>	0,16 <sup>bc</sup>	0,18 <sup>c</sup>	0,20 <sup>c</sup>	
C18:0	A	0,48 <sup>a</sup>	0,49 <sup>ab</sup>	0,90 <sup>b</sup>	0,78 <sup>ab</sup>	0,72 <sup>A,ab</sup>	0,12
	V	0,41 <sup>a</sup>	0,62 <sup>ab</sup>	1,14 <sup>c</sup>	0,94 <sup>bc</sup>	1,10 <sup>B,c</sup>	
C18:1 (n9)c	A	1,05 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	3,37 <sup>b</sup>	3,39 <sup>b</sup>	2,87 <sup>b</sup>	0,36
	V	0,85 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	2,82 <sup>b</sup>	2,77 <sup>b</sup>	3,57 <sup>b</sup>	
C18:2 (n6)c	A	0,19 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,65 <sup>b</sup>	0,57 <sup>b</sup>	0,07
	V	0,14 <sup>a</sup>	0,29 <sup>ab</sup>	0,51 <sup>c</sup>	0,48 <sup>bc</sup>	0,65 <sup>c</sup>	
C18:3 (n3)c	A	0,02 <sup>q</sup>	0,06 <sup>q</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,01
	V	0,02 <sup>a</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,08 <sup>b</sup>	0,09 <sup>bc</sup>	0,13 <sup>c</sup>	
TOTAL	A	5,30 <sup>a</sup>	7,00 <sup>a</sup>	13,38 <sup>b</sup>	13,67 <sup>b</sup>	11,27 <sup>b</sup>	1,51
	V	4,57 <sup>c</sup>	7,91 <sup>c</sup>	13,01 <sup>d</sup>	12,90 <sup>d</sup>	15,35 <sup>d</sup>	
	<i>media</i>	4,93 <sup>a</sup>	7,45 <sup>a</sup>	13,20 <sup>b</sup>	13,29 <sup>b</sup>	13,31 <sup>b</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Diferentes superíndices en una misma fila difieren estadísticamente ( $P<0,05$ )

<sup>A,B</sup> Diferentes superíndices en una misma columna difieren estadísticamente ( $P<0,05$ )

Tabla 48. Efecto del tipo de queso y del día de maduración en los AGL (mg/g grasa) de cadena corta, media y larga y en los saturados, MUFA y PUFA (media±ES)

Ácidos Grasos	Tipo	Día					±ES
		1	90	120	180	240	
Cadena corta	A	1,05 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	1,64 <sup>b</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,02 <sup>a</sup>	0,11
	V	0,97 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,49 <sup>b</sup>	1,01 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	
Cadena media	A	2,51 <sup>a</sup>	3,52 <sup>ab</sup>	6,69 <sup>c</sup>	7,62 <sup>c</sup>	5,98 <sup>A,bc</sup>	0,90
	V	2,18 <sup>a</sup>	4,19 <sup>a</sup>	6,97 <sup>b</sup>	7,60 <sup>b</sup>	8,83 <sup>B,b</sup>	
Cadena larga	A	1,74 <sup>a</sup>	2,47 <sup>a</sup>	5,05 <sup>b</sup>	4,94 <sup>b</sup>	4,27 <sup>b</sup>	0,54
	V	1,42 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	4,55 <sup>b</sup>	4,94 <sup>b</sup>	4,27 <sup>b</sup>	
A.G. Saturados	A	3,98 <sup>a</sup>	4,92 <sup>ab</sup>	9,03 <sup>c</sup>	9,29 <sup>c</sup>	7,54 <sup>A,bc</sup>	1,07
	V	3,50 <sup>a</sup>	5,80 <sup>a</sup>	9,44 <sup>b</sup>	9,37 <sup>b</sup>	10,79 <sup>B,b</sup>	
MUFA	A	1,11 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	3,57 <sup>b</sup>	3,61 <sup>b</sup>	3,06 <sup>b</sup>	0,37
	V	0,90 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	2,98 <sup>b</sup>	2,95 <sup>b</sup>	3,78 <sup>b</sup>	
PUFA	A	0,21 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,77 <sup>b</sup>	0,68 <sup>b</sup>	0,08
	V	0,16 <sup>a</sup>	0,35 <sup>ab</sup>	0,59 <sup>c</sup>	0,57 <sup>bc</sup>	0,78 <sup>c</sup>	

<sup>a,b,c</sup> Diferentes superíndices en una misma fila difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>A,B</sup> Diferentes superíndices en una misma columna difieren estadísticamente (P<0,05)

Tabla 49. Valores del Índice de aroma a lo largo de la maduración en los tipos de queso animal (A) y vegetal (V) (media±ES)

Variable	Tipo	Días de maduración del queso					±ES
		1	90	120	180	240	
Índice de aroma (%) <sup>(1)</sup>	A	59,01	63,13 <sup>A</sup>	53,58 <sup>A</sup>	50,55 <sup>A</sup>	48,10	4,83
	V	60,02 <sup>c</sup>	44,61 <sup>B,b</sup>	39,78 <sup>B,a</sup>	33,54 <sup>B,a</sup>	39,14 <sup>a</sup>	4,83

<sup>a,b</sup> Diferentes superíndices en una misma fila difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>A,B</sup> Diferentes superíndices en una misma columna difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>(1)</sup> I: ( $\sum C4-C10$ ) / ( $\sum C12-C18$ )

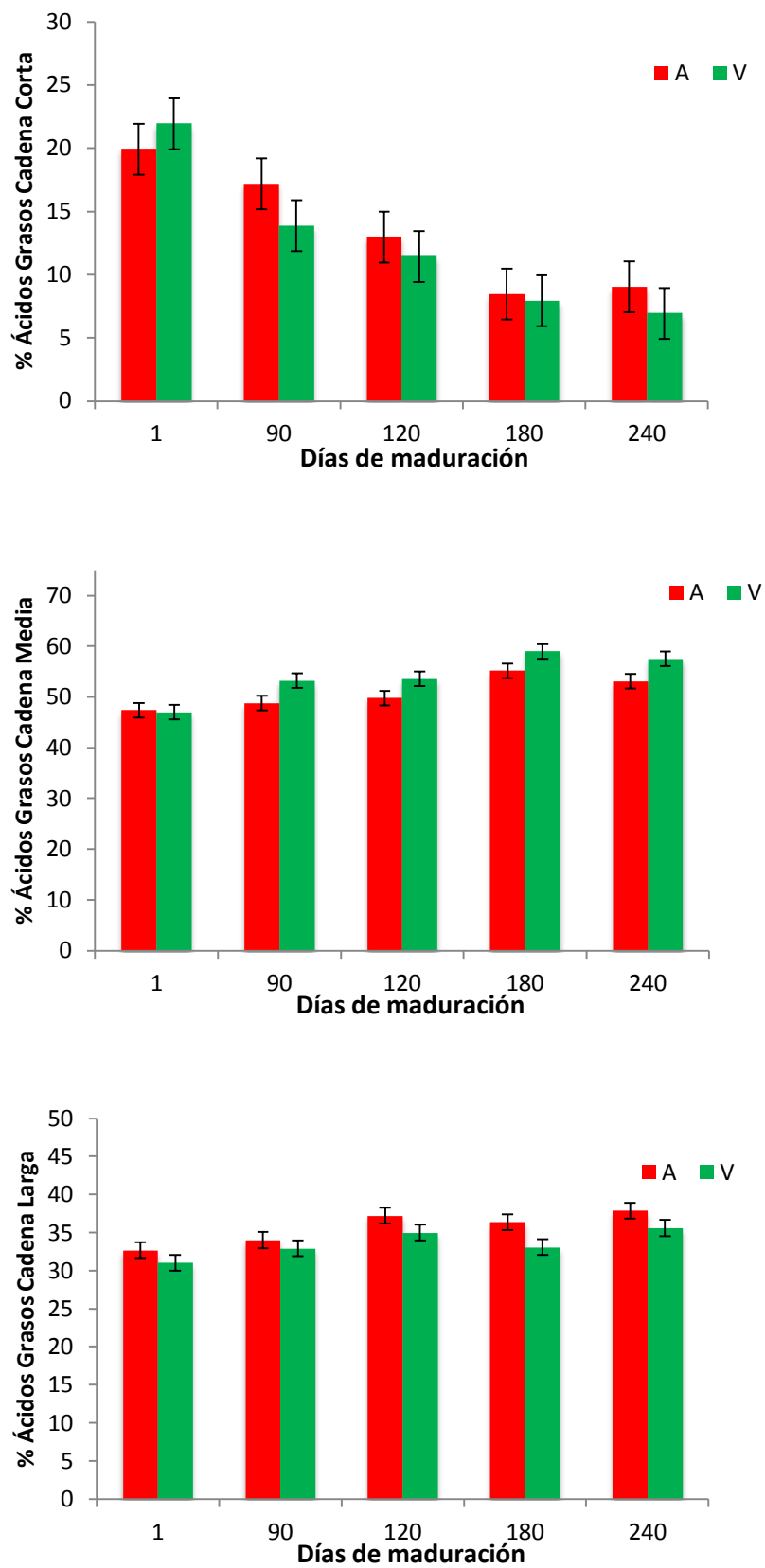


Figura 28. Evolución de la concentración de AGL de cadena corta, media y larga en el porcentaje de los AGL totales.

### 5.3.6. Evaluación del color de los quesos durante la maduración

En la Tabla 50 se exponen los resultados del análisis de varianza de los parámetros del color y en la Figura 29 se representa su evolución durante el periodo de maduración. El tipo de queso influyó significativamente en los parámetros “L”, “a” y “b”. También el día de maduración tuvo un efecto significativo en los parámetros del color, y se comprobó que la interacción del “tipo de queso con el día de maduración” fue significativa en el parámetro “b”, pero no fue significativa para los parámetros “L” y “a”. Ello indica que los valores del parámetro “b” evolucionan durante la maduración de forma distinta en ambos quesos, mientras que la luminosidad y el parámetro “a” evolucionaron de igual forma en los dos tipos de quesos, como se observa en la Figura 29.

Tabla 50. Nivel de significación estadística de los parámetros estudiados sobre las variables del color

Parámetros	Tipo de queso	Fabricación	Día	Tipo x Día	Tipo x Fabricación
L	**	**	***	ns	***
a	***	ns	***	ns	ns
b	***	***	***	***	ns

ns: no significativo; \*\*: P< 0,01; \*\*\*: P<0,001

Respecto a la fabricación, sólo se observó una influencia significativa en los parámetros “L” y “b”. También se comprobó en el parámetro “L” la existencia de una interacción significativa del “tipo de queso con la fabricación”, pero cabe señalar que tanto los valores de luminosidad como los del parámetro “b” variaron en un estrecho margen en las tres fabricaciones (de  $80,38 \pm 0,42$  a  $82,46 \pm 0,42$  para “L” y de  $15,50 \pm 0,09$  a  $16,51 \pm 0,09$  para “b”), por lo que se puede considerar que la fabricación tuvo poca influencia en el color de los quesos.

En la Figura 29 se observa que con el avance de la maduración los quesos perdieron luminosidad, se hicieron más amarillentos (aumentó el parámetro “b”) y tendieron hacia la tonalidad verdosa (aumentaron los valores negativos del parámetro “a”).

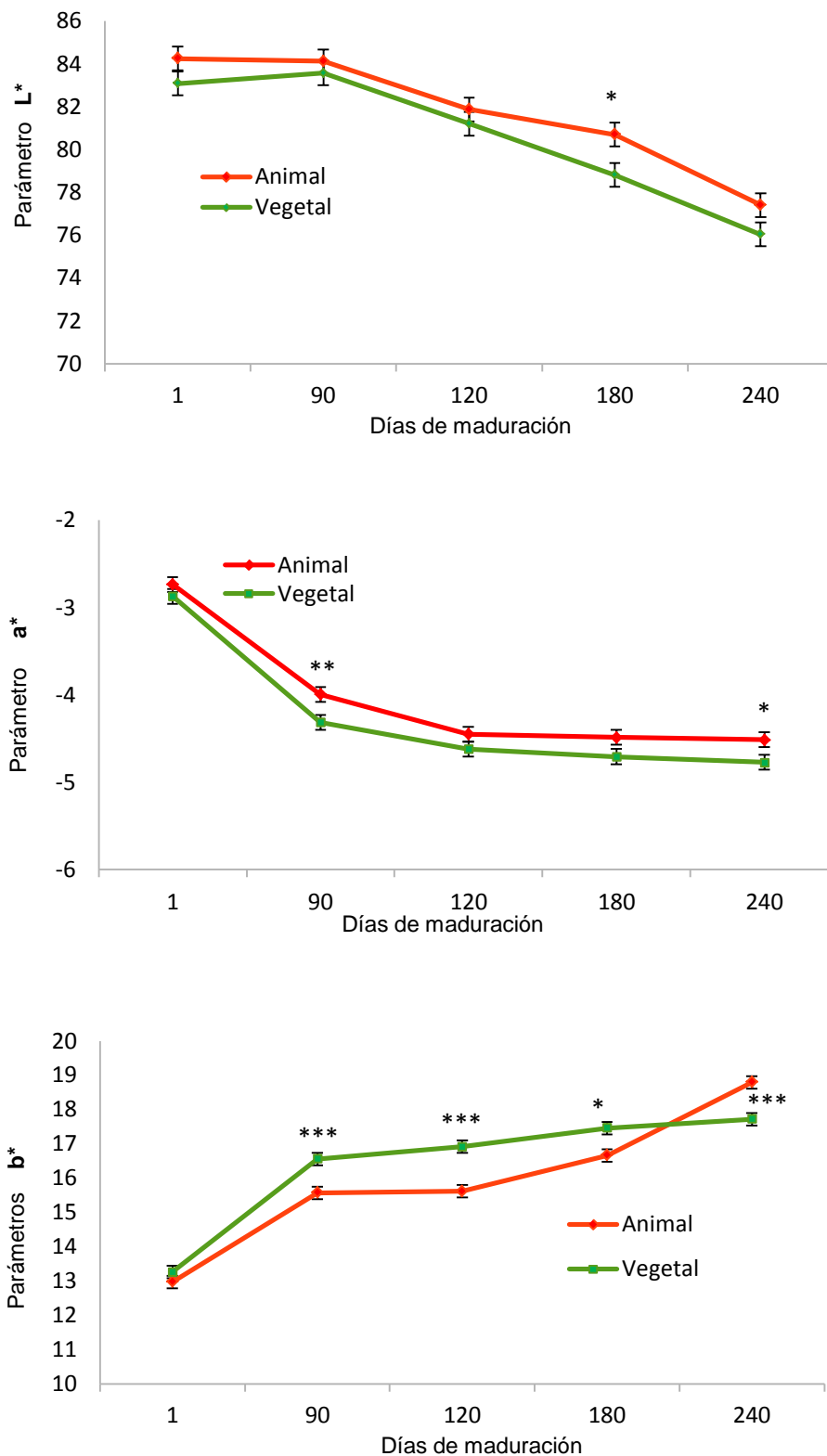


Figura 29. Parámetros de color (L, a y b) durante la maduración de los quesos

En todo el periodo de maduración, el queso V presentó una menor luminosidad y un valor absoluto de los parámetros “a” y “b” superior al queso A. Es decir, el queso V fue menos luminoso,



más amarillento y verdoso que el queso A, pero durante la maduración sólo se observaron diferencias significativas entre los dos tipos de queso en momentos puntuales, para la luminosidad y el parámetro “a”, mientras que el parámetro “b” presentó diferencias significativas entre los quesos a partir de los 90 días. En este parámetro se comprobó que desde el día 90 al 180 de maduración el queso V fue más amarillo que el queso A, pero a los 240 se invierte el orden de los valores, y el queso A fue más amarillo que el queso V. El deterioro que había sido observado en el queso A a los 240 días alteró la evolución de su color.

También Samson *et al.* (2009) comprobaron en V una menor luminosidad, mayor coloración amarilla y tonalidad verdosa que en A. La evolución del color durante el proceso de maduración, en la que los quesos se hicieron más amarillos y oscuros, ha sido observada en otras variedades de quesos de leche de oveja (Pinho *et al.*, 2004), de cabra (Saldo *et al.*, 2002) y de vaca como el Mahón (Frau *et al.*, 1999). Estos últimos autores relacionaron los cambios en los parámetros de color con los procesos bioquímicos (pérdida de humedad, proteólisis y lipólisis) que ocurren durante la maduración.

En la Tabla 51 se muestran las correlaciones de los parámetros de color con los componentes del queso, el pH, la actividad de agua, los índices de proteólisis y de lipólisis. Se comprueba en V y A que los parámetros “L” y “a” están correlacionados positivamente con la actividad de agua, pero su correlación es negativa con el contenido en ES, grasa y proteína, así como con los índices de proteólisis y algunas variables de lipólisis (AGL de cadena media, de cadena larga y AGL total). Los AGL de cadena corta no están correlacionados con los parámetros de color. Sin embargo con el parámetro “b”, las correlaciones son negativas para la actividad de agua ( $P < 0,001$ ) y son positivas para las restantes variables.

Se observa que los parámetros del color están más correlacionados con las variables de lipólisis en V que en A, destacando además el parámetro “b”, que presenta una correlación positiva con la lipólisis en V y no presenta correlación alguna en A.

El pH estuvo correlacionado negativamente con la luminosidad en los dos tipos de queso, pero con los parámetros “a” y “b” sólo hubo correlación en A (negativa para “a” y positiva para “b”), mientras que en V no se observó correlación alguna.

Rohm y Jaros (1997) también observaron correlaciones positivas entre el índice de amarilleamiento (parámetro “b”) de quesos Emmental madurados y el contenido en grasa, ES y NS. Álvarez *et al.* (2007) comprobaron una correlación negativa de la luminosidad con el contenido en ES de los quesos canarios de cabra. Jaramillo *et al.* (2008) también observaron una disminución de la luminosidad y un aumento del valor de “b” con el aumento del ES, de los aminoácidos libres y de la relación NS/NT.

Tabla 51. Coeficientes de correlación de los parámetros del color L, a y b con la composición de los quesos y las variables de proteólisis y lipólisis.

Variables	Parámetros de color					
	L		a		b	
	A	V	A	V	A	V
ES (%)	-0,73 ***	-0,74 ***	-0,84 ***	-0,81 ***	0,76 ***	0,73 ***
Grasa (%)	-0,69 ***	-0,77 ***	-0,80 ***	-0,78 ***	0,75 ***	0,73 ***
Proteína (%)	-0,69 ***	-0,74 ***	-0,83 ***	-0,74 ***	0,72 ***	0,64 ***
pH	-0,64 ***	-0,74 ***	-0,37 ***	<i>ns</i>	0,53 ***	<i>ns</i>
$a_w$	0,65 **	0,75 **	0,88 ***	0,86 ***	-0,85 ***	-0,78 ***
NS	-0,69 ***	-0,79 ***	-0,86 ***	-0,81 ***	0,79 ***	0,73 ***
NS/NT	-0,65 ***	-0,74 ***	-0,87 ***	-0,83 ***	0,80 ***	0,74 ***
AAL	-0,63 ***	-0,79 ***	-0,84 ***	-0,75 ***	0,84 ***	0,69 ***
AGCC	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
AGCM	-0,55 *	0,73 **	-0,68 **	-0,71 **	<i>ns</i>	0,63 *
AGCL	-0,53 *	-0,75 **	-0,68 **	-0,69 **	<i>ns</i>	0,64 **
AGL Totales	-0,53 *	-0,72 ***	-0,67 **	-0,70 **	<i>ns</i>	0,63 *

*ns*: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P< 0,01; \*\*\*: P<0,001

NS: nitrógeno soluble; NS/NT: relación nitrógeno soluble y nitrógeno total; AAL: aminoácidos libres ; AGCC, AGCM, AGCL: ácidos grasos de cadena corta, media y larga.

Las diferencias de color entre V y A, caracterizadas por la menor luminosidad, y mayor tonalidad amarillenta y verdosa de V, podría explicarse por el mayor contenido de este queso en ES, grasa y proteína, así como por los mayores índices de proteólisis que en A.

### 5.3.7. Análisis de textura

La textura de los quesos se vio poco afectada por el tipo de coagulante utilizado en su fabricación (Tabla 52). El tipo de queso afectó significativamente (P<0,05) a la dureza y adhesividad, pero no tuvo efectos significativos sobre la elasticidad, masticabilidad y cohesividad. El día de maduración fue el principal factor que influyó en la textura, ya que a excepción de la adhesividad, los restantes parámetros fueron afectados de forma significativa (dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad). La interacciones del tipo de queso con el día de maduración solo fue significativa para la dureza, lo que refleja una evolución distinta de este parámetro en cada tipo de queso durante la maduración, mientras que los demás parámetros de textura evolucionan de forma similar en ambos quesos, como se muestra en la Figura 30.

Tabla 52. Nivel de significación estadística de los parámetros de textura.

Parámetros	Tipo	Día	Fabricación	Tipo x Día	Tipo x Fabricación
Dureza	*	***	*	*	ns
Elasticidad	ns	***	ns	ns	ns
Masticabilidad	ns	*	ns	ns	ns
Cohesividad	ns	***	ns	ns	ns
Adhesividad	*	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P< 0,01; \*\*\*: P<0,001

La fabricación tuvo poca influencia en los parámetros de textura. A excepción de la dureza, que fue significativamente menor en la tercera fabricación ( $14,37 \pm 0,63$  N) con respecto a la primera y la segunda ( $16,32 \pm 0,63$  y  $16,66 \pm 0,63$  N, respectivamente) el resto de parámetros no se vieron afectados significativamente por la fabricación, y la interacción tipo de queso por fabricación tampoco fue significativa, indicando que las diferencias de los parámetros de textura entre V y A fueron similares en las 3 fabricaciones.

En la Figura 30 se presenta la evolución de los parámetros de textura durante la maduración de los quesos. La dureza aumentó hasta el día 240 de maduración en el queso V, mientras que en queso A este aumento se produjo hasta el día 180, y permaneció sin diferencias significativas hasta el día 180. Entre los dos tipos de queso se observó que el queso V fue más duro que el queso A a los 90 y a los 240 días de maduración.

Otros parámetros como la elasticidad y la cohesividad presentaron un descenso continuado durante la maduración. La masticabilidad aumentó a los 90 días y después presentó unos valores similares a los observados al inicio de la maduración. Por último la adhesividad, que fue mayor en V (valores más negativos) que en A, se mantuvo con pocas variaciones en toda la maduración. En general, se comprueba que los dos tipos de queso presentan una textura bastante similar.

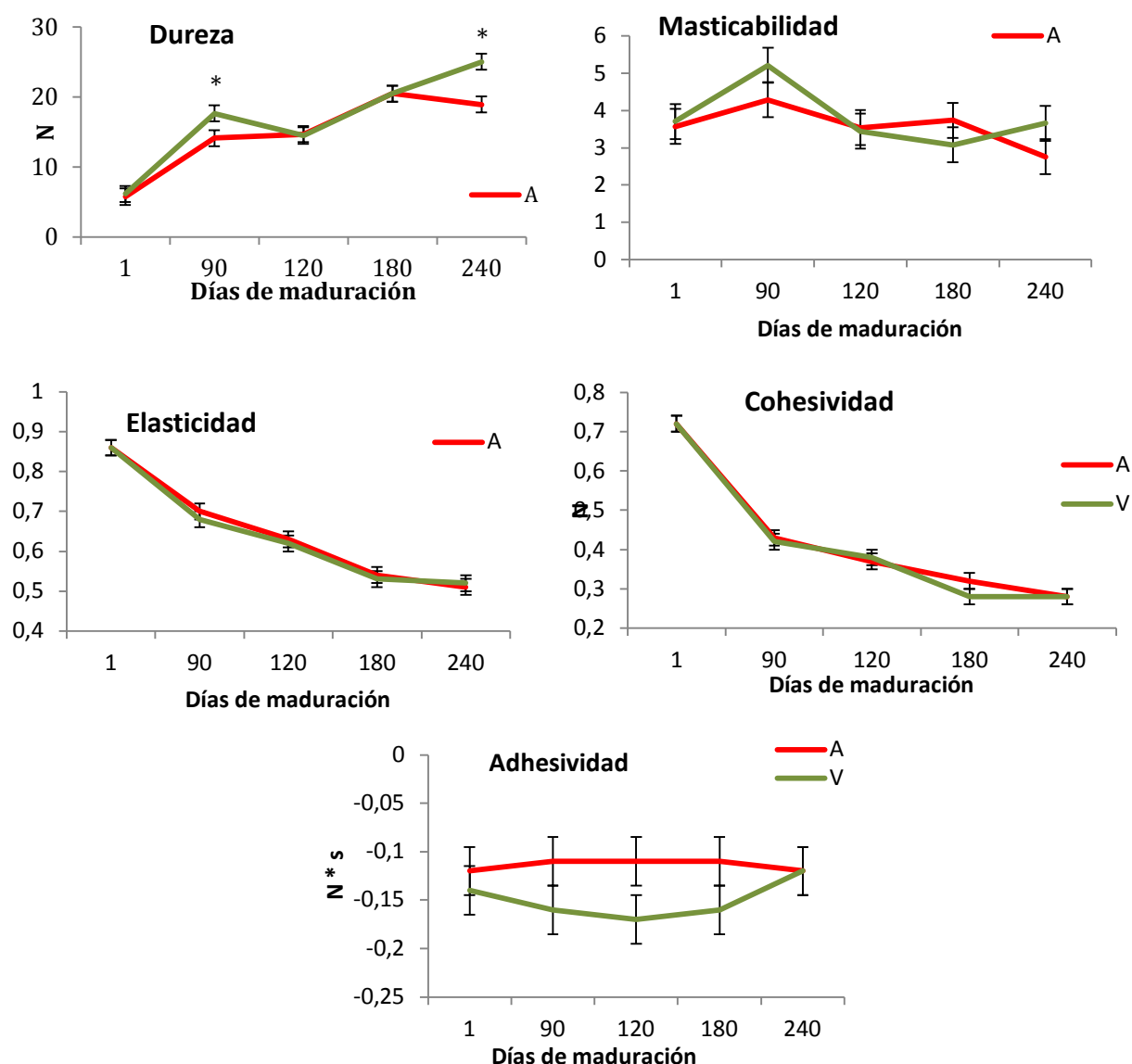


Figura 30. Evolución de los parámetros de textura durante la maduración de los quesos.

### 5.3.8. Análisis sensorial catadores

Los resultados estadísticos del análisis sensorial se muestran en la Tabla 53 y los valores medios de las puntuaciones realizadas por los catadores se exponen en la Tabla 54. Se observa que el tipo de coagulante utilizado no afectó significativamente a los parámetros de olor y textura del queso, pero tuvo un efecto significativo sobre el sabor a leche acidificada, el sabor amargo y la persistencia aromática global. Los quesos elaborados con cuajo de cordero o coagulante vegetal presentaron un olor y textura similares, pero el queso de cuajo animal presentó un mayor sabor a leche acidificada, sabor amargo y una persistencia aromática global más prolongada. Sin embargo, el grado de aceptación global fue alto y similar en los dos tipos de queso.

Estos resultados concuerdan con los del análisis instrumental de textura, en los que se observaron unos valores similares de textura entre los dos tipos de queso en los días 120 y 180 de maduración. También la mayor persistencia aromática del queso A identificada por los catadores

está en concordancia con el mayor valor del índice de aroma encontrado en este queso en el estudio de la lipólisis.

Respecto al efecto de las fabricaciones realizadas, se comprobó su influencia significativa en varios descriptores sensoriales, principalmente en los de textura y sabor, pero las interacciones de la “fabricación con el tipo de queso” no fueron significativas, a excepción del olor a mantequilla, mostrando con ello que las diferencias encontradas entre quesos fueron similares en las 3 fabricaciones.

El grado de maduración del queso influyó en numerosos descriptores sensoriales. Los quesos menos maduros (120 días frente a 180 días) tienen un mayor aroma y sabor a leche acidificada, un mayor sabor salado, dulce y amargo, con una mayor persistencia del sabor amargo y del sabor butírico. Su textura presenta mayor elasticidad y adherencia. Los quesos más maduros (180 días) tienen mayor olor y sabor a vegetal y sabor a fruta sobremadurada, así como intensidad global de aroma. Presentan una mayor firmeza y un mayor tamaño de gránulo y una mayor aceptación global.

Tabla 53. Resultado del análisis de varianza de la valoración sensorial de catadores.

Parámetro	Tipo	Fab.	Día	TipoxDía	TipoxFab.
<b>Olor</b>					
Intensidad	ns	ns	ns	ns	ns
Leche acidificada	ns	ns	***	ns	ns
Mantequilla	ns	ns	ns	ns	ns
Butírico	ns	*	ns	ns	*
Vegetal	ns	ns	*	ns	ns
Fruta sobremadurada	ns	*	ns	ns	ns
<b>Textura</b>					
Elasticidad	ns	*	***	ns	ns
Firmeza	ns	***	**	ns	ns
Adherencia	ns	**	**	ns	ns
Humedad en boca	ns	*	ns	ns	ns
Tamaño gránulo	ns	***	**	ns	ns
<b>Percibidos en boca</b>					
Intensidad global aroma	ns	ns	***	ns	ns
Leche acidificada	***	ns	***	ns	ns
Vegetal	ns	ns	*	ns	ns
Fruta sobremadurada	ns	*	*	ns	ns
Dulce	ns	ns	*	ns	ns
Ácido	ns	ns	ns	ns	ns
Salado	ns	ns	*	ns	ns
Amargo	**	ns	***	ns	ns
Picante	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Persistencia una vez tragado</b>					
Persistencia aromática global	*	ns	ns	ns	ns
Persistencia amarga	ns	ns	**	ns	ns
Persistencia picante	ns	ns	ns	ns	ns
Persistencia butírico	ns	ns	*	ns	ns
<b>Grado aceptación</b>					
	ns	ns	*		

ns: no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

Tabla 54. Valores medios de la evaluación sensorial de los catadores (media± ES)

Parámetro	Tipo queso		Día de maduración	
	Vegetal	Animal	120	180
<b>Olor</b>				
Intensidad	2,86±0,06	2,85±0,06	2,89±0,06	2,83±0,06
Leche acidificada	2,67±0,04	2,83±0,04	<b>2,99±0,04</b>	<b>2,51±0,04</b>
Mantequilla	1,80±0,06	1,73±0,06	1,74±0,06	1,79±0,06
Butírico	2,43±0,04	2,51±0,04	2,51±0,04	2,43±0,04
Vegetal	1,89±0,03	1,90±0,03	<b>1,81±0,03</b>	<b>1,99±0,03</b>
Fruta sobremadurada	1,57±0,07	1,62±0,07	1,52±0,07	1,67±0,07
<b>Textura</b>				
Elasticidad	1,64±0,03	1,64±0,03	<b>1,95±0,03</b>	<b>1,33±0,03</b>
Firmeza	3,01±0,08	2,89±0,08	<b>2,61±0,08</b>	<b>3,30±0,08</b>
Adherencia	2,52±0,03	2,55±0,03	<b>2,71±0,03</b>	<b>2,36±0,03</b>
Humedad en boca	2,39±0,09	2,52±0,09	2,48±0,09	2,44±0,09
Tamaño gránulo	2,30±0,06	2,32±0,06	<b>2,00±0,06</b>	<b>2,62±0,06</b>
<b>Percibidos en boca</b>				
Intensidad global Aroma	3,38±0,02	3,42±0,02	<b>3,28±0,02</b>	<b>3,53±0,02</b>
Leche acidificada	<b>2,55±0,01</b>	<b>2,70±0,01</b>	<b>2,85±0,01</b>	<b>2,40±0,01</b>
Vegetal	2,02±0,04	1,99±0,04	<b>1,88±0,04</b>	<b>2,13±0,04</b>
Fruta sobremadurada	1,73±0,03	1,63±0,03	<b>1,61±0,03</b>	<b>1,75±0,03</b>
Dulce	1,51±0,04	1,43±0,04	<b>1,57±0,04</b>	<b>1,37±0,04</b>
Ácido	3,03±0,06	3,18±0,06	3,11±0,06	3,11±0,06
Salado	3,14±0,04	3,13±0,04	<b>3,27±0,04</b>	<b>3,00±0,04</b>
Amargo	<b>1,70±0,02</b>	<b>1,89±0,02</b>	<b>2,01±0,02</b>	<b>1,58±0,02</b>
Picante	2,85±0,06	2,94±0,06	2,96±0,06	2,82±0,06
<b>Persistencia una vez tragado</b>				
Persist. Aromática global	<b>3,20±0,06</b>	<b>3,46±0,06</b>	3,27±0,06	3,39±0,06
Persist amarga	2,06±0,10	2,21±0,10	<b>2,55±0,10</b>	<b>1,73±0,10</b>
Persist picante	2,74±0,11	2,95±0,11	2,83±0,11	2,86±0,11
Persist butírico	2,82±0,05	2,81±0,05	<b>2,92±0,05</b>	<b>2,71±0,05</b>
<b>Grado de aceptación</b>	5,75±0,27	5,57±0,23	<b>5,32±0,25</b>	<b>6,00±0,23</b>

En negrita valores con diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

### 5.3.9. Análisis sensorial por consumidores

Los resultados del análisis sensorial y las valoraciones del color, del olor y de la aceptación global realizado por los consumidores se exponen en la Tabla 55 y en la Figura 31 para quesos con 120 días de maduración, y en la Tabla 56 y la Figura 32 para quesos con 240 días de maduración.

Los consumidores no encontraron diferencias en la coloración amarilla de los dos tipos de quesos a los 120 días, ni tampoco a los 240 días de maduración. Las diferencias obtenidas mediante el análisis instrumental eran tan pequeñas que no fueron captadas a simple vista. La valoración que realizaron del color (Figura 31) a los 120 días fue bastante alta, de  $7,12 \pm 0,19$  en A y  $6,95 \pm 0,19$  en V; sin embargo a los 240 días (Figura 32) la calificación fue más baja,  $6,61 \pm 0,22$  en A y  $6,65 \pm 0,22$  en V. Estas puntuaciones indican que los consumidores prefieren el queso de color más claro y con mayor

luminosidad de los 120 días que el más oscuro de 240 días de maduración.

El olor de los quesos mostró diferencias significativas entre ellos tanto a los 120 como a los 240 días. Los consumidores manifestaron su preferencia por el olor del queso A de forma significativa a los 120 días, pero a los 240 días, a pesar de encontrar diferencias de olor, no mostraron una preferencia clara por ningún tipo de queso. La valoración del olor (Figura 31) a los 120 días fue significativamente superior en A que en V, tanto en intensidad ( $6,97 \pm 0,24$  vs  $6,28 \pm 0,24$ , respectivamente) como en calidad ( $7,21 \pm 0,21$  vs  $6,39 \pm 0,21$ , respectivamente). Sin embargo, a los 240 días no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de queso. Estos resultados concuerdan con el mayor valor del índice de aroma encontrado en A respecto a V el día 120 de maduración ( $53,58 \pm 4,33$  vs  $39,78 \pm 4,33$ , respectivamente). Sin embargo a los 240 días la diferencia del índice entre los quesos fue menor ( $48,10 \pm 4,33$  en A y  $39,10 \pm 4,33$  en V), y los consumidores detectaron la diferencia mayor de los 120 días, pero no la diferencia de los 240 días.

Los resultados expuestos no concuerdan con los obtenidos por Tejada *et al.* (2003), que observaron una mayor intensidad de olor en el queso V que en el queso A. También Fernández-Salguero *et al.* (2002) y Tejada y Fernández-Salguero (2003) observaron una correlación de la intensidad de olor y las concentraciones de diferentes fracciones nitrogenadas del queso (NS, NT y N aminoácidos libres). En el presente trabajo las fracciones nitrogenadas siempre fueron superiores en V que en A, sin embargo los consumidores no detectaron esa correspondencia con la intensidad de olor.

El sabor de los quesos presentó diferencias significativas entre ellos a los 120 días (A fue más ácido y salado que V), pero no se encontraron diferencias a los 240 días de maduración. El sabor amargo, característico de los quesos elaborados con coagulante vegetal, no se puso de manifiesto entre los consumidores.

Las variables de textura analizadas (dureza y gomosidad) no mostraron diferencia entre quesos a los 120 días, pero a los 240 días se observó una dureza significativamente mayor en A que en V.

Por último, la preferencia de los consumidores resultó idéntica para los dos tipos de queso, tanto a los 120 como a los 240 días. La valoración global (Figuras 31 y 32) fue similar en ambos quesos a los 120 días ( $7,24 \pm 0,22$  vs  $7,08 \pm 0,22$  en A y V, respectivamente), pero fue significativamente mayor en V que en A a los 240 días de maduración ( $7,91 \pm 0,13$  vs  $7,34 \pm 0,16$ , respectivamente).

Un factor de variación importante sobre la valoración de los quesos fue el tipo de consumidor (Tabla 57). Los consumidores habituales de quesos madurados realizaron una valoración significativamente superior que los consumidores más habituados al queso suave, tanto a los 120 como a los 240 días de maduración en ambos tipos de queso, y se observó una interacción significativa del tipo de queso con tipo de consumidor. Dicha interacción se debe a que los consumidores de queso suave realizaron una valoración superior del queso V que del queso A, mientras que los consumidores de queso madurado valoraron de forma similar los dos tipos de queso.

Tabla 55. Valoración sensorial realizada por consumidores en quesos de 120 días (Frecuencias en porcentaje).

Parámetro	Variables	n	A	V	Igual/ninguno	Sig.est
Color	Más amarillo	90	35,6 <sup>b</sup>	44,4 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup>	*
Olor	¿Hay diferencias?	90	Sí=86,7		No=13,3	***
	Preferencia	91	57,1 <sup>c</sup>	35,2 <sup>b</sup>	7,7 <sup>a</sup>	***
Sabor	+ Salado	92	55,4 <sup>c</sup>	32,6 <sup>b</sup>	12 <sup>a</sup>	***
	+ Ácido	94	56,3 <sup>c</sup>	33 <sup>b</sup>	11,7 <sup>a</sup>	***
	+ Amargo	94	36,2	39,4	24,5	ns
	+ Picante	90	45,6 <sup>b</sup>	38,9 <sup>b</sup>	15,6 <sup>a</sup>	**
Persistencia sabor		94	54,3	45,7	-	ns
Textura	+ Duro	94	43,6 <sup>b</sup>	53,2 <sup>b</sup>	3,2 <sup>a</sup>	***
	+ Gomoso	91	45,1	54,9	-	ns
Preferencia Global		94	50	50	-	-

n: número de consumidores

ns no significativo; \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001

<sup>a-c</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

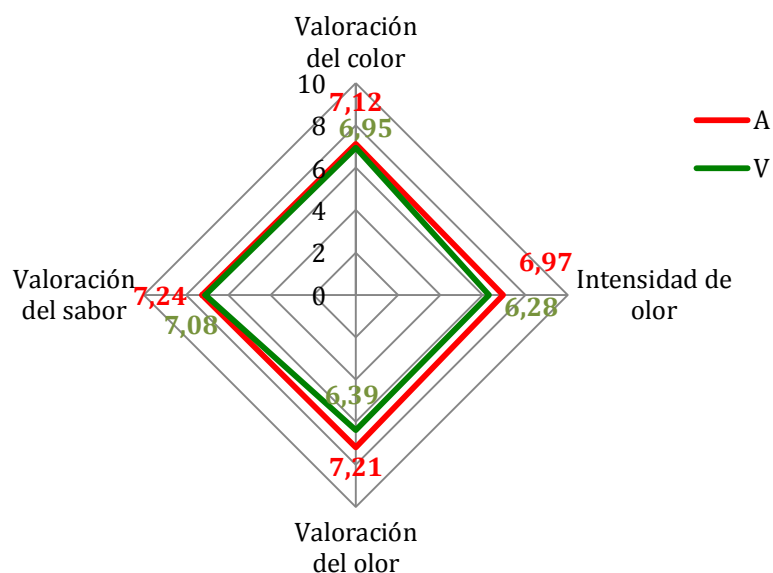


Figura 31. Valoración sensorial de los quesos por los consumidores a los 120 días de maduración (n=94)



Tabla 56. Valoración sensorial realizada por consumidores en quesos de 240 días (Frecuencias en porcentaje).

Parámetro	VARIABLES	n	A	V	Igual	Sig. est.
Color	Más Amarillo	152	37,5 <sup>b</sup>	40,1 <sup>b</sup>	22,4 <sup>a</sup>	*
Olor	¿Hay diferencias?	157	Sí=93		No=7	***
	Preferencia	156	57,1 <sup>c</sup>	35,2 <sup>b</sup>	7,7 <sup>a</sup>	***
Sabor	+ Salado	160	42,5 <sup>b</sup>	34,9 <sup>b</sup>	23,1 <sup>a</sup>	*
	+ Ácido	161	40,4 <sup>b</sup>	43,5 <sup>b</sup>	16,2 <sup>a</sup>	***
	+ Amargo	160	30,6	30,6	38,8	ns
	+ Picante	161	36,7 <sup>b</sup>	39,2 <sup>b</sup>	24,2 <sup>a</sup>	*
Persistencia sabor		148	41,1	58,9	-	ns
Textura	+ Duro	155	58,7	41,3	-	*
	+ Gomoso	151	43,1	56,9	-	ns
Preferencia Global		148	50	50	-	ns

n= número de consumidores; ns: no significativo; \*: P<0,05; y \*\*\*: P<0,001

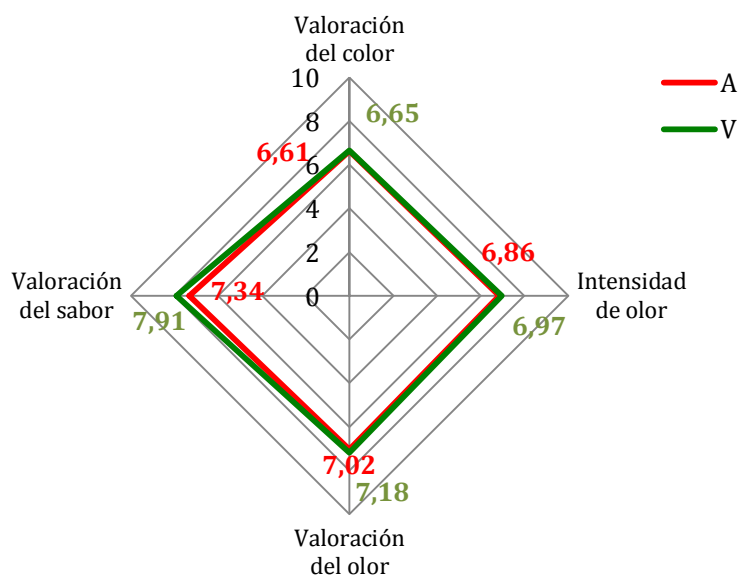


Figura 32. Valoración sensorial de los quesos por los consumidores a los 240 días de maduración (n=160).

Tabla 57. Efecto del tipo de consumidor sobre la valoración global de los quesos (media±ES)

Días de maduración	Tipo de queso	Tipo de consumidor		Signif. estadística
		Queso Suave	Queso Madurado	
120	A	6,40±0,40	8,08±0,17	ns
	V	6,37±0,36	7,79±0,17	
		6,39±0,29	7,93±0,12	
240	A	6,50±0,31 <sup>a</sup>	8,18±0,92 <sup>b</sup>	***
	V	7,90±0,24 <sup>b</sup>	7,93±0,09 <sup>b</sup>	

ns: no significativo, \*\*\*: P<0,001

<sup>a-b</sup> Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

#### 5.4. Conclusiones

- El coagulante vegetal no afectó al tiempo de coagulación ni al rendimiento quesero.
- La utilización de coagulante vegetal redujo el contenido en ES del suero y aumentó inicialmente el contenido en ES y grasa del queso, respecto al cuajo de cordero, pero tuvo poca influencia sobre la proteína, el pH, la actividad de agua y contenido en sal del queso.
- Las pérdidas de humedad durante la maduración son menores en el queso elaborado con coagulante vegetal y las piezas de queso, de pequeño formato (1 kg aproximadamente), se conservan mejor durante un periodo superior a 6 meses que el queso de cuajo animal, lo que representa una ventaja comercial.
- Los quesos de coagulante vegetal presentaron una mayor proteólisis que los de cuajo animal, pero el grado de lipólisis fue similar en los dos tipos de queso. No obstante, los ácidos grasos responsables del aroma fueron más altos en quesos de cuajo animal que en los de coagulante vegetal, diferencia que fue captada por los catadores y por los consumidores en su valoración indicando como más aromático el queso de cuajo animal.
- Los quesos de coagulante vegetal son más amarillentos y oscuros que los de cuajo animal, aunque a simple vista no se detectan diferencias de color.
- Tanto en el análisis instrumental de la textura como en el sensorial, los dos tipos de queso resultaron similares, pero los consumidores identificaron el queso de cuajo animal más duro que el queso elaborado con coagulante vegetal, en quesos con más de 6 meses de maduración.
- Sensorialmente, los quesos elaborados con cuajo de cordero o coagulante vegetal fueron muy parecidos, y el grado de aceptación global por el panel de catadores fue alto y similar en los dos quesos. Sin embargo, el queso de cuajo animal presentó un mayor sabor a leche acidificada, y un sabor amargo y una persistencia aromática global más prolongada.
- El grado de maduración del queso influyó en numerosos descriptores sensoriales. Los quesos menos maduros (120 días) presentaron un mayor aroma y sabor a leche acidificada, un mayor sabor salado, dulce y amargo, con una mayor persistencia del sabor amargo y del sabor butírico. Su textura presenta mayor elasticidad y adherencia. Los quesos más maduros (180 días) presentaron mayor olor y sabor a vegetal y sabor a fruta sobremadurada, así

---

como intensidad global de aroma. Y mostraron una mayor firmeza y un mayor tamaño de gránulo y una mejor aceptación global.

- La valoración global de los consumidores fue alta en los dos quesos, aunque sin mostrar una preferencia clara por ninguno de ellos. La puntuación fue superior en los más habituados al consumo de queso madurado. No obstante, en quesos con más de 6 meses de maduración, los consumidores menos habituados a este tipo de queso valoran mejor el elaborado con coagulante vegetal que el de cuajo animal.
- El queso elaborado con coagulante vegetal presenta ventajas comerciales importantes y sería conveniente realizar más estudios que ayuden a definir el proceso de elaboración y las características de este tipo de queso en la oveja Guirra.



# Conclusiones generales



## 6. CONCLUSIONES GENERALES

La oveja Guirra ha sido ordeñada tradicionalmente en zonas de agricultura intensiva de la Comunidad Valenciana, lo que la ha relegado a un segundo plano y se le ha prestado poca atención.

En esta tesis se aporta información sobre el nivel productivo y la composición de la leche de la oveja Guirra, manejada en las mismas condiciones que la oveja Manchega, que es la raza autóctona española con mayor censo de animales en ordeño. Se comprueba que la producción de leche ordeñada es de unos 100 litros por lactación (120 días de ordeño después del destete a los 42 días), inferior a las ovejas de raza Manchega en nuestro rebaño (132 litros), pero similar a la que presentan otros rebaños de razas autóctonas no incorporados en programas de selección. Este nivel de producción ha sido el punto de partida común para numerosas razas lecheras (Manchega, Churra, Latxa y Lacaune) que han aplicado programas de selección y hoy presentan producciones muy superiores.

Respecto a la aptitud al ordeño, aunque no se ha profundizado en su estudio ya que no era el objetivo de este trabajo, se ha comprobado que los animales tienen un ordeño fácil, en el que la proporción de leche a máquina representa el 71 % de la leche ordeñada. Tanto la producción como la proporción de leche a máquina podrían mejorarse mediante la selección.

En relación a la composición de la leche, la oveja Guirra muestra unos valores similares a la oveja Manchega, presenta un buen comportamiento tecnológico en quesería y los rendimientos queseros observados son equivalentes a los de esta raza. Por lo tanto, se trata de una raza interesante para la producción de leche con destino a la producción de queso. Además, la leche de oveja Guirra presenta un perfil de ácidos grasos libres particular, que podría ser uno de los factores determinantes de la tipicidad de sus quesos.

Una vez analizadas las particularidades que ofrece la leche de oveja Guirra y sus quesos, en relación con el queso de oveja Manchega, se estudia la elaboración de quesos de pasta dura con coagulante vegetal, que es poco frecuente en el mercado y puede ser un producto interesante. Así el queso de oveja Guirra, elaborado con leche cruda y coagulante vegetal, podría ser un producto diferenciado en el mercado, no solo por el perfil de ácidos grasos libres diferente de la leche, sino por la mayor proteólisis observada debido al efecto del coagulante vegetal. En este sentido, sería interesante continuar el estudio iniciado en esta tesis con vistas a obtener unos quesos diferenciados, que ayuden a enriquecer la oferta de quesos valencianos y que contribuyan a asegurar el futuro de esta raza.





# Bibliografía

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, A. 2010. Caracterización del queso de Murcia al Vino. Efecto de la utilización de diferentes coagulantes. Tesis doctoral. Universidad Católica San Antonio.
- AGRAMA. 2015. <http://www.agrama.org>. Visitada el 26/11/2015.
- Alais, Ch. 1985. Ciencias de la leche. 4ª Edición. Reverté, Barcelona. pp: 873.
- Albenzio, M., Caroprese, M., Santillo, A., Marino, R., Taibi, L., Sevi, A. 2004. Effects of somatic cell count and stage of lactation on the plasmin activity and cheese-making properties of ewe milk. *J. Dairy Sci.*, 87:533-542.
- Albenzio, M., Santillo, A. 2011. Biochemical characteristics of ewe and goat milk: Effect on the quality of dairy products. *Small Ruminant Res.*, 101:33-40.
- ANCHE. 2015. <http://www.anche.org>. Visitada el 9/11/2015.
- Anifantakis, E.M. 1986. Comparison of the physico-chemical properties of ewe's and cow's milk. *International Dairy Federation. Bulletin No. 202*, 42-53.
- ANGUIRRA. 2015. <http://www.anguirra.com>. Visitada el 9/11/2015.
- Antoniou, K.D.; Petridis, D.; Raphaelis, S.; Ben Omar Esteloot, R. 2000. Texture assessment of French cheeses. *J. Food Sci.*, 1:68-172.
- Arias, R., Oliete, B., Ramón, M., Arias, C., Gallego, R., Montoro, V., Gonzalo, C., Pérez-Guzmán, M.D. 2012. Long-term study of environmental effects on test-day somatic cell count and milk yield in Manchega sheep. *Small Ruminant Res.*, 106:92-97.
- Arroyo, M., García C. 1988. Quesos de España. Editorial Espasa Calpe.
- Attaie, R., Richter, R.L. 2000. Size distribution of fat globules in goat milk. *J. Dairy Sci.* 83:940-944.
- Ariznabarreta, A. 1999. El recuento celular de la leche como método indirecto de diagnostic de mastitis subclínicas en el ganado ovino de raza Churra. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- Barbosa, E., Oliveira, C., Casal, S., Oliveira, B., Arranz, J.J., De La Fuente, L.F., San Primitivo, F. 2007. Efecto de la raza sobre la concentración de ácidos grasos en la leche ovina. *Arch. Zootec.*, 56:681-686.
- Barillet, F., Marie, C., Jacquin, M., Lagriffoul, G., Astruc, J.M. 2001. The French Lacaune dairy sheep breed: use in France and abroad in the last 40 years. *Livest. Prod. Sci.*, 71:17-29.
- Barron, L.J., Redondo, Y., Flanagan, C.E., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Nájera, A., Renobales, M., Fernández-García, E. 2005. Comparison of the volatile composition and sensory characteristics of Spanish PDO cheeses manufactured from ewes' raw milk and animal rennet. *Int. Dairy J.*, 15 371-382.
- Barron, L.J., Redondo, Y., Aramburu, M., Gil, P., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Nájera, A., Renobales, M., Fernández-García, E. 2007. Volatile composition and sensory properties of industrially produced Idiazabal cheese. *Int. Dairy J.*, 17:1401-1414.
- Bauman, D.E., Mather, I.H., Wall, R.J., Lock, A.L. 2006. Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. *J. Dairy Sci.*, 89:1235-1243.

- Bell, J.A., Griinari, J.M., Kennelly, J.J. 2006. Effect of Safflower Oil, Flaxseed Oil, Monensin, and Vitamin E on Concentration of Conjugated Linoleic Acid in Bovine Milk Fat. *J. Dairy Sci.*, 89:733-748.
- Bianchi, L., Casoli, C., Pauselli, M., Budelli, E., Caroli, A., Bolla, A. y Duranti, E. 2004. Effect of somatic cell count and lactation stage on sheep milk quality. *Italian Journal of Animal Science*, 3:147-156.
- Brennan, J.G., Jowitt, R., Williams, A. 1975. An analysis of the action of the General Foods Texturometer. *J. Texture Stud.*, 1:167-170.
- Bocquier, F., Caja, G. 2001. Production et composition du lait de brebis: Effets de l'alimentation (production and composition of sheep milk: effects of nutrition). *INRA Prod. Anim.*, 14:129-140.
- BOE. 1995. Orden de 23 de noviembre de 1995 por la que se ratifica el Reglamento de la Denominación de Origen "Queso Manchego" y de su Consejo Regulador. 295:35548-35556.
- Buffa, M.N., Trujillo, A.J., Pavia, M., Guamis, B. 2001. Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *Int. Dairy J.*, 11:927-934
- Cabezas, L., González-Viñas, M.A., Ballesteros, C., Martín-Álvarez, P.J. 2006. Application of Partial Least Squares regression to predict sensory attributes of artisanal and industrial Manchego cheeses. *Eur. Food. Res. Technol.*, 222 :223-228.
- Calzada, J., Del Olmo, A., Picon, A., Gayá, P., Núñez, M. 2014. High-Pressure Processing for the Control of Lipolysis, Volatile Compounds and Off-odours in Raw Milk Cheese. *Food Bioprocess Technol.*, 7:2207-2217.
- Carballo, J., Fresno, J.M., Tuero, J.R., Prieto, J.G., Bernardo, A., Martín-Sarmiento, R. 1994. Characterization and biochemical-changes during the ripening of a Spanish hard goat cheese. *Food Chem.*, 49:77-82.
- Carbonell, M., Núñez, M., Fernández-García, E. 2002. Evolution of the volatile components of ewe raw milk La Serena cheese during ripening. Correlation with flavour characteristics. *Le Lait*, 82:683-698.
- Carrión, C. 2012. Estudio de la diversidad y relaciones genéticas de seis razas ovinas pirenaicas orientales. Tesis de Máster. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Carta, A., Casu, S., Usai, M.G., Addis, M., Fiori, M., Fragu, A., Miari, S., Mura, L., Piredda, G., Schibler, L., Sechi, T., Elsen, J.M., Barillet, F. 2008. Investigating the generic component of fatty acid content in sheep milk. *Small Ruminant Res.*, 1:22-28.
- Carta, A., Casu, S., Salaris, S. 2009 Invited review: current state of genetic improvement in dairy sheep. *J. Dairy Sci.*, 92:5814-5833.
- Chilliard, Y., Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.*, 44:467-492.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R.M., Doreau, M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49:181-205.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G. 2003. A review of nutritional and physiological factors

- affecting goat milk synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.*, 86:1751-1770.
- Compaire, C. 1976. Quesos, tecnología y control de calidad. Publicaciones de Extensión Agraria, MAP. Madrid.
- Cordeiro, M., Jacob, E., Puhan, Z., Pais, M.S., Brodelius, P. 1992. Milk clotting and proteolytic activities of purified cynarases from *Cynara cardunculus*. A comparison to chymosin. *Milchwissenschaft*, 47:683:687.
- Cordeiro, M., Xue, Z., Pietrzak, M., Pais, M.S., Brodelius, P. 1994. Isolation and characterization of cDNA from flowers of *Cynara cardunculus* encoding cyprosin (an aspartic proteinase) and its use to study the organ-specific expression of cyprosin. *Plant Mol. Biol.*, 24:733-741.
- Coulon, J.B., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., Pirisi, A. 2004. Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: A review. *Lait*. 84:221-241.
- Coulon, J.B., Delacroix-Buquet, A., Martin, B., Pirisi, A. 2005. Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *Prod. Anim.*, 18:49-62.
- Dalgleish, D.G., Spagnuolo, P.A., Goff, H.D. 2004. A possible structure of the casein micelle based on high-resolution field-emission scanning electron microscopy. *Int. Dairy J.*, 14 :1025-1031.
- Day, L., Williams, R.P.W., Otter, D., Augustin, M.A. 2015. Casein polymorphism heterogeneity influences casein micelle size in milk of individual cows. *J. Dairy Sci.*, 98 :3633-3644.
- De la Fuente, L.F., D. Gabiña, N. Carolino, E. Ugarte. 2006. The Awassi and Assaf breeds in Spain and Portugal. 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP), Sheep and Goat Commission, Antalya, Turkey, 17–20 (Session 14: Awassi Sheep, Paper S14.2)
- De La Fuente, L.F., Barbosa, E., Carriedo, J.A., Gonzalo, C., Arenas, R., Fresno, J.M., Primitivo, F.S., 2009. Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk. *J. Dairy Sci.*, 92:3791-3799.
- De-Jong, C., Badings, H. 1990. Determination of free fatty acids in milk and cheese. Procedures for extraction clean up and capillary gas chromatographic analysis. *J. High Res. Chromatog.*,13:94-98.
- Delgado, F.J. 2011. Estudios de los cambios madurativos en el queso de cabra de leche cruda de la D.O.P. 'Queso Ibores'. Efecto del tratamiento de altas presiones hidrostáticas sobre su maduración. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- Delgado, F.J., González-Crespo, J., Cava, R., García-Parra, J., Ramírez, R. 2010. Characterization by SPME-GC-MS of the volatile profile of a Spanish soft P.D.O. Torta del Casar during ripening *Food. Chem.*, 118:182–189.
- Doney, J.M., Peart, J.N., Smith, W.F., Louda, F. 1979. A consideration of the techniques for estimation of milk yield by suckled sheep and a comparison of estimates obtained by two methods in relation to the effects of breed, level of production and stage of lactation. *J. Agr. Sci.*, 92:123-132.
- Estrada, O., Molina, F., Joy, M., Ariño, A., Juan T. 2013. Composición en ácidos grasos de la leche de oveja Assaf y modificación en el perfil de ácidos grasos libres del queso de Teruel durante la maduración. XV Jornadas sobre Producción animal. Zaragoza
- EUROSTAT, 2013. <http://www.ec.europa.eu/eurostat>. Visitado el 15/11/2015.

- Farahani, G., Ezzatpanah, H., Abbasi, S. 2014. Characterization of Siahmazgi cheese, an Iranian ewe's milk variety: Assessment of physico-chemical, textural and rheological specifications during ripening. *Food Sci. Technol.*, 58:335-342.
- Fernández, N. 1985. Estudio de las características y aptitud al ordeño mecánico de la raza de ovejas Manchegas. (Proyecto FAO M-4). Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
- Fernández, N., Gallego, L., Torres, A., Rodríguez, M., Peris, C., Molina, P. 1991. Introducción al ordeño mecánico del ganado ovino. Ed. Instituto Técnico Agronómico Provincial S.A. Albacete. ISBN 84-404-9953-1. Págs. 44.
- Fernández, E. 2008. Terpenoids and benzenoids in La Serena cheese made at different seasons of the year with a *Cynara cardunculus* extract as coagulant. *Int. Dairy J.*, 18 :147-157.
- Fernández-García, E., López-Fandino, R., Alonso, L. 1994. Effect of a food-grade enzyme preparation from *Aspergillus oryzae* on free fatty acid release in Manchego-type cheese from ovine and bovine milk. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 199:262–264.
- Fernández-García, E., Gaya, P., Medina, M., Núñez, M. 2004. Evolution of the volatile components of ewes' raw milk Zamorano cheese: seasonal variation. *Int. Dairy J.*, 14:701–711.
- Fernández-Salguero, J., Sanjuán, E. 1999. Influence of vegetable and animal rennet on proteolysis during ripening in ewe's milk cheese. *Food Chemistry*, 64:177-183.
- Fernández-Salguero, J., Prados, F., Calisto, F., Vioque, M., Sampaio, P., Tejada, L. 2003. Use of recombinant cyprosin in the manufacture of ewe's milk cheese. *J. Agr. Food Chem.*, 51:7.426–7.430.
- Ferrandini, E., Castillo, M., López, M.B., Laencina, J. 2006. Estructura de la micela de caseína. *An Vet. (Murcia)*, 22:5-18.
- Fleischmann, W. 1924. Tratado de lechería. Editorial Gustavo Gili, S.A. 740 pp.
- Folkertsma, B.B., Fox, B.P. 1992. Use of the cd-ninhydrin reagent to assess proteolysis in cheese during ripening. *J. Dairy Res.*, 59:217-224.
- Fox, P.F. 1988. Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *J. Dairy Sci.*, 72:1379-1400.
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. 1997. Rennets: their role in milk coagulation and cheese ripening. En: *Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk*, Editor Law B.A. Blackie Academic & Professional, London, UK. pp: 1-49
- Fox, P.F., Kelly, A.L. 2006. Indigenous enzymes in milk: Overview and historical aspects. Part 1. *Int. Dairy J.*, 16:500-516.
- Fox, P.F.; Lucey, J.A.; Cogan, T.M. 1990. Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. *Crit. Rev. Food Sci.*, 29:237-253.
- Frau, M., Simal, S., Femenia, A., Sanjuan, E., Rossello, C. 1999. Use of principal component analysis to evaluate the physical properties of Mahon cheese. *European Food Research and Technology*, 210:73-76.
- Gabiña, D., Arrese, F., Arranz, J., Heredia, B. 1993. Average milk yields and environmental effects on Latxa sheep. *J. Dairy Sci.*, 76:1191-1203.

- Galán, E., Prados, A., Pino, A., Tejada, L., Fernández-Salguero, J. 2008. Influence of different amounts of vegetable coagulant from cardoon *Cynara cardunculus* and calf rennet on the proteolysis and sensory characteristics of cheeses made with sheep milk. *Int. Dairy J.*, 18:93-98.
- Gallardo, B. 2013. Utilización de diferentes fuentes lipídicas en la ración de ovejas churras en lactación: efecto sobre los rendimientos y calidad de los productos. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- Gallego, L. 1983. Análisis de la lactación y respuesta al ordeño mecánico en ovejas de raza Manchega. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
- Garzón, A.I., Martínez, J., Aparicio, F., Méndez, D., Montoro, V. 1993. Relación entre la  $\beta$ -Lactoglobulina y los índices tecnológicos en ganado ovino Manchego. *Arch. Zootec.*, 42:155-160.
- González-Viñas, M.A., Poveda, J., García, A., Cabezas, L. 2001. Changes in chemical, sensory and rheological characteristics of Manchego cheeses during ripening. *J. Sens. Stud.*, 16:361-371.
- González Viñas, M.A., Ballesteros, C., Martín-Álvarez, P.J., Cabezas, L. 2007. Relationship between sensory and instrumental measurements of texture for artisanal and industrial manchego cheeses. *J. Sens. Stud.*, 22:462-476.
- Gonzalo, C., Carriedo, J.A., Baro, J.A., Primitivo, F.S. 1994. Factors influencing variation of test day milk yields, somatic cell count, fat and protein in dairy sheep. *J. Dairy Sci.*, 77:1470-1490.
- Grappin, R., Beuvier, E. 1997. Possible implications of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripened cheese. *Int. Dairy J.*, 7:751-761.
- Guinee, T.P., Fox P.F. 2004. Salt in cheese: Physical, chemical and biological aspects. In Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P. 2004. *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. Academic Press. 207-259.
- Huppertz, T., Fox, P., Kelly, A. 2004. High pressure treatment of bovine milk: effects on casein micelles and whey proteins. *J. Dairy Res.*, 71:97-106.
- Haenlein, G.F.W. and Wendorff, W. L. 2006. Sheep milk—production and utilization of sheep milk. In: Editors, *Handbook of Milk of Non- Bovine Mammals*, Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK, and Ames, Iowa, USA, pp. 137–194.
- Horne, D. 2006. Casein micelle structure: Models and muddles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 11:148-153.
- Huppertz, T.; Fox, P.; Kelly, A. 2004. High pressure treatment of bovine milk: effects on casein micelles and whey proteins. *J. Dairy Res.*, 71:97-106.
- I.N.R.A., 1990. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Edic. MundiPrensa. ISBN: 84-7114-301-X. pp. 432.
- International Dairy Federation. 2001. Milk and milk products. Extraction methods for lipids and liposoluble compounds. IDF Standard nº 172:2001. Int. Dairy Fed. Bruselas, Bélgica.
- International Dairy Federation. 2002. Milk fat. Preparation of fatty acid methyl esters. International Standard. IDF Standard nº 182:2002. Int. Dairy Fed. Bruselas. Bélgica.
- International Dairy Federation. 2002. Milk fat. Determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography. IDF Standard nº 184:2002. Int. Dairy Fed. Bruselas. Bélgica.

- International Dairy Federation. 2004. Cheese and processed cheese. Determination of the total solids content. IDF Standard nº 4:2004. Int. Dairy Fed. Bruselas. Bélgica.
- International Dairy Federation. 2012. Milk and milk products. Calf rennet and adult bovine rennet. Determination by chromatography of chymosin and bovine pepsin content. IDF Standard nº 110:2012. Int. Dairy Fed. Bruselas. Bélgica.
- International Dairy Federation. 2014. Milk and milk products. Determination of nitrogen content. Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation. IDF Standard nº 20-1:2014. Int. Dairy Fed. Bruselas. Bélgica.
- International Organization for Standardization. 1975. Cheese –Determination of fat content- Van Gulik method. International Organization for Standardization. Standard 3433. International Organization for Standardization. Leusden, Netherlands.
- International Organization for Standardization. 2005. Sensory analysis. Methodology. General guidance. International Organization for Standardization. Standard 6658.
- International Organization for Standardization. 2005. Sensory analysis. Methodology. Paired comparison. International Organization for Standardization. Standard 5495.
- International Organization for Standardization. 2008. Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for Standardization. Standard 5492.
- Jaeggi, J.J., Govindasamy-Lucey, S., Berger, Y.M., Johnson, M.E., McKusick, B.C., Thomas, D.L., Wendorff, W.L., 2003. Hard ewe's milk cheese manufactured from milk of three different groups of somatic cell counts. *J. Dairy Sci.*, 86:3082–3089.
- Jaramillo, P. 2007. Aptitud quesera de la leche de oveja Guirra y efecto de la dieta sobre las características tecnológicas de la leche y del madurado del queso. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Jaramillo, D.P., Zamora, A., Guamis, B., Rodríguez, M., Trujillo, A.J. 2008. Cheesemaking aptitud of two Spanish dairy ewe breeds: Changes during lactation and relationship between physico-chemical and technological properties. *Small Ruminant Res.*, 78:48-55.
- Jensen, R.G. 2002. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci.*, 85:295-350.
- Jurado, J.J., Serrano, M., Pérez-Guzmán, M.D. 2006. Análisis del progreso genético obtenido en el esquema de selección de la raza ovina manchega. *ITEA*, 102: 41-54.
- Klein, J. 1979. *La Mesta: estudio de la historia económica española, 1273-1836*. Madrid: Alianza Editorial ISBN 84-206-2237-0.
- Konstance, R.P., Honsinger, V.H. 1992. Development of rheological test methods for cheeses. *Food Technol.* 46:105-109.
- Kuchroo, C.N., Fox, P.F. 1982. Soluble nitrogen in Cheddar cheese: comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37:331-335.
- Leitner, G., Chaffer, M., Shamay, A., Shapiro, F., Merin, U., Ezra, E., Saran, A. y Silanikove, N., 2004. Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis in sheep. *J. Dairy Sci.*, 87:46-52.

- Licon, C.C. 2012. Tesis doctoral. Development of pressed ewe's milk cheese with saffron spice (*Crocus sativus* L.). Universidad de Castilla La Mancha.
- Licon, C.C., Carmona, M., Berruga, M.I. 2015. Volatile compounds in pressed ewes' milk cheese with saffron spice (*Crocus sativus* L.). *Int. J. Dairy Technol.* Vol. 68:399-408.
- Lurueña-Martínez, M.A., Revilla, I., Severiano-Pérez, P., Vivar-Quintana, A.M. 2010. The influence of breed on the organoleptic characteristics of Zamorano sheep's raw milk cheese and its assessment by instrumental analysis. *Int. J. Dairy Technol.* 63:216-223.
- MacDonald, P., Edwaeds, R., Greenhalgh, J., Morgan, C. 1999. *Nutrición Animal*. 5a Edición Acribia. Zaragoza, España. 576 pp.
- Macedo, A.C., Malcata, F.X., Oliveira, J. 1993. The technology, chemistry and microbiology of Serra cheese: a review. *J. Dairy Sci.*, 76:1725-1738.
- Macedo, A.C., Malcata, F.X. 1997. Changes of lactose, lactic-acid, and acetic-acid contents in Serra cheese during ripening. *Zeitschrift fur Lebensmittel- Untersuchung und-Forschung A.* 204:453-455.
- Maegenis, R.B., Schwinden, E., Beddin, C., Penteado, M., Silvio do Egito, A., Daguer, H. 2014. Rheological, physicochemical and authenticity assessment of Minas Frescal cheese. *Food Control*, 45:22-28.
- MAGRAMA, 2011a. Programa de mejora de la raza ovina Manchega. <http://www.magrama.gob.es> Visitado el 6/10/2015.
- MAGRAMA, 2011b. Programa de mejora de la raza ovina Assaf. <http://www.magrama.gob.es> Visitado el 6/10/2015.
- MAGRAMA, 2011c. Programa de mejora de las raza ovina Merina y Merina (Variedad Negra). <http://www.magrama.gob.es> Visitado el 10/11/2015.
- MAGRAMA, 2011d. Programa de mejora de las razas ovinas Latxa y Carranzana. <http://www.magrama.gob.es> Visitado el 10/10/2015.
- MAGRAMA, 2014. Programa de mejora de la raza ovina Lacaune. <http://www.magrama.gob.es> Visitado el 18/12/2015.
- Mallia, S., Fernández-García, E., Bosset, O. 2005. Comparison of purge and drap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *Int. Dairy J.*, 15:741-758.
- Martí, A. 2005. Efecto de la mamitis subclínica y de las células somáticas sobre la producción y la calidad de la leche de oveja de raza Manchega. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València.
- Martini, M., Scolozzi, C., Cecchi, F., Abramo, F. 2004. Morphometric analysis of fat globules in ewe's milk and correlation with qualitative parameters. *Ital. J. Anim. Sci.*, 3:55-60.
- Martini, M., Salari, F., Scolozzi, C., Cecchi, F., Ceriotti, G. y Caroli, A. 2006. Relationship between milk genetic polymorphism and physico-chemical and nutritional quality of sheep milk. 14<sup>th</sup> International Congress of Fe.Me.S.P.Rum., Lugo, Santiago de Compostela, Spain.
- McMahon, D.J., Brown, R.J. 1982. Evaluation of Formagraph for comparing rennet solutions. *J. Dairy*



- Sci., 65:1639-1642.
- McMahon, D. , Brown, R.J. 1984. Enzymic Coagulation of Casein Micelles: A Review. *J. Dairy Sci.*, 67:919-929.
- McSweeney, P.L.H., Fox, P.F. 1997. Indices of Cheddar cheese ripening, Proc. 5th Cheese Symp., Moorepark, Fermoy, Co. Cork. Ireland, pp. 73-89.
- Mcsweeney, P., Sousa, M. 2000. Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80:293-324.
- Ménard, O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F., Lopez, C. 2010. Buffalo vs. cow milk fat globules: size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chem.*, 120:544–551.
- Molina, A., Fernández, C., Vergara, H., Gallego, L. 1999. Efecto de las condiciones de ordeño sobre la producción, fraccionamiento y composición de la leche, y estado sanitario de la ubre en ovejas de raza Manchega. *Arch. Zootec.*, 48:135-146.
- Muelas, R., Molina, P., Díaz, J.R., Peris, C. 1996. Relationship btween somatic cell count, acidity and California Mastitis Test in Manchega ewe milk. Pg. 239-245 en *Somatic cells and milk of small ruminants*. Wageningen Pers, Wageningen, Netherlands.
- Nudda, A., Palmquist, D.L., Battaccone, G, Fancellu, S., Rassu, S.P.G., Pulina, G. 2008. Relationships between the contents of vaccenic acid, CLA and n–3 fatty acids of goat milk and the muscle of their suckling kids. *Livest. Prod. Sci.*, 118:195-203.
- O’Callagan, D.J., Guinee, T.P. 2004. Rheology and Texture of Chesse. Pags 511-540 en *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1 3ra. Ed. Fos, PF, McSweeney, P.L.H., Cogan, TM, Guinee, TP. Eds. Elsever Academic Press, London UK.
- Ochoa-Cordero, M.A., Torres-Hernández, G., Ochoa-Alfaro , A.E., Vega-Roque, L., Mandeville, P.B. 2002. Milk yield and composition of Rambouillet ewes under intensive management. *Small Ruminant Res.*, 43:269-274.
- Okigbo, L.M., Richardson, G.N., Brown, R.J., Ernstrom, C.A. 1985. Variation coagulation properties of milk from individual cows. *J. Dairy Sci.*, 68:1887-1898.
- Othmane, M.H., De La Fuente, L.F., Carriedo, J., San Primitivo, F. 2002. Factors affecting test-day milk composition in Dairy ewes, and relationships amongst various milk components. *J. Dairy Res.*, 69:53-62.
- Parés, P.M., Perezgrovas, R., Jordana, J. 2010. Diversity and breed comparison of wool parameters in 31 different American and European ovine breeds. In 5th European Symposium in South American Camelids and Firt European Meeting on Fibre Animals, Sevilla (Spain).
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res.*, 68:88-113.
- Pavic, V., Antunac, N., Mioc, B., Ivankovic, A. y Havranek, J.L. 2002. Influence of stage of lactation properties of sheep milk. *Czech J. Anim. Sci.*, 47:80-84.
- Peaker, 1977. The aqueous phase of milk ion and wáter transport. In comparative aspects of lactation. Pg. 113-134 en *Symposium of the Zoological Society of London nº 41*.

- Pellegrini, O., Remeuf, F., Rivemale, M., Barillet, F. 1997. Renneting properties of milk from individual ewes: influence of genetic and non-genetic variables, and relationship with physicochemical characteristics. *J. Dairy Res.*, 64:355-366.
- Pérez-Baena, I., Piquer, O., Vicente, C., Romero, T., López M.C., Rodríguez, M. 2010. Efecto de la incorporación de subproducto ensilado de alcachofa en la ración de ovejas lactantes sobre la producción y la composición de la leche. XXXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Valladolid. Pp. 235-238.
- Pinho, O., Mendes, E., Alves, MM., Ferreira, I. 2004. Chemical, physical and sensorial characteristics of "Terrincho" ewe cheese: Changes during ripening and intravarietal comparison. *J. Dairy Sci.*, 87:1-9.
- Pirisi, A., Piredda, G., Papoff, C.M., Di Salvo, R., Pintus, S., Garro, G., Ferranti, P., Chianese, L. 1999. Effects of sheep  $\alpha_{s1}$ -casein CC, CD and DD genotypes on milk composition and cheesemaking properties. *J. Dairy Res.*, 66:409-419.
- Pirisi, A., Piredda, G., Corona, M., Pes, M., Pintus, S., Ledda, A., 2000. Influence of somatic cell count on ewe's milk composition, cheese yield and cheese quality. In: Proceedings of the Sixth Great Lakes Dairy Sheep Symposium, Guelph, Ontario, Canada, pp. 47-59.
- Pisanu, S., Marogna, G., Pagnozzi, D., Piccinini, M., Leo, G., Tanca, A., Roggio, A.M., Roggio, T., Uzzau, S., Addis, M.F. 2013. Characterization of size and composition of milk fat globules from Sarda and Saanen dairy goats. *Small Ruminant Res.*, 109:141-151.
- Ploumi, K., Belibasaki, S., Triantaphyllidis, G. 1998. Some factors affecting daily milk yield and composition in a flock of Chios ewes. *Small Ruminant Res.*, 28:89-92.
- Poveda, J.M. 2001. Efecto de la utilización de distintos tipos de cultivos iniciadores en la proteólisis del queso Manchego. Otros aspectos de la maduración. Tesis doctoral. Universidad de Castilla La Mancha.
- Prados, F., Pino, A., Rincón, F., Vioque, M., Fernández-Salguero, M.A. 2006. Influence of the frozen storage on some characteristics of ripened Manchego-type cheese manufactured with a powdered vegetable coagulant and rennet. *Food Chem.*, 95:677-682.
- Prados, F., Pino, A., Fernández-Salguero, J. 2007. Effect of a powdered vegetable coagulant from cardoon *Cynara cardunculus* in the accelerated ripening of Manchego cheese. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 42:556-561.
- Pugliese, C., Acciaioli, a., Rapaccini, S., Parisi, G., Franci, O. 2000. Evolution of chemical composition, somatic cell count and renneting properties of the milk of Massese ewes. *Small Ruminant Res.*, 35:71-80.
- Pulina, G., Nudda, A., Battacone, G., Cannas, A. 2006. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 131:255-291.
- Ramón, M., Fernández-Perea, M.T., Pérez-Guzmán, M.D., Sánchez, P.J., Serrano, M. 2006. Parámetros genéticos de los caracteres lecheros en la raza ovina manchega. *ITEA*, 102:115-121.

- Raynal-Ljutovac, K.; Logriffoul, G.; Paccard, P.; Guillet, I.; Chilliard, Y. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Res.*, 79:57-72.
- Real Decreto 1113/2006, de 29 de septiembre, por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos. BOE, a 6 octubre 2006, 239:34717-34720.
- Real Decreto 2129/2008, de 26 de diciembre, por el que se establece el Programa nacional de conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas. BOE, a 27 de enero 2009, 23:9111-9252.
- Renobales, M. 2007. Tipos de cuajos y sus características. IV Jornadas de quesos de Canarias. La Palma Universidad País Vasco / Euskal Herriko Unib. Victoria-Gasteiz.
- Rivera, G. 1987. Introducción del libro: *Formatges Tradicionals*. Editorial Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura i Pesca.
- Roa, I., López, M.B., Mendiola, F.J. 1999. Residual clotting activity and ripening properties of vegetable rennet from *Cynara cardunculus* in La Serena cheese. *Food Research International*, 32:413-419.
- Rodríguez, M. 1997. Sistemas de producción en ovejas de ordeño de raza Manchega. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
- Rodríguez, M., Fernández, N., Peris, C., Martí, J.V., Molina, M.P. 1998. La oveja Guirra y su situación actual. XXIII Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Vitoria. pp. 219-222.
- Rodríguez, M., Guaita, B., Escolar, E., Palomares, J.L., Fernández, N. 2006. Estudio comparativo de la producción y la composición de la leche ordeñada en la oveja Guirra y Manchega. XXXI Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Zamora. pp. 106-108.
- Rohm, H., Jaros, D. 1997. Color of hard cheese. 1. Description of colour properties and effects of maturation. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 203: 241-244
- Romero, T., Beltrán, M.C., Rodríguez, M., Martí De Olives, A., Molina, P. 2013. Short communication: Goat calostrum quality: Litter size and lactation number effects. *J. Dairy Sci.*, 96:7526-7531.
- Saldo, J.J., Sendra, J.E., Guamis, J.B. 2002. Colour changes during ripening of high pressure treated hard caprine cheese. *High Pressure Res.*, 22:659-663.
- Sampaio, J.C., Ubaldo, R., Fernandes, A., Moraes, L. 2015. Bioactive amines in Mozzarella cheese milk with varying somatic cell counts. *Food Chem.*, 178:229-235.
- Samson, O., Chan, H., Zhao, J., Rehman, A. 2009. Can the use of Australian cardoon (*Cynara Cardunculus* L.) coagulant overcome the quality problems associated with cheese made from ultrafiltered milk? *LWT-Food Science and Technology*, 42:1352-1359.
- Sánchez, A. 1976. Los ovinos de raza Roja Levantina. *Alimentación y Mejora Animal*. 4, 153-161
- Sanjuán, E., Millán, R., Saavedra, P., Carmona, M.A. 2002. Influence of animal and vegetable rennet on the physicochemical characteristics of Los Pedroches cheese during ripening. *Food Chem.*, 78:281-289.
- SAS, 1998. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Scintu, M.F., Piredda, G. 2007. Typicity and biodiversity of goat and sheep milk products. *Small Ruminant Res.*, 68:221-231.

- Sevi, A., Taibi, L., Albenzio, M., Muscio, A., Annicchiarico, G. 2000. Effect of parity on milk yield, composition, somatic cell count, renneting parameters and bacteria counts of Comisana ewes. *Small Rum. Res.*, 37:99-107.
- Sevi, A., Annicchiarico, G., Albenzio, M., Taibi, L., Muscio, A., Dell'Aquila, S. 2001. Effect of solar radiation and feeding time on behaviour, immune responses and production of lactating ewes under high ambient temperature. *J. Dairy Sci.*, 84:629-640.
- Sevi, A., Albenzio, M., Marino, R., Santillo, A., Muscio, A. 2004. Effects of lambing season and stage of lactation on ewe milk quality. *Small Ruminant Res.*, 51:251-259.
- Shdaifat, M.M., Barakah, F.S., Kanan, A.Q., Obeidat, B.S. 2013. The effect of feeding agricultural by-products on performance of lactating Awassi ewes. *Small Ruminant Res.*, 113:11-14.
- Signorelli, F., Contarini, G., Annicchiarico, G. 2008. Breed differences in sheep milk fatty acid profiles: Opportunities for sustainable use of animal genetic resources. *Small Ruminant Res.*, 78:24-31.
- Sinanoglou, V., Koutsoli, P., Fotakis, C., Sotiropoulou, G., Cavouras, D., Bizelis, I. 2015. Assessment of lactation stage and breed effect on sheep milk fatty acid profile and lipid quality indices. *Dairy Sci. Technol.*, 95:509-531.
- Smit, G.; Verheul, A.; Van Kranenburg, R.; Ayad, E.; Siezen, R.; Engels, W. 2000. Cheese flavour development by enzymatic conversions of peptides and amino acids. *Food Res. Int.*, 33:153-160.
- Talpur, F.N., Bhangar, M.I., Memon, N.N. 2009. Milk fatty acid composition of indigenous foat and ewe breeds from Sindh, Pakistan. *J. Food Comp. Anal.*, 22:59-64.
- Tavaria, F., Franco, I., Carballo, F.J., Malcata, X. 2003. Amino acid and soluble nitrogen evolution throughout ripening of Serra da Estrela cheese. *Int. Dairy J.*, 13:537-545.
- Taverna, M., Charlton, V., Cuatrín, A., Gaggiotti, M., Pérez, R., Chávez, M. 2001. Composición química de la leche producida en la Cuenca Lechera Central de la Argentina. *Arg. Prod. Anim.*, 21: 271-272.
- Tejada, L., Fernández-Salguero, J. 2003. Chemical and microbiological characteristics of ewe milk cheese (*Los Pedroches*) made with a powdered vegetable coagulant or calf rennet. *Ital. J. Food Sci.*, 15:125-131.
- Tejada, L., Gómez, R., Fernández-Salguero, J. 2007. Sensory characteristics of ewe cheese made with three types of coagulant: calf rennet, powdered vegetable coagulant and crude aqueous extract from *Cynara cardunculus*. *J. Food Quality*, 30:91-103.
- Ugarte, E., Serrano, M., De la Fuente, L.F., Pérez-Guzmán, M.D., Alfonso, L., Gutiérrez, J.P. 2002. Situación actual de los programas de mejora genética en ovino de leche. *ITEA*, 98:102-117.
- Velasco, S., Cañeque, V. Díaz, M.T., Pérez, C., Lauzurica, S., Huidobro, F., Manzanares C., González J. 2001. Producción lechera y composición lipídica de la leche de ovejas Talaveranas durante el período de lactancia. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim. Vol. 16 (1)*.
- Virto, M., Chávarri, F., Bustamante, M.A., Barron, L.J.R., Aramburu, M., Vicente, M.S., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Renobales, M. 2003. Lamb rennet paste in ovine cheese manufacture. Lipolysis and flavour. *Int. Dairy J.*, 13:391-399.

- 
- Wallace, J.M., Fox, P.F. 1997. Effect of adding free amino acids to Cheddar cheese curd on proteolysis, flavour and texture development. *Int. Dairy J.*, 7:157-167.
- Wiking, L., Björck, L., Nielsen, J.H. 2003. The influence of feed on stability of fat globules during pumping of raw milk. *Int. Dairy J.*, 13:797-803.
- Wiking, L., Stagsted, J., Björck, L., Nielsen, J.H. 2004. Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *Int. Dairy J.*, 14:909-913.



**Anexos**





## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo 1. Fichas utilizadas por los consumidores en los ensayos realizados con quesos de oveja Guirra y de oveja Manchega.

#### CATA DE QUESOS INDIVIDUALES

1. Huele la muestra de queso identificada como **326** e indica

¿Cómo valorarías **la intensidad de olor**?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Olor suave</i>					<i>Olor intenso</i>				

2. ¿Cómo te resulta el olor de este queso?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Menos agradable</i>					<i>Más agradable</i>				

3. Prueba la muestra de queso **326** e indica

¿Cómo valorarías **la intensidad del sabor**?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Sabor suave</i>					<i>Sabor intenso</i>				

4. ¿Cómo te resulta el sabor de este queso?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Poco agradable</i>					<i>Muy agradable</i>				

### PRUEBA DE COMPARACIÓN POR PAREJAS

1. Observa las muestras de queso e indica cuál consideras más amarilla

Queso 326

Queso 724

Iguales

¿Cómo consideras el color de cada muestra?

Queso 326:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Me gusta poco</i>					<i>Me gusta mucho</i>				

Queso 724:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Me gusta poco</i>					<i>Me gusta mucho</i>				

2. Observa las muestras de queso e indica si encuentras diferencias de olor

SI

NO

En caso **afirmativo**, indica cuál de las dos muestras de queso te gusta más:

Queso 326

Queso 724

3. Prueba las muestras de queso e indica:

¿Cuál de las dos muestras de queso te parece más dura?

Queso 326

Queso 724

¿Cuál de las dos muestras de queso te parece más gomosa?

Queso 326

Queso 724

¿Cuál de las dos muestras te parece que tiene más persistencia de sabor?

Queso 326

Queso 724

4. ¿Cuál de las dos muestras prefieres?

Queso 326

Queso 724

Ahora, para finalizar, responde a las siguientes cuestiones:

✓ Edad: menos de 25  entre 25 y 35  más de 35

✓ Sexo: hombre  mujer

✓ Indica la frecuencia con la que comes queso:

- menos de una vez por semana

- dos o tres veces por semana

- más de tres veces por semana

✓ Qué tipo de queso sueles comer

- Quesos suaves

- Quesos semicurados

- Quesos curados y fuertes

## 8.2. Anexo 2. Ficha utilizada por los consumidores en los quesos del tercer trabajo, elaborados con cuajo animal y con coagulante vegetal.

### PRUEBA DE COMPARACIÓN POR PAREJAS (FABRICACION )

1. Observa las muestras de queso e indica **cuál consideras más amarilla**

Queso G1   
 Queso G2   
 Iguales

¿Cómo consideras **el color** de cada muestra?

#### Queso G1:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Me gusta poco* *Me gusta mucho*

#### Queso G2:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Me gusta poco* *Me gusta mucho*

2. Observa las muestras de queso e indica si encuentras **diferencias de olor**

SI  **¿cuál de las dos muestras de queso te gusta más?**  
 NO  Queso G1  Queso G2

3. Valora la intensidad de olor típico de queso de oveja en el queso G1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Olor poco intenso* *Olor muy intenso*

¿Cómo valorarías ese olor?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Menos agradable* *Más agradable*

4. Valora la intensidad de olor típico de queso de oveja en el queso G2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Olor poco intenso* *Olor muy intenso*

¿Cómo valorarías ese olor?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Menos agradable* *Más agradable*

5. ¿Cuál de las dos muestras de queso te parece **más salada?**

Queso G1   
 Queso G2  Ninguno

6. ¿Cuál de las dos muestras de queso te parece **más ácida?**

Queso G1   
 Queso G2  Ninguno

7. ¿Cuál de las dos muestras de queso te parece **más amarga**?  
 Queso G1   
 Queso G2  Ninguno
8. ¿Cuál de las dos muestras de queso te parece **más picante**?  
 Queso G1   
 Queso G2  Ninguno
9. ¿Cuál de las dos muestras te parece que tiene **más persistencia de sabor**?  
 Queso G1   
 Queso G2

**¿Cómo valorarías el sabor del queso G1?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Menos agradable</i>					<i>Más agradable</i>				

**¿Cómo valorarías el sabor del queso G2?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Menos agradable</i>					<i>Más agradable</i>				

10. ¿Cuál de las dos muestras de queso te parece **más dura**?  
 Queso G1   
 Queso G2
11. ¿Cuál de las dos muestras de queso te parece **más gomosa**?  
 Queso G1   
 Queso G2
12. **¿Cuál de los dos quesos prefieres?**  
 Queso G1   
 Queso G2

Ahora, para finalizar, responde a las siguientes cuestiones:

- ✓ Edad: menos de 25  entre 25 y 35  más de 35
- ✓ Sexo: hombre  mujer
- ✓ Indica la frecuencia con la que comes queso:
  - menos de una vez por semana
  - dos o tres veces por semana
  - más de tres veces por semana
- ✓ Qué tipo de queso sueles comer
  - Quesos suaves
  - Quesos semicurados
  - Quesos curados y fuertes