



VNiVERSiDAD D SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA
Departamento de Construcción y Agronomía

**EFEECTO DE LA RAZA Y DEL RECuento DE CÉLULAS
SOMÁTICAS SOBRE LA CALIDAD DEL QUESO DE OVEJA**

TESIS DOCTORAL

Miguel Ángel Lurueña Martínez

Zamora, Marzo de 2010

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA
Departamento de Construcción y Agronomía

**EFEECTO DE LA RAZA Y DEL RECUENTO DE CÉLULAS
SOMÁTICAS SOBRE LA CALIDAD DEL QUESO DE OVEJA**

Memoria que para alcanzar el grado de Doctor por la
Universidad de Salamanca presenta el licenciado
Miguel Ángel Lurueña Martínez.

Zamora, Marzo de 2010

Fdo. Miguel Ángel Lurueña Martínez



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA

Área de Tecnología de los Alimentos
Dpto. de Construcción y Agronomía
Campus Viriato. E.P.S. de Zamora

ISABEL REVILLA MARTÍN y ANA MARIA VIVAR QUINTANA, Profesoras Titulares de Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Salamanca y directoras del trabajo: **Efecto de la raza y del recuento en células somáticas sobre la calidad del queso de oveja**, realizado por D. Miguel Ángel Lurueña Martínez para optar al título de Doctor, autorizan la presentación del mismo, al considerar que se han alcanzado los objetivos inicialmente previstos.

En Zamora, Marzo de dos mil diez.

Isabel Revilla Martín

Ana M^a Vivar Quintana

Este trabajo ha sido financiado por la Junta de Castilla y León y el Fondo Social Europeo a través de una beca de Formación de Personal Investigador, correspondiente a la convocatoria realizada por Orden EDU/1817/2004, de 29 de Noviembre.

Estas páginas encierran mucho tiempo y mucho esfuerzo, tanto mío como de otras personas sin las cuales no hubiera podido finalizar este apasionante trabajo. Por eso quiero dedicar este espacio para agradecer a todos ellos su apoyo y su ayuda. Muchas gracias a todos, especialmente a las personas que aparecen bajo estas líneas:

Mis directoras de tesis, Isabel Revilla y Ana M^a Vivar por ofrecerme la oportunidad de trabajar en lo que más me gusta. Gracias por vuestra plena confianza, por permitirme trabajar siempre con total libertad y por vuestra disposición para ayudarme en todo momento.

Patricia Severiano, profesora de la Universidad Autónoma de México, por enseñarme tantas cosas acerca del análisis sensorial y por compartir tantas horas de laboratorio y de comedor.

Marisol Berceuelo, técnico de laboratorio de la EPS de Zamora, por ser tan eficiente y atenta y por ayudarme incluso cuando no sabía que lo necesitaba.

Cooperativa Asovino y cada uno de los ganaderos que aportaron su colaboración a este trabajo.

Tantas personas vinculadas a la Universidad de Salamanca que me han ayudado en algún momento, entre ellos Carlos Palacios, Inmaculada, Concha o Celia.

Compañeros de laboratorio como Iris, M^a Ángeles, Javier, Juan Luis o Chus. Gracias por vuestra ayuda.

Todas y cada una de las personas que se ofrecieron para realizar las pruebas sensoriales, gracias por vuestro tiempo y vuestra dedicación.

Mi familia, por su apoyo incondicional. Gracias a mis padres, por enseñarme lo importante que es la educación. A mi abuelo por enseñarme lo que es la honestidad. Gracias a mi abuela y a mi hermano. A mi familia de Gijón, especialmente a Ángeles, Paco, Sara, Borja, Maite Dña. Luisa y D. Antolín, por su cariño.

Mis amigos, por aguantarme, ayudarme, apoyarme e interesarse por mi trabajo.

Por supuesto, Lucía, compañera de viaje, sólo tú sabes lo que ha costado llegar hasta aquí, porque lo has sufrido conmigo. Espero compensarte cada día que pase. Eres la mejor.

Cada solución da pie a una nueva pregunta...
David Hume (1711-1776)

Para ti Lucía.

ABREVIATURAS

Ch: Churra

Cas: Castellana

Ass: Assaf

B: bajo

M: medio

A: alto

RCS: recuento de células somáticas

BAL: bacterias ácido-lácticas

LNP: linfocitos neutrófilos polimorfonucleares

ECN: estafilococos coagulasa negativos

ES: extracto seco

a_w : actividad de agua

MG: materia grasa

Ac. grasa: Acidez de la grasa

Prots.: proteínas

F. corte: fuerza de corte

CLA: ácido linoleico conjugado

AGMe: ácidos grasos totales (ésteres metílicos)

AGL: ácidos grasos libres

AGMI: ácidos grasos monoinsaturados

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados

AGS: ácidos grasos saturados

AGSC: ácidos grasos saturados de cadena corta (C4-C12)

AGSL: ácidos grasos saturados de cadena media y larga (>C12)

LPL: lipoproteína lipasa

AGL: ácidos grasos libres

AGMe: ésteres metílicos de ácidos grasos

Ácidos grasos:

C4:0 Butírico

C6:0 Caproico

C8:0 Caprílico

C10:0 Cáprico

C12:0 Laúrico

C14:0 Mirístico

C14:1 Miristoleico

C16:0 Palmítico

C16:1 Palmitoleico

C17:0 Heptadecanoico

C17:1 Heptadecenoico

C18:0 Esteárico

C18:1 9t Elaídico

C18:1 Oleico

C18:2 n6c Linoleico

C18:2 9c11t Ácido linoleico conjugado

C18:2 10t12c Ácido linoleico conjugado

C18:2 9c11c Ácido linoleico conjugado

C18:2 9t11t Ácido linoleico conjugado

C18:3 Linolénico

C20:0 Eicosanoico

C20:1 11t Eicosenoico

C20:4n6 Araquidónico

C20:5 Eicosapentanoico

C22:0 Docosanoico

C22:6 n3 Docosahexanoico

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	35
1. DEFINICIÓN DE QUESO.....	37
2. PRODUCCIÓN DE QUESO DE OVEJA	37
3. QUESO ZAMORANO.....	38
4. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LECHE Y QUESO.....	39
4.1. pH	40
4.2. LACTOSA.....	40
4.3. MINERALES	41
4.4. EXTRACTO SECO.....	42
4.5. PROTEÍNAS	43
4.6. MATERIA GRASA	44
4.6.1. Estructura de los triglicéridos	45
4.6.2. Ácidos grasos totales	46
4.6.3. Síntesis de ácidos grasos	47
5. FACTORES QUE PRODUCEN VARIABILIDAD EN LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE OVEJA	49
6. ELABORACIÓN DE QUESO	51
6.1. ACIDIFICACIÓN DE LA LECHE.....	51
6.2. COAGULACIÓN Y FORMACIÓN DE LA CUAJADA.....	52
6.3. PROCESO DE SALADO.....	53
6.4. MADURACIÓN.....	53
6.4.1. Metabolismo de lactosa residual, lactato y citrato.....	55
6.4.2. Proteólisis	57
6.4.3. Lipólisis	61
6.4.3.1. Enzimas	63
6.4.3.2. Catabolismo de triglicéridos.....	65
7. CÉLULAS SOMÁTICAS	68
7.1. ENZIMAS DE LAS CÉLULAS SOMÁTICAS	75
7.2. INFLUENCIA DEL RCS SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE OVEJA	79
7.3. EFECTO DE LOS RCS EN LA ELABORACIÓN DE QUESO.....	83
7.4. EFECTO DEL RCS SOBRE LA COMPOSICIÓN DEL QUESO Y SU CALIDAD SENSORIAL	85
8. RAZAS DE OVEJA	88
8.1. CHURRA	89
8.2. CASTELLANA.....	92
8.3. ASSAF.....	95
8.4. EFECTO DE LA RAZA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE Y EL QUESO	98
II. OBJETIVOS	101
III. MATERIALES Y MÉTODOS	105
1. MUESTRAS.....	107
1.1. LECHE DE LA PROVINCIA DE ZAMORA	107
1.2. LECHE OBJETO DE ESTUDIO	107
1.2.1. Animales y manejo	107
1.2.2. Consideraciones legales y sanitarias.....	108

1.2.3. Recuento de células somáticas (RCS).....	109
1.2.4. Toma de muestras.....	110
1.3. QUESO.....	111
1.3.1. Elaboración de queso.....	112
1.3.1.1. Cuajado.....	112
1.3.1.2. Corte y agitación.....	113
1.3.1.3. Moldeo.....	114
1.3.1.4. Prensado.....	114
1.3.1.5. Inmersión en salmuera.....	115
1.3.1.6. Maduración.....	115
2. MÉTODOS.....	117
2.1. ANÁLISIS DE LA LECHE DE LA PROVINCIA DE ZAMORA.....	117
2.2. ANÁLISIS DE LA LECHE OBJETO DE ESTUDIO. ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS.....	117
2.2.1. Homogeneización de la leche.....	117
2.2.2. Determinación de la densidad.....	117
2.2.3. Determinación de pH.....	118
2.2.4. Determinación de acidez (UNE 34.100).....	118
2.2.5. Determinación de lactosa (FIL-IDF 28:1964).....	119
2.2.6. Determinación de materia grasa (FIL-IDF 105:1981).....	120
2.2.7. Determinación de proteína total.....	121
2.2.8. Determinación de extracto seco (FIL-IDF 21:1962).....	122
2.3. ANÁLISIS DE LA LECHE OBJETO DE ESTUDIO. ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS TOTALES.....	123
2.3.1. Extracción de grasa (ISO 14156:2001).....	123
2.3.2. Transesterificación.....	124
2.3.3. Análisis cromatográfico.....	124
2.3.4. Identificación y cuantificación de ácidos grasos.....	125
2.4. ANÁLISIS DE QUESO. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	127
2.4.1. Homogeneización de la muestra.....	127
2.4.2. Determinación de pH.....	127
2.4.3. Determinación de lactosa (FIL-IDF 43:1967).....	127
2.4.4. Determinación de materia grasa (FIL-IDF 5A: 1969).....	129
2.4.5. Determinación de la acidez de la grasa (FIL-IDF 6A:1969).....	132
2.4.6. Determinación de proteína total (FIL-IDF 20:1962).....	133
2.4.7. Determinación de extracto seco.....	134
2.4.7.1. Determinación del extracto seco con termobalanza.....	135
2.4.7.2. Determinación del extracto seco con método oficial (FIL-IDF 4:1958)	135
2.4.8. Determinación de actividad de agua (a_w).....	136
2.4.9. Determinación de cenizas (FIL-IDF 27:1964).....	137
2.5. ANÁLISIS DEL QUESO. DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DEL COLOR.....	138
2.6. ANÁLISIS DEL QUESO. ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE TEXTURA.....	139
2.7. ANÁLISIS DEL QUESO. DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS ...	140
2.7.1. Extracción de la grasa (FIL-IDF 32:1965).....	140
2.7.2. Transesterificación.....	140
2.7.3. Análisis cromatográfico.....	140
2.7.4. Identificación y cuantificación de ácidos grasos.....	140
2.8. ANÁLISIS DEL QUESO. ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES.....	141

2.9. ANÁLISIS DEL QUESO. ANÁLISIS SENSORIAL.....	143
2.9.1. Condiciones del local de cata	143
2.9.2. Preparación de las muestras.....	144
2.9.3. Realización de las pruebas.....	145
2.9.4. Pruebas afectivas	146
2.9.4.1. Prueba de nivel de agrado.....	146
2.9.4.2. Prueba de ordenación por preferencias.....	147
2.9.5. Pruebas discriminativas	148
2.9.5.1. Prueba de ordenación por atributos	148
2.9.6. Pruebas descriptivas	150
2.9.6.1. Prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA)	150
3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	157
3.1. DATOS PARAMÉTRICOS	157
3.1.1. Análisis de la Varianza (ANOVA).....	157
3.1.2. Test de Fisher LSD	157
3.1.3. Matriz de correlación.....	158
3.1.4. Análisis de componentes principales.....	158
3.2. DATOS NO PARAMÉTRICOS	159
3.2.1. Prueba de Friedman	159
3.2.2. Prueba LSRD	160
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	161
1. LECHE DE OVEJA DE LA PROVINCIA DE ZAMORA	163
1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN LA RAZA	163
1.2. RCS SEGÚN LA RAZA	165
1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN LOS RCS.....	167
2. LECHE. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA.....	170
2.1. DENSIDAD.....	170
2.2. pH	171
2.3. ACIDEZ	173
2.4. LACTOSA.....	174
2.5. MATERIA GRASA	175
2.6. PROTEÍNA TOTAL	177
2.7. EXTRACTO SECO.....	178
3. LECHE. ÁCIDOS GRASOS TOTALES.....	180
3.1. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS (AGS).....	184
3.1.1. Ácidos grasos saturados de cadena corta (AGSC)	184
3.1.2. Ácidos grasos saturados de cadena media y larga (AGSL).....	186
3.2. ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS	187
3.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI).....	187
3.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)	188
3.3. CONSIDERACIONES NUTRICIONALES.....	190
3.3.1. CLA total	190
3.3.2. Relación AGPI/AGS	191
3.3.3. Relación n6/n3	192
4. LECHE. ANÁLISIS GLOBAL DE DATOS.....	194
4.1. MATRIZ DE CORRELACIÓN	194
4.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	196
5. ELABORACIÓN DE QUESO	201
5.1. TIEMPO DE COAGULACIÓN.....	201

5.2. RENDIMIENTO QUESERO.....	203
6. QUESO. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y EVOLUCIÓN A LO LARGO DE LA MADURACIÓN	205
6.1. pH	205
6.2. LACTOSA.....	208
6.3. GRASA.....	210
6.4. ACIDEZ DE LA GRASA	213
6.5. PROTEÍNA TOTAL	215
6.6. EXTRACTO SECO.....	217
6.7. ACTIVIDAD DE AGUA (a_w).....	220
6.8. CENIZAS	224
7. COLOR.....	227
7.1. LUMINOSIDAD	227
7.2. PARÁMETRO a^*	229
7.3. PARÁMETRO b^*	232
7.4. DISCUSIÓN.....	234
8. FUERZA DE CORTE	236
9. ÁCIDOS GRASOS TOTALES EN EL QUESO	240
9.1. EVOLUCIÓN A LO LARGO DE LA MADURACIÓN.....	242
9.2. INFLUENCIA DEL RCS Y DE LA RAZA	249
9.2.1. Ácidos grasos saturados	249
9.2.1.1. Ácidos grasos saturados de cadena corta (AGSC)	249
9.2.1.2. Ácidos grasos saturados de cadena media y larga (AGSL).....	251
9.2.2. Ácidos grasos insaturados	253
9.2.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI).....	253
9.2.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI).....	254
9.2.3. Consideraciones nutricionales	256
9.2.3.1. CLA total	256
9.2.3.2. Relación AGPI/AGS	257
9.2.3.3. Relación n-6/n-3	258
10. COMPUESTOS VOLÁTILES.....	260
10.1. ALDEHÍDOS	262
10.1.1. Acetaldehído	262
10.1.2. 2-metil-1-butanal	263
10.1.3. 3-metil-1-butanal	264
10.1.4. Discusión	265
10.2. CETONAS.....	266
10.2.1. 2-propanona	266
10.2.2. 2-butanona	267
10.2.3. 2-pentanona	269
10.2.4. 2-heptanona	270
10.2.5. Discusión	271
10.3. ALCOHOLES	271
10.3.1. Etanol.....	272
10.3.2. 2-propanol.....	273
10.3.3. 2-butanol.....	274
10.3.4. 2-pentanol	275
10.3.5. 3-metil-1-butanol	276
10.3.6. Discusión	277
10.4. ÉSTERES Y OTROS	278

10.4.1. Butanoato de etilo	278
10.4.2. Acetato de etilo	279
10.4.3. Ciclohexano	280
10.4.4. Discusión	281
11. ANÁLISIS SENSORIAL	282
11.1. APARIENCIA	282
11.1.1. Color	283
11.1.2. Homogeneidad de color	285
11.2. OLOR	287
11.2.1. Intensidad de olor	287
11.2.2. Olor ácido	288
11.2.3. Olor rancio	290
11.3. SABOR	290
11.3.1. Intensidad de sabor	291
11.3.2. Sabor ácido	292
11.3.3. Sabor rancio	293
11.3.4. Duración del sabor y sensación retronasal	295
11.3.5. Picante	296
11.4. TEXTURA	298
11.4.1. Dureza	298
11.4.2. Granulosidad	300
11.4.3. Untuosidad	301
11.4.4. Fracturabilidad	302
11.5. RESULTADOS GLOBALES	303
11.6. PRUEBAS AFECTIVAS	308
11.6.1. Preferencias	308
11.6.2. Nivel de agrado	309
12. ANÁLISIS GLOBAL DE DATOS	313
12.1. MATRIZ DE CORRELACIÓN	314
12.1.1. Mes 6	314
12.1.2. Mes 12	323
12.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	332
12.2.1. Mes 6	333
12.2.2. Mes 12	343
V. CONCLUSIONES	353
VI. BIBLIOGRAFÍA	359
VII. ANEXOS	399
- ANEXO 1. RELACIÓN DE QUESOS	401
- ANEXO 2. ANÁLISIS SENSORIAL	403
- ANEXO 3. COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA LECHE DE ZAMORA	425
- ANEXO 4. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL QUESO	427
A.4.1. MES 0	427
A.4.2. MES 1	429
A.4.3. MES 2	432
A.4.4. MES 3	434
A.4.5. MES 6	437

A.4.6. MES 9	439
A.4.7. MES 12	441
- ANEXO 5. COLOR	444
- ANEXO 6. TEXTURA	451

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Quesos con Denominación de Origen en España y tipo de leche utilizada para su elaboración.....	38
Tabla 2. Ácidos grasos esterificados en cada posición de los triglicéridos de la leche de oveja	46
Tabla 3. Composición de ácidos grasos totales en leche de vaca y oveja	47
Tabla 4. Composición media de leche de vaca y oveja y de las tres razas de oveja objeto de estudio	49
Tabla 5. Microorganismos aislados en animales con mamitis. A mayor número de asteriscos, mayor prevalencia del microorganismo.....	71
Tabla 6. Población de ovejas en España en el año 2001.	88
Tabla 7. Muestras de leche recogidas para la elaboración de este trabajo	111
Tabla 8. Compuestos volátiles analizados en el queso.....	142
Tabla 9. Resumen de las pruebas sensoriales realizadas en este estudio según el año de elaboración y el mes de maduración del queso.	143
Tabla 10. Atributos evaluados por jueces entrenados en los quesos de 6 y 12 meses de maduración del año 2.....	154
Tabla 11. Valores medios en la leche recogidos a lo largo de un año.....	164
Tabla 12. Valores medios de RCS recogidos a lo largo del año en la provincia de Zamora.....	166
Tabla 13. Valores medios anuales de grasa, proteínas y extracto seco de leche de la provincia de Zamora con diferentes RCS.....	168
Tabla 14. Valores medios de densidad de la leche.....	171
Tabla 15. Valores medios de pH de la leche.	172
Tabla 16. Valores medios de acidez de la leche.....	173
Tabla 17. Valores medios de lactosa obtenidos en la leche.....	175
Tabla 18. Valores medios de grasa obtenidos tras analizar la leche	176
Tabla 19. Valores medios de proteínas obtenidos en la leche.....	177
Tabla 20. Valores de extracto seco de las muestras de leche.....	179
Tabla 21. Composición media de ácidos grasos totales en la leche perteneciente a los años 1 y 2.....	183
Tabla 22. Matriz de correlación para los parámetros físico-químicos determinados en la leche de los años 1 y 2.	194
Tabla 23. Resultados obtenidos para los dos primeros componentes principales tras el análisis estadístico de los datos correspondientes a la leche perteneciente a los años 1 y 2.....	197
Tabla 24. Coeficientes de los componentes 1 y 2 para cada uno de los parámetros determinados en la leche perteneciente a los años 1 y 2.	197
Tabla 25. Valores medios del tiempo de coagulación para la leche.....	202
Tabla 26. Valores medios del rendimiento quesero de la leche	204
Tabla 27. Composición media de ácidos grasos totales de los quesos (años 1 y 2) en el mes 0 de maduración.....	247
Tabla 28. Composición media de ácidos grasos totales de los quesos (años 1 y 2) en el mes 12 de maduración.....	248
Tabla 29. Concentración media de acetaldehído de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.....	263
Tabla 30. Concentración media de 2-metil-1-butanal de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.....	264

Tabla 31. Concentración media de 3-metil-1-butanal de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	265
Tabla 32. Concentración media de 2-propanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	267
Tabla 33. Concentración media de 2-butanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	268
Tabla 34. Concentración media de 2-pentanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	269
Tabla 35. Concentración media de 2-heptanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	270
Tabla 36. Concentración media de etanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	273
Tabla 37. Concentración media de 2-propanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	274
Tabla 38. Concentración media de 2-butanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	275
Tabla 39. Concentración media de 2-pentanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	276
Tabla 40. Concentración media de 3-metil-1-butanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	277
Tabla 41. Concentración media de butanoato de etilo de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	279
Tabla 42. Concentración media de acetato de etilo de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	280
Tabla 43. Concentraciones medias de ciclohexano de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.	280
Tabla 44. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 1.	320
Tabla 45. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 2.	321
Tabla 46. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.	328
Tabla 47. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración del año 2.	329
Tabla 48. Componentes principales correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 1.	333
Tabla 49. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 1, en las siete primeras componentes principales.	335
Tabla 50. Componentes principales correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2.	338
Tabla 51. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las ocho primeras componentes principales.	340
Tabla 52. Componentes principales correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.	344
Tabla 53. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 1, en las siete primeras componentes principales.	345

Tabla 54. Componentes principales correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración.....	348
Tabla 55. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración en los 9 primeros componentes principales.....	349
Tabla 56. Relación de quesos mencionados en este trabajo.....	401
Tabla 56 (continuación) Relación de quesos mencionados en este trabajo.....	402
Tabla 57. Composición de la leche de las razas Churra, Castellana y Assaf de la provincia de Zamora	425
Tabla 58. Recuento de células somáticas recogido en la leche de las razas Churra, Castellana y Assaf de la provincia de Zamora	425
Tabla 59. Composición química de la leche de tres grupos de RCS recogida en la provincia de Zamora	426
Tabla 60. Valores medios de pH en los quesos del mes 0.....	427
Tabla 61. Valores medios de lactosa en los quesos del mes 0.....	427
Tabla 62. Valores medios de grasa en los quesos del mes 0.....	427
Tabla 63. Valores medios de proteínas en los quesos del mes 0.....	428
Tabla 64. Valores medios de extracto seco en los quesos del mes 0.....	428
Tabla 65. Valores medios de actividad de agua en los quesos del mes 0.....	428
Tabla 66. Valores medios de cenizas en los quesos del mes 0.....	429
Tabla 67. Valores medios de acidez de grasa en los quesos del mes 0.....	429
Tabla 68. Valores medios de pH en los quesos del mes 1.....	429
Tabla 69. Valores medios de lactosa en los quesos del mes 1.....	430
Tabla 70. Valores medios de grasa en los quesos del mes 1.....	430
Tabla 71. Valores medios de proteínas en los quesos del mes 1.....	430
Tabla 72. Valores medios de extracto seco en los quesos del mes 1.....	431
Tabla 73. Valores medios de actividad de agua en los quesos del mes 1.....	431
Tabla 74. Valores medios de cenizas en los quesos del mes 1.....	431
Tabla 75. Valores medios de acidez de grasa en los quesos del mes 1.....	432
Tabla 76. Valores medios de pH en los quesos del mes 2.....	432
Tabla 77. Valores medios de grasa en los quesos del mes 2.....	432
Tabla 78. Valores medios de proteínas en los quesos del mes 2.....	433
Tabla 79. Valores medios de extracto seco en los quesos del mes 2.....	433
Tabla 80. Valores medios de actividad de agua en los quesos del mes 2.....	433
Tabla 81. Valores medios de cenizas en los quesos del mes 2.....	434
Tabla 82. Valores medios de acidez de grasa en los quesos del mes 2.....	434
Tabla 83. Valores medios de pH en los quesos del mes 3.....	434
Tabla 84. Valores medios de grasa en los quesos del mes 3.....	435
Tabla 85. Valores medios de proteínas en los quesos del mes 3.....	435
Tabla 86. Valores medios de extracto seco en los quesos del mes 3.....	435
Tabla 87. Valores medios de actividad de agua en los quesos del mes 3.....	436
Tabla 88. Valores medios de cenizas en los quesos del mes 3.....	436
Tabla 89. Valores medios de acidez de grasa en los quesos del mes 3.....	436
Tabla 90. Valores medios de pH en los quesos del mes 6.....	437
Tabla 91. Valores medios de grasa en los quesos del mes 6.....	437
Tabla 92. Valores medios de proteínas en los quesos del mes 6.....	437
Tabla 93. Valores medios de extracto seco en los quesos del mes 6.....	438
Tabla 94. Valores medios de actividad de agua en los quesos del mes 6.....	438
Tabla 95. Valores medios de cenizas en los quesos del mes 6.....	438
Tabla 96. Valores medios de acidez de grasa en los quesos del mes 6.....	439
Tabla 97. Valores medios de pH en los quesos del mes 9.....	439

Tabla 98. Valores medios de grasa en los quesos del mes 9.....	439
Tabla 99. Valores medios de proteínas en los quesos del mes 9.....	440
Tabla 100. Valores medios de extracto seco en los quesos del mes 9.....	440
Tabla 101. Valores medios de actividad de agua en los quesos del mes 9.....	440
Tabla 102. Valores medios de cenizas en los quesos del mes 9.....	441
Tabla 103. Valores medios de acidez de grasa en los quesos del mes 9.....	441
Tabla 104. Valores medios de pH en los quesos del mes 12.....	441
Tabla 105. Valores medios de grasa en los quesos del mes 12.....	442
Tabla 106. Valores medios de proteínas en el mes 12.....	442
Tabla 107. Valores medios de extracto seco en el mes 12.....	442
Tabla 108. Valores medios de actividad de agua en el mes 12.....	443
Tabla 109. Valores medios de cenizas en el mes 12.....	443
Tabla 110. Valores medios de acidez de grasa en el mes 12.....	443
Tabla 111. Valores medios de luminosidad en el mes 0.....	444
Tabla 112. Valores medios de a* en el mes 0.....	444
Tabla 113. Valores medios de b* en el mes 0.....	444
Tabla 114. Valores medios de luminosidad en el mes 1.....	445
Tabla 115. Valores medios de a* en el mes 1.....	445
Tabla 116. Valores medios de b* en el mes 1.....	445
Tabla 117. Valores medios de luminosidad en el mes 2.....	446
Tabla 118. Valores medios de a* en el mes 2.....	446
Tabla 119. Valores medios de b* en el mes 2.....	446
Tabla 120. Valores medios de luminosidad en el mes 3.....	447
Tabla 121. Valores medios de a* en el mes 3.....	447
Tabla 122. Valores medios de b* en el mes 3.....	447
Tabla 123. Valores medios de luminosidad en el mes 6.....	448
Tabla 124. Valores medios de a* en el mes 6.....	448
Tabla 125. Valores medios de acidez de b* en el mes 6.....	448
Tabla 126. Valores medios de luminosidad en el mes 9.....	449
Tabla 127. Valores medios de a* en el mes 9.....	449
Tabla 128. Valores medios de acidez de b* en el mes 9.....	449
Tabla 129. Valores medios de luminosidad en el mes 12.....	450
Tabla 130. Valores medios de a* en el mes 12.....	450
Tabla 131. Valores medios de b* en el mes 12.....	450
Tabla 132. Valores medios de fuerza de corte en el mes 0.....	451
Tabla 133. Valores medios de fuerza de corte en el mes 1.....	451
Tabla 134. Valores medios de fuerza de corte en el mes 2.....	451
Tabla 135. Valores medios de fuerza de corte en el mes 3.....	452
Tabla 136. Valores medios de fuerza de corte en el mes 6.....	452
Tabla 137. Valores medios de fuerza de corte en el mes 9.....	452
Tabla 138. Valores medios de fuerza de corte en el mes 12.....	453

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de proyección de Fischer de un triglicérido mostrando la numeración estereoespecífica (<i>sn</i> -) convencional.	45
Figura 2. Evolución de la producción de leche y su contenido de grasa y proteínas a lo largo de la lactación.....	50
Figura 3. Metabolismo de lactosa y citrato llevado a cabo por BAL homofermentativas	56
Figura 4. Rutas principales en el catabolismo de aminoácidos	61
Figura 5. Principales rutas para el catabolismo de ácidos grasos libres en queso.....	66
Figura 6. Ovejas de raza Churra.	90
Figura 7. Curva de lactación y ciclo productivo tipo de ovejas estacionales	91
Figura 8. Oveja de raza Castellana, variedad negra	93
Figura 9. Oveja y cordero de raza Castellana, variedad blanca.....	94
Figura 10. Oveja de raza Assaf.....	96
Figura 11. Diagrama de flujo de la elaboración del queso.	112
Figura 12. Agitación de leche en la cuba quesera	113
Figura 13. Corte de la cuajada con liras verticales y horizontales	114
Figura 14. Llenado de moldes con cuajada ya cortada.....	114
Figura 15. Prensado de los quesos.....	115
Figura 16. Quesos en salmuera.....	115
Figura 17. Cámara de maduración de los quesos.	116
Figura 18. Cromatograma obtenido tras el análisis de la grasa extraída de la leche....	126
Figura 19. Protocolo que se siguió para el corte del queso	144
Figura 20. Presentación de las muestras de queso para la evaluación sensorial.	145
Figura 21. Composición de grasa y proteínas de la leche recogida en la provincia de Zamora a lo largo de un año	165
Figura 22. Composición de extracto seco de la leche recogida en la provincia de Zamora a lo largo de un año.....	165
Figura 23. RCS recogidos a lo largo del año en la provincia de Zamora.....	167
Figura 24. Evolución de los valores de grasa y proteínas a lo largo del año para cada uno de los grupos de RCS.	169
Figura 25. Evolución de los valores de ES a lo largo del año para cada uno de los grupos de RCS.....	169
Figura 26. Proporción media de ácidos grasos en la leche de los años 1 y 2.....	181
Figura 27. Proporción media de ácidos grasos en la leche de los años 1 y 2 según su estructura química.....	181
Figura 28. Concentración media de ácidos grasos saturados de cadena corta observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.....	185
Figura 29. Concentración media de ácidos grasos saturados de cadena media y larga observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.....	186
Figura 30. Concentración media de ácidos grasos monoinsaturados observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.....	187
Figura 31. Concentración media de ácidos grasos poliinsaturados observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.....	189
Figura 32. Concentración media de CLA total observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.....	191
Figura 33. Valores medios del cociente AGPI/AGS observados en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.....	192

Figura 34. Valores medios del cociente n_6/n_3 observados en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.....	193
Figura 35. Peso las variables de la leche en el sistema formado por las componentes 1 y 2.....	199
Figura 36. Diagrama de dispersión en el que se representan las muestras de leche correspondientes a los años 1 y 2 en el sistema formado por las componentes 1 y 2.	199
Figura 37. Valores medios de pH determinados en las muestras de queso del año 1 a lo largo de la maduración.	206
Figura 38. Valores medios de pH determinados en las muestras de queso del año 2 a lo largo de la maduración.	206
Figura 39. Valores medios de pH para los quesos de los años 1 y 2.....	207
Figura 40. Lactosa de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.....	209
Figura 41. Lactosa de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.....	209
Figura 42. Materia grasa de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.	211
Figura 43. Materia grasa de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.	211
Figura 44. Contenido medio de materia grasa en los quesos del año 1.....	212
Figura 45. Contenido medio de materia grasa en los quesos del año 2.....	212
Figura 46. Índice de acidez de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.	214
Figura 47. Índice de acidez de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.	214
Figura 48. Valores medios de índice de acidez de la grasa para los quesos pertenecientes a los años 1 y 2.	215
Figura 49. Proteínas de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.	216
Figura 50. Proteínas de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.	216
Figura 51. Contenido en proteína total de los quesos pertenecientes a los años 1 y 2.	217
Figura 52. Extracto seco de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.	218
Figura 53. Extracto seco de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.	218
Figura 54. Valores medios de ES obtenidos en los quesos durante el mes 0.....	219
Figura 55. Valores medios de ES para los quesos de los años 1 y 2.....	219
Figura 56. Actividad de agua de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.	222
Figura 57. Actividad de agua de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.	222
Figura 58. Valores medios de a_w para los quesos del año 1.....	223
Figura 59. Valores medios de a_w para los quesos del año 2.....	223
Figura 60. Cenizas de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.....	224
Figura 61. Cenizas de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.....	224
Figura 62. Valores medios de cenizas en los quesos pertenecientes al año 1.....	226
Figura 63. Valores medios de cenizas en los quesos pertenecientes al año 2.....	226
Figura 64. Evolución de los valores de luminosidad (L^*) a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.....	227

Figura 65. Evolución de los valores de luminosidad (L^*) a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.....	228
Figura 66. Valores medios de luminosidad obtenidos en los quesos del año 1.....	228
Figura 67. Valores medios de luminosidad obtenidos en los quesos del año 2.....	229
Figura 68. Evolución de los valores del parámetro a^* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.....	230
Figura 69. Evolución de los valores del parámetro a^* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.....	230
Figura 70. Valores medios del parámetro a^* obtenidos en los quesos del año 1.....	231
Figura 71. Valores medios del parámetro a^* obtenidos en los quesos del año 2.....	231
Figura 72. Evolución de los valores del parámetro b^* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.....	232
Figura 73. Evolución de los valores del parámetro b^* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.....	232
Figura 74. Valores medios del parámetro b^* obtenidos en los quesos del año 1.....	233
Figura 75. Valores medios del parámetro b^* obtenidos en los quesos del año 2.....	233
Figura 76. Evolución de la fuerza de corte obtenida para los quesos del año 1.....	236
Figura 77. Evolución de la fuerza de corte obtenida para los quesos del año 2.....	237
Figura 78. Fuerza de corte media (años 1 y 2) de los quesos durante los tres primeros meses de maduración.....	237
Figura 79. Valores medios obtenidos para la fuerza de corte en los quesos del año 1.....	238
Figura 80. Valores medios obtenidos para la fuerza de corte en los quesos del año 2.....	238
Figura 81. Proporción media (años 1 y 2) de ácidos grasos en el queso de 0 meses de maduración.....	241
Figura 82. Proporción media (años 1 y 2) de ácidos grasos en el queso de 12 meses de maduración.....	241
Figura 83. Evolución de la proporción de AGSC a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.....	243
Figura 84. Evolución de la proporción de AGSC a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.....	243
Figura 85. Evolución de la proporción de AGSL a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.....	244
Figura 86. Evolución de la proporción de AGSL a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.....	244
Figura 87. Evolución de la proporción de AGMI a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.....	245
Figura 88. Evolución de la proporción de AGMI a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.....	245
Figura 89. Evolución de la proporción de AGPI a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.....	246
Figura 90. Evolución de la proporción de AGPI a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.....	246
Figura 91. Proporción media (años 1 y 2) de ácidos grasos en el queso según su estructura química.....	249
Figura 92. Proporción media de AGSC en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.....	250
Figura 93. Proporción media de AGSC en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	250
Figura 94. Concentración media de AGSL en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.....	252

Figura 95. Concentración media de AGSL en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	252
Figura 96. Concentración media de AGMI en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.....	254
Figura 97. Concentración media de AGMI en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	254
Figura 98. Concentración media de AGPI en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.....	255
Figura 99. Concentración media de AGPI en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	255
Figura 100. Concentración media de CLA total en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.....	257
Figura 101. Concentración media de CLA total en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	257
Figura 102. Valores medios del cociente AGPI/AGS en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.....	258
Figura 103. Valores medios del cociente AGPI/AGS en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	258
Figura 104. Valores medios del cociente n6/n3 en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.....	259
Figura 105. Valores medios del cociente n6/n3 en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	259
Figura 106. Porcentaje relativo medio de los grupos de compuestos volátiles analizados en los quesos con 6 meses de maduración pertenecientes a los años 1 y 2.....	261
Figura 107. Porcentaje relativo medio de los grupos de compuestos volátiles analizados en los quesos con 12 meses de maduración pertenecientes a los años 1 y 2.....	261
Figura 108. Determinación del color realizada por 97 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.....	284
Figura 109. Determinación del color realizada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	284
Figura 110. Muestras de queso con 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.....	285
Figura 111. Determinación de la homogeneidad realizada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	286
Figura 112. Muestras de queso con 12 meses de maduración pertenecientes al año 2, ordenadas de menor a mayor homogeneidad.....	286
Figura 113. Intensidad de olor, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	288
Figura 114. Intensidad de olor ácido, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	289
Figura 115. Intensidad de olor rancio, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	290
Figura 116. Intensidad de sabor determinada por 90 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.....	292
Figura 117. Intensidad de sabor, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	292
Figura 118. Intensidad de sabor ácido, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	293

Figura 119. Intensidad de sabor rancio determinada por 91 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.....	294
Figura 120. Intensidad de sabor rancio, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.	294
Figura 121. Duración del sabor y sensación retronasal, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.	296
Figura 122. Intensidad de picante determinada por 95 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.....	297
Figura 123. Intensidad de picante, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.	297
Figura 124. Determinación de dureza realizada por 92 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.....	299
Figura 125. Dureza determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.	299
Figura 126. Determinación de granulosidad realizada por 94 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.....	300
Figura 127. Granulosidad determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	300
Figura 128. Untuosidad determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	301
Figura 129. Fracturabilidad determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.....	302
Figura 130. Gráfica de araña en la que se representan las puntuaciones medias otorgadas por los jueces a los quesos con 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.	303
Figura 131. Gráfica de araña en la que se representan las puntuaciones otorgadas por los jueces para determinados atributos durante el año 2 según el RCS.	306
Figura 132. Gráfica de araña en la que se representan las puntuaciones otorgadas por los jueces para determinados atributos durante el año 2 según la raza.	307
Figura 133. Ordenación por preferencias realizada por 53 consumidores sobre los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 1.	308
Figura 134. Ordenación por preferencias realizada por 96 consumidores sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.....	308
Figura 135. Nivel de agrado de los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1, determinado por 92 consumidores.....	310
Figura 136. Muestra de queso de raza Castellana con RCS medios en la que se pueden apreciar los cristales de lactato cálcico en forma de puntos blancos.....	311
Figura 137. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración del año 1 en las componentes 1 y 2.	336
Figura 138. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 2.	336
Figura 139. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración del año 1 en las componentes 1 y 5.	337

Figura 140. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 5.	337
Figura 141. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2 en el plano formado por las componentes 1 y 2.	341
Figura 142. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las dos primeras componentes.	341
Figura 143. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2 en el plano formado por las componentes 1 y 3.	342
Figura 144. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las componentes 1 y 3.	342
Figura 145. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 2.	346
Figura 146. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1, en las componentes 1 y 2.	346
Figura 147. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 3.	347
Figura 148. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1, en las componentes 1 y 3.	347
Figura 149. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2 en el plano formado por las componentes 1 y 2.	350
Figura 150. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las dos primeras componentes.	350
Figura 155. Queso viejo de oveja Flor de Esgueva.	417
Figura 156. Queso viejo de oveja Marcos Conde.	417
Figura 157. Queso Roncal Opakua.	417
Figura 158. Estándares de color.	418
Figura 159. Estándares de homogeneidad de color.	418
Figura 160. Queso de oveja Señorío de Montelarreina Gran Reserva.	420
Figura 161. Queso de oveja curado Pago Los Viales etiqueta negra.	420
Figura 162. Queso de oveja curado El Pastor de Santa Cristina.	420
Figura 163. Queso tierno de vaca-oveja-cabra Eroski.	421
Figura 164. Queso semicurado de vaca-oveja-cabra Eroski.	421
Figura 165. Queso curado de vaca-oveja-cabra Eroski.	421
Figura 166. Queso de oveja Gran Capitán.	422

I. INTRODUCCIÓN

1. DEFINICIÓN DE QUESO

Según la Orden de 29 de Noviembre de 1985, por la que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos destinados al mercado interior (BOE nº 292, 1985), se entiende por queso el producto fresco o maduro, sólido o semisólido, obtenido por separación del suero después de la coagulación de la leche natural, de la desnatada total o parcialmente, de la nata, del suero de mantequilla o de una mezcla de algunos o de todos estos productos por la acción del cuajo u otros coagulantes apropiados con o sin hidrólisis previa de la lactosa.

2. PRODUCCIÓN DE QUESO DE OVEJA

Los principales productores mundiales de queso de oveja son los países Mediterráneos en los que tradicionalmente se concentra la mayor producción de leche de oveja: Turquía, Grecia, Italia, Francia, España, Argelia, Egipto, Portugal. De hecho, en muchos de los casos casi toda la producción de esta leche se destina a la elaboración de queso. Forman parte de esta tradición, quesos tan famosos como los italianos tipo “pecorino” (Pecorino Romano, Pecorino Sardo, Fiore Sardo); los quesos Feta o Graviera de Grecia; el Roquefort de Francia; Serra da Estrela en Portugal; Ras en Egipto y Manchego en España (Chávarri, 1999).

En España la producción de leche de vaca, oveja y cabra durante el año 2006 fue de 7.108 millones de litros, de los cuales 424 millones de litros (5,96% del total) fueron de leche de oveja. Esta cifra situó a España como décimo productor mundial de leche de oveja. Dentro del país, la Comunidad Autónoma con mayor producción fue Castilla y León con 271,144 millones de litros, lo que supuso un 63,94% de la producción nacional (INE, 2009; FAO, 2009).

En cuanto a la producción de queso, la producción total en España durante el año 2008 fue de 317.100 toneladas, de las cuales 129.000 toneladas fueron quesos de vaca (el 40,68% del total) y 45.300 toneladas fueron de queso de oveja puro, lo que supuso el 14,28% del total (MARM, 2009).

En la actualidad, existen en España más de 100 variedades tradicionales de quesos de vaca, oveja, cabra y mezcla, de los cuales 25 están amparados por la figura de Denominación de Origen Protegida (D.O.P.) (Tabla 1). Entre ellos, solamente cuatro son de pasta prensada de oveja: Manchego, Idiazabal, Roncal y Zamorano (MARM, 2009).

Tabla 1. Quesos con Denominación de Origen en España y tipo de leche utilizada para su elaboración (MARM, 2009).

Leche de vaca	Leche de oveja	Leche de cabra	Leche de mezcla
Mahón	Roncal	Majorero	Cabrales
Tetilla	Idiazabal	Camerano	Picón-Bejes-Treviso
Cantabria	La Serena	Murciano	Quesucos de Liébana
Afuega'l Pitu	Zamorano	Inores	Gamoneu
Arzúa-Ulloa	Manchego	Palmero	
Cebreiro	Torta del Casar		
Casín	Flor de Guía		
L'Alt Urgell y La Cerdanya			
Simón da Costa			

3. QUESO ZAMORANO

El Queso Zamorano, que goza de D.O.P. desde mayo de 1.993, es un queso de pasta prensada elaborado a partir de leche oveja de las razas autóctonas Castellana y Churra mediante coagulación enzimática.

La Denominación de Origen Protegida (D.O.P.) es la figura más importante que se utiliza en España para el reconocimiento y la protección de la calidad superior de un alimento que goza de características propias y diferenciales. La D.O.P. especifica la zona geográfica, la materia prima y la forma de elaboración de dicho producto, describe las características que debe tener y vela por el cumplimiento de todo ello. Así, según el Reglamento de la Denominación de Origen Queso Zamorano y de su Consejo Regulador (B.O.E. nº 120, 1993) la materia prima es leche cruda o pasteurizada procedente de ovejas de las razas Castellana y Churra. Ésta debe ser entera y limpia,

exenta de calostros, contaminantes, conservantes, antibióticos y cualquier producto que pueda incidir negativamente en la elaboración, maduración y conservación del queso. Además debe tener un mínimo de 7% de grasa, 4% de lactosa, 5% de proteína y 17,5% de extracto seco (ES), y una acidez máxima de 23 °Dornic. En cuanto a la zona geográfica, comprende todos los términos municipales de la provincia de Zamora. El método de elaboración, que es el que se empleó para la realización de este estudio y que se describe con detalle en el apartado 1.3.1. de Materiales y Métodos, debe cumplir las siguientes pautas: la coagulación de la leche debe realizarse mediante la adición de la dosis precisa de cuajo a una temperatura entre 28-32 °C y con un tiempo de coagulación entre 30 y 45 minutos. Se procederá a continuación al corte sucesivo de la cuajada hasta obtener unos granos de entre 5 y 10 mm y se aumentará la temperatura hasta 40 °C. Se prensará la cuajada en moldes adecuados que den la forma característica que posee este queso, y se procederá a su salado, ya sea seco o húmedo, teniendo en cuenta que si se utiliza este último método, el tiempo de inmersión en salmuera (con un máximo de 22 °Bé de cloruro sódico) no deberá ser superior a 36 horas. El periodo de maduración no será inferior a 100 días contados a partir de la fecha de moldeado. Los quesos se voltearán y se limpiarán hasta que alcancen las características determinadas en el Reglamento.

Al término de su maduración, el Queso Zamorano debe tener valores de pH entre 5,1 y 5,8 y un contenido mínimo de: 45% de grasa sobre ES, 55% de ES y 25% de proteína. Con respecto a sus características físicas, debe tener forma cilíndrica con caras sensiblemente planas y un máximo de 14 cm de altura y 24 cm de diámetro, con un peso máximo de 4 kg. Además debe tener una corteza dura, de color amarillo pálido a gris oscuro y bien definida, pasta firme y compacta, de color variable, desde el blanco hasta el marfil amarillento, con algunos ojos pequeños y aroma y sabor característicos, bien desarrollados e intensos y persistentes de paladar.

4. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LECHE Y QUESO

La composición fisico-química del queso está directamente relacionada con la de la leche de partida. Esto no significa que ambos tengan exactamente la misma composición. De hecho esto ni siquiera ocurre en la cuajada recién elaborada, ya que durante el proceso de elaboración algunos compuestos sufren una transformación, como

las proteínas que se agregan para formar una red proteica, y otros se pierden en el suero, como gran parte de la lactosa y de las proteínas del suero. Los componentes del queso sufrirán aún más transformaciones a lo largo del proceso de maduración, debido principalmente a la acción enzimática, algo que se explicará detalladamente más adelante. A continuación se describen brevemente los principales componentes y parámetros físico-químicos de la leche y el queso.

4.1. pH

El pH es uno de los parámetros físico-químicos más importantes de la leche, ya que da una idea de su calidad higiénica. De hecho es, junto al RCS, un posible indicador de la incidencia de mamitis subclínica (García et al., 1997; Gómez et al., 1997). Esto es debido a que cuantifica la concentración de iones hidrógeno $[H^+]$, que proceden de la disociación de un ácido, provocada normalmente por procesos microbiológicos o enzimáticos. La leche de oveja presenta un valor medio de pH de 6,65, con un intervalo de variación de 6,6-6,8 (Martí de Olives y Molina Pons, 1998).

Como se explicará más adelante, el valor del pH tiene un papel fundamental tanto en el proceso de elaboración del queso, favoreciendo la formación de la cuajada, como en el desarrollo de la maduración.

4.2. LACTOSA

La lactosa es el principal hidrato de carbono en la leche de todos los mamíferos (única fuente de este azúcar) y en el queso durante sus primeras etapas de maduración (Liu et al., 1998). En ambos productos juega un papel fundamental, ya que es esencial para el desarrollo de la fermentación, influyendo directamente sobre el desarrollo de los cultivos iniciadores y el pH del queso. Esto repercute además en otras características como la textura o la formación de compuestos volátiles relacionados con el sabor (Fox et al., 2000).

La lactosa es un disacárido formado por una molécula de galactosa y otra de glucosa unidas por un enlace β 1-4-glicosídico. Es sintetizada en las células alveolares de la glándula mamaria a partir de la glucosa absorbida de la sangre, de manera que una molécula de glucosa es transformada a UDP-galactosa mediante la ruta de Leloir. Esta UDP-galactosa se une a otra molécula de glucosa mediante una reacción en la que el

enzima lactosa sintetasa actúa como catalizador. Éste es un enzima con dos componentes: el componente A es una galactosil transferasa no específica que transfiere la galactosa de la UDP-galactosa a varios aceptores; el componente B es α -lactoalbúmina, una proteína del suero que hace que la transferasa llegue a ser altamente específica para la glucosa, lo que conduce a la síntesis de lactosa. Por lo tanto, la α -lactoalbúmina es un modificador enzimático y su concentración en la leche está directamente relacionada con la concentración de lactosa. La importancia de este mecanismo reside en permitir a los mamíferos paralizar la síntesis de lactosa cuando sea necesario, es decir, regular y controlar la presión osmótica cuando hay un influjo de NaCl, como ocurre durante la mamitis o en las últimas etapas de la lactación (Luquet, 1991; Marilley y Casey, 2004).

La forma en la que la lactosa se encuentra en la leche es disuelta en solución acuosa, por lo que gran parte se pierde en el suero durante la elaboración del queso. La lactosa que queda retenida en la cuajada es fermentada por las bacterias ácido lácticas (BAL) de modo que es transformada a ácido láctico, lo que repercute en el valor del pH. En el queso tipo Zamorano no quedan restos de lactosa al cabo de dos meses de maduración (Revilla et al., 2007).

4.3. MINERALES

Los minerales de la leche y el queso tienen una gran importancia tecnológica, a pesar de que están presentes en bajas concentraciones. Las principales sales en la leche son de Ca, P, Mg, Na, K, Cl y citrato (Fox et al., 2000). Existen también algunos oligoelementos como Fe, Cu, Zn, Si, F, Se.

En la leche, algunas de las sales se encuentran en concentraciones inferiores a su límite de solubilidad, por lo que son totalmente solubles. Sin embargo otras, especialmente el fosfato cálcico, exceden su solubilidad por lo que una parte está en disolución y otra parte está en la fase coloidal asociada principalmente a las micelas de caseína. Estas sales se conocen generalmente como fosfato cálcico coloidal, aunque en las micelas también están presentes otros elementos o iones. Así mismo, en la membrana del glóbulo graso se pueden encontrar algunos elementos, principalmente como constituyentes de coenzimas (Fox et al., 2000).

El magnesio es un mineral muy importante en la leche ya que interviene, al igual que el calcio, en la estabilización de la micela.

Los minerales potasio, sodio y cloro permiten, junto con la lactosa, que exista un equilibrio entre la presión osmótica de la leche en la mama y la sanguínea. Sus valores están sometidos a grandes variaciones en caso de mamitis (Luquet, 1991).

Desde el punto de vista tecnológico, las sales e iones más importantes a la hora de elaborar el queso son calcio, fosfato y, en menor medida, citrato. A pesar de estar en bajas concentraciones, el Ca^{2+} es de gran importancia en varios aspectos de la coagulación de la leche, como se verá posteriormente (Fox et al., 2000).

4.4. EXTRACTO SECO

El extracto seco (ES) de leche y queso está formado por todos los componentes sólidos, lo que, en ambos casos, incluye proteínas, materia grasa, azúcares y minerales (Awad, 2006; Pirisi et al., 2000).

Durante la elaboración del queso, la mayor parte del agua y de los compuestos hidrosolubles de la leche (lactosa, proteínas del lactosuero, ácido láctico y algunos de los minerales) se pierden en el suero. La cuajada está formada por una red proteica en la que están atrapadas casi toda la grasa, parte del agua, parte de la lactosa y otros compuestos como minerales, enzimas, etc.

El ES de la leche está directamente relacionado con el rendimiento quesero. El contenido final de humedad en la cuajada determina en gran medida el pH final del queso, ya que está relacionado con la cantidad residual de lactosa fermentable. Además el ES también juega un papel fundamental en otros aspectos de la maduración del queso, ya que determina algunas características importantes como la textura (Creamer y Olson, 1982; Fox et al., 2000) y el color (Rohm y Jaros 1997; Pinho et al., 2004; Jaramillo, 2008) y además se relaciona con la actividad de agua y la posibilidad de que se desarrollen o no ciertos tipos de microorganismos.

4.5. PROTEÍNAS

Las proteínas representan el 95% de los compuestos nitrogenados presentes en la leche. Se diferencian de las sustancias nitrogenadas no proteicas, que constituyen el 5% restante, en el tamaño de sus moléculas, formadas por uniones complejas de aminoácidos (Luquet, 1991).

Las proteínas se clasifican en caseínas y proteínas del suero. Las caseínas son las proteínas mayoritarias y se designan como α_1 -caseínas, α_2 -caseínas, β -caseínas y κ -caseínas, mientras que las principales proteínas del suero son β -lactoglobulinas y α -lactoalbúminas. Existen algunas proteínas procedentes de la degradación de otras, como γ -caseínas y algunas de las proteosa-peptonas, que derivan de β -caseínas.

En la leche solamente una pequeña parte de caseína se encuentra en la fracción soluble (entre 5-10%), mientras que el resto se encuentra formando micelas de caseína, que se encuentran en dispersión coloidal.

La micela de caseína es un complejo orgánico formado por caseínas α , β y κ unidas a fosfato cálcico coloidal. Gracias a la caseína κ que es hidrófila y estable en presencia de iones Ca^{2+} , la micela está en suspensión coloidal. Como se verá posteriormente, durante la elaboración del queso los enzimas que se encuentran en el cuajo provocan la hidrólisis de la κ -caseína y la posterior agregación de las micelas de caseína, que es lo que va a constituir la red proteica que conforma la cuajada.

En el queso, la paracaseína (fracción insoluble resultante de la hidrólisis enzimática) representa el 99% del total de las proteínas y constituye la matriz estructural. Las proteínas del suero que se encuentran incluidas en dicha matriz, representan solamente un 1% del total. Como se verá a continuación, los fenómenos de proteólisis provocan la hidrólisis de la paracaseína a péptidos y aminoácidos y transforman muchos de estos compuestos dando como resultado otros directamente implicados en el flavor del queso (McSweeney y Sousa, 2000; Guinee y McSweeney, 2006).

4.6. MATERIA GRASA

La grasa es el componente de la leche más variable tanto desde el punto de vista cuantitativo, como desde el punto de vista cualitativo. Así, dependiendo de la raza, el genotipo, la alimentación, el estado de lactación y la estación del año, el contenido de grasa puede variar entre 3,60% y 9,97% (Pulina et al., 2006; Raynal-Ljutovac et al., 2008).

La mayor parte de la materia grasa de la leche es de naturaleza lipídica (99,5%), mientras que el resto (0,5%) está constituido por otros compuestos liposolubles como esteroides, carotenoides y vitaminas (Anifantakis, 1986; Luquet, 1991; Fennema, 2000).

Los principales constituyentes de los lípidos de la leche son los triglicéridos, que representan un 98,7% del total, mientras que los fosfolípidos representan un 0,8% (fosfatidiletanolamina, fosfatidilcolina y esfingomielina) (Morrison, 1968; Anifantakis, 1986). Como se puede apreciar en la Tabla 4, la leche de oveja contiene más lípidos que los de vaca y además es más rica en la mayoría de las vitaminas (Anifantakis, 1986).

Los lípidos de la leche se caracterizan por su presencia en forma de glóbulos grasos emulsionados en el plasma acuoso. La estabilidad de la emulsión se debe a la existencia de una membrana envolvente lipídico-proteica cargada negativamente, que impide la salida de la grasa y asegura la repulsión electrostática entre los diferentes glóbulos. Si la integridad del glóbulo graso se ve alterada por fenómenos físicos o microbianos, la grasa sale al exterior y al no estar protegida por la membrana es particularmente sensible a las alteraciones lipolíticas (Azzara y Dimick, 1985a; Luquet, 1991).

En el queso, la grasa constituye el componente mayoritario, con valores comprendidos entre 42% y 56% para la mayoría de variedades (Guinee y McSweeney, 2006). Las diferencias entre el contenido de grasa de cada queso depende de varios factores, como la composición de la leche (en particular de la relación proteína/grasa) y del proceso de elaboración del queso. Por otra parte, los cambios en la proporción de grasa tienen asociados cambios en los valores de proteínas y ES, así como del rendimiento quesero (Guinee y McSweeney, 2006).

La grasa que se encuentra en el queso está constituida mayoritariamente por triglicéridos, al igual que sucede en la leche, aunque la proporción de ácidos grasos libres es aquí muy superior. Esto se debe a los fenómenos de lipólisis que a lo largo del proceso de maduración liberan sobre todo ácidos grasos de cadena corta y media que contribuyen directamente al flavor del queso.

Así, la importancia de la grasa en el queso no sólo se debe a que es el componente principal, sino también a que está muy relacionada con el flavor, ya que influye sobre él de forma directa y además aporta compuestos que son transformados en otros que también se relacionan directamente con el flavor. Además sirve como interfase grasa-agua-proteína en la que se llevan a cabo estas reacciones y actúa como solvente para los compuestos liposolubles relacionados con el flavor (Manning, 1974; Olson y Johnson, 1990), con la estructura (Guinee y McSweeney, 2000) y con el color (Rohm y Jaros, 1997).

4.6.1. Estructura de los triglicéridos

Los triglicéridos se sintetizan en la glándula mamaria por mecanismos enzimáticos que ejercen cierta selectividad sobre la esterificación de diferentes ácidos grasos en cada posición de la fracción *sn*-glicerol (Moore y Christie, 1979) (Figura 1).

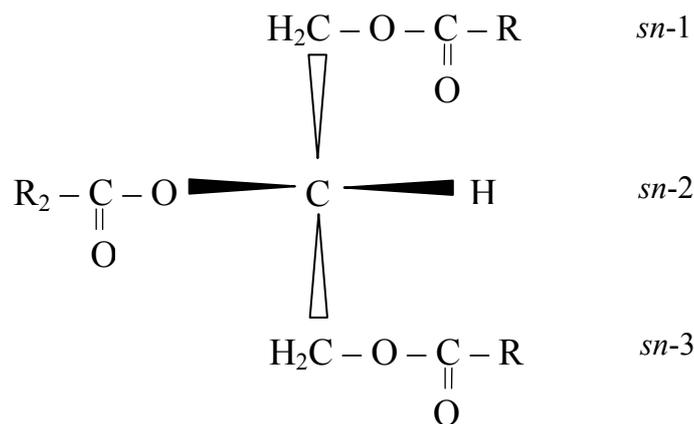


Figura 1. Diagrama de proyección de Fischer de un triglicérido mostrando la numeración estereoespecífica (*sn*-) convencional.

La distribución de los ácidos grasos en los triglicéridos es muy específica, de modo que en ovejas con una dieta normal, los ácidos grasos C4:0 y C6:0 están esterificados casi en su totalidad en la posición *sn*-3. En la posición *sn*-3 destacan también C8:0, C10:0 y

C18:1. El ácido palmítico (C16:0) ocupa con mayor frecuencia las posiciones *sn*-1 y *sn*-2, al igual que sucede con C18:0, mientras que C14:0 suele estar esterificado en la posición *sn*-2 (Tabla 2).

Para ácidos grasos de entre 4 y 6 átomos de carbono, el patrón de distribución es similar para triglicéridos de diferente peso molecular, sin embargo para los ácidos C18:0 y C18:1 el patrón varía, de manera que en triglicéridos de alto peso molecular estos ácidos están esterificados preferentemente en las posiciones *sn*-1 y *sn*-3, mientras que en triglicéridos de peso molecular bajo y medio tienden a estar en la posición *sn*-1 (Parodi, 1982).

Tabla 2. Ácidos grasos esterificados en cada posición de los triglicéridos de la leche de oveja (mol % de ácidos grasos totales) (Kuksis et al., 1973).

	4:0	6:0	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
<i>sn</i> -1			0,3	1,4	2,2	8,2	38,0	19,1	18,7	2,7	2,2
<i>sn</i> -2			2,0	5,2	4,7	17,6	23,8	12,6	19,3	4,2	1,7
<i>sn</i> -3	10,8	10,4	4,4	10,3	3,5	5,3	2,5	9,1	27,2	6,0	4,4

4.6.2. Ácidos grasos totales

En la grasa láctea se han encontrado hasta 126 ácidos grasos diferentes, muchos de ellos en cantidades traza (Jensen et al., 1967). Los 25 ácidos más importantes incluyen los saturados de C4:0 a C18:0 y los insaturados como C16:1, C18:1, C18:2, C18:3. Los 12 ácidos grasos más frecuentes se recogen en la Tabla 3. En general los ácidos grasos saturados representan aproximadamente el 63-75% en peso del total de los ácidos de la grasa láctea, de los cuales solamente un 3% tienen un número impar de átomos de carbono y cerca de un 2% tienen cadena ramificada. Los ácidos grasos insaturados representan el 25-35% del total de los ácidos grasos, siendo monoinsaturados el 31% y poliinsaturados el 4% (Jensen et al., 1967; Fox y McSweeney, 2006).

Los ácidos grasos mayoritarios tanto en leche de vaca como en leche de oveja son C16:0, C18:1, C18:0 y C14:0 (Anifantakis, 1986). En general en leche de oveja hay mayor proporción en peso de ácidos grasos de cadena corta C4:0 a C12:0 (20-25%) que en leche de vaca (10-13%) y una proporción similar de ácidos grasos insaturados.

Los ácidos grasos de cadena corta y media tienen ciertas características interesantes que podrían explicar su presencia en la leche. A diferencia de los ácidos grasos de cadena larga, aquellos son absorbidos al torrente sanguíneo como ácidos grasos no esterificados y son metabolizados rápidamente en el hígado (Noble, 1978). Debido a ello, son capaces de aportar energía a la cría. Además los ácidos grasos de cadena corta y en menor medida los de cadena media, disminuyen el punto de fusión de los triglicéridos, por lo que su presencia ayuda a mantener la grasa de la leche en estado líquido a temperaturas fisiológicas. Hay que tener en cuenta que a pesar de que los ácidos insaturados tienen menor punto de fusión, están en concentraciones relativamente pequeñas.

Tabla 3. Composición de ácidos grasos totales (% en peso) en leche de vaca y oveja (Glass et al., 1967; Christie, 1995).

AG	C4:0	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Oveja	4,0	2,8	2,7	9,0	5,4	11,8	25,4	3,4	9,0	20,0	2,1	1,4
Vaca	3,3	1,6	1,3	3,0	3,1	9,5	26,3	2,3	14,6	29,8	2,4	0,8

En el queso la composición de ácidos grasos totales generalmente es similar a la de la leche de partida (Luna et al., 2005), de modo que, como se ha mencionado con anterioridad, las grandes diferencias se encuentran en las concentraciones de ácidos grasos libres. Esto es válido para animales sanos, ya que en la bibliografía consultada no se han encontrado estudios acerca de la influencia de las células somáticas sobre los ácidos grasos totales del queso de oveja, algo que se investigará en el presente estudio.

4.6.3. Síntesis de ácidos grasos

Los ácidos grasos de la leche provienen principalmente de dos fuentes: de la síntesis *de novo* en la glándula mamaria (alrededor de un 45%) y de los lípidos presentes en el plasma, que provienen a su vez de la dieta (alrededor del 55%). Los ácidos grasos de estas dos fuentes difieren en su estructura, de manera que los que se sintetizan *de novo* son ácidos grasos de cadena corta y de cadena media, entre C4:0 y C14:0 y también algún C16:0, mientras que los ácidos grasos C18 y algunos C16:0 provienen de los lípidos del plasma (Moore y Christie, 1979).

La síntesis *de novo* en la glándula mamaria utiliza principalmente acetato y β -hidroxibutirato, precursores que provienen de la fermentación microbiana de celulosa y

otros compuestos similares en el rumen. En la glándula mamaria, el acetato es activado a acetyl-CoA, ya que el mecanismo por el que se sintetizan los ácidos grasos se basa en la carboxilación de este compuesto para obtener malonil-CoA, que se utiliza en el proceso de enlongación gradual de la cadena de ácido graso. Esto conduce a la formación de series de ácidos grasos de cadena corta y media que difieren en dos grupos CH₂ (por ejemplo C4:0, C6:0, C8:0, etc.) y que son lineales y con número par de carbonos. Sin embargo, si en lugar de acetato el precursor es propionato, valerato o isobutirato se sintetizan ácidos grasos ramificados o de número impar de carbonos (Jenkins, 1993; Hawke y Taylor, 1995).

El otro grupo de ácidos grasos procede principalmente de la dieta, aunque también se incluyen ácidos que pueden proceder del tejido adiposo. Los ácidos de la dieta son en gran parte glicolípidos, fosfolípidos y triglicéridos, de manera que los mayoritarios son ácido linoleico (C18:2 9c12c) y ácido linolénico (C18:3 9c12c15c). Estos ácidos son hidrolizados en el rumen y se transforman en ácidos grasos no esterificados, que son hidrogenados por los microorganismos (Jenkins, 1993). La secuencia de biohidrogenación del ácido linoleico comienza con una fase de isomerización que produce ácido linoleico conjugado (C18:2 9c11t). Éste sufre una reducción para dar ácido vacénico (C18:1 11t), que se reduce a su vez para dar ácido esteárico (C18:0). En el caso del ácido linolénico, la biohidrogenación sigue un proceso similar (Bauman et al., 1999). Los ácidos grasos que resultan de la biohidrogenación son esterificados a triglicéridos, que circulan en quilomicrones a través del torrente sanguíneo. Estos triglicéridos son captados por la glándula mamaria gracias a la lipoproteína lipasa (LPL), un enzima que hidroliza los triglicéridos del torrente sanguíneo para formar ácidos grasos, glicerol y quizá monoacilglicerol. Concretamente hidroliza las uniones éster en las posiciones *sn-1* (preferentemente) y *sn-3* de triglicéridos con ácidos grasos de cadena corta y larga y la *sn-3* de fosfolípidos (Nilsson-Ehle et al., 1973; Egelrud y Olivecrona, 1972; Bengtsson-Olivecrona y Olivecrona, 1991). Este enzima, que es el mismo que está presente en la leche, se encuentra unido a las superficies endoteliales vasculares mediante heparán sulfato.

En definitiva, los triglicéridos son transformados en la glándula mamaria a ácidos grasos no esterificados. Además la glándula mamaria posee un sistema desaturasa que transforma gran parte del ácido esteárico (C18:0) a ácido oleico (C18:1 9c). Así, la

mayor parte de los ácidos grasos procedentes de la dieta que se encuentran en la glándula mamaria son palmítico, esteárico, y oleico. También se encuentran pequeñas cantidades de linoleico y linolénico y muy pequeñas cantidades de otros ácidos como C18:1 11t y C18:2 11t (Mac Gibbon y Taylor, 2006).

5. FACTORES QUE PRODUCEN VARIABILIDAD EN LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE OVEJA

La leche es muy constante desde el punto de vista cualitativo, pero cuantitativamente existe una variabilidad muy importante en cuanto a su producción y composición. Ambas pueden verse afectadas por un amplio conjunto de factores que se describen a continuación.

Tabla 4. Composición media (% en peso) de leche de vaca y oveja (Anifantakis, 1986) y de las tres razas de oveja objeto de estudio (Yanes, 2008).

	Vaca	Oveja	Oveja Churra	Oveja Castellana	Oveja Assaf
Grasa	3,86	7,09	6,50	6,60	5,75
Proteína	3,22	5,72	5,00	5,60	5,10
Lactosa	4,73	4,61	4,70	4,60	4,60
Extracto seco	12,60	18,25	18,70	17,92	17,80

- Raza: para la especie ovina los porcentajes de grasa y proteína varían notablemente según la raza. El primero oscila en mayor medida que el segundo, si bien ese efecto puede estar enmascarado por otros, en especial por el nivel de producción, ya que existe una correlación negativa entre la cantidad de leche producida y los contenidos de grasa y proteína. Como consecuencia de estas variaciones, se muestran también notables diferencias raciales en el extracto seco de la leche, mientras que los porcentajes de cenizas y lactosa no presentan diferencias importantes. En la Tabla 4 se muestra la composición media de la leche de vaca y la de varias razas de oveja.
- Edad del animal: en el caso de la oveja, la edad, expresada normalmente por el número de parto o lactación, influye de forma notable en la producción de leche, especialmente durante los primeros años de vida del animal, presentándose una estabilización e incluso un descenso a partir de la tercera o cuarta lactación. A

pesar de ello, este factor parece no presentar un efecto significativo sobre la composición de la leche (Palacios, 2008).

- Anatomía y morfología de la ubre: estos factores condicionan la producción de leche, sobre todo en su aptitud al ordeño mecánico.

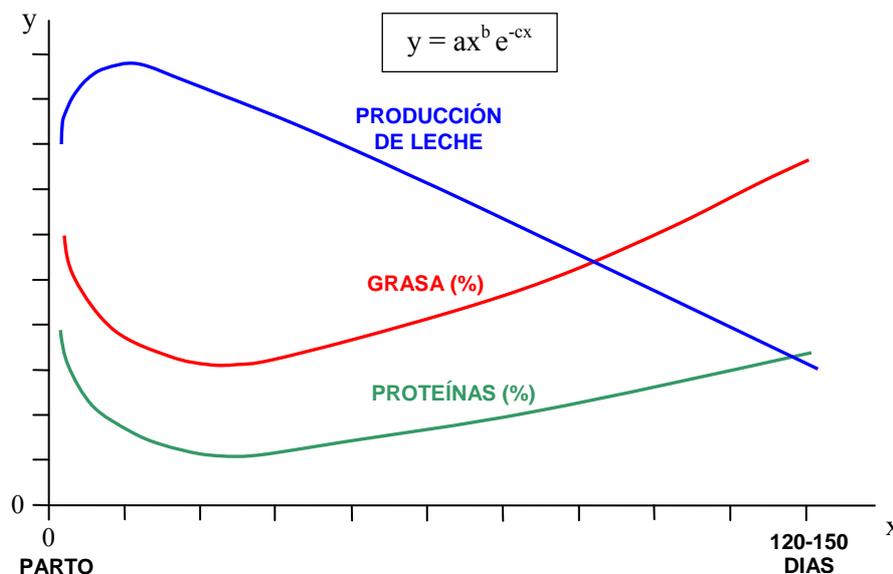


Figura 2. Evolución de la producción de leche y su contenido de grasa y proteínas a lo largo de la lactación (Wood, 1967; Portolano et al., 1996).

- Estado de lactación: este factor ejerce una importante influencia tanto en la composición como en la producción de leche. La producción alcanza su máximo en las primeras semanas (2-3) después del parto, para disminuir de forma gradual hasta el secado. El ganado ovino presenta frente a otras especies la particularidad de que la lactancia natural del cordero está generalizada, lo que condiciona notablemente la propia curva de lactación, diferenciada en dos periodos, lactancia y ordeño, separados por el destete (Figura 7). Los principales componentes de la leche (grasa, proteína y extracto seco) varían a lo largo de la lactación siguiendo una curva similar a la de producción, aunque evolucionan de manera inversa, coincidiendo aproximadamente el máximo de producción con el mínimo de composición (Palacios, 2008). En la Figura 2 se muestra el modelo propuesto por Wood (1967) para explicar la evolución de la producción de leche y el contenido de grasa y proteína a lo largo de la lactación.

- Estado sanitario: este factor, que se tratará con detalle más adelante, afecta tanto a la producción como a la composición de la leche.
- Alimentación: el componente que sufre más variaciones en función de la alimentación es la materia grasa. Así, el porcentaje de grasa de la leche aumenta o disminuye en función de la energía aportada por la dieta, de su contenido en fibra, de la relación energía-proteína, de la inclusión de jabones cálcicos, etc.
- Ordeño: actualmente el ordeño mecánico está generalizado. Tanto la composición como la cantidad de leche obtenida varían notablemente en función del número de ordeños (en oveja se suelen ser dos al día) y del apurado que se realice en cada uno de ellos.

6. ELABORACIÓN DE QUESO

El proceso por el que la leche se transforma en queso se desarrolla a lo largo de varias etapas que normalmente son: acidificación de la leche, cuajado, desuerado, prensado, salado y maduración. Las propiedades de la leche de partida influyen directamente sobre todas ellas, de modo que la composición físico-química (pH, concentración de cationes divalentes calcio y magnesio y de aniones fosfato y citrato, concentración de grasa y proteínas, etc.) y todos los factores que influyen sobre ella (especie, raza, periodo de lactación, estación del año, calidad microbiológica, recuento de células somáticas, etc.) han de ser tenidos muy en cuenta.

6.1. ACIDIFICACIÓN DE LA LECHE

Mediante la acidificación, la leche alcanza valores de pH cercanos al pH isoelectrico de las caseínas, lo que favorece la agregación de las mismas y por lo tanto disminuye el tiempo de coagulación enzimática. Esto normalmente se provoca mediante la adición de cultivos iniciadores o starters. Un cultivo iniciador consta de una o varias especies de bacterias lácticas que se seleccionan por su capacidad para producir ácido láctico a partir de lactosa a una velocidad y en unas condiciones determinadas. Todos los cultivos iniciadores contienen bacterias productoras de ácido láctico (BAL) y muchos contienen además cepas productoras de compuestos relacionados con el sabor cuya función es metabolizar el citrato, generando otros compuestos como diacetilo y dióxido de carbono (Cogan y Daly, 1987; Chávarri, 1999).

El ácido láctico producido por el cultivo iniciador acidifica el medio, lo que favorece la coagulación, inhibe el crecimiento de flora patógena y/o alterante y estabiliza y concentra la cuajada favoreciendo el drenaje del suero (Cogan y Daly, 1987). Por otra parte, los enzimas proteolíticos de estas bacterias contribuyen a la formación de la textura y ciertos compuestos relacionados con el flavor (Law, 1981; McSweeney y Sousa, 2000; Curioni y Bosset, 2002).

Normalmente se emplean especies como lactococos, leuconostoc, estreptococos, y lactobacilos. Para la realización de este estudio se emplearon lactococos, que son cocos Gram positivos cuya temperatura de crecimiento óptimo es de 25-30°C. Las especies más importantes de este género son *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris* y *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*. Las dos subespecies de *L. lactis* son homofermentativas y se utilizan principalmente para conseguir la acidez necesaria para la fabricación del queso. La biovariedad *diacetylactis* es capaz de producir diacetilo a partir de citrato, por lo que además aporta un sabor más complejo al queso terminado (McSweeney y Sousa, 2000; Curioni y Bosset, 2002).

6.2. COAGULACIÓN Y FORMACIÓN DE LA CUAJADA

La coagulación de la leche durante el proceso de elaboración del queso, se debe a modificaciones físico-químicas de las micelas de caseína que dan lugar a un entramado proteico denominado coágulo o cuajada. Dicha coagulación se puede lograr por acidificación o por adición de enzimas coagulantes, que pueden ser de origen animal o vegetal. En el presente estudio se emplearon enzimas de origen animal, concretamente proteasas parcialmente purificadas (quimiosina y pepsina).

La coagulación de la leche tras la adición de estos enzimas transcurre en dos etapas. La primera consiste en la acción específica de la quimiosina sobre la κ -caseína, que hidroliza el enlace Phe₁₀₅-Met₁₀₆ situado hacia el exterior de la micela, liberando el fragmento hidrosoluble carboxilo terminal o caseino-macropéptido hacia el suero. Dicho fragmento tiene carga neta negativa, por lo que antes de la hidrólisis estabilizaba las micelas en la leche por repulsión electrostática. Al hidrolizarse desaparece la repulsión y las micelas se agregan.

La fase secundaria de coagulación, cuyo mecanismo aún no se conoce de forma exhaustiva, consiste en la insolubilización de la caseína por la agregación de las micelas. No comienza hasta que el 85% de la κ -caseína ha sido hidrolizada. Esta fase es muy dependiente del balance de concentración de sales en la leche y muy sensible a las concentraciones de fosfato coloidal y calcio iónico (Dalglish, 1993; De la Fuente et al., 1997b). Las micelas pierden carga y grado de hidratación y establecen enlaces intermicelares que conducen a la formación de un gel de estructura fibrosa con enlaces entrecruzados que en condiciones de estabilidad se convierte en la cuajada. Las características reológicas del coágulo dependen del modo y velocidad a la que se formen los enlaces, es decir, de la velocidad de coagulación (Brule y Lenoir, 1990).

Una vez formada la cuajada, ésta se corta en dados de mayor o menor tamaño, dependiendo de la variedad de queso. Esto aumenta el área superficial y facilita la separación del suero. A continuación se eleva la temperatura de la cuba quesera de modo que las partículas se contraen y expelen mayor cantidad de suero. El suero se separa de la cuajada y ésta se introduce en moldes y se prensa.

6.3. PROCESO DE SALADO

Una vez prensada la cuajada, se procede a su salado, que se puede realizar en seco o por inmersión en salmuera. Este proceso tiene las siguientes consecuencias:

- completa el desuerado, ya que se produce un gradiente salino que genera un flujo de sal hacia el interior con flujo de agua hacia el exterior del queso,
- reduce y/o evita las actividades enzimáticas y el desarrollo de microorganismos (Godinho y Fox, 1981; Pérez-Elortondo, 1996),
- aporta un gusto característico y potencia o enmascara el sabor de otros componentes del queso (Delahunty y Piggot, 1995).

6.4. MADURACIÓN

Durante la fase de maduración, afinado o curado, la cuajada sufre importantes transformaciones enzimáticas y fisico-químicas. En el inicio del proceso la cuajada está constituida por caseínas, materia grasa y una fracción de los componentes solubles de la leche. Durante la maduración todos estos componentes se transforman confiriendo nuevas características al producto. Los fenómenos implicados en esta evolución son

muy complejos y diversos debido a la composición de la cuajada y a la variedad de microorganismos y enzimas implicados (Chávarri, 1999).

Los principales procesos bioquímicos durante la maduración se pueden resumir en:

- Metabolismo de lactosa residual, lactato y citrato.
- Degradación de proteínas y de péptidos y transformación de aminoácidos (proteolisis).
- Degradación de la grasa y posterior transformación de ácidos grasos libres (lipólisis).

A partir de estos procesos se producen importantes modificaciones físico-químicas que determinan las características finales de cada variedad de queso, como textura, color o flavor. Todo ello depende a su vez de las características de la leche, del proceso de elaboración y de las condiciones de maduración. (El-Soda y Pandian, 1991; Chávarri, 1999).

En las primeras etapas de la maduración se encuentran presentes en el queso los microorganismos procedentes de la leche y también los que se añadieron como cultivos iniciadores (BAL) durante la elaboración. La evolución de las condiciones en la matriz del queso a lo largo de la maduración da lugar a la desaparición de unos microorganismos (coliformes y estafilococos entre otros) y la proliferación de otros (enterococos, levaduras, hongos) (Gobetti et al., 1997; Medina et al., 1992; Hassouna et al., 1996). La influencia de todos estos microorganismos se debe principalmente a su implicación en diversas vías metabólicas mediante las cuales los compuestos del queso se transforman en otros que generalmente están relacionados de forma directa con el flavor. Dicha influencia es ejercida principalmente mediante la acción de sus enzimas que pueden ser extracelulares o intracelulares, estos últimos liberados después de la muerte y lisis de los microorganismos.

Además de los enzimas añadidos a la leche (directamente en forma de cuajo, e indirectamente, como los liberados por los cultivos iniciadores), existen una gran cantidad y variedad de enzimas presentes de forma natural que dependen principalmente de factores relacionados con el animal del que proceden, como especie, raza, alimentación, época de lactación y estado sanitario (Kitchen et al., 1970; Anifantakis y Rosakis, 1983).

Una parte de todos estos enzimas puede quedar retenida en la cuajada, dependiendo del origen del enzima y del pH de la leche durante la coagulación (entre un 10% y un 82%) (Holmes et al., 1977; Farkye, 1995), de manera que las condiciones físico-químicas de los quesos permiten que muchos de ellos, como los enzimas del cuajo, sean estables y activos a lo largo de la maduración (Choisy et al., 1990). La acción de estos enzimas en el queso depende de los niveles iniciales en la leche, de la cantidad retenida en la cuajada y de su capacidad para permanecer activos en las nuevas condiciones (Choisy et al., 1990).

6.4.1. Metabolismo de lactosa residual, lactato y citrato.

La fermentación de la lactosa residual, del lactato y del citrato se lleva a cabo principalmente por la flora láctica (endógena de la leche o añadida en el cultivo iniciador), aunque pueden participar otros microorganismos presentes (coliformes, levaduras). Este proceso es muy importante en la maduración del queso, ya que, entre otras cosas, modifica las condiciones del medio (acidez-neutralidad, actividad de agua) y con ello la microflora dominante. También tiene gran importancia sobre el aroma y el sabor del queso ya que muchos de los compuestos que se producen están directamente relacionados con el flavor, como lactato, acetato, acetaldehído, diacetilo (2,3-butanodiona), 2,3-butanodiol y etanol (Figura 3).

Lactosa

Dependiendo del cultivo iniciador, la lactosa es metabolizada mediante fermentación homoláctica (la que siguen la mayoría de los cultivos iniciadores, como *Lactococcus* spp.) o mediante fermentación heteroláctica (por bacterias heterofermentativas como *Leuconostoc* spp.) (Cogan y Hill, 1993). En la fermentación homoláctica la lactosa se separa en sus dos monosacáridos, galactosa y glucosa, que siguen diferentes rutas metabólicas (la ruta de la tagatosa y la ruta de Embden-Meyerhof-Parnas, respectivamente), para finalmente obtenerse exclusivamente ácido láctico. En la fermentación heteroláctica la lactosa es separada en sus dos monosacáridos, glucosa y galactosa, a partir de los cuales se obtienen, tras seguir distintas rutas metabólicas (rutas de Leloir y ruta de la pentosa fosfato), ácido láctico, etanol, CO₂ y acetato (Marshall y Tamime, 1997). La degradación de lactosa es muy intensa al inicio de la maduración y va descendiendo paulatinamente, lo que se debe a la actividad de la flora láctica.

Lactato

El metabolismo de lactato tiene gran importancia en los quesos con mohos superficiales. Las bacterias mesófilas empleadas como cultivo iniciador producen ácido láctico en la cuajada, que es rápidamente metabolizado por microorganismos secundarios (como *Geotrichum candidum*, *Debaryomyces hansenii*, *Penicilium camemberti*, etc.). Los mohos y levaduras metabolizan rápidamente el lactato a CO₂ y H₂O, y consecuentemente el pH de la superficie del queso aumenta. Esta desacidificación es fundamental para el desarrollo de ciertos microorganismos responsables de algunas características relacionadas con el flavor, como es el caso de las bacterias coryneformes en los quesos Camembert y Brie (Reps, 1993; McSweeney y Fox, 1997; McSweeney y Sousa, 2000).

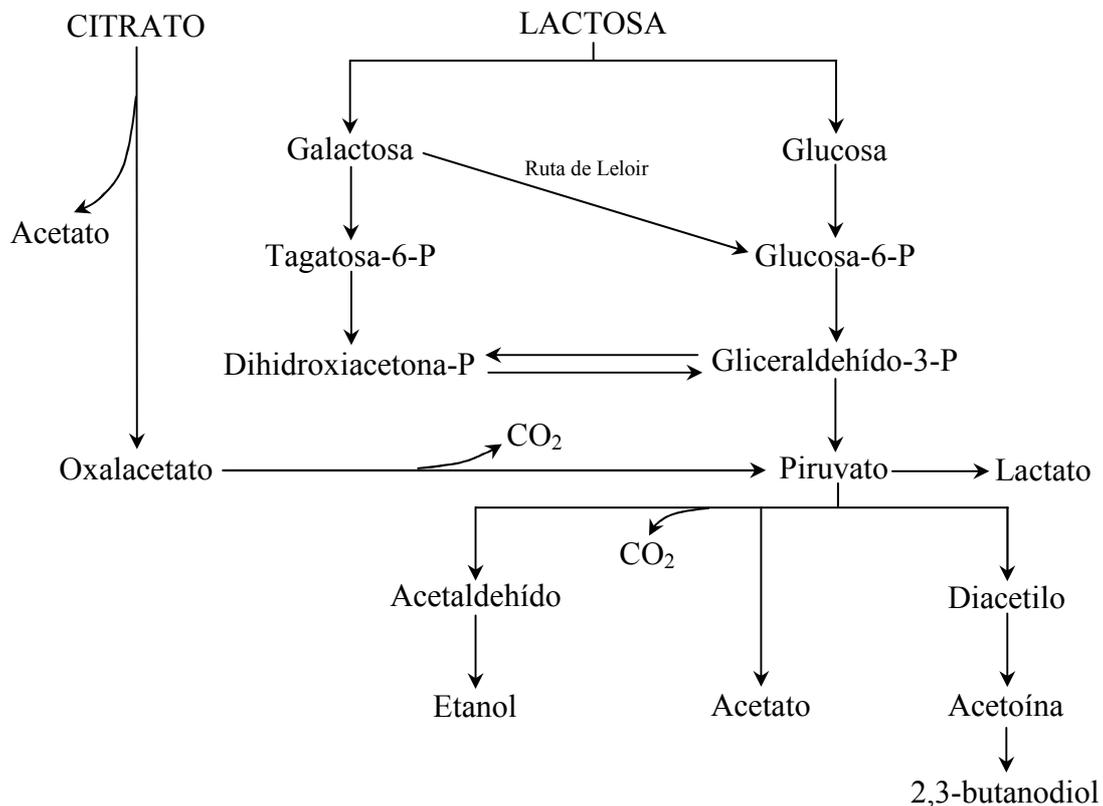


Figura 3. Metabolismo de lactosa y citrato llevado a cabo por BAL homofermentativas como lactococos (adaptado de Marilley y Casey, 2004).

Por otra parte, los lactococos pueden transformar el lactato en ácido acético, ácido propiónico, etanol y CO₂, compuestos con gran importancia en el flavor del queso (Fox et al., 1995).

Finalmente, si en el queso hay presencia de *Clostridium* sp., éste lleva a cabo una metabolización del lactato que da lugar a ácido butírico y H₂, lo que provoca olores y sabores desagradables y abombamiento de los quesos (Fox et al., 1995).

Citrato

A pesar de que la mayor parte del citrato presente en la leche se pierde en el suero durante la elaboración del queso, la pequeña cantidad que queda en la cuajada tiene una gran importancia, ya que su metabolismo llevado a cabo por ciertas bacterias mesófilas (citrato-positivas, lactococos y *Leuconostoc* sp.) produce compuestos volátiles muy importantes en el flavor del queso, como lactato, acetato, acetaldehído, 2,3-butanodiona (diacetilo), 2,3 butanodiol, además de CO₂ (McSweeney y Sousa, 2000).

6.4.2. Proteolisis

La proteolisis es el proceso mejor conocido y más estudiado de la maduración del queso. La actividad proteolítica, responsable de la coagulación de la leche y formación del queso, continúa durante la maduración, hidrolizando las caseínas y transformando la cuajada inicial en el queso maduro. Durante la maduración se produce la ruptura de proteínas, formando macropéptidos a partir de los cuales se forman péptidos más pequeños y finalmente aminoácidos, amidas y amonio. Este fenómeno juega un papel fundamental en los siguientes aspectos:

- determina cambios de textura en la cuajada, debido a la ruptura de la red proteica. Los grupos carboxilo y amino liberados provocan un aumento del pH (especialmente en las variedades de queso con mohos superficiales) y además se ligan al agua con lo que desciende la a_w ,
- contribuye directamente al flavor del queso y quizá a sabores indeseables (sabor amargo) debido a la formación de péptidos y aminoácidos libres,
- provoca la liberación de sustratos (aminoácidos) que sufren reacciones catabólicas secundarias, como desaminación, decarboxilación, transaminación, desulfuración, catabolismo de compuestos aromáticos como fenilalanina, tirosina, triptófano y reacciones de aminoácidos con otros compuestos,

- provoca cambios en la matriz del queso que facilitan el desarrollo de compuestos sápidos durante la masticación.

La velocidad y extensión de la proteólisis durante la maduración vienen determinadas por los tipos y actividades proteolíticas de los enzimas presentes, que proceden de fuentes como: el cuajo (quimosina, pepsina o proteasas vegetales o fúngicas); la leche (plasmina, catepsina D y quizá otras proteasas procedentes de las células somáticas); el cultivo iniciador; otras bacterias que no actúan como cultivo iniciador; iniciadores secundarios como *P. camemberti*, *P. roqueforti*, *Propionibacterium* spp., *Br. linens* y otras coryneformes; proteasas exógenas y/o peptidasas utilizadas para acelerar la maduración. En la proteólisis influye además la composición química del queso: pH, concentración de sal y humedad (Farkye, 1995).

Enzimas

En la mayoría de las variedades de queso, la hidrólisis inicial de caseínas está causada por el cuajo y en menor medida por la plasmina y quizá por algunas proteinasas de las células somáticas como la catepsina D (McSweeney y Sousa, 2000). Como resultado se obtienen péptidos de tamaño grande (insolubles en agua) y de tamaño intermedio (solubles en agua) que son degradados por el cuajo y las proteasas de la flora del queso. Así, la producción de pequeños péptidos y aminoácidos libres está causada por la acción de proteasas y peptidasas de origen microbiano.

Los coagulantes empleados para cuajar la leche son preparaciones de proteasas seleccionadas que suelen tener una considerable actividad proteolítica. La quimosina es la principal proteasa en el cuajo animal (88-94% poder coagulante), seguida de la pepsina (6-12% poder coagulante) (Rothe et al., 1977). El principal papel de la quimosina en el proceso de elaboración del queso es el de modificar la κ -caseína, hidrolizando el enlace Phe₁₀₅-Met₁₀₆ durante la coagulación de la leche, como ya se ha explicado, siendo sólo débilmente proteolítica frente a las otras caseínas. La pepsina es más activa frente a las caseínas, aunque los productos de hidrólisis son similares a los de la quimosina (Fox et al., 1996). La mayor parte de estos enzimas se pierden en el desuerado, pero aproximadamente un 6% quedan retenidos en la cuajada, dependiendo del tipo de cuajo, la temperatura de la cuba quesera y el pH durante el desuerado, de

manera que contribuyen en el proceso de proteolisis del queso durante su maduración (Creamer et al., 1985).

La principal proteasa nativa de la leche es la plasmina (fibrinolisisina, EC 3.4.21.7) cuyo sistema es muy complejo y consiste en el activador de la enzima (plasmina), su proenzima (plasminógeno), activadores del plasminógeno e inhibidores de la plasmina. Todos ellos están presentes en la leche, de modo que plasmina, plasminógeno y activadores del plasminógeno están asociados a las micelas de caseína en la leche, mientras que los inhibidores de la plasmina están en el suero. La plasmina es particularmente activa en α_{s1} -, α_{s2} - y β -caseínas, de modo que a partir de la hidrólisis de éstas últimas se obtienen γ -caseínas (fragmentos con terminales C) y proteosa-peptonas (fragmentos con terminales N) (Farkye y Fox, 1992).

La leche contiene también una proteasa ácida llamada catepsina D (EC 3.4.23.5.), que es relativamente termolábil (se inactiva a 70°C x 10 minutos) y tiene un pH óptimo de 4,0. La especificidad de la catepsina D es similar a la de la quimiosina, con preferencia por α_{s1} -caseína, aunque sorprendentemente este enzima tiene muy poco poder coagulante (McSweeney et al., 1995).

Además de la catepsina D, otros enzimas proteolíticos pueden contribuir también a la proteolisis en el queso, como la elastasa, que degrada α_{s1} - y β -caseínas dando como resultado un amplio espectro de péptidos, especialmente en quesos elaborados con leche cruda (Considine et al., 1999).

Las proteasas de las células somáticas son capaces de activar el plasminógeno, por lo que podrían aumentar los niveles de plasmina y por lo tanto influir sobre la proteolisis del queso (Verdi y Barbano, 1991).

Por otra parte, las bacterias ácido lácticas (*Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*) tienen baja actividad proteolítica, pero poseen un completo sistema proteasa/peptidasa. Así, tienen una proteasa extracelular (PrtP) que contribuye a la formación de péptidos en el queso, probablemente mediante la hidrólisis de grandes péptidos producidos a partir de α_{s1} -caseína por acción de la quimiosina, o a partir de la β -caseína por acción de la plasmina. Estas bacterias poseen también un gran número de aminopeptidasas,

dipeptidasas y tripeptidasas, todas ellas intracelulares, que son liberadas tras la lisis celular y que son responsables de la producción de aminoácidos libres (Fox et al., 1995).

En algunas variedades de queso se añaden cultivos iniciadores secundarios, o bien se desarrollan espontáneamente en su superficie, como *P. roqueforti* (en queso azul), *P. camemberti* (en Camembert y Brie), *Propionibacterium* spp. (en quesos suizos) y *Brevibacterium linens* (en otros tipos de queso) que poseen proteasas extracelulares, así como proteasas intracelulares que son liberadas tras la lisis celular (Fox et al., 1995).

Otros enzimas con una actividad proteolítica significativa en la maduración del queso son las cisteína proteasas, que incluyen las catépsinas B, H, L e I (Magboul et al., 2001).

El producto final de la proteólisis son los aminoácidos libres, cuya concentración, que difiere según la variedad de queso, se emplea como indicador para conocer el grado de maduración (McSweeney y Fox, 1997).

Catabolismo de aminoácidos

A partir del catabolismo de aminoácidos libres se producen un gran número de compuestos como amonio, aminas, aldehídos, fenoles y alcoholes, que contribuyen al flavor del queso. Dicho flavor no depende de la concentración de aminoácidos libres inicial, sino de su modificación química o enzimática (Fox y McSweeney, 1996; Fox y Wallace, 1997). Este proceso es particularmente significativo en las variedades de queso con mohos superficiales (Fox et al., 1995).

Además algunos péptidos concretos presentan sabores propios, como amargo, dulce, etc. Concretamente, el sabor amargo, que se considera un defecto del queso, es debido principalmente a los péptidos hidrófobos y también a otros compuestos como aminoácidos, aminas, amidas, cetonas de cadena larga y algunos monoglicéridos (Adda et al., 1982).

La primera etapa en el catabolismo de aminoácidos comprende reacciones de descarboxilación, desaminación, transaminación, desulfuración o quizá hidrólisis de cadenas laterales de aminoácidos. La segunda etapa consiste en la conversión de los

compuestos resultantes (aminas y α -cetoácidos) y de los propios aminoácidos a aldehídos, principalmente por la acción de desaminasas o aminas. La etapa final es la reducción de los aldehídos a alcoholes, o su oxidación a ácidos. Los aminoácidos azufrados pueden sufrir una mayor conversión, conduciendo a la formación de varios compuestos como metanotiol y otros derivados azufrados (Figura 4) (Aston y Douglas, 1983; Fox y Wallace, 1997; Fox et al., 1995; McSweeney y Sousa, 2000).

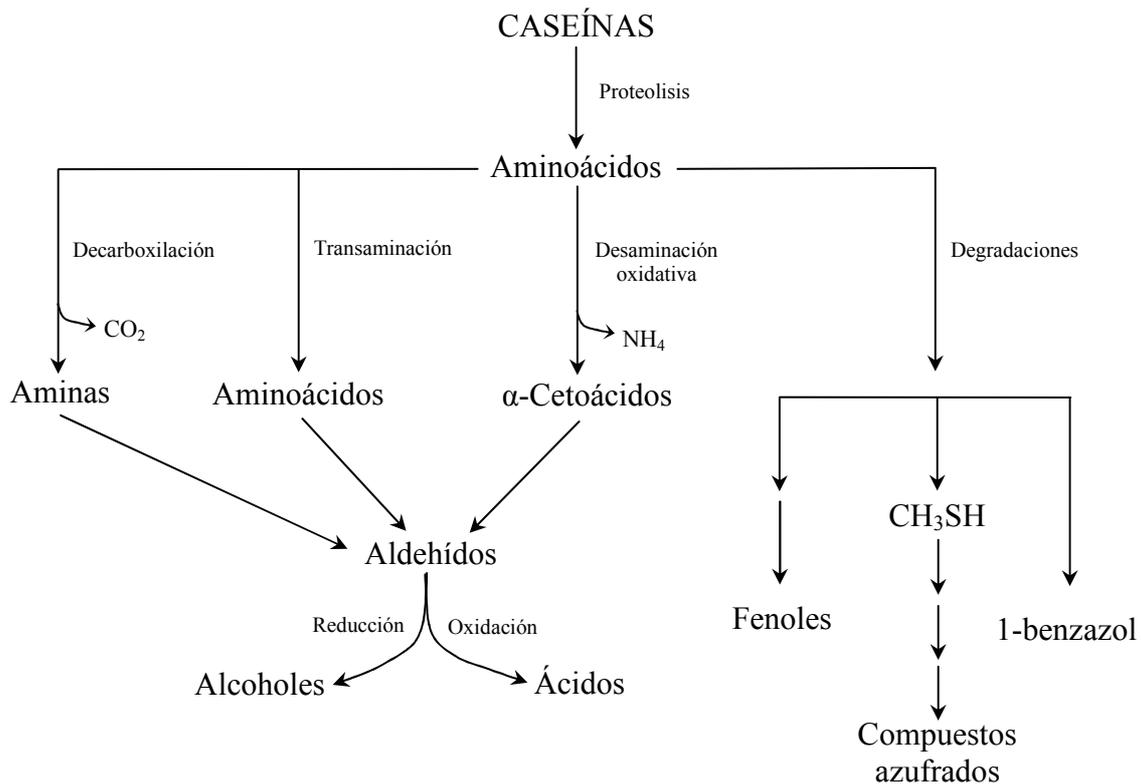


Figura 4. Rutas principales en el catabolismo de aminoácidos (McSweeney y Sousa, 2000).

6.4.3. Lipólisis

El término lipólisis se refiere a la hidrólisis enzimática de las grasas. Como ya se ha mencionado, la grasa de la leche y también la del queso, está constituida casi en su totalidad por triglicéridos (97-98% en peso). La hidrólisis enzimática de estos triglicéridos libera ácidos grasos libres (AGL), dando lugar a mono- o diglicéridos, siendo más raro que se produzca glicerol libre (Luquet, 1991). Comúnmente, los niveles de AGL siguen la misma tendencia que el nitrógeno soluble, sugiriendo que los mismos factores afectan la proteolisis y lipólisis (Kebary et al., 1996).

Una lipólisis muy intensa es indeseable en la mayoría de las variedades de queso, ya que se producen grandes concentraciones de AGL que otorgan sabores rancios. Sin

embargo, bajas concentraciones de AGL contribuyen a obtener un adecuado flavor en el queso, especialmente si existe un correcto equilibrio con los compuestos generados en la proteólisis y otras reacciones (Bosset y Gauch, 1993; Fox et al., 1995).

En definitiva, la grasa de la leche es fundamental para el desarrollo de un flavor adecuado en el queso durante la maduración, ya que contiene grandes concentraciones de ácidos grasos de cadena corta y media que cuando son liberados mediante la lipólisis contribuyen directamente al flavor del queso. Estos ácidos grasos, y especialmente el ácido butanoico (C4:0), están presentes en el queso en una concentración superior a la de la leche, lo que sugiere que son resultado de las lipasas presentes en el queso o son sintetizados por la microflora del queso (Bills y Day, 1964; Fox et al., 2000; McSweeney y Sousa, 2000).

Los lípidos presentes en el queso pueden sufrir degradación oxidativa o hidrolítica (McSweeney y Sousa, 2000). Los ácidos grasos poliinsaturados son especialmente propensos a sufrir oxidación, lo que conduce a la formación de varios aldehídos insaturados que causan los sabores indeseables que se relacionan con la rancidez oxidativa (Fox et al, 2000). La oxidación lipídica no se desarrolla de forma muy significativa en el queso, dado el bajo potencial redox (-250mV) y la presencia de antioxidantes naturales como la vitamina E, por lo que su contribución al desarrollo del flavor del queso no se considera muy importante (Fox y Wallace, 1997; Fox et al., 2000; McSweeney y Sousa, 2000). Sin embargo la hidrólisis enzimática de triglicéridos es fundamental para el desarrollo del flavor en muchas variedades de queso (McSweeney y Sousa, 2000).

La lipólisis en el queso se debe a la presencia de enzimas lipolíticos, hidrolasas que liberan el enlace éster entre un ácido graso y el glicerol que conforma el triglicérido, produciendo ácidos grasos libres y mono- y diglicéridos (Deeth y Touch, 2000). Los enzimas hidrolíticos se pueden clasificar en esterasas y lipasas, de modo que se diferencian en tres características:

- la longitud de la cadena acil éster hidrolizada: las esterasas hidrolizan cadenas de acil ésteres de entre 2 y 8 carbonos, mientras que las lipasas las hidrolizan de 10 carbonos o más,

- la naturaleza físico-química del sustrato: las esterasas hidrolizan sustratos solubles en soluciones acuosas, mientras que las lipasas hidrolizan sustratos emulsionados,
- la cinética enzimática: las esterasas siguen la cinética clásica Michaelis-Menten, mientras que las lipasas, como solamente son activadas en presencia de una interfase hidrófoba-hidrófila, siguen la cinética Michaelis-Menten de interfase (Chich et al., 1997).

En general los enzimas lipolíticos son específicos para los enlaces éster externos de los triglicéridos y los diglicéridos (posiciones *sn*-1 y *sn*-3) (Deeth y Touch, 2000). En principio los triglicéridos son hidrolizados a 1,2- y 2,3-diglicéridos y después a 2-monoglicéridos. El ácido butanoico, así como el resto de los ácidos de cadena corta y media, se encuentran principalmente en la posición *sn*-3 y son liberados preferentemente por enzimas lipolíticos (Parodi, 1971; Christie, 1995).

Las lipasas en el queso provienen de varias fuentes, de modo que se pueden encontrar enzimas de la leche, enzimas de la pasta de cuajo (solamente empleada en la elaboración de ciertas variedades de queso), enzimas microbianos y lipasas exógenas, (en el caso de que se empleen). El origen de las lipasas en las variedades de queso que sufren lipólisis intensas, como quesos azules, quesos de larga maduración y quesos con mohos superficiales, normalmente provienen del cuajo. En el último caso provienen además de los mohos superficiales.

6.4.3.1. Enzimas

Enzimas de la leche

La leche contiene, además de varias esterasas, una lipasa endógena muy potente llamada lipoproteína lipasa (LPL). Este enzima está presente en la leche debido a su paso desde la sangre a través de la membrana celular en la glándula mamaria, donde participa en el metabolismo de los triglicéridos plasmáticos. En la leche este enzima se encuentra asociado a las micelas de caseína (por lo que se incorpora a la estructura de la cuajada) y a la grasa. La grasa se encuentra en glóbulos rodeados por una membrana lipoproteica. Si esta membrana es dañada (por ejemplo por agitación, homogeneización, ordeño inapropiado, etc.), podría producirse una lipólisis significativa, dando como resultado

sabores desagradables en el queso y en otros productos lácteos (Deeth y Fitz-Gerald, 1978, Fox et al., 2000).

La LPL muestra una preferencia por la hidrólisis de triglicéridos de cadena media, de manera que ésta es hasta dos veces mayor en emulsiones de triglicéridos de cadena media esterificados con ácidos C6:0, C8:0 C10:0 o C12:0 que en emulsiones con triglicéridos de cadena larga esterificados con ácidos C16:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3 o C20:0 (Deckelbaum et al., 1990). Esta diferencia ha sido atribuida a una mayor movilidad de los triglicéridos de cadena media en la emulsión, lo que permite una mayor lipólisis comparado con los triglicéridos de cadena larga. Además, la LPL es relativamente no específica para el tipo de ácido graso, pero sí lo es para las posiciones *sn*-1 y *sn*-3 de mono-, di- y triglicéridos (Olivecrona et al., 1992). Por lo tanto, los ácidos grasos de cadena corta y media son liberados ya que suelen ocupar estas posiciones (McSweeney y Sousa, 2000; Collins et al., 2003).

La actividad de LPL se ve reducida por la pasteurización (78°C 10 s), por lo que tiene más importancia en quesos elaborados con leche cruda, como los que se elaboraron para la realización de este estudio.

Enzimas del cuajo

El cuajo comercial normalmente no tiene actividad lipolítica, pero sin embargo la pasta de cuajo, que se emplea en la elaboración de algunas variedades de queso (principalmente italianas, como Provolone, Romano) contienen esterasa pregástrica, que es la principal responsable de la lipólisis en estos quesos. Se trata de una glicoproteína muy específica para la posición *sn*-3, donde se encuentran los ácidos grasos de cadena corta (Fox, 1989; Collins et al, 2003).

Enzimas lipolíticos microbianos

Aunque los sistemas lipasa/esterasa de las bacterias ácido lácticas (BAL) se conocen mucho menos que sus sistemas proteolíticos, parecen ser los principales responsables de la lipólisis en quesos elaborados con leche pasteurizada, como Cheddar, lo que no significa que no tengan importancia en quesos elaborados con leche cruda (Fox et al., 2000). Se considera que las BAL y especialmente *Latococcus* y *Lactobacillus* spp. tienen en general baja actividad lipolítica en comparación con otras especies como

Pseudomonas, *Acinetobacter* y *Flavobacterium* (Chich et al., 1997), pero debido a que en el queso se encuentran en gran número y durante un largo tiempo, las BAL se consideran causantes de la liberación de cantidades significativas de AGL (Collins et al., 2003).

Para hidrolizar la grasa tanto en leche como en queso, estas bacterias poseen enzimas esterolíticos/lipolíticos capaces de hidrolizar ésteres de AGL, y sustratos de tri-, di- y monoglicéridos (Fox y Wallace, 1997). Las lipasas/esterasas de estas bacterias parecen ser intracelulares, por lo que actuarían de forma más eficiente sobre la matriz del queso al ser liberadas tras la lisis celular (Fox et al., 1995; Fox y Wallace, 1997).

En cada variedad de queso se desarrolla una flora bacteriana característica, de manera que además de las bacterias que se acaban de mencionar, existen otras que también poseen actividad lipásica como: *Micrococcus*, *Pediococcus*, *Propionibacterium* spp., *Br. linens*. En quesos con mohos superficiales tiene gran importancia *Penicillium* spp., ya que produce potentes lipasas extracelulares que son las principales responsables de la intensa lipólisis que tiene lugar en este tipo de quesos (Gripon, 1993).

6.4.3.2. Catabolismo de triglicéridos

Los AGL formados en el queso como resultado de la lipólisis están directamente relacionados con el flavor, especialmente los de cadena corta y media, algo que es particularmente importante en quesos elaborados con leche de oveja, que se caracteriza por sus elevadas concentraciones de ácidos grasos saturados de entre 6 y 12 átomos de carbono (Luquet, 1991). Además los AGL actúan como precursores en una serie de reacciones catabólicas que conducen a la formación de otros compuestos relacionados con el flavor (Figura 5), como metilcetonas, ésteres, alcoholes secundarios, lactonas y aldehídos (Fox y Wallace, 1997; McSweeney y Sousa, 2000).

Metilcetonas

Las cetonas son compuestos intermedios que pueden ser reducidos para dar como resultado alcoholes secundarios.

En quesos con mohos superficiales y en quesos azules, la síntesis de cetonas se relaciona con la actividad enzimática de *Penicillium roqueforti*, *P. camemberti* o

Geotrichum candidum sobre ácidos grasos libres (Molimard y Spinnler, 1996; McSweeney y Sousa, 2000; Curioni y Bosset, 2002).

El metabolismo de los ácidos grasos llevado a cabo por *Penicillium* spp. comprende cuatro etapas principales y la ruta por la cual se forman las metilcetonas es la β -oxidación. Estos cuatro pasos son: liberación de AGL por lipasas, oxidación de los AGL a β -cetoácidos, decarboxilación de cetoácidos a metilcetonas y reducción de las metilcetonas al correspondiente alcohol secundario, de manera que este último paso es reversible bajo condiciones aeróbicas (Kinsella y Hwang, 1976a). Las esporas de *P. roqueforti* producen metilcetonas a partir de ácidos grasos de cadena larga, como C16:0 y C18:2 9c12c (Chalier y Crouzet, 1993), formación que es estimulada en presencia de glucosa y aminoácidos (Lawrence, 1966).

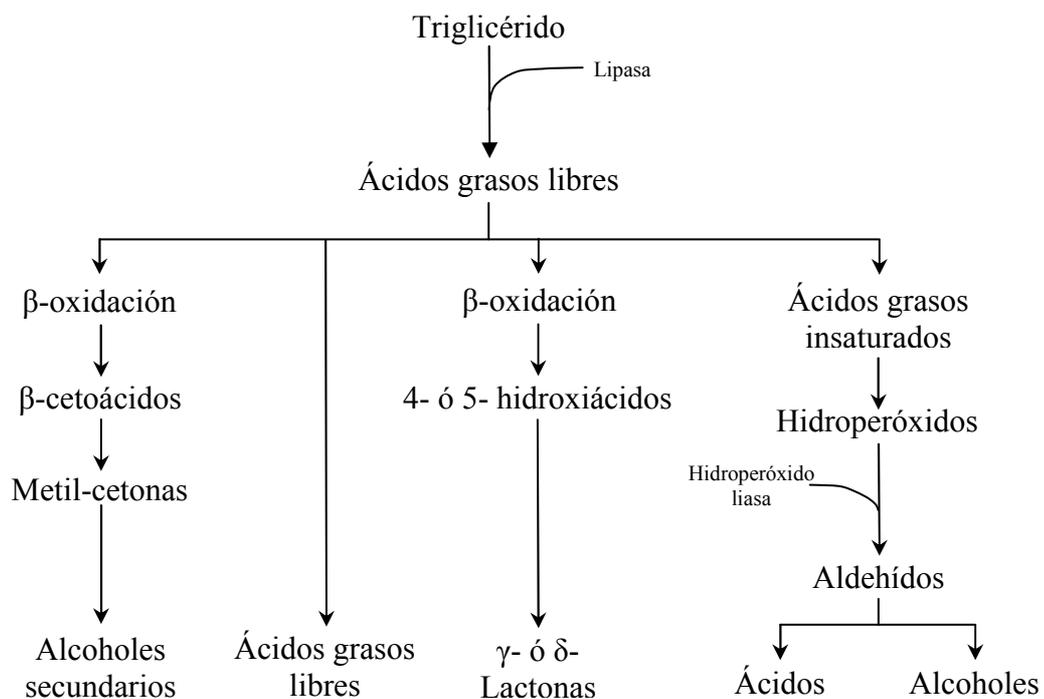


Figura 5. Principales rutas para el catabolismo de ácidos grasos libres en queso (Dumont y Adda, 1978).

Por otra parte, parece ser que los ácidos grasos no son los únicos precursores de las metilcetonas, ya que éstas pueden ser formadas además por ciertos mohos a partir de los cetoácidos que normalmente están presentes en la grasa de la leche o por oxidación de los ácidos grasos monoinsaturados (Kinsella y Hwang, 1976b).

Cuando los AGL están presentes en bajas concentraciones son completamente oxidados a CO₂ y se forman pequeñas cantidades de metilcetonas (Margalith, 1981). Además su concentración depende en gran medida de la cantidad de grasa en la leche de partida (Banks et al., 1992).

Ésteres

Los ésteres y tioésteres son compuestos volátiles formados a partir del catabolismo de ácidos grasos. En el queso, donde se encuentra una gran variedad de ellos, tienen gran importancia, ya que están directamente relacionados con el flavor (Molimard y Spinnler, 1996; Urbach, 1997). Los ésteres se forman cuando los AGL reaccionan con alcoholes. Las reacciones de esterificación tienen lugar entre ácidos grasos de cadena corta y media y alcoholes primarios y secundarios derivados de la fermentación láctica o del catabolismo de aminoácidos (Bosset y Liardon, 1984). Los ésteres etílicos surgen de la esterificación de etanol con acetil-coenzima A, mientras que los tioésteres se forman cuando los AGL reaccionan con grupos sulfhidrilo libres. Algunos microorganismos también están implicados en la formación de ésteres. Son principalmente levaduras, bacterias ácido-lácticas y Micrococaceas (Gripon et al., 1991; Molimard y Spinnler, 1996).

Alcoholes secundarios

Los alcoholes secundarios se forman en el queso por reducción enzimática de las metilcetonas (Engels et al., 1997). En el queso azul la formación de compuestos como 2-pentanol, 2-heptanol y 2-nonanol se debe a la actividad de *Penicillium* spp.

Lactonas

Las lactonas son compuestos cíclicos formados por la esterificación intramolecular de hidroxiácidos mediante la pérdida de agua y la formación de un anillo estructural (Molimard y Spinnler, 1996). En la leche los hidroxiácidos se forman en la glándula mamaria por oxidación de los ácidos grasos, ya que en rumiantes existe un sistema de δ -oxidación para el catabolismo de ácidos grasos (Fox et al., 2000). γ - y δ -lactonas pueden formarse además de forma espontánea a partir de los correspondientes γ - y δ -hidroxiácidos después de su liberación de los triglicéridos a causa de la lipólisis, por lo que la concentración de estas lactonas en queso podría estar correlacionada con una intensa lipólisis (Eriksen, 1976; Collins et al., 2003). Las lactonas C12:0 se forman

gracias a las esporas de *P. roqueforti* a partir de ácidos grasos saturados de cadena larga (Chalier y Crouzet, 1993). Las lactonas podrían generarse también a partir de ácidos grasos insaturados por la acción de lipooxigenasas e hidratasas (Dufossé et al., 1994).

Aldehídos

Los aldehídos se originan a partir de aminoácidos bien por transaminación, de manera que se forma una imida intermedia que puede ser decarboxilada, o bien mediante la degradación de Strecker, que puede tener lugar sin catálisis enzimática durante la maduración (Keeney y Day, 1957). También pueden formarse como resultado de la actividad enzimática (treonina aldolasa) de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, de modo que catalizan la conversión de treonina y glicina a acetaldehído (Marshall y Cole, 1983). Algunos aldehídos de cadena lineal, como butanal, heptanal y nonanal, que se caracterizan por aromas a “hierba fresca”, se formarían como resultado de la β -oxidación de ácidos grasos insaturados (Collins et al., 2003). Los aldehídos son compuestos transitorios en el queso, ya que se reducen rápidamente a alcoholes primarios o se oxidan a sus correspondientes ácidos (Dunn y Lindsay, 1985; Lemieux y Simard, 1992).

7. CÉLULAS SOMÁTICAS

Cuando se produce una entrada de bacterias en la glándula mamaria de la oveja, la respuesta inmunitaria del organismo es enviar glóbulos blancos desde el torrente sanguíneo para neutralizar estas bacterias invasoras. Dichos glóbulos blancos son en esencia lo que se conoce por células somáticas (Palacios, 2008).

La multiplicación de estas bacterias dentro de la glándula mamaria da lugar a la formación de sustancias que son reconocidas por los macrófagos, que como respuesta a la infección secretan moléculas que atraen a los glóbulos blancos que circulan en la sangre (leucocitos neutrófilos polimorfonucleares). De esta manera los leucocitos neutrófilos polimorfonucleares (LNP) son atraídos a las zonas afectadas para intentar eliminar los organismos patógenos, lo que estimula la reacción inflamatoria de las mismas. Como consecuencia de este proceso, la leche almacenada en los alvéolos entra en contacto con los LNP y a su vez son retenidas células sanguíneas como linfocitos, plaquetas y eosinófilos. (Palacios, 2008).

Así, el recuento de células somáticas (RCS) es una medida de los glóbulos blancos en la leche, que se utiliza de forma rutinaria como indicador del estado sanitario de un animal (si el recuento se hace de forma individual) o de todo un rebaño (si el recuento se realiza en el tanque de almacenamiento) (Romeo et al., 1998; Bergonier et al., 2003). En leche de oveja con recuentos bacterianos y RCS normales, el conjunto de células somáticas está constituido por un 45-90% de macrófagos, un 3-35% de LNP, un 7-35% de linfocitos y un 0-3% de células epiteliales. En leche de oveja afectada, el conjunto de células somáticas está constituido por un 10-35% de macrófagos, un 50-90% de LNP, un 1-20% de linfocitos y un 0-2% de células epiteliales (Bergonier et al., 2003; Palacios, 2008). El análisis de RCS se realiza de forma automática mediante equipos instrumentales que llevan a cabo el recuento de partículas por tamaño (Coulter-Counter) o por tinción de los núcleos celulares (Fossomatic) (Marco et al., 1992a).

La mamitis o mastitis es la inflamación del tejido mamario debido a cambios fisiológicos y metabólicos, traumas, alergias y sobre todo a infecciones causadas por microorganismos (Albenzio et al., 2002). Como se acaba de mencionar, esta infección mamaria, provoca un aflujo de leucocitos a la mama con el objeto de combatir los efectos patogénicos del agente invasor (Marco et al., 1992b), de modo que éstos se transfieren de la sangre a la leche (Kehrli y Schuster, 1994). Así, cuando la glándula está infectada aumentan los RCS y los porcentajes de cada tipo celular varían, siendo los leucocitos neutrófilos polimorfonucleares los mayoritarios (Jasper, 1980; Gonzalo et al., 1998).

La mamitis es una de las enfermedades más costosas de la industria láctea ya que produce importantes pérdidas económicas que están causadas principalmente por un descenso en el rendimiento lechero, cambios en la composición y la calidad de la leche y del queso y un aumento del grado de selección y costo de los tratamientos veterinarios (Dekkers, 1995; Pellegrini et al., 1994, 1997; Serrano et al., 2003). La mamitis también tiene importancia desde el punto de vista higiénico, ya que podría existir riesgo de infección o intoxicación de los consumidores por bacterias como *E. coli*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., etc. (Tabla 5). Finalmente también es importante desde el punto de vista legal, ya que la legislación actualmente vigente en España (Real Decreto 640/2006) establece un límite máximo de gérmenes en leche de oveja

(Bergonier y Berthelot, 2003). En concreto, para leche de oveja cruda destinada a la elaboración de queso, el límite máximo es de 500.000 colonias de gérmenes.

La mamitis suele clasificarse en dos grupos según su grado de severidad: clínica o subclínica. La asociación entre mamitis clínica y subclínica en el ganado ovino aún no se conoce en profundidad, aunque algunos estudios como el de Bor et al. (1989) señalan que no existe una relación entre ellas.

- Mamitis clínica: la infección es evidente por la inflamación de los cuarterones y/o la presencia de coágulos en la leche (Early, 1998). En ovejas y cabras los microorganismos que suelen estar implicados en esta patología son especies de estafilococos coagulasa negativos (ECN), estreptococos, enterobacterias, *Arcanobacterium pyogenes*, corynebacterias, *Pasteurellaceae*, *Pseudomonas* spp., etc. En algunos casos esporádicos, aunque no por ello menos importantes, el microorganismo implicado es *Staphylococcus aureus* (González-Rodríguez et al., 1995; Ameh y Tari, 1999; White y Hinckley, 1999; Bergonier y Berthelot, 2003; Leitner et al., 2001). La incidencia de la mamitis clínica en ovejas suele ser inferior al 5% por año, por lo tanto es menor que en otras especies lecheras, donde alcanza valores de 20-40% (Mrode y Swanson, 1996; Rupp y Boichard, 1999). En un escaso porcentaje de los rebaños la incidencia es alta y puede llegar a afectar al 30-50% de los animales, causando la muerte o el sacrificio del 70% del rebaño. Estos casos suelen estar causados por *S. aureus* o estreptococos (Calavas et al., 1998; Haenlein, 2002). Por otra parte, el virus Maedi-Visna, también conocido como el virus de neumonía progresiva ovina, afecta al ganado ovino provocando neumonía progresiva crónica, pérdida de peso y cambios en la glándula mamaria, de manera que la ubre se endurece y aparenta estar llena de leche, cuando en realidad está vacía, ya que esta enfermedad provoca un descenso notable en la producción de leche (Menzies, 2000). A pesar de ello, no existen pruebas claras de la influencia de esta patología sobre el RCS (Legrottaglie et al., 1999).
- Mamitis subclínica: la ubre y la leche son aparentemente normales y no muestran síntomas de la enfermedad, a pesar de existir infección (Early, 1998).

Esta patología tiene una incidencia muy superior a la de la mastitis clínica. De hecho los procesos subclínicos son los responsables de importantes pérdidas económicas, siendo un factor limitante en la rentabilidad de las explotaciones, debido principalmente a la disminución de la producción de leche y de su calidad, lo que además repercute de forma negativa en el crecimiento de los corderos (Fthenakis y Jones, 1990; Keisler et al., 1992; Saratsis et al., 1999). Los microorganismos que suelen estar implicados son ECN (con una incidencia de entre 25-93%) y *S. aureus* (entre 3-37%), de manera que este último es el que se suele detectar en animales con infecciones crónicas. Entre los ECN, *S. epidermidis*, *S. xylosum*, *S. chromogenes* y *S. simulans* son los microorganismos más frecuentes en las mastitis ovinas (Ariznabarreta et al., 2002). La forma más sencilla y económica de conocer la incidencia de mastitis subclínica en un rebaño es realizar un RCS en el tanque de almacenamiento. En un estudio realizado por Romeo et al. (1998) en España, se estimó que en rebaños con 250.000 células/ml y 1.000.000 células/ml la incidencia de mastitis subclínica fue del 16 y 35% respectivamente, considerando como infectada una oveja con un RCS individual de 340.000 células/ml o más.

Tabla 5. Microorganismos aislados en animales con mastitis. A mayor número de asteriscos, mayor prevalencia del microorganismo (González-Rodríguez et al., 1995; Bergonier et al., 2003; Pérez-Rodrigo, 2006).

Gram +	<i>G.Staphylococcus</i> , <i>S.aureus</i> (***), ECN, <i>S.simulans</i> (**), <i>S.epidermidis</i> (***), <i>S.chromogenes</i> (**), <i>S.xylosum</i> (**), <i>S.warnieri</i> (*), <i>G.streptococcus</i> (*), <i>S.agalactiae</i> (*), <i>S.dysgalactiae</i> (*), <i>S.uberis</i> (*), <i>G.enterococcus</i> (**), <i>E.faecalis</i> (**), <i>E.faecium</i> (**), <i>E.durans</i> (**), <i>Actinomyces pyogenes</i> (*), <i>Bacillus</i> sp.(*)
Gram -	Enterobacterias (*), <i>E.coli</i> (*), <i>G.klebsiella</i> , <i>G.serratia</i> , <i>G.pasteurella</i> (**), <i>P.haemolytica</i> (**), <i>P.multocida</i> (*), <i>G.pseudomonas</i>
Levaduras	<i>Cryptococcus</i> <i>Neoformans</i>
Mycoplasmas	<i>M.agalactiae</i> (**), <i>M.capricolum</i> , <i>M.putrefaciens</i> , Ureaplasma
Virus	Maedi-Visna (***), Ectima contagioso (*)

Obviamente, las infecciones intramamarias (IIM) son la causa más importante en el aumento de RCS (Paape et al., 2007; Palacios, 2008). Sin embargo, algunos factores no patológicos contribuyen de forma significativa a la variación del RCS en la leche de oveja (Raynal-Ljutovac et al., 2007). Algunos de estos factores son intrínsecos como la

raza, el estado de lactación, la conformación de la ubre, la predisposición genética, el número de lactación, la edad, el estro o la gestación. Otros son extrínsecos como los que se relacionan con el manejo (el estrés alimentario, la higiene, la hora de ordeño, la rutina de ordeño, el mantenimiento del equipo de ordeño, etc.); o con factores ambientales (la hora del día, el mes, la estación del año, etc.) (Marco et al., 1992a; González-Rodríguez et al., 1995; de la Fuente et al., 1997b; Mavrogenis et al., 1999; Leitner et al., 2003; Bergonier et al., 2003; Gonzalo et al., 1994a, 1994b, 2002, 2005; Paape et al., 2007). Todos estos factores, que se describen brevemente a continuación, podrían llegar a explicar el 48% de la variabilidad del RCS (Gonzalo et al. 2002).

- Raza: las razas que producen más cantidad de leche, como Assaf, presentan un mayor nivel de contaminación en la mama, un mayor número de gérmenes y consecuentemente un mayor número de células somáticas en la leche, mientras que las razas autóctonas presentan menores RCS (Palacios, 2008). Gonzalo et al. (2005) encontraron un RCS de 691.831 células/ml en raza Castellana frente a 1.230.269 células/ml de raza Assaf, lo que además confirma los resultados encontrados por González-Rodríguez et al. (1995).
- Factores genéticos y conformación de la ubre: Según Baro et al. (1994), la predisposición a tener elevados RCS no es un factor muy hereditario, aunque sí lo es la producción láctea, factor que se relaciona de forma directa con los RCS (Palacios, 2008). Por otra parte, la conformación de la ubre podría ser un factor relacionado con una mayor susceptibilidad a presentar elevados RCS (Bergonier y Berthelot, 2003).
- Nivel de producción: la mamitis se relaciona de forma directa con la producción, aunque por otra parte los rebaños de alta producción tienden a presentar RCS más bajos debido a un efecto de dilución y también a un manejo más cualificado (Palacios, 2008).
- Estado de lactación: de todos los factores no infecciosos, éste es el más importante por su relación con el aumento del RCS. El RCS aumenta progresivamente a lo largo de la lactación (Dulin et al., 1983; Rota et al., 1993;

Wilson et al., 1995; Galina et al., 1996; Fthenakis, 1996; Zeng et al., 1997; Palacios, 2008).

- Gestación: para glándulas mamarias no infectadas, el RCS es más elevado en el momento del parto y disminuye a lo largo de la transición de calostro en leche (Paape et al., 2007).
- Número de parto: dentro de cada edad, el RCS aumenta a medida que lo hace el número de partos. Esto podría deberse a un efecto de concentración, ya que la producción de leche disminuye (Palacios, 2008).
- Número de corderos vivos destetados: este factor es altamente significativo para la producción de leche y para el RCS, de modo que las ovejas que no destetaron los corderos vivos presentaron la menor producción de leche y los valores más elevados de RCS (Palacios, 2008). En este caso las principales fuentes de contaminación de la ubre son la boca de los corderos y las manos de los operarios (Albenzio et al., 2003).
- Edad de la oveja: si la oveja no está infectada seguirá produciendo leche con bajos RCS. Las ovejas viejas tienen altos RCS debido probablemente a que se encuentren infectadas por haber estado más tiempo expuestas a los patógenos y aumentando así la probabilidad de infección (Palacios, 2008).
- Tamaño del rebaño: en general los rebaños grandes reciben más asesoramiento específico, aunque los rebaños pequeños reciben una atención más personalizada. Resulta difícil establecer una tendencia clara (Palacios, 2008).
- Ordeño: El ordeño mecánico puede presentar varios efectos adversos para la salud de la ubre, como contaminación de la piel del pezón, cambios en las condiciones del pezón, penetración y dispersión de bacterias dentro del canal de pezón y vaciado incompleto de la ubre. Además es posible que el ordeño mecánico sea el responsable del debilitamiento de ciertos mecanismos inmunológicos inespecíficos que predispongan a los animales a sufrir infecciones intramamarias (Harmon et al., 1994; Hamann, 2000; Albenzio et al.,

2003). La utilización de un nivel de vacío o una pulsación inadecuada puede inducir traumas, microhemorragias y otras lesiones en el pezón que favorecen el aumento de RCS y las IIM (Bergonier y Berthelot, 2003). En definitiva, la rutina de ordeño y la higiene de los equipos son dos factores muy importantes para evitar elevados RCS (Sinapis et al., 2006).

- Época del año: algunos autores como Acero et al. (2003b) encontraron notables diferencias en los RCS de raza Churra a lo largo del año, presentando los valores más bajos en primavera y los más altos en agosto y septiembre. Sin embargo, otros como Paape et al. (2007) apenas encontraron diferencias significativas a lo largo del año.
- Hora del día: el RCS varía a lo largo del día, de manera que la leche recogida en el ordeño de la mañana puede tener un RCS entre un 7 y un 22% superior al de la leche recogida por la tarde (Menzies, 2000).
- Zona geográfica y climatología: ambos factores pueden influir sobre el RCS. A modo de ejemplo, mientras en ovejas de raza Churra (Castilla y León, España) se obtuvo un RCS medio de 863.000 células/ml en el conjunto de los años 1997, 1998 y 1999, en la raza Sarda (Sardinia, Italia) se obtuvo en el mismo periodo un RCS medio de 1.480.000 células/ml (Bergonier et al., 2003). Se encontró otro ejemplo para la raza Assaf, cuyo RCS en animales sanos fue la mitad en España (González-Rodríguez et al., 1995) que en Israel (Leitner et al., 2003). Algunos autores han sugerido que algunos factores climatológicos como la temperatura y la humedad podrían relacionarse de forma positiva con el RCS (Paape et al., 2007).

En la actualidad se intenta utilizar el RCS como un criterio para fijar el precio de la leche aunque es todavía polémico. Esto es debido a su variabilidad, algo que como se acaba de ver obedece a la gran cantidad de factores que influyen sobre él. Por ello aún no se ha establecido de forma universal un nivel aceptable de RCS en ubres sanas bajo diferentes sistemas de manejo y para diferentes razas (Maisi et al., 1987; Fthenakis et al., 1991; Gonzalo et al., 1994a, 1994b; González-Rodríguez et al., 1995; Pirisi et al., 2007). De hecho, en la Unión Europea no existe un límite legal de RCS para leche de

oveja (Directiva CEE 92/46, modificada por la Directiva CEE 94/71), mientras que en Estados Unidos es de 1.000.000 células/ml (Paape et al., 2007). Sin embargo en el caso de la leche de vaca, sobre la que se han desarrollado un mayor número de investigaciones, sí existe un consenso y el límite marcado por la legislación europea es de 400.000 células/ml (Directiva CEE 92/46, modificada por la Directiva CEE 94/71).

Distintos autores han sugerido diferentes límites máximos de RCS para considerar sana una ubre de oveja:

- 250.000 células/ml (De la Cruz et al., 1994; Heredia e Iturritza, 1998; Menzies, 2000; Pengov; 2001; Romeo et al. 1993)
- 300.000 células/ml (Fruganti et al., 1985)
- 500.000 células/ml (Travnicek et al. 1978; Vitkov y Vitanov; 1980; Palacios, 2008)
- 1.000.000 células/ml (El-Masannat, 1987; Fthenakis et al., 1991; Fthenakis, 1996; Green, 1984; Mackie y Rodgers, 1986; Stefanakis et al., 1995)
- 1.200.000 células/ml (Berthelot et al., 2006)
- 1.500.000 células/ml (Maisi et al., 1987; Mavrogenis et al. 1995)

Según Palacios (2008), en Castilla y León el RCS de un animal sano se encuentra por debajo de 500.000 células/ml, pudiendo estar en menos de 200.000 células/ml en animales de primera lactancia. En un estudio realizado a lo largo de varios años sobre la población de varias ganaderías de raza Churra pertenecientes a la comunidad de Castilla y León se obtuvo que un 49,4% de los rebaños presentaron un RCS medio comprendido entre 500.000 y 1.000.000 células/ml, de manera que solamente el 14,6% de los mismos presentó menos de 500.000 células/ml (Palacios, 2008).

7.1. ENZIMAS DE LAS CÉLULAS SOMÁTICAS

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, cuando se produce una entrada de bacterias en la glándula mamaria, la respuesta inmunitaria del organismo es enviar glóbulos blancos desde el torrente sanguíneo para neutralizar estas bacterias invasoras. Para ello, dichos glóbulos blancos, que constituyen lo que se conoce por células somáticas, poseen un rango de enzimas lisosómicos que degradan los constituyentes bacterianos, como las proteínas (proteasas) y los polisacáridos de la pared celular

(lisozimas) (Paape et al., 2002, 2003). Muchos de estas enzimas pasan a la leche donde provocan fenómenos de proteólisis y lipólisis más intensos que en la leche de animales sanos (Schaar, 1985; Le Roux et al., 1995; Albenzio et al., 2005). Así, algunos de estas enzimas se utilizan como indicadores para conocer el grado de infección mamática, como es el caso de N-acetil- β - δ -glucosaminidasa, catalasa y fosfatasa ácida (Fox y Kelly, 2006). A continuación se describen brevemente las proteasas y lipasas más importantes de las células somáticas y su efecto sobre la proteólisis y lipólisis en la leche, respectivamente.

Proteasas y proteólisis en leche

Las proteasas más importantes en la leche son la plasmina, las catepsinas B, D, G y la elastasa (Baggiolini et al., 1978; Massaoui et al., 2002).

Los leucocitos polimorfonucleares contienen unas proteasas neutras, como serina elastasa y catepsina G; y otras proteasas ácidas, como catepsina B y catepsina D (Newbould, 1974; Baggiolini et al., 1978; Azzara y Dimick, 1985a).

Los macrófagos, también encontrados en altos niveles en leche de tejido mamario infectado contienen la proteasa ácida catepsina D y una catepsina neutra (Carr, 1973; Cohn, 1975; Azzara y Dimick, 1985a). Además, han sido encontradas proteasas parecidas a la pepsina y quimiotripsina (Carr, 1973).

La elastasa, uno de los principales enzimas encontrados en los granulocitos polimorfonucleares (contabilizados como células somáticas) (Verdi y Barbano, 1991), son específicas para las caseínas β y α_1 (Considine et al., 1999, 2000).

La catepsina D se origina en los lisosomas de las células somáticas. En la leche de vaca ha sido identificada en cuatro formas (pro-, pseudo-, de cadena única y de doble cadena) de manera que la predominante es procatepsina D. La procatepsina D es transformada a la forma activa a través de la ruptura proteolítica a pH ácido para generar la forma activa del enzima. En la leche la procatepsina D se ha asociado principalmente a la fracción sérica, por lo que el desuerado durante el proceso de elaboración del queso disminuye notablemente la actividad de este enzima (Wilkinson y Kilcawley, 2005). La catepsina D actúa preferentemente sobre α_1 -CN para producir

α_1 -I-CN, de forma similar a como lo hace la quimosina. Del mismo modo, actúa de forma específica sobre α_2 -, β -, y κ -CN y α -lactoalbúmina (McSweeney et al., 1995). Según Considine et al. (2004), la catepsina D actúa sobre α_1 -CN en 35 puntos y sobre β -CN en 32 puntos, produciendo péptidos que podrían sufrir degradaciones posteriores.

La plasmina es la principal proteasa nativa de la leche, motivo por el cual ha sido objeto de numerosas investigaciones en los últimos años, como las llevadas a cabo por Grufferty y Fox (1988a), Fox (1991, 1992) y Baldi et al. (1996). Barbano et al. (1991) observaron que las células somáticas aisladas a partir de leche bovina con elevados RCS (1×10^6 células somáticas/ml) contenían niveles significativos del activador del plasminógeno. Un incremento en la concentración de células somáticas en la leche durante la mastitis subclínica puede convertir cantidades significativas de plasminógeno en plasmina tanto en la ubre antes del ordeño, como en la elaboración quesera. Así, las propiedades queseras de la leche pueden verse afectadas adversamente por la acción de la plasmina, la cual también tiene un papel importante en la maduración del queso. Se ha sugerido que algunos cambios en el queso como un elevado contenido de humedad y una textura defectuosa y quebradiza pueden ser debidos a la proteólisis llevada a cabo por la plasmina. El tiempo de coagulación y las propiedades de formación de la cuajada se verían afectados de forma significativa solamente después de una intensa proteólisis causada por este enzima (Grufferty y Fox, 1988b).

Con respecto a la hidrólisis de caseína, los estudios en leche de oveja son escasos. Duranti y Casoli (1991) mostraron un descenso en α s-caseína y β -caseína al aumentar los RCS. Por otra parte, Bianchi et al. (2004) encontraron que la caseína estaba sometida a una hidrólisis más intensa en leche con elevados RCS, de modo que se observó un descenso de β -caseína y consecuentemente un aumento de γ -caseína.

Rodríguez-Nogales et al. (2007) estudiaron la influencia de los RCS sobre las proteínas de la leche de razas Churra, Castellana y Assaf, observando un descenso significativo en los valores de caseína total, de β_1 -CN, de β_2 -CN, de α_1 -I-CN y de α -lactoalbúmina en leche de elevados RCS. Por ello sugirieron el empleo de leche con menos de 1.500.000 células somáticas/ml para la elaboración de queso.

Según Leitner et al. (2004), la plasmina actúa sobre la β -caseína, liberando un péptido (β -caseína 1-28) que se relaciona con la habilidad de bloquear los canales de potasio en las membranas apicales del tejido epitelial (Silanikove et al., 2000). Este péptido reduce la secreción de lactosa y otros osmorreguladores desde el alveolo hacia el lumen, lo que resulta en un incremento de la concentración de grasa y proteínas, cuya secreción no se ve afectada cuando la activación de la plasmina es relativamente moderada (más de un 30-50% de lo normal) (Shamay et al., 2000). En el caso de que el incremento en la actividad de la plasmina fuera alto (150% o más), la hidrólisis de la caseína induce un secado de las secreciones de la mama, lo que se asocia con bajas secreciones de grasa y proteínas (Leitner et al., 2004).

Lipasas y lipólisis en leche

Numerosos autores han observado una relación directa entre las células somáticas y una lipólisis más intensa en la leche (Azzara y Dimick, 1985b; Murphy et al., 1989; Ma et al., 2000; Santos et al., 2003; Deeth, 2006; Gargouri et al., 2008), aunque no se conoce bien el mecanismo por el cual sucede esto (Gargouri et al., 2008). Este desconocimiento se debe principalmente a que la mayoría de las investigaciones acerca la influencia de las células somáticas sobre los fenómenos enzimáticos, se han centrado sobre todo en la proteólisis, siendo menos numerosos los estudios relacionados con la lipólisis. Además, la gran mayoría de las investigaciones se llevaron a cabo en leche de vaca, de manera que existen muy pocos estudios sobre leche de oveja (Raynal-Ljutovac et al., 2007).

Por una parte, las muestras de leche obtenidas a partir de animales con mamitis tienen niveles iniciales de AGL más elevados de lo normal, lo que podría deberse a una menor actividad de la lipasa durante el proceso de síntesis, permaneciendo una mayor cantidad de ácidos grasos sin esterificar que en el caso de una glándula mamaria sana (Fitz-Gerald et al., 1981; Murphy et al., 1989). Este efecto fue atribuido a que la capacidad de biosíntesis de los tejidos mamarios se ve afectada por la infección e inflamación o por la acción de proteasas intracelulares de algunas células somáticas sobre la lipasa de la leche (Jurczak y Sciubisz, 1982).

Por otra parte, esta leche con elevados RCS muestra mayores incrementos de AGL durante el almacenamiento (Tarassuk y Yaguchi, 1958; Fitz-Gerald et al., 1981; Murphy et al., 1989). En la investigación llevada a cabo por Gudding (1982), se sugiere

que el aumento de AGL puede depender de la causa de la mamitis. Murphy et al. (1989) concluyeron que el aumento de la lipólisis en leche mamítica se debe a una mayor susceptibilidad de la grasa. Esto sería debido a que la lipasa en leche con mamitis tiene una distribución diferente a la de la leche normal, con una mayor proporción en forma no micelar o soluble (Salih y Anderson, 1979) o asociada a la grasa (Bachmann, 1961).

Otros estudios han indicado que las mayores concentraciones de AGL en leche con elevados RCS se deberían a un elevado nivel de lipasa (Gaffney y Harper, 1965; Tallamy y Randolph, 1969; Azzara y Dimick, 1985a,b). Así, estos autores sostienen que los leucocitos en la leche contienen una lipasa o carboxilesterasa (Deeth, 1978) que puede contribuir a la lipólisis en leche mamítica, de manera que cuando estas células son añadidas a la leche, el nivel de AGL aumenta casi linealmente (Salih y Anderson, 1978), observándose aún más lipólisis si las células se rompen antes de añadirlas (Jurczak y Sciubisz, 1981). Azzara y Dimick (1985a) sugirieron que estas enzimas lipolíticas dañan la membrana del glóbulo graso, exponiendo la grasa en la leche a la degradación por lipoproteína lipasa (LPL) en la leche.

En cualquier caso, el aumento de AGL provocado por elevados RCS puede causar el desarrollo de sabores rancios en la leche y en el queso elaborado a partir de ella (Duncan et al., 1991).

7.2. INFLUENCIA DEL RCS SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE OVEJA

Existen numerosos estudios, la mayoría de ellos realizados en leche de vaca, que muestran que un incremento en el RCS está relacionado con cambios en la composición de la leche, lo que podría deberse a dos causas: el deterioro en las células de la glándula mamaria, que reduce la síntesis de los constituyentes de la leche en la ubre (p. ej. lactosa); y los cambios en la permeabilidad de las membranas y los espacios intersticiales, que aumentan el paso de los componentes de la sangre a la leche (Haenlein et al., 1973; Schultz, 1977).

Efecto de los RCS sobre el pH

La mayoría de los autores observaron un aumento del pH de la leche al aumentar los RCS (Duranti y Casoli, 1991; Pirisi et al., 1996; Pellegrini et al., 1997; Nudda et al., 2001; Bianchi et al., 2004; Albenzio et al., 2004, 2005).

Efecto de los RCS sobre la lactosa

Un aumento del RCS causa un descenso de la concentración de lactosa en leche de oveja (Bufano et al., 1996, Díaz et al., 1996; Pirisi et al., 1996, 2000; Auldist y Hubble, 1998; Nudda et al., 2003).

La lactosa y los iones solubles (p. ej. Na^+ , K^+ y Cl^-) son los principales compuestos responsables de la presión osmótica de la leche. Durante la mamitis la concentración de NaCl en la leche aumenta, lo que causa un aumento de la presión osmótica. Esto es compensado con un descenso en el contenido de lactosa, que es posible gracias a su mecanismo de síntesis, descrito anteriormente. Es decir, hay una relación inversa entre la concentración de NaCl y lactosa en la leche, lo que explica en parte por qué algunas muestras de leche con elevadas concentraciones de lactosa tienen bajas concentraciones de cenizas y viceversa (Fox et al., 2000).

Algunos autores como Leitner et al. (2004), explicaron la reducción en la secreción de lactosa por la actividad de la plasmina. Este enzima produce la hidrólisis de la caseína, que libera péptidos que funcionan como reguladores de la función de la glándula mamaria (Shamay et al., 2003). Como ya se ha dicho, la plasmina actúa sobre la β -caseína, liberando el péptido β -caseína 1-28 que se bloquea los canales de potasio en las membranas apicales del tejido epitelial (Silanikove et al., 2000). Como consecuencia de ello, se reduce la secreción de lactosa y otros osmorreguladores y varía la concentración de grasa y proteínas, variación que depende del grado de activación de la plasmina (Shamay et al., 2000; Leitner et al., 2004).

Otros autores sostienen que, como consecuencia del incremento del RCS, el tejido epitelial de la glándula mamaria resulta dañado lo que afectaría a la síntesis de lactosa (Pirisi et al., 1996; Leitner et al., 2004). Otros autores argumentan que la causa sería un menor flujo de sangre en la ubre provocado por los altos RCS y, como consecuencia, la

glándula mamaria tendría menos cantidad de glucosa disponible para la síntesis de lactosa (Martí de Olives y Molina Pons, 1998).

Una menor concentración de lactosa en la leche conllevaría una menor formación de ácido láctico por parte de las BAL, lo que explicaría el aumento de los valores de pH con los RCS (Martí de Olives y Molina Pons, 1998; Serrano Moyano et al., 1998; Pirisi et al. 1996, 2000; Albenzio et al. 2004, 2005; Vivar-Quintana et al., 2006),

Efecto del RCS sobre los minerales

Los cambios en la concentración de minerales con el aumento de los RCS pueden jugar un papel significativo en la aptitud quesera de la leche.

Con respecto al calcio total, el mineral mayoritario de la leche, algunos autores observaron un aumento significativo de su concentración en la leche de ovejas con mamitis (Bianchi et al., 2004), mientras que otros no encontraron una influencia significativa de los RCS (Pirisi et al., 1996, 2000; Pellegrini et al., 1997). En cuanto al calcio soluble, su concentración fue menor para leche con elevados RCS (Pirisi et al., 1996, 2000; Pellegrini et al., 1997), mientras que el fósforo total y soluble y la mineralización de la micela no fueron influidos por el RCS (Raynal-Ljutovac et al., 2007).

Durante la mamitis, el potasio se filtra desde la leche a través del tejido epitelial y su concentración disminuye, mientras que el sodio, que está presente en la sangre en altas concentraciones se filtra hacia la leche, por lo que su concentración aumenta (Pirisi et al., 2000). La concentración de cloruro también aumenta en leche con elevados RCS (Morgan y Gaspard, 1999).

Efecto de los RCS sobre el ES

El efecto de los RCS sobre el ES no está claro, de manera que algunos autores como Jaeggi et al. (2003) y Rodríguez-Nogales et al. (2007) encontraron un menor contenido de ES en leche de oveja con elevados RCS, mientras que otros como Pirisi et al., (1996, 2000) no encontraron una influencia del RCS.

Efecto del RCS sobre la grasa

Los resultados con respecto a la grasa también son contradictorios. En principio, considerando la reducción de la capacidad secretora y de síntesis de la glándula mamaria durante una infección, parece lógica una disminución de la concentración de la grasa en la leche (Raynal-Ljutovac et al., 2007). Algunos autores observaron un descenso significativo de la grasa de la leche con elevados RCS (Bianchi et al., 2004; Rodríguez-Nogales et al., 2007), pero sin embargo, otros autores mostraron que los RCS no afectaron al contenido graso de la leche de oveja (Díaz et al., 1996; Pirisi et al., 1996, 2000). Como se ha mencionado anteriormente, estas contradicciones podrían explicarse por el grado de actividad de la plasmina (Shamay et al., 2000; Silanikove et al., 2000; Leitner et al., 2004).

El efecto del RCS sobre la composición de la grasa no ha sido estudiado en leche de oveja (Raynal-Ljutovac et al., 2007). Como se ha mencionado anteriormente, en leche de vaca con elevados RCS se encontró un mayor porcentaje de AGL (Tarassuk y Yaguchi, 1958; Fitz-Gerald et al., 1981; Murphy et al., 1989).

Efecto del RCS sobre el contenido en proteína

Los efectos de los RCS sobre las proteínas tampoco concuerdan en los diferentes trabajos realizados al respecto. Así, unos autores encontraron que la leche con elevados RCS contenía mayor concentración de proteínas que la leche con RCS bajos (Díaz et al., 1996; El-Saied et al., 1999; Nudda et al., 2003; Albenzio et al., 2004; Bianchi et al., 2004; Rodríguez-Nogales et al., 2007). Por el contrario, otros autores observaron un menor contenido de proteína total en leche con elevados RCS (Jaeggi et al., 2003), mientras que otros no encontraron diferencias significativas en la concentración de proteínas de leche con diferentes RCS (Duranti y Casoli, 1991; Pirisi et al., 1996, 2000; Pellegrini et al., 1997, Albenzio et al., 2005). Estas contradicciones podrían explicarse de nuevo por el grado de actividad de la plasmina (Shamay et al., 2000; Silanikove et al., 2000; Leitner et al., 2004).

Durante la mamitis, el aumento de la concentración de proteínas en la leche procedentes del torrente sanguíneo conduce a un incremento de la concentración de proteínas solubles del suero (Duranti y Casoli, 1991; Pirisi et al., 1996, 2000; Nudda et al., 2003; Albenzio et al., 2004). Con respecto a la concentración de caseínas, los resultados son

contradictorios, de modo que algunos autores encontraron un descenso al aumentar los RCS (Duranti y Casoli, 1991; Jaeggi et al., 2003, Rodríguez-Nogales et al., 2007), mientras que otros observaron lo contrario (Bianchi et al., 2004). Finalmente, otros autores no encontraron una influencia significativa del RCS sobre la concentración de caseínas (Pirisi et al., 1996, 2000; Pellegrini et al., 1997; Nudda et al., 2003; Albenzio et al., 2004, 2005). Más concretamente, Duranti y Casoli (1991) observaron un aumento de la concentración de β -lactoglobulina al aumentar los RCS, mientras que la concentración de seroalbúmina e inmunoglobulina descendió. Rodríguez-Nogales et al. (2007) observaron además una menor concentración de β_1 -caseína, β_2 -caseína, α_1 -I-caseína y α -lactoalbúmina en leche con elevados RCS.

7.3. EFECTO DE LOS RCS EN LA ELABORACIÓN DE QUESO

A pesar de que la mayor parte de la leche de oveja que se produce se destina a la producción de queso, todavía se tienen pocos conocimientos acerca de la relación entre el RCS y la idoneidad de la leche para la elaboración de dicho queso y menos aún sobre el producto terminado (Raynal-Ljutovac et al., 2007).

Efecto del RCS en las propiedades de coagulación de la leche

La leche de oveja, a diferencia de otras como la de vaca, se destina casi exclusivamente a la elaboración de queso, por lo que una propiedad fundamental es su capacidad para coagular, que determina además el rendimiento quesero (Pugliese et al., 2000).

Tanto el tiempo de coagulación de la leche como el que tarda la cuajada en adquirir firmeza, aumentan de forma significativa con los RCS (Duranti y Casoli, 1991; Pirisi et al., 1996, 2000; Pellegrini et al., 1997; Nudda et al., 2001; Albenzio et al., 2004, 2005, Revilla et al., 2007).

Por otra parte, la firmeza de la cuajada muestra la tendencia contraria, es decir, disminuye al aumentar los RCS, especialmente cuando se observa un descenso en la concentración de caseínas.

Algunos autores, como Pirisi et al. (2000), observaron una correlación positiva entre el pH de la leche y el tiempo de coagulación. Sin embargo, estos mismos autores mostraron que si los mismos parámetros de coagulación se miden en muestras de leche

con diferentes RCS, pero con valores de pH estandarizados a 6,50, las diferencias disminuyen de forma significativa. En este caso, tanto el tiempo de coagulación de la leche como el tiempo que tarda la cuajada en adquirir firmeza, fueron mayores para la leche con elevados RCS, aunque no de forma significativa, mientras que la firmeza de la cuajada fue significativamente menor en la leche de elevados RCS.

Efecto de los RCS en las propiedades de acidificación de la leche

Pirisi et al. (2000) no encontraron influencias significativas del RCS sobre el desarrollo de las BAL empleadas como cultivo iniciador ni en el progreso del proceso de acidificación del queso elaborado con leche de oveja.

Efecto del RCS en el rendimiento quesero y en la recuperación de grasa y proteína

En general, si el queso se elabora con leche de elevados RCS, se produce un deterioro de la cuajada durante la sinéresis, con un largo tiempo de coagulación y una agregación de la cuajada débil. Esto, que es debido a la hidrólisis parcial de la α -caseína y de la β -caseína causada por la plasmina (Verdi y Barbano, 1991), daría lugar al incremento del contenido de humedad y la reducción de la cantidad de caseína en la cuajada, lo que se traduce en un menor rendimiento quesero (Auldrist et al., 1996; Rogers y Mitchell, 1994; Leitner et al., 2004; Jaeggi et al., 2003; Albenzio et al., 2004; Pulina et al., 2006). La mayoría de los autores observaron una disminución del rendimiento quesero al aumentar los RCS, lo que supone notables pérdidas económicas para los productores (Raynal-Ljutovac et al., 2007). Sin embargo algunos autores no encontraron diferencias significativas en dicho rendimiento (Pirisi et al., 2000; Revilla et al., 2007), algo que podría deberse a que el incremento de la humedad atrapada en la cuajada distorsiona el cálculo (Rogers y Mitchell, 1994). Además, este defecto en el drenaje de suero podría inducir un incremento en el nivel de proteólisis y lipólisis del queso (Raynal-Ljutovac et al., 2007).

Por otra parte, Pirisi et al. (1996, 2000) y Albenzio et al. (2004) encontraron una gran pérdida de proteína en el suero cuando se empleó leche de elevados RCS para la elaboración del queso. Así, el índice de recuperación de proteína fue menor en el queso elaborado con leche de elevados RCS, de manera que empleando leche con bajos RCS se consiguió recuperar un 4% más de proteína que en queso con elevados RCS (Pirisi et al., 2000).

7.4. EFECTO DEL RCS SOBRE LA COMPOSICIÓN DEL QUESO Y SU CALIDAD SENSORIAL

pH

Al igual que sucede en la leche, en el queso algunos autores también observaron mayores valores de pH al aumentar los RCS (Pirisi et al., 2000). Sin embargo, otros observaron una disminución (Albenzio et al., 2004) mientras que otros no encontraron variaciones significativas (Jaeggi et al, 2003).

Lactosa

Tal y como se ha observado en la leche, en el queso la concentración de lactosa es menor en quesos con elevados RCS (Fernández-García et al., 1994).

Materia grasa

La materia grasa de los quesos pertenecientes a distintos recuentos de células somáticas disminuye a medida que aumentan los RCS (Jaeggi et al., 2003; Albenzio et al., 2004). Pirisi et al. (2000) también observaron la misma tendencia aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Estos resultados podrían deberse a un menor contenido de materia grasa en la leche de partida y/o a una mayor pérdida de grasa en el suero durante el proceso de elaboración del queso.

En cuanto a la composición de la materia grasa, como ya se ha mencionado, un mayor contenido de RCS provoca una lipólisis más intensa debido a una mayor actividad enzimática. Dicha lipólisis se ve favorecida además por un mayor contenido de humedad en los quesos de elevados RCS. Así, Jaeggi et al. (2003) observaron en estos quesos una mayor concentración de ácidos grasos libres a partir del 3 mes de maduración, principalmente de los ácidos butírico, caprílico, caproico, cáprico y láurico.

Proteínas

Algunos autores como Pirisi et al. (2000) y Jaeggi et al. (2003) no encontraron diferencias significativas en el contenido proteico de quesos de oveja con distintos RCS. Tampoco encontraron una influencia de los RCS sobre la proteólisis secundaria, que se estima por la determinación de las diferentes fracciones proteicas.

Sin embargo, otros autores, como Revilla et al. (2007) encontraron numerosas diferencias significativas en la fracción proteica como consecuencia de una proteolisis más intensa al aumentar los RCS, entre las que destacaron un descenso de β -CN y α -CN y un aumento de I- α ₁-CN. Marino et al. (2005) también observaron una mayor proteolisis al aumentar los RCS en queso de vaca.

Extracto seco

Los quesos elaborados con leche de elevados RCS tienen un menor contenido de extracto seco. Esto fue observado por varios autores en queso de oveja, como Jaeggi et al. (2003) y Albenzio et al. (2004). Pirisi et al. (2000) también encontraron un menor contenido de ES en quesos con elevados RCS, aunque las diferencias no fueron significativas. Estas diferencias pueden ser debidas a varias causas que se detallan a continuación.

En primer lugar, si se emplea leche con elevados RCS para la elaboración de queso, se obtiene una cuajada con una estructura de la matriz proteica más débil, lo que provoca una sinéresis más intensa (O'Farrell et al., 2002; Jaeggi et al., 2003).

En segundo lugar, hay que tener en cuenta que, como se acaba de mencionar, la leche con elevados RCS puede contener una menor concentración de grasa y/o proteína, lo que repercute en un menor contenido de ES del queso.

Por último, una mayor actividad proteolítica de la plasmina en quesos con elevados RCS puede resultar en un aumento del contenido de humedad y por lo tanto, en un descenso de extracto seco. Esto podría deberse a que el aumento de la proteolisis daría como resultado una mayor producción de aminoácidos y de grupos carboxilo que pueden retener agua más fuertemente (Donnelly et al., 1984; O'Farrell et al., 2002). Sin embargo esto ha sido discutido (Mara et al., 1998), y de hecho hay autores que no encontraron una relación entre el contenido de humedad del queso y la adición de plasmina a la leche de partida (Farkye y Landkammer, 1992).

Textura

Según Jaeggi et al. (2003), los quesos elaborados con leche de elevados RCS presentan más defectos de textura a los 6 y 9 meses de maduración que los quesos de RCS

normales, de manera que son más fracturables y harinosos. Revilla et al. (2007) encontraron resultados similares en quesos con 3 meses de maduración, lo que relacionaron con una mayor actividad proteolítica debida a las células somáticas y más concretamente a un aumento de la fracción I- α ₁-CN. Por otra parte, Pirisi et al. (2000) no encontraron diferencias significativas entre quesos con distintos RCS a los 2 meses de maduración, lo que podría indicar que las diferencias se manifiestan en quesos más curados.

La textura de un queso curado depende de su composición físico-química y de los cambios bioquímicos durante la maduración (De Jong, 1976; Fox et al., 2000; Lawrence et al., 1987; Lucey et al., 2003). Entre estos factores destacan el contenido de humedad (y su pérdida a lo largo de la maduración) y el desarrollo de la proteólisis, que está relacionada directamente con la estructura de la red proteica.

Como se ha mencionado con anterioridad, si el queso se elabora con leche de elevados RCS se produce un deterioro de la cuajada durante la sinéresis, con un largo tiempo de coagulación y una agregación de la cuajada débil, lo que daría lugar al incremento del contenido de humedad en el queso (Auldish et al., 1996; Rogers y Mitchell, 1994; Leitner et al., 2004; Jaeggi et al., 2003; Albenzio et al., 2004).

A lo largo de la maduración, el aumento de la dureza se relaciona con el descenso de la humedad que actúa como un plastificador en la matriz de proteína haciéndola así menos elástica y más susceptible a la fractura bajo compresión (Fox et al., 2000). Durante este periodo la proteólisis es más intensa en quesos de elevados RCS debido a una mayor actividad de la plasmina, lo que resulta en una reducción de la fuerza del gel de caseína (Srinivasan y Lucey, 2002).

Otros factores que se ven afectados por el RCS también están relacionados con la textura, como el pH, cuyo papel es particularmente importante porque su variación está directamente relacionada con cambios químicos en la red proteica de la cuajada y del queso (Prentice et al., 1991). Una disminución de pH se asocia con una pérdida de fosfato cálcico coloidal por disolución desde las submicelas de caseína lo que provoca una progresiva disociación de las submicelas en agregados de caseína más pequeños (Lebecque et al., 2001).

Sabor y aroma

Algunos autores como Klei et al. (1998) y Jaeggi et al. (2003) mostraron que los quesos elaborados con leche de elevados RCS presentaron más defectos de flavor que los que contenían RCS normales. En concreto Jaeggi et al. (2003) observaron que los quesos de elevados RCS con 6 y 9 meses de maduración fueron más rancios que los normales, lo que fue debido a una mayor concentración de AGL, como ácido butírico, como consecuencia de una lipólisis más intensa.

8. RAZAS DE OVEJA

España fue en el año 2008 el segundo país de la UE con mayor número de cabezas de ganado ovino, con un total de 19.952.300 animales, lo que supuso un 22,12% del total de la UE, cantidad superada solamente por el Reino Unido (MARM, 2009). De este número, solamente 3.064.400 fueron corderas cubiertas y ovejas de leche, suponiendo el 12,07% de total de la UE, por detrás de Rumania (27,39%), Grecia (25,43%) e Italia (21,84%).

Tabla 6. Población de ovejas en España en el año 2001 (Ugarte et al., 2001).

Raza	Número de ovejas	Porcentaje (%)
Manchega	925.000	21,0
Assaf	800.000	18,1
Churra	750.000	17,0
Latxa y Carranzana	452.620	10,2
Castellana	250.000	5,7
Awassi	150.000	3,4
Lacaune	75.000	1,7
Milschaff	10.000	0,2
Cruces	1.000.000	22,7
Total	4.412.620	100

Dentro de España, el 80,45% del censo nacional, se encuentra ubicado en cinco Comunidades Autónomas: Castilla y León (20,78%), Extremadura (20,58%), Castilla-La Mancha (15,62%), Andalucía (12,09%) y Aragón (11,38%). Así, Castilla y León fue en 2008 la comunidad autónoma con mayor número de cabezas de ganado ovino, con 4.145.751 animales, de los cuales 1.590.753 fueron hembras de ordeño, lo que supuso el

51,91% del total en España. Dentro de esta Comunidad destacan las provincias de Salamanca, con 631.482 animales, León con 616.830 animales y especialmente Zamora, con 896.275 animales, de los cuales 483.371 eran hembras de ordeño, lo que supone que Zamora fue en el año 2008 la provincia de España con más hembras de ordeño (MARM, 2009).

En España las razas de oveja con mayor número de ejemplares son Manchega, Assaf y Churra (Tabla 6). En Castilla y León las razas más importantes han sido tradicionalmente Churra y Castellana, dos razas autóctonas producto de una selección natural a lo largo de generaciones, con una gran significación en la economía y en la tradición ganadera (Yanes, 2008). Hace tres décadas se introdujo en España la raza Assaf, una nueva raza de origen israelí especializada en la producción de leche, motivo por el cual ha llegado a ser una de las más importantes de la región, desplazando en muchos casos a las razas autóctonas.

A continuación se describen brevemente las características de las razas Churra, Castellana y Assaf, elegidas para la realización de este estudio por su importancia en Castilla y León y más concretamente en la provincia de Zamora.

8.1. CHURRA

La raza Churra es longilínea y de tamaño medio, presentando los animales adultos un peso medio de 80-90 kg los machos y de 50-60 kg las hembras. Es de color blanco, con coloración periférica en negro alrededor de ojos, labios y morro, en la porción terminal de las orejas, en las partes distales de las extremidades y en la región umbilical. Tiene lana basta y larga, con mechones de 25-30 cm (Figura 6). Se caracteriza por su rusticidad, de manera que es capaz de caminar largas distancias en busca de alimento y soportar temperaturas extremas. Por lo tanto está perfectamente adaptada al medio en el que se desenvuelve, ya que es autóctona de Castilla y León (España), donde las zonas de pasto son muy extensas y el clima es continental, con inviernos largos y fríos, primaveras cortas y veranos secos y calurosos.

El último censo oficial, realizado en 1986, estimó en 1.770.530 el número de cabezas existentes en España, lo que representa aproximadamente el 9,5% de las ovejas de aptitud láctea de la Comunidad Europea, el 10% del censo ovino nacional español y casi

el 40% de las ovejas españolas de aptitud láctea (De la Fuente et al. 1995, 1996 y 1997a). En el año 2001 la cantidad total se estimó en 750.000 (Ugarte et al., 2001), de las cuales alrededor de 400.000 se destinaban al ordeño, siendo sometidas a un control lechero oficial 26.000 de ellas (San Primitivo y De la Fuente, 2000). La Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino de Raza Churra (ANCHE) es la encargada de identificar, controlar y mejorar las ovejas de esta raza, así como del control de su Libro Genealógico. Según la memoria de ANCHE correspondiente al año 2000, el área geográfica actual de mayor influencia de cría de la raza Churra abarca mayoritariamente las provincias de Burgos (34%), Valladolid (21%) y Palencia (19%), así como buena parte de las de Zamora (12%), León (8%), Segovia (5%), Soria (0,7%) y Salamanca (0,3%). Hay que tener en cuenta que estos datos se refieren únicamente a los animales inscritos en el Libro Genealógico, si bien podrían reflejar la situación censal de esta raza.



Figura 6. Ovejas de raza Churra.

En la raza Churra pueden diferenciarse tres tipos de rebaños, los especializados en la producción de carne, los que se dedican únicamente a la producción de leche y los que pueden considerarse de doble aptitud, carne y leche, (San Primitivo y De la Fuente, 2000).

Los rebaños que se dedican a la producción de carne (71,9%) son explotados en régimen extensivo, aprovechando pastos marginales ubicados en zonas de difícil acceso. Estos animales no son ordeñados y su producción básica es el lechazo, corderos de 10-

12 kg de peso vivo que se sacrifican con 25-35 días de vida y que gozan de la figura de calidad “I.G.P. Lechazo de Castilla y León” (Yanes, 2008).

Los rebaños que se destinan a la producción de leche (28%) se ubican en zonas con mayores recursos y son explotados en régimen de semiestabulación (San Primitivo y De la Fuente, 2000; Yanes, 2008). En cuanto a la aptitud láctea, tienen una producción de aproximadamente 132 litros a lo largo de 135 días, con un contenido medio de 6-7% de grasa, 4-6% de proteína y 18,70% de ES. Esta leche se destina habitualmente a la elaboración de queso, como el queso Zamorano, que goza de Denominación de Origen, el queso Castellano, el queso de Villalón o el queso de Burgos.

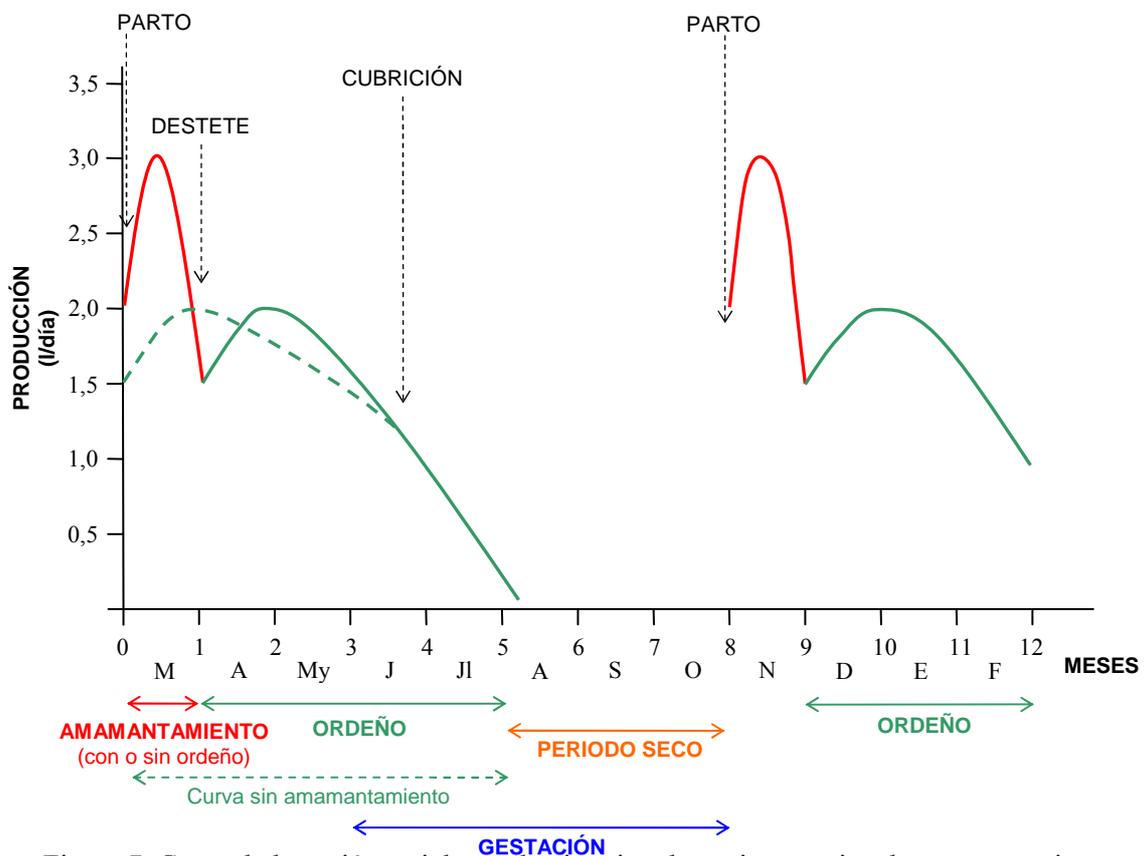


Figura 7. Curva de lactación y ciclo productivo tipo de ovejas estacionales con tratamiento reproductivos y con un nivel medio de producción y tres partos cada dos años (sistemas de producción típicos de las ovejas de razas autóctonas de la meseta) (Sánchez Rodríguez, 2009).

Por último existen rebaños de raza Churra que se utilizan para producir carne y leche, dependiendo de las condiciones del mercado, sin considerar prioritaria la producción láctea. En este caso se aprovechan las características de rusticidad de esta raza,

especialmente su capacidad para secarse rápidamente cuando deja de ordeñarse o de alimentarse correctamente, de forma que, debido a sus características reproductivas, puede entrar en celo de forma rápida, prácticamente en cualquier época del año.

La oveja Churra presenta una gran precocidad sexual. En general suele cubrirse por primera vez entre los 10 y los 14 meses de vida, si bien algunas cubriciones pueden producirse a partir de los cinco meses. Algunos rebaños mantienen un sistema de explotación que tiende a producir tres partos cada dos años (Figura 7). Las parideras se concentran en tres períodos: noviembre-diciembre (31% del total), febrero-marzo (27%) y julio (10%) (De la Fuente et al., 1996). El destete se produce entre los 25 y los 30 días después del parto, para sacrificar el cordero en forma de lechazo cuando alcanza un peso aproximado de 10-11 kg. Los animales destinados a la reposición, en torno al 15-20%, continúan mamando hasta los 2-3 meses de vida en los que pasan a un sistema de media leche (De la Fuente et al., 1996). A pesar de todos estos datos anteriores, es preciso hacer constar que existe variabilidad en cuanto a los fenotipos, en cuanto a los sistemas de explotación e incluso respecto a la aptitud productiva.

Algunos rebaños lecheros, con la intención de incrementar su nivel productivo, han realizado cruzamientos con razas foráneas, como Frisona, Sarda, Awassi y en la actualidad con la Assaf. Este proceso de cruzamiento, que en muchas ocasiones termina con la absorción de la raza autóctona por la raza foránea, ha producido un importante descenso del efectivo de ovejas de raza Churra. Por otra parte, los rebaños destinados únicamente a la producción de carne, utilizan sementales mejorantes procedentes del programa de selección, colocándose en situación de perder rusticidad. Ante esta situación, la raza se coloca en una posición de descenso continuado del censo y por lo tanto en peligro, y eso a pesar de que el número total de cabezas supera actualmente el millón (San Primitivo y De la Fuente, 2001). Así, esta raza está incluida actualmente entre las de fomento en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España.

8.2. CASTELLANA

La raza Castellana se define como eumétrica, mesolínea y de perfil recto o subconvexo, variando según el área de explotación. La apariencia de los animales es fuerte y armoniosa, presentando en la etapa adulta un peso medio de 70-85 kg los machos y de 50-65 kg las hembras. La antigua raza Castellana era de color negro (Figura 8) hasta que

a partir de los años 40 del siglo XX se hizo patente la conveniencia de mejorar las cualidades textiles de la lana y cambiar la coloración del vellón, ya que esta raza ha sido clásicamente considerada de triple aptitud: carne, leche y lana. Mediante la selección se fue consiguiendo el predominio de los animales de color blanco, aunque hoy en día aún existen algunos ejemplares de color negro. En cualquier caso tienen lana entrefina, densa y cerrada, que se abre en mechass rectangulares típicas (Figura 9). Al igual que la raza Churra, esta es una raza rústica autóctona de Castilla y León que ocupa principalmente las provincias de Zamora (de donde se cree que procede), Salamanca y Valladolid, aunque también está distribuida por otras provincias como Ávila, Segovia, León y Cáceres.



Figura 8. Oveja de raza Castellana, variedad negra. Fuente: Servicio Agrario de Caja Duero (2010).

Según la Asociación Española de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Castellana (ANCA), que se encarga del fomento y mejora de esta raza así como del control de su Libro Genealógico, en la actualidad existen entre 800.000 y 900.000 animales en Castilla y León, de los que solamente 200.000 son puros. El último censo oficial, que corresponde al año 1.982, estimaba en 1.650.000 el número de cabezas de raza pura, lo que significa que en pocos años ha desaparecido el 88% de sus efectivos (Sánchez Belda y Sánchez Trujillano, 1979; González et al., 2001). Así, la variedad blanca de la raza Castellana está incluida como raza autóctona de fomento en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, mientras que la variedad negra aparece en el grupo de protección especial, ya que su censo está por debajo de las 5.000 cabezas.

La causa de este descenso ha sido la misma que en el caso de la raza Churra, es decir, el desarrollo de una ganadería más intensiva, especialmente en el caso de la producción láctea. Como respuesta a esta evolución unas explotaciones optaron por el abandono de la actividad y otras por la intensificación de la producción, mediante la estabulación y el abandono del pastoreo. En este último caso se optó además por un sistema de cruzamientos continuados con razas extranjeras más productivas, como Awassi en los años 1970-80 y Assaf en los años 1980-90 (González et al., 2001).



Figura 9. Oveja y cordero de raza Castellana, variedad blanca.

Actualmente la raza Castellana tiene doble aptitud productiva leche-carne. Con respecto a la aptitud láctea, las ovejas tienen una producción aproximada de 129 litros a lo largo de 143 días, con un contenido medio de 6,6% de grasa, 5,6% de proteína y 17,92% de ES. Esta leche se destina principalmente a la elaboración de queso, siendo junto con la raza Churra las dos razas con las que se elabora el queso Castellano, así como el queso Zamorano, protegido por Denominación de Origen. Con respecto a la producción de carne, el tipo comercial carnicero es el cordero lechal o lechazo, que al igual que en la raza Churra, goza de la figura de calidad “I.G.P. Lechazo de Castilla y León”. La mayor concentración de animales dedicados a este fin y que gozan de mayor pureza, se encuentra en las regiones de Aliste y Tierra de Alba en la provincia de Zamora, en un número de entre 80.000 y 90.000 cabezas. Esto es debido a que la dureza del clima y el terreno han ido eliminando cualquier intento de mestizaje, de modo que solamente ha persistido la raza Castellana debido a su rusticidad y adaptación al medio (González et al., 2001).

Los animales de esta raza están sometidos a un régimen de pastoreo diario aprovechando pastos propios y sobre todo comunales, con utilización de sistemas semi-extensivos, aunque con mayor grado de intensificación en rebaños lecheros según se trate de lotes de ordeño o de ovejas secas. No hay rebaños de manejo intensivo, ya que la raza, de por sí rústica y andariega, no soporta encierros continuados, haciendo un gran aprovechamiento de pastos, incluso de los más pobres. Hay algunas explotaciones con un sistema de manejo muy tradicional y escasa tecnificación, y otras modernas, tecnificadas y con un control y seguimiento sistemático de la productividad del ganado (Yanes, 2008).

8.3. ASSAF

La raza Assaf se importó a España en el año 1977, procedente de Israel, donde fue obtenida por cruzamiento de dos razas de elevada producción láctea: Awassi y Milchschaf, conteniendo en su patrimonio genético 5/8 de Awassi y 3/8 de Milchschaf.

La raza Milchschaf o Frisona del Este es originariamente de Alemania y Holanda. Se trata de animales grandes de 70 a 100 kilos. Las ovejas están especializadas en producción láctea con una media de 600 a 800 litros y un 5,5-6,5% de grasa, de modo que la influencia mejorante de esta raza sobre la producción de leche es muy acusada, pero tiene la inconveniencia de la fragilidad genética. Es una raza muy prolífica, con una cantidad de entre 200 y 300 corderos por cada 100 partos.

La raza Awassi es originaria de Israel, perteneciente a las ovejas de cola grasa originarias de Asia y presentes en zonas desérticas, por lo que se caracteriza por ser una raza rústica, sobria, bien adaptada al calor y al clima seco. La producción lechera media es de 400-500 litros en 150 días (2,5 a 4,5 litros por oveja y día), aunque en rebaños selectos puede estar entre 600 y 800 litros.

Los principales fines que motivaron este cruce fueron la mejora del porcentaje de mellizos, el aumento de la precocidad y fecundidad de las primaras y el cambio de la cola gruesa por otra más delgada.

En la raza Assaf los machos suelen pesar unos 80-100 kilos y las hembras en torno a 60-70 kilos. Son animales con biotipo lechero, de perfil subconvexo, longilíneos e

hipermétricos (Figura 10) (Yanes, 2008). En general se pueden señalar producciones lácteas de 160 litros en 120 días, aunque si se refieren a lactaciones controladas se pueden obtener 285 litros en 145 días o de 379 litros en 193 días, con una composición media de 5,75% de grasa y 5,1% proteína y 17,8% de ES. Es decir, en general esta raza produce mayor cantidad de leche que las razas Churra y Castellana, pero con menores contenidos de grasa y proteína. Por otra parte, aunque está especializada en la producción de leche, se ha alcanzado una especialización en forma de corderos lechales, con un peso de canal medio de 6,6 kg.

Éste es un ovino indicado para explotaciones intensivas, necesitando mayores atenciones y cuidados que las razas autóctonas anteriormente comentadas, y un mayor tiempo de ordeño. Esto es debido a que la raza Assaf está peor adaptada al medio, es menos rústica, suele llegar al ordeño con las ubres más cargadas y además en algunos casos la conformación de éstas da ciertos problemas en el proceso (Ugarte et al., 2001). Estos factores no han sido considerados adecuadamente por los ganaderos, de manera que normalmente se observa una mayor incidencia de la mamitis (González-Rodríguez et al., 1995). Por los mismos motivos, también es más sensible a otras enfermedades como la ureolitiasis o cálculos urinarios y la intoxicación por cobre.



Figura 10. Oveja de raza Assaf.

El hecho de que el sistema de explotación mayoritario sea el intensivo, no implica que no haya algún tipo de pastoreo. De hecho esta raza es la más introducida en los rebaños lecheros mediante cruzamiento con ovejas de razas Churra y Castellana. Sin embargo, la

superioridad productiva de la raza Assaf no es compatible con el mantenimiento de sistemas ganaderos tradicionales bajo condiciones extensivas. Como se acaba de mencionar, con frecuencia este aspecto no es considerado por los ganaderos, que han intentado manejar esta raza de la misma forma que las autóctonas. Generalmente estos intentos no han tenido éxito y los cruces con las razas autóctonas se han incrementado, resultando imprevisible el control genético de los reproductores obtenidos (Ugarte et al., 2001).

En la actualidad la raza Assaf se distribuye por muchos puntos de la geografía española, como Madrid, Castilla-La Mancha, Navarra, Extremadura y Andalucía, estando muy presente en toda Castilla y León, región que presenta el mayor censo de España para esta raza (Yanes, 2008). En esta Comunidad Autónoma se censaron en el año 2006, 1.770.644 animales, destacando las provincias de Zamora y Valladolid con 476.387 y 411.580 cabezas respectivamente (Junta de Castilla y León, 2009).

Se estima que el 20% de las ovejas de Castilla y León son de raza Assaf, pero representan el 49% de las ovejas lecheras (Martínez et al., 1999). Así, esta raza ha desplazado a las autóctonas Churra y Castellana, que pasaron de una población de 1,5 y 1,4 millones en 1980 a 750.000 y 250.000 en 1998 respectivamente, suponiendo el 17% y el 5,7% de las ovejas (Ugarte et al., 2001).

La introducción de razas extranjeras, como la Assaf, provoca, como ya se ha mencionado, una reducción del número de animales de las razas autóctonas, debido a la sustitución, y una pérdida de su rusticidad como consecuencia del cruzamiento. Estos hechos y, en definitiva, la intensificación de los sistemas ganaderos, apenas permite el aprovechamiento de los recursos naturales. De este modo, la erosión del terreno se hace más común y la vegetación es modificada, incrementándose la presencia de cubiertas de arbustos y plantas leñosas, y con ello el riesgo de fuegos durante el verano (Ugarte et al., 2001). Además existe un papel económico y social de la producción ovina basado en las razas locales. Los sistemas pastoriles tradicionales permiten el mantenimiento de la población humana y de la actividad económica en zonas que están normalmente clasificadas como menos favorecidas (Ugarte et al., 2001). En definitiva, es necesario resaltar la necesidad de evolucionar que presenta cualquier población, pero el ganado que se explota en régimen extensivo, aprovechando los recursos naturales y

favoreciendo el medio ambiente, debería ser conservado y no perder rusticidad (San Primitivo y De la Fuente, 2001).

8.4. EFECTO DE LA RAZA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE Y EL QUESO

La raza es uno de los factores que más influye sobre la composición físico química de la leche (Sakul y Boylan, 1992; Barron et al., 2001; Paccard y Lagriffoul, 2006a,b; Raynal-Ljutovac et al., 2008), y por consiguiente, sobre la composición físico-química del queso elaborado a partir de la misma.

La mayoría de las investigaciones existentes hasta la fecha sobre razas ovinas españolas se han centrado únicamente en aspectos cuantitativos (cantidad de litros producidos) y cualitativos (concentración de grasa y proteína), dejando a un lado las propiedades tecnológicas (Jaramillo et al., 2008). Así, se sabe que en ovejas, al igual que en otros rumiantes de producción lechera, las correlaciones genéticas y fenotípicas entre la concentración de grasa y proteína de la leche y el rendimiento lechero son negativas. Esto quiere decir que las razas que producen una mayor cantidad de leche lo hacen con menores porcentajes de proteínas y grasa y viceversa, de manera que los factores genéticos son mucho más fuertes que los factores ambientales (Emery, 1988). Así, como muestran algunas investigaciones sobre las razas que se estudian en este trabajo, la raza Assaf produce mayor cantidad de leche que las razas Castellana y Churra, pero con menores concentraciones de grasa y proteínas (Tabla 4) (Palacios, 2008).

La influencia de la raza se ha observado también en otros aspectos como la composición de la grasa, algo que se podría explicar por diferencias en la fermentación ruminal de los alimentos ingeridos por la oveja (Ranilla et al., 2000). De hecho, Givens y Moss (1994) observaron que la raza de oveja puede influir sobre la digestibilidad. Así, varios autores han encontrado diferencias entre la composición grasa de la leche de distintas razas de ovejas, entre las que se incluyen las tres que aquí se estudian y también otras razas mediterráneas (Duranti y Casoli, 1988; Signorelli, et al., 2008; Lurueña-Martínez et al., 2010).

Con respecto a la composición de la fracción proteica, Rodríguez-Nogales et al. (2007) encontraron diferencias significativas entre las razas Castellana, Churra y Assaf. Así, las

razas autóctonas Castellana y Churra presentaron mayor concentración de proteína total, mientras que la raza Assaf presentó mayores concentraciones de las proteínas del suero α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina.

Como se ha mencionado con anterioridad, la raza es uno de los factores que puede influir sobre el RCS. Así, en el caso de las tres razas que aquí se estudian, algunos autores encontraron mayores RCS en la raza Assaf que en las razas Churra y Castellana (González-Rodríguez et al., 1995; Gonzalo et al., 2002, 2005). Esto podría deberse a que la mayor rusticidad de estas razas autóctonas las hace más resistentes, o bien a que las razas más productivas tienen mayor incidencia de infecciones intramamarias (Dario y Bufano, 1991).

II. OBJETIVOS

Como se ha mencionado en la introducción de este trabajo, numerosas investigaciones han mostrado que el recuento de células somáticas es un factor que influye de forma significativa sobre muchas características de la leche y del queso elaborado a partir de ella. Sin embargo, dichas investigaciones se han centrado principalmente en la leche y el queso de vaca, y más concretamente en el estudio de los enzimas proteolíticos, los fenómenos de proteólisis y sus consecuencias, de manera que a día de hoy existen pocos trabajos sobre la influencia de los RCS en leche y queso de oveja, y sobre su relación con los fenómenos de lipólisis.

Por otra parte, la raza es un factor que influye de forma significativa en la composición físico-química y microbiológica de la leche y por lo tanto sobre las características del queso elaborado a partir de ella.

Por todo ello, el objetivo general del presente trabajo es estudiar la influencia del recuento de células somáticas y la influencia de la raza sobre algunas de las características del queso de oveja, con especial atención a los fenómenos relacionados con la fracción grasa y la lipólisis. Para ello se estudiarán en primer lugar, algunas características tanto de la leche de partida. En segundo lugar se estudiarán algunas de las características del queso elaborado a partir de ella, en diferentes etapas de la maduración.

El estudio pretende ceñirse a la realidad del ganadero y del elaborador de queso, centrándose en el caso concreto de la provincia de Zamora, por lo que se estudiará la influencia de recuentos de células somáticas que se encuentran en la leche de forma habitual, así como la influencia de cada una de las tres razas mayoritarias en esta provincia: Churra, Castellana y Assaf.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. MUESTRAS

1.1. LECHE DE LA PROVINCIA DE ZAMORA

Se recogieron los datos correspondientes al análisis de la leche de 10.734 ovejas de las razas Churra (N=1.428), Castellana (N=1.017) y Assaf (N=8.289) de la provincia de Zamora a lo largo de un año, pertenecientes todas ellas a ganaderos de la Cooperativa Asovino. Esto se hizo con el objeto de comparar los datos físico-químicos obtenidos para la leche analizada en este trabajo con los valores que habitualmente se obtienen en la zona, y también para tener un marco de referencia y así poder establecer grupos de RCS.

1.2. LECHE OBJETO DE ESTUDIO

La parte experimental de la investigación se desarrolló a lo largo de dos campañas, entre 2006 y 2008, en cada una de las cuales se recogió leche de distintas razas de oveja, con diferentes recuentos de células somáticas (RCS), para la elaboración de los quesos objeto de estudio, los cuales se maduraron durante un año.

1.2.1. Animales y manejo

Se tomaron muestras de leche de tres razas de oveja: Churra y Castellana (autóctonas) y Assaf (foránea). Los animales de las razas Castellana y Churra eran puros, mientras que los de raza Assaf estaban cruzados con raza Churra (F₁), ya que en la actualidad existen muy pocos animales puros de raza Assaf. Todos los animales procedían de explotaciones situadas en diferentes localidades de la provincia de Zamora, pertenecientes todas ellas a la Cooperativa Asovino. Se eligieron explotaciones que dispusieran de ovejas con las características que se pretendían estudiar, es decir, que fueran de una de las tres razas mencionadas anteriormente y que la media geométrica de su contenido en células somáticas estuviera dentro de los rangos definidos para este estudio (Tabla 7). También se tuvo en cuenta que las ovejas estuvieran en el mismo periodo de lactación.

Los animales pertenecientes a las razas Castellana y Churra fueron criados con un sistema de manejo semiextensivo, de manera que la mayor parte del año pastaron en el campo durante el día, siempre que hubiera recursos y la climatología no fuera adversa. Durante la noche y también en situaciones especiales, como las épocas de parto y

lactación, permanecieron en establos. Los animales de raza Assaf, más sensibles que los de las razas autóctonas, fueron criados bajo un sistema semiintensivo, de modo que permanecieron la mayor parte del tiempo en establos. De cualquier modo, tanto los animales de raza Assaf, como los de razas Churra y Castellana permanecieron en establos durante el periodo de lactación, que fue durante el que se realizó este estudio.

Las ovejas fueron alimentadas *ad libitum* con pastos y forrajes y se les suministraron concentrados (compuestos por pulpa de remolacha, alfalfa, cebada, maíz, soja y algodón) en situaciones de mayores necesidades de energía y/o nutrientes, principalmente durante el parto y la lactación.

El sistema reproductivo de las hembras se planificó con la intención de obtener tres partos cada dos años en la mayor cantidad de animales, es decir, uno cada ocho meses, repartidos de la siguiente forma: de 4 a 6 meses de lactación; en los cuales en el tercero se produce la cubrición durante 30 a 45 días; dos meses antes de parir se seca a las ovejas y un mes antes se les somete a un aumento nutritivo como preparación al parto.

Una vez finalizado el periodo de cría del cordero, comenzó a realizarse el ordeño, que se hizo de forma mecánica dos veces al día: una por la mañana y otra por la tarde, siguiendo una rutina de ordeño metódica e higiénica.

1.2.2. Consideraciones legales y sanitarias

La legislación actualmente vigente (Real Decreto 640/2006, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, y de la producción y comercialización de los productos alimenticios), dice textualmente en el apartado 2 del artículo 5: “*Se autoriza la utilización de leche cruda que no cumpla los criterios establecidos en la sección IX del anexo III del Reglamento (CE) n.º 853/2004 en lo que se refiere a las colonias de gérmenes y al contenido de células somáticas, para la elaboración de quesos con un ciclo de maduración de 60 días como mínimo y productos lácteos obtenidos en relación con la fabricación de dichos quesos.*” En el mencionado anexo III del Reglamento 853/2004 únicamente se establece un límite máximo de células somáticas para la leche cruda de vaca, y en ningún caso para leche de oveja. Por otra parte, se establecen límites máximos de colonias de gérmenes por mililitro (a 30 °C), que son de $1,5 \cdot 10^6$ en el caso de leche de

oveja cruda y de $0,5 \cdot 10^6$ en caso de que la leche cruda se destine a la elaboración de productos no tratados térmicamente.

Con respecto al contenido en células somáticas, varios estudios han mostrado que los quesos elaborados con leche de elevados RCS no presentan necesariamente riesgos higiénicos. Este es el caso del estudio realizado por Albenzio et al. (2001), quienes no encontraron riesgos sanitarios en queso Canestrato Pugliese con 950.000 células somáticas/mililitro a los 63 días de maduración.

En cuanto a los gérmenes, hay que tener en cuenta que debido a los procesos de salado y maduración, el queso adquiere unas características (principalmente baja actividad de agua) que impiden la proliferación de microorganismos patógenos al cabo de cierto número de días de maduración. Esto fue demostrado por Pirisi et al. (2008), quienes no encontraron resto alguno de patógenos en queso de oveja elaborado con leche cruda (Pecorino Romano) al cabo de 90 días de maduración, tras inocular el queso fresco con las siguientes bacterias patógenas: *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus coagulasa* + y *Escherichia coli* O157:H7.

La leche recogida para la realización de este estudio estuvo en todos los casos por debajo de los límites máximos de gérmenes establecidos por la legislación. En cuanto a los quesos utilizados en los análisis sensoriales, todos tenían al menos 180 días (6 meses) de maduración.

1.2.3. Recuento de células somáticas (RCS)

Los análisis de RCS fueron realizados por la Estación Tecnológica de la Leche (Palencia), perteneciente al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Se llevaron a cabo mediante un equipo Fossomatic (Foss Analytical, Hillerød, Dinamarca).

Los rangos de RCS definidos para este estudio fueron establecidos siguiendo las recomendaciones del servicio veterinario del Consorcio de Promoción del Ovino (Zamora) y de los veterinarios de la Cooperativa Asovino, de acuerdo con los datos recogidos en la provincia de Zamora a lo largo de varios años. También se tuvieron en cuenta las indicaciones de algunos trabajos previos que encontraron diferencias significativas entre estos grupos en cuanto a la calidad y las propiedades tecnológicas de

la leche (González-Rodríguez et al., 1995; Gonzalo et al., 2000; Pirisi et al., 2000; Vivar-Quintana et al., 2006).

Los grupos de RCS que se establecieron finalmente fueron:

- RCS bajo: menos de 500.000 células/mililitro de leche
- RCS medio: entre 1.000.000 y 1.500.000 células/mililitro de leche
- RCS alto: más de 2.000.000 células/mililitro de leche

A la hora de establecer los grupos de RCS se tuvieron en cuenta los datos recogidos para cada rebaño a lo largo de todo el año (ver Apartado III.1.1.1.) y no valores puntuales porque, como ya se ha mencionado, estos son muy variables (Raynal-Ljutovac et al., 2007).

Por otra parte, en el caso de la raza Castellana no se encontraron rebaños que presentaran RCS superiores a dos millones de células por mililitro de leche. Esto es debido a que esta raza es más resistente a la mamitis que las razas Churra y Assaf (Dario y Bufano, 1991; Gonzalo et al., 2005).

1.2.4. Toma de muestras

Se recogieron muestras de leche para la elaboración de queso en dos años diferentes: noviembre de 2006 (año 1) y noviembre de 2007 (año 2). En cada una de estas ocasiones, se tomaron ocho muestras de leche (40 litros cada una) por duplicado (dieciséis en total) en ocho explotaciones pertenecientes a ganaderos miembros de la Cooperativa Asovino, situadas todas ellas en diferentes localidades de la provincia de Zamora. La leche procedía de tres razas distintas: Churra y Castellana (autóctonas) y Assaf (foránea) y contenía tres diferentes niveles de RCS, a excepción de la de raza Castellana, para la que no se encontraron animales que produjeran leche con RCS altos (Tabla 7).

Cada muestra de leche se recogió de los tanques de frío de las explotaciones, en cántaros de cuarenta litros. Esto se hizo por duplicado en días alternos y dentro de la misma semana, coincidiendo con el periodo medio de la lactación. Posteriormente se llevó a los laboratorios de Tecnología de los Alimentos de la Escuela Politécnica Superior de Zamora (Universidad de Salamanca) para proceder a la elaboración del

queso. En todo momento la leche se mantuvo a temperatura de refrigeración, (aproximadamente 4 °C) desde su recogida hasta el comienzo de la elaboración, que se hizo en el mismo día. De cada muestra recogida, se tomó un litro para proceder a su posterior análisis físico-químico.

Tabla 7. Muestras de leche recogidas para la elaboración de este trabajo, en noviembre de 2006 (2 x 40 litros) y noviembre de 2007 (2 x 40 litros).

Raza	RCS x10³ (células/ml)	Madres	Localidad
Churra	<500	700	Almeida
Churra	1.000-1.500	550	Moral de Sayago
Churra	>2.000	330	Palazuelo de Sayago
Castellana	<500	360	Carbellino
Castellana	1.000-1.500	580	La Tuda
Assaf	<500	330	Torres del Carrizal
Assaf	1.000-1.500	455	Cuelgamures
Assaf	>2.000	385	Torregamones

La toma de muestras del tanque de leche es más realista desde el punto de vista industrial y además, trabajos anteriores mostraron que los cambios en la composición química debida a diferentes niveles de RCS son similares a los encontrados cuando la toma de muestras de la leche se hace de forma individual y luego se mezcla para obtener leche con los mismos niveles de RCS (Pirisi et al. 2000; Jaeggi et al, 2003; Vivar-Quintana et al., 2006).

1.3. QUESO

Se elaboraron ocho lotes de queso por duplicado, es decir, uno por cada muestra de leche recogida, con un tamaño aproximado de 12 cm de diámetro y 8 cm de altura y un peso en fresco de aproximadamente 0,75 kg. Para dicha elaboración, se siguieron las pautas que se indican en el Reglamento de la Denominación de Origen Queso Zamorano, Orden Ministerial de 5 de mayo de 1993 (BOE nº 120, 1993) de acuerdo con el siguiente esquema:

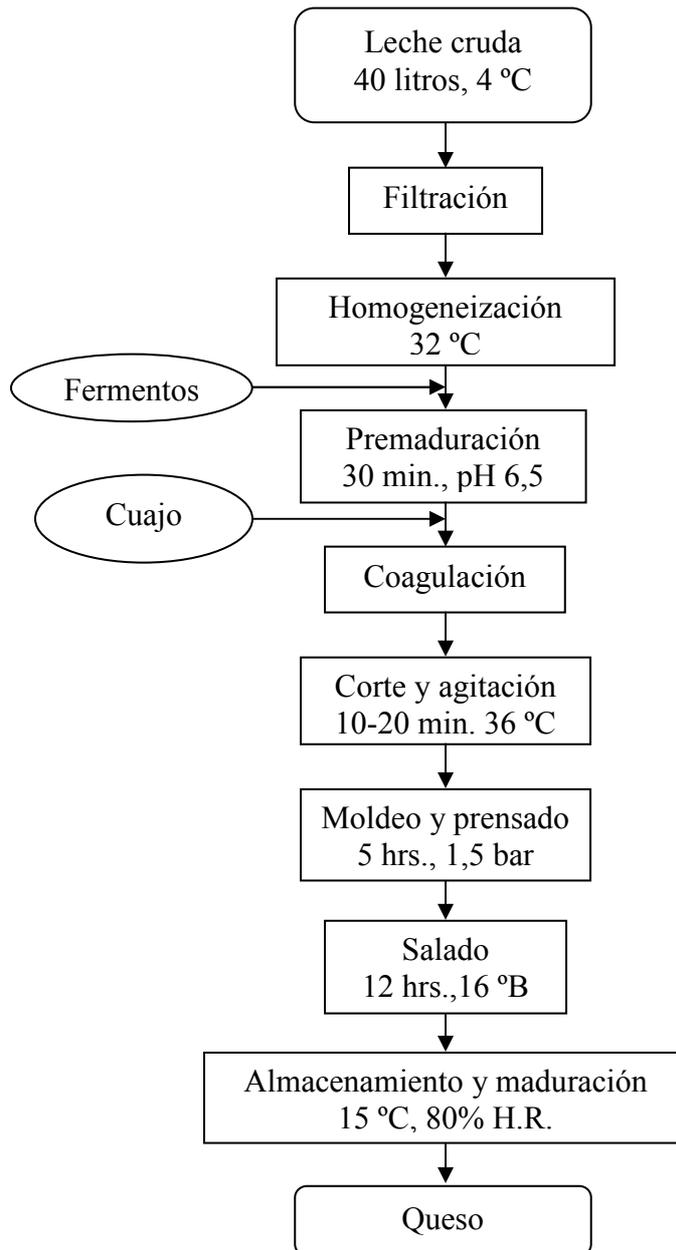


Figura 11. Diagrama de flujo de la elaboración del queso.

1.3.1. Elaboración de queso

1.3.1.1. Cuajado

En cuanto la leche llegó al laboratorio se filtró con un tamiz fino con el objeto de eliminar impurezas. Posteriormente se introdujo en una cuba quesera de 50 litros de capacidad provista de camisa de agua (Leynox S.L., Burgos, España). La cuba se puso en funcionamiento a una temperatura de 32 °C, óptima para el crecimiento del cultivo iniciador que se añadirá más tarde. Posteriormente se conectaron las aspas agitadoras de

la cuba a velocidad moderada, con el fin de homogeneizar la leche y calentarla de forma uniforme (Figura 12).



Figura 12. Agitación de leche en la cuba quesera

Una vez que la leche alcanzó los 32 °C se añadieron los fermentos lácticos *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris* y *L. lactis* subsp. *lactis* bv. *diacetylactis* (MA400 Choozit, Danisco, Sassenage, Francia) (16,67 mg/l). Después de 30 minutos de premaduración, (pH 6,5-6,6) se adicionó el cuajo, elaborado a partir de cuajares de ternera, con un porcentaje de quimosina igual o superior al 90% y con un porcentaje de pepsina bovina y sal común igual o menor al 10% (fuerza 1:150.000) (Laboratorios Arroyo, S.A., Santander, España). Con el objeto de que éste se repartiera uniformemente, se mantuvo la agitación durante un minuto, transcurrido el cual se desmontó la pala agitadora. Así, la leche permaneció en reposo para evitar el desuerado antes del cuajado.

El tiempo de coagulación osciló entre 30 y 45 minutos y se determinó de forma subjetiva: el momento óptimo de cuajado es aquel en el que al introducir la hoja de un cuchillo ésta sale limpia. En ese momento se procede al corte de la cuajada.

1.3.1.2. Corte y agitación

Para el corte se utilizaron dos tipos de liras, verticales y horizontales, usadas en este orden (Figura 13). Se realizó esta operación hasta que la cuajada presentó el tamaño aproximado de un grano de arroz (entre 5 y 10 mm).



Figura 13. Corte de la cuajada con liras verticales (izquierda) y horizontales (derecha).

Una vez cortada la cuajada, se agitó con las aspas de la cuba durante 10-20 minutos, a una temperatura de 36 °C, para favorecer el proceso de sinéresis, hasta alcanzar la textura deseada.

1.3.1.3. Moldeo

Finalmente la cuajada se extrajo de la cuba quesera con ayuda de coladores, que facilitaron la expulsión del suero, y se introdujo en moldes (D.12x8 cm) provistos de paños de lino (Figura 14).



Figura 14. Llenado de moldes con cuajada ya cortada.

1.3.1.4. Prensado

Después de llenar los moldes con la cuajada, se colocaron en una prensa horizontal (Leynox, Burgos, España) donde permanecieron un total de 5 horas bajo una presión de 150.000 Pa a 20 °C (Figura 15). Transcurridas las primeras dos horas y media de prensado, se extrajeron los quesos de sus moldes, se quitaron los paños de lino que los

envolvían, y se les dio la vuelta para volver a colocarlos en la prensa las dos horas y media restantes. Finalmente los quesos fueron pesados para conocer el rendimiento quesero de la leche.



Figura 15. Prensado de los quesos.

1.3.1.5. Inmersión en salmuera

Transcurridas las cinco horas de prensado, se extrajeron los quesos de los moldes, y se introdujeron en un tanque de acero inoxidable (de aproximadamente 250 litros) con salmuera (16° Baumé, elaborada con agua potable y sal común), donde permanecieron totalmente sumergidos durante 12 horas a una temperatura de 18 °C (Figura 16).



Figura 16. Quesos en salmuera.

1.3.1.6. Maduración

Después de permanecer 12 horas sumergidos en la salmuera, los quesos fueron introducidos en una cámara de maduración (Figura 17). Las condiciones iniciales de dicha cámara fueron de 15 °C de temperatura y una humedad relativa inicial del 80%.

Estas condiciones se mantuvieron durante los tres primeros meses, transcurridos los cuales, se fue reduciendo la humedad relativa paulatinamente hasta mantenerla en un 60% hasta el final de la maduración. Los quesos permanecieron en la cámara durante un total de 12 meses, a lo largo de los cuales fueron cepillados y volteados regularmente con el fin de evitar la proliferación de mohos indeseables (particularmente durante los primeros meses) y ácaros (durante los últimos meses). Se tomaron muestras de cada lote en diferentes meses de maduración para su posterior análisis.



Figura 17. Cámara de maduración de los quesos.

2. MÉTODOS

2.1. ANÁLISIS DE LA LECHE DE LA PROVINCIA DE ZAMORA

Los datos correspondientes a las 10.734 muestras de leche procedente de los rebaños de la provincia de Zamora se obtuvieron mediante análisis llevados a cabo en la Estación Tecnológica de la Leche (Palencia), perteneciente al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. En primer lugar se determinó la composición química (grasa, proteínas y extracto seco) de la leche, realizando una medida automática con un equipo MilkoScan S-50 (Foss Electric, Hillerød, Dinamarca), así como los recuentos de células somáticas (RCS) mediante un equipo Fossomatic (Foss Electric, Hillerød, Dinamarca).

Una vez analizadas las muestras de leche, los veterinarios de la cooperativa Asovino establecieron tres grupos según el RCS, basándose en los datos recogidos a lo largo del año, para conocer si existían diferencias significativas entre ellos:

- RCS bajos, menos de 500.000 células/ml, N=501;
- RCS medios, entre 1.000.000 y 1.500.000 células/ml, N=291;
- RCS altos, más de 2.500.000 células/ml, N=64

2.2. ANÁLISIS DE LA LECHE OBJETO DE ESTUDIO. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.

2.2.1. Homogeneización de la leche

Antes de realizar los análisis que se describen a continuación, la leche fue homogeneizada de la siguiente forma: se calentó hasta 40 °C y después se dejó enfriar hasta 20 °C, todo ello mientras se agitaba suavemente.

2.2.2. Determinación de la densidad

Fundamento

La densidad de la leche se determina mediante el lactodensímetro de Quevenne, cuya graduación se encuentra comprendida entre el máximo y mínimo que suele presentar la leche.

Procedimiento

Se vierte un volumen adecuado de leche en una probeta de un tamaño apropiado (100 ml) y se deja reposar unos minutos. Se introduce el lactodensímetro (Gerber Instruments, Effretikon, Suiza) y se espera a que esté en reposo antes de realizar la lectura de la densidad. Dicha lectura se realiza directamente. El vástago del lactodensímetro indica hasta tres cifras decimales.

Expresión de los resultados

La densidad se expresa por referencia a una temperatura de 20°C, por lo que si la lectura fuera realizada a una temperatura diferente, debe efectuarse una corrección. Por cada grado por encima de esa temperatura debe aumentarse el valor obtenido en 0,2 milésimas, y por cada grado de temperatura por debajo se debe disminuir el valor obtenido en 0,2 milésimas.

2.2.3. Determinación de pH

Fundamento

El método utilizado para medir el pH de la leche fue el potenciométrico, en el que se emplea un electrodo de vidrio en combinación con un electrodo de referencia. El potencial se mide directamente en términos de pH en la escala de un potenciómetro calibrado previamente.

Procedimiento

Para realizar las determinaciones, se prepara el pH-metro (Crison Basic 20, Crison Instruments, Barcelona, España) de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se calibra con soluciones tampón de pH conocido (pH 4 y 7 respectivamente). Se introduce el electrodo en la muestra de leche (20 °C) y se agita la misma hasta que, al cabo de unos segundos, la medida del pH-metro se estabiliza y se lee directamente sobre la pantalla.

2.2.4. Determinación de acidez (UNE 34.100)

Fundamento

Se entiende por acidez en la leche natural, certificada, higienizada y esterilizada, el contenido aparente en ácido, expresado en gramos de ácido láctico por 100 mililitros de

leche. Se calcula mediante valoración con hidróxido sódico, utilizando una disolución alcohólica de fenolftaleína como indicador.

Procedimiento

Se toman 9 ml de leche y se hace una valoración con una disolución de NaOH 0,1N. Como indicador se emplean 0,5 ml de disolución alcohólica de fenolftaleína al 1%. La valoración se dará por finalizada cuando aparezca una coloración rosa persistente.

Expresión de los resultados

Los resultados se expresan en peso de ácido láctico por 100 ml de leche, dividiendo por 10 el número de mililitros empleados de la disolución de NaOH.

2.2.5. Determinación de lactosa (FIL-IDF 28:1964)

Fundamento

Mediante este método se determina indirectamente el contenido en lactosa monohidratada, una vez desproteïnizada la leche, por valoración de la cantidad de halógeno producido al final de la reacción entre la lactosa y el yoduro potásico-Cloramina T. Después de la desproteïnización de la muestra (con una disolución de ácido wolfrámico), se agrega a una cierta cantidad de filtrado una disolución de Cloramina T y una disolución de yoduro potásico. La cantidad de Cloramina T que no ha reaccionado se valora mediante la titulación del yodo liberado con una disolución de tiosulfato sódico. La diferencia entre la cantidad de Cloramina T en una prueba en blanco y la cantidad que queda en la muestra analizada, es equivalente a la cantidad de lactosa de la muestra.

Procedimiento

Se llevan con una pipeta 10 ml de leche a un matraz aforado de 100 ml. Se añaden 25 ml de agua, 40 ml de ácido wolfrámico y se mezcla suavemente. Se enrasa con agua y se deja el matraz en reposo durante unos 30 minutos, con el objeto de que se deposite el precipitado. Se filtra con un filtro seco y se recoge en un matraz seco. Con una pipeta se toman 10 ml de filtrado y se pone en un matraz Erlenmeyer de 150 ml provisto de tapón esmerilado. Se añaden 5 ml de la disolución de yoduro potásico y exactamente 20 ml de la disolución de Cloramina T. Se mezcla y posteriormente se tapa el matraz con su tapón, previamente humedecido con un poco de la disolución de yoduro potásico. Se

mantiene en la oscuridad durante una hora y media a 18-20 °C. Transcurrido este tiempo, se quita el tapón del matraz, se enjuaga con un poco de agua destilada y se añaden 5 ml una disolución de ácido clorhídrico 2N. Se añaden exactamente 10 ml de la disolución de tiosulfato sódico. Finalmente se hace una valoración con una aproximación de 0,02 ml con una disolución de tiosulfato sódico 0,04N. Hacia el final de la valoración hay que añadir dos o tres gotas de una disolución de almidón al 1%.

Es necesario hacer un ensayo en blanco, siguiendo exactamente el procedimiento descrito, pero empleando 10 ml de agua destilada en lugar del filtrado.

Expresión de los resultados

El cálculo de los resultados se obtiene mediante la diferencia entre los valores de tiosulfato obtenidos para el ensayo en blanco y para el de la leche. Se debe corregir el valor en función del volumen del precipitado, multiplicando por 0,992. Para expresar la cifra obtenida en lactosa monohidratada hay que tener en cuenta que un mililitro de disolución de tiosulfato 0,04 N corresponde a 0,00720 g de lactosa monohidratada.

$$\text{Lactosa Monohidratada} = (N - N') \times 0,714$$

Donde:

N son los mililitros de disolución de tiosulfato sódico 0,04N gastados en ensayo en blanco

N' son los mililitros de disolución de tiosulfato sódico 0,04N gastados para la leche

2.2.6. Determinación de materia grasa (FIL-IDF 105:1981)

Fundamento

Un volumen determinado de la muestra de leche se introduce en un butirómetro, donde es tratada con ácido sulfúrico, que disuelve las proteínas, y con alcohol isoamílico, que facilita la separación de la grasa. Mediante centrifugación, se separa la grasa, de forma que se aloja en el vástago graduado del butirómetro, donde se lee directamente el contenido en grasa.

Procedimiento

Se vierten por medio de una pipeta 10 ml de ácido sulfúrico 90-91% ($d \sim 1,82 \text{ g/cm}^3$) en un butirómetro Gerber del 5% (Gerber Instruments, Effretikon, Suiza) con cuidado para

no mojar el cuello. A continuación se agregan 11 ml de muestra con cuidado y lentamente para que no se mezclen. Se añade 1 ml de alcohol isoamílico y se cierra con su correspondiente tapón. Se agita el butirómetro enérgicamente hasta la total disolución de la fase proteica de la leche. Seguidamente se invierte varias veces y se vuelve a agitar, aunque no demasiado vigorosamente. Después se sumerge totalmente el butirómetro en un baño de agua a 65 ± 2 °C durante 5 minutos en posición vertical, con el tapón hacia abajo. Transcurrido este tiempo se ajusta la columna de grasa en el vástago del butirómetro, moviendo el tapón cuidadosamente, y se introduce en una centrífuga a 1000-1200 r.p.m. (Lacter, Orto-Alresa, Madrid, España) durante 5 minutos. Después de retirar el butirómetro de la centrífuga, se introduce nuevamente en el baño de agua a 65 ± 2 °C durante 5 minutos, de la misma forma descrita anteriormente. Finalmente, se saca del baño de agua y se realiza la lectura de la escala del vástago, de forma que dicha lectura expresa el contenido en materia grasa de la muestra en porcentaje de volumen, es decir, gramos de grasa por 100 mililitros de leche.

Observaciones

Es necesario ajustar en todo momento la columna de grasa para que quede dentro de la escala graduada del vástago del butirómetro. Esto se puede hacer ajustando cuidadosamente el tapón o bien añadiendo ácido sulfúrico si es que el volumen de líquidos no es suficiente. Además, hay que tener en cuenta que si existen partículas insolubles en la interfase de los líquidos o si la columna de grasa está turbia, el resultado del análisis no será válido.

2.2.7. Determinación de proteína total

La determinación de proteína total se llevó a cabo en la Estación Tecnológica de la Leche (Palencia), perteneciente al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.

Fundamento

Se realizó una medida automática mediante MilkoScan S-50 (Foss Electric, Hillerød, Dinamarca), que es un instrumento basado en tecnología infrarroja, controlado por un microprocesador y diseñado específicamente para determinar los componentes nutritivos de la leche y de la nata.

2.2.8. Determinación de extracto seco (FIL-IDF 21:1962)

Fundamento

Para determinar el extracto seco de la leche, ésta se somete a una desecación a una determinada temperatura hasta que se obtiene un peso constante. Para ello se utilizan cápsulas metálicas planas, de un metal inoxidable de 2 cm de altura y entre 6 y 8 cm de diámetro y sus correspondientes tapas.

Procedimiento

Para proceder al análisis, es necesario secar previamente la cápsula, que en este caso fue de níquel, y la tapa, para lo que se introducen en una estufa de desecación a 102 ± 2 °C durante 30 minutos. Pasado este tiempo se introducen en un desecador hasta que alcanzan la temperatura ambiente y se pesan con una báscula analítica (precisión 0,0001 g). Posteriormente, se ponen aproximadamente 3 ml de la muestra en la cápsula, se pone la tapa y se pesa el conjunto. Después de esto, se coloca la cápsula destapada en un baño de agua a 100 °C durante 30 minutos. La cápsula se introduce con la tapa en la estufa de desecación a 102 ± 2 °C durante dos horas. La tapa se debe poner a un lado de la cápsula. Transcurridas las dos horas, se cubre la cápsula con la tapa y se introduce en el desecador hasta que alcanza la temperatura ambiente. Se pesa y posteriormente se coloca una hora más en la estufa de desecación, se deja enfriar en el desecador y se pesa de nuevo. Este paso se repite hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas no sea mayor de 0,5 miligramos.

Expresión de los resultados

$$\text{Extracto Seco (\%)} = (P' / P) \times 100$$

Donde:

P' es el peso en gramos de la muestra después de la desecación

P es el peso en gramos de la muestra antes de la desecación

2.3. ANÁLISIS DE LA LECHE OBJETO DE ESTUDIO. ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS TOTALES

Para realizar el análisis de los ácidos grasos totales de la leche, es necesario extraer la grasa y hacer una metilación para posteriormente proceder a su análisis mediante cromatografía gaseosa. Así es posible determinar tanto cualitativa como cuantitativamente los ácidos grasos que componen la grasa de la leche. Concretamente se determinan los ésteres metílicos de dichos ácidos. Este procedimiento consta de varias etapas que se describen a continuación.

2.3.1. Extracción de grasa (ISO 14156:2001)

Fundamento

Para la extracción de la grasa de la leche, se utiliza una disolución amónica y alcohol etílico para romper la emulsión y la combinación grasa-proteína y así favorecer la extracción de la grasa por el pentano. Se utiliza sulfato sódico para eliminar el agua.

Procedimiento

Se toman 25 ml de leche y se introducen en un embudo decantador. Se añaden 20 ml de etanol (96%), 5 ml de disolución amónica (14 M) y 25 ml de éter dietílico. Se cierra el embudo y se agita vigorosamente durante un minuto. Posteriormente se deja reposar. Se añaden 25 ml de n-pentano y se mezcla con cuidado. Se deja reposar y se observan dos fases bien diferenciadas: una acuosa, en el fondo, y otra orgánica en la parte superior que contiene la grasa. Se descarta la fase acuosa. Posteriormente se añaden 25 ml de sulfato de sodio (10%) y se mezcla con cuidado. Después de dejar reposar, de manera que se observan de nuevo dos fases. Se descarta la fase acuosa. Se añaden otros 25 ml de sulfato de sodio (10%) y se agita vigorosamente durante un minuto. Se deja reposar y se descarta la fase acuosa. La fase que queda en el embudo se introduce en un matraz Erlenmeyer, se añaden entre 1 y 2 gramos de sulfato sódico anhidro y se mezcla. Después de dejar reposar durante 10 minutos, se filtra el contenido a un matraz esférico y se separa el disolvente con rotavapor a 50 °C, de forma que lo que queda finalmente es la grasa de la leche.

2.3.2. Transesterificación

Fundamento

La transesterificación es el proceso mediante el cual se intercambia el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base, de modo que en este caso se utilizó una base (KOH). En concreto, se siguió el procedimiento descrito por Murrieta et al. (2003), debido a varias razones: se utiliza una temperatura muy suave (50 °C) por lo que los ácidos grasos no se deterioran, es uno de los métodos más rápidos y sencillos de llevar a cabo y además es el más efectivo para determinar los diferentes isómeros de ácido linoleico conjugado (CLA).

Procedimiento

Se toman 0,1 ml de la grasa extraída y se introducen en un tubo de centrífuga de 12 ml. Se añaden 2 ml de KOH 0,2M en metanol anhidro y se coloca el tubo en un baño de agua a 50°C durante 15-30 minutos, agitando cada 5 minutos en un vórtex. Transcurrido ese tiempo, se saca el tubo del baño de agua y se enfría bajo el grifo. Se añaden 3 ml de agua destilada y 2 ml de hexano y se agita en vórtex unos 15 segundos hasta obtener una mezcla homogénea. Se introduce el tubo en una centrífuga durante 2 minutos a 2500 r.p.m. y unos 20 °C. Finalmente se saca el tubo de la centrífuga y se observan dos fases, de las cuales la fase superior contiene la fracción grasa metilada. Se recoge 1 ml de esta fase superior y se introduce en un vial de vidrio para análisis cromatográfico, de 2 ml de capacidad, en el que previamente se ha puesto una cama de 1 mm de sulfato sódico. El vial se cierra herméticamente con su tapa correspondiente para proceder al análisis.

2.3.3. Análisis cromatográfico

Fundamento

Se eligió la cromatografía de gases por ser la más adecuada para el análisis de ácidos grasos. Esta es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte, de modo que los analitos quedan adsorbidos de forma selectiva en la columna (fase estacionaria). Así, salen de ella de forma escalonada al aplicar un gradiente de temperatura, y pasan por un detector que genera una señal que depende de

la concentración y del tipo de compuesto. De esta forma se puede conocer la cantidad e identidad de los ácidos grasos que componen la muestra de grasa.

Procedimiento

El análisis se llevó a cabo con un cromatógrafo de gases (GC 6890 N, Agilent Technologies, USA), dotado de un inyector automático (7683, Agilent Technologies, USA) y un detector de ionización de llama (FID). Se utilizó una columna capilar de sílice de 100 m × 0,25 mm; 0,20 μm (Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA), según las condiciones descritas por Realini et al. (2004), aunque utilizando helio como gas portador. Se inyectó un microlitro de la muestra en la columna cromatográfica con un split 20:1 y una temperatura del inyector de 250 °C. La temperatura inicial del horno fue de 150 °C, incrementando 1 °C por minuto hasta alcanzar los 165 °C. Luego se incrementó 0,20 °C por minuto hasta los 167 °C y 1,50 °C por minuto hasta alcanzar 225 °C, temperatura que se mantuvo durante 15 minutos. La temperatura del FID fue de 250 °C. El gas portador fue helio a una presión de 38,30 psi y un flujo de 23 ml/min.

2.3.4. Identificación y cuantificación de ácidos grasos

Una vez concluido el análisis cromatográfico se identificaron 26 ácidos grasos (Figura 18) comparando su tiempo de retención en la columna cromatográfica con el tiempo de retención de sus correspondientes patrones comerciales. Se utilizaron los siguientes patrones comerciales, todos ellos con una pureza superior a 99,0%, que se eligieron en función de su abundancia y/o su importancia en la leche y el queso (Fox y McSweeney, 2006):

- mezcla de los ácidos grasos más abundantes (47885-U Supelco, Sigma Aldrich, Alemania)
- patrones puros de los siguientes ácidos grasos (Larodan Fine Chemicals AB, Malmö, Suecia): C18:2 (10-1802-13), C18:3 (10-1803-9), C20:0 (10-2000-13), C20:4 (10-2024-1)
- cuatro patrones de CLA (Larodan Fine Chemicals AB, Malmö, Suecia): 9c, 11t (10-1823-7), 10t, 12c (10-1826-7), 9c, 11c (10-1824-7), 9t, 11t (10-1825-7)

Todos estos ácidos grasos, una vez identificados, se cuantificaron expresados como porcentaje del peso total.

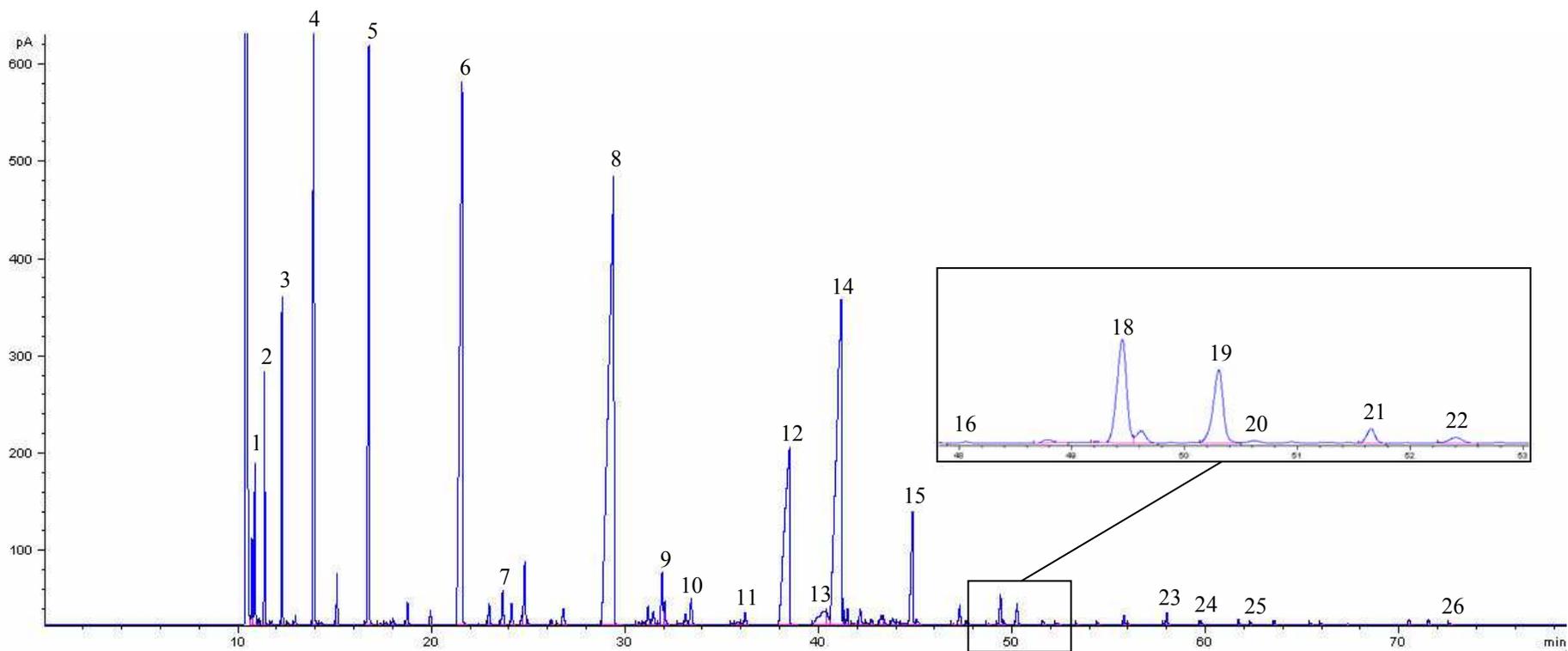


Figura 18. Cromatograma obtenido tras el análisis de la grasa extraída de la leche. Los números muestran los ácidos grasos que se identificaron y cuantificaron, según se muestra en el cuadro siguiente:

- AGSC: 1. C4:0 Butírico, 2. C6:0 Caproico, 3. C8:0 Caprílico, 4. C10:0 Cáprico, 5. C12:0 Láurico
- AGSL: 6. C14:0 Mirístico, 8. C16:0 Palmítico, 10. C17:0 Heptadecanoico, 12. C18:0 Estearico, 16. C20:0 Eicosanoico, 23. C22:0 Docosanoico
- AGMI: 7. C14:1 Miristoleico, 9. C16:1 Palmitoleico, 11. C17:1 Heptadecenoico, 13. C18:1 9t Eláidico, 14. C18:1 Oleico, 17. C20:1 11t Eicosenoico
- AGPI: 15. C18:2 n6c Linoleico, 18. C18:3 Linolénico, 19. C18:2 9c11t CLA, 20. C18:2 10t12c CLA, 21. C18:2 9c11c CLA, 22. C18:2 9t11t CLA, 24. C20:4 n6 Araquidónico, 25. C20:5 Eicosapentanoico 26. C22:6 n3 Docosahexanoico

2.4. ANÁLISIS DE QUESO. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.

2.4.1. Homogeneización de la muestra

Antes de efectuar los análisis que se describen a continuación, las muestras de queso fueron previamente homogeneizadas. Para ello, se tomó la pieza de queso, se eliminó la corteza y se ralló. La muestra de queso una vez rallada se introdujo en una bolsa de plástico de cierre hermético para su análisis inmediato.

2.4.2. Determinación de pH

Fundamento

Al igual que en el caso de la leche se empleó el método potenciométrico (Apartado III.2.2.2.3.).

Procedimiento

Para realizar las determinaciones, se prepara el pH-metro (Crison Basic 20, Crison Instruments, Barcelona, España) de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se calibra con soluciones tampón de pH conocido (pH 4 y 7 respectivamente). Una vez calibrado, se toman 10 gramos de muestra y se dispersan en 50 mililitros de agua destilada. Se agita durante al menos 30 segundos y, con ayuda de una espátula, se elimina la materia grasa separada en la superficie. Se introduce el electrodo del pH-metro mientras se agita la preparación. La medida se obtiene directamente en la pantalla del pH-metro.

2.4.3. Determinación de lactosa (FIL-IDF 43:1967)

Fundamento

Se prepara un filtrado claro del queso por dispersión de la muestra en agua y defecación por ferrocianuro de zinc. A una parte del filtrado se le añade una disolución que contiene un complejo cúprico. Se determina gravimétricamente el precipitado de cobre I óxido, formado por la acción reductora de la lactosa y los resultados obtenidos se convierten, con la ayuda de tablas, en lactosa anhidra o hidratada. La precisión del método es de 0,15 g de lactosa anhidra por 100 g de producto.

Procedimiento

En primer lugar, se lava un embudo Büchner, provisto de papel de filtro, y varias perlas de vidrio, con ácido nítrico diluido (15-20%). A continuación se enjuaga todo con agua destilada caliente (60-70 °C) y después con 10 mililitros de alcohol etílico (96 %). Finalmente, se seca todo ello en una estufa a 103 ± 2 °C durante 30 minutos, se enfría en un desecador y se pesa el papel de filtro.

Se colocan aproximadamente 10 gramos de queso previamente rallado, pesados exactamente, en un mortero de porcelana. Se dispersa la muestra machacándola con la mano del mortero, añadiendo pequeñas cantidades de agua destilada caliente (60-70 °C). Se trasvasa el contenido del mortero a un matraz aforado de 500 mililitros y se diluye en 400 mililitros de agua destilada, aproximadamente. Posteriormente se añaden 5 mililitros de una disolución de sulfato de zinc 7-hidrato (30 %), mezclando suavemente por rotación del matraz alrededor de su eje, manteniéndolo inclinado. Se añaden del mismo modo 5 mililitros de una disolución de ferrocianuro de potasio 3-hidrato (15 %). Se enfría el contenido del matraz a 20 °C y se enrasa con agua destilada. Se cierra el matraz con un tapón seco y se mezcla íntimamente su contenido agitando enérgicamente. Se filtra con un filtro seco desechando los primeros mililitros.

Se toman 25 mililitros de una disolución de sulfato de cobre II 5-hidrato (7%) y 25 mililitros de una disolución de tartrato alcalino (preparada disolviendo 350 gramos de tartrato sódico potásico 4-hidrato y 100 gramos de hidróxido de sodio 97% en agua destilada, completando hasta 1000 mililitros), con sendas pipetas, y se lleva a un vaso de precipitados de 400 mililitros. Se mezcla por movimientos de rotación. Se calienta la muestra hasta ebullición (con las perlas de vidrio para asegurar una ebullición más regular y evitar las proyecciones de líquido), momento en el que se añaden 150-160 mililitros del filtrado de la muestra. Se cubre el vaso con un vidrio de reloj y se calienta de nuevo. Se detiene el calentamiento exactamente 6 minutos después de alcanzar nuevamente el punto de ebullición.

Se enjuaga el vidrio de reloj con un poco de agua destilada caliente encima del vaso. Se trasvasa todo el contenido del vaso al embudo Büchner, con papel filtrante (que anteriormente se había pesado una vez desecado). Esto se puede hacer con ayuda de chorros de agua destilada caliente y una varilla de vidrio. El filtrado debe ser de color

azul. Si es incoloro, es necesario repetir el análisis utilizando una cantidad más pequeña del filtrado diluida en 100 mililitros.

Se enjuaga cuidadosamente el embudo y el papel filtrante con agua destilada caliente y después con 10 mililitros de alcohol etílico (96 %). Se seca el embudo junto con el papel durante 30 minutos a 103 ± 2 °C. Se enfría en un desecador y se pesa el papel.

Es necesario realizar un ensayo en blanco, que se efectúa de la misma forma pero utilizando 10 mililitros de agua destilada en lugar de 10 gramos de queso.

Expresión de los resultados

Para expresar los resultados, se corrige la masa de cobre I óxido encontrado en el análisis de la muestra restándole el resultado del ensayo en blanco. Se busca en tablas la cantidad de lactosa anhidra o hidratada correspondiente a la masa corregida de cobre I óxido.

$$\text{Lactosa anhidra o hidratada (\%)} = (50000 \times A / V \times E) \times 0,99 = (500 \times A / V \times E) \times 99$$

Donde:

A: es la masa en gramos de lactosa anhidra o hidratada encontrada en las tablas correspondientes (Panreac Química S.A., 1999)

E: es la masa en gramos de la muestra de ensayo

V: es el volumen en mililitros del filtrado utilizado

0,99 es un factor de corrección para compensar el error de volumen que resulta de la presencia de materia grasa y proteínas en la muestra

2.4.4. Determinación de materia grasa (FIL-IDF 5A: 1969)

La determinación de la materia grasa del queso puede hacerse de forma rápida mediante un método acidobutirométrico, con butirómetro de Van Gulik. El inconveniente que presenta este método es que el butirómetro está graduado de 0 a 40%, por lo que si el queso contiene una proporción de grasa mayor, no se puede emplear para el análisis. Por ello se eligió el método gravimétrico de Schmid-Bondzynski-Ratzlaff, que se describe a continuación.

Fundamento

El contenido en grasa se determina gravimétricamente por digestión del queso utilizando ácido clorhídrico y subsiguiente extracción de la grasa de una disolución ácido alcohólica con ayuda de éter dietílico y éter de petróleo, evaporación de los disolventes y pesado de los residuos.

Procedimiento

Al tiempo que se determina el contenido en grasa de la muestra, es necesario efectuar una determinación en blanco con 10 ml de agua destilada, empleando el mismo tipo de aparato de extracción, los mismos reactivos en las mismas cantidades y el mismo procedimiento que se describe a continuación. Si el resultado del ensayo en blanco excede de 0,5 miligramos, deberán comprobarse los reactivos y aquellos que sean impuros deberán purificarse o sustituirse.

En primer lugar, hay que secar un matraz esférico de fondo plano, de 250 ml en estufa (102 °C) entre media y una hora. Se deja enfriar en un desecador y se pesa en una balanza analítica. Por otra parte, se pesan exactamente de 1 a 3 gramos de queso y se introducen en el matraz. Se añaden 10 ml de ácido clorhídrico (25%) y se pone el matraz en un baño de agua hirviendo. Se agita hasta que el queso esté completamente diluido y a partir de entonces, se deja el matraz en reposo en el baño de agua durante 20 minutos. Transcurrido este tiempo, se enfría el matraz.

El contenido del matraz esférico se introduce en un matraz de extracción y se enjuaga el primero sucesivamente con 10 ml de etanol y 25 ml de éter dietílico, que se vierten en el matraz de extracción uno por uno. Se cierra este último con su tapón correspondiente y se agita vigorosamente durante un minuto. Por último se enjuaga el matraz esférico con 25 ml de éter de petróleo, que se vierte en el matraz de extracción. Éste se vuelve a cerrar y se agita suavemente, volteándolo para mezclar su contenido. Se deja el matraz de extracción en reposo hasta que se observen dos capas claramente diferenciadas: una superior, completamente límpida, que contiene los disolventes orgánicos y la mayor parte de la grasa y otra inferior acuosa de color oscuro. Se quita el tapón y se enjuaga con los disolventes, dejando que éstos penetren en el interior del matraz. Se abre la llave del matraz para permitir que salga la fase acuosa, que se recoge en un vaso de precipitados. Después de esto se espera unos 5 minutos para que acaben de precipitar

los restos de la fase acuosa, que se recogen de nuevo en el mismo vaso. Por último, se recoge la fase orgánica en el matraz esférico en el que se hizo la digestión.

Esta operación se repite dos veces más sobre la fase acuosa, aunque solamente con 15 ml de éter dietílico y 15 ml de éter de petróleo. La fase orgánica recogida en el matraz esférico se lleva a un rotavapor (50 °C) para evaporar los disolventes. Posteriormente se introduce el matraz en una estufa durante una hora (102 °C) y transcurrido este tiempo se deja enfriar en un desecador. Posteriormente, se pesa en una balanza analítica. La desecación se repite de nuevo a intervalos de entre 30 y 60 minutos hasta que se alcanza un peso constante.

Se añaden de 15 a 25 mililitros de éter de petróleo, con objeto de verificar si la materia extraída es totalmente soluble. Se calienta ligeramente y se agita el disolvente mediante un movimiento rotatorio hasta que se haya disuelto toda la grasa. Si la materia extraída no es totalmente soluble, se extrae totalmente la grasa del matraz mediante lavados repetidos con éter de petróleo caliente, dejando que se deposite la materia no disuelta antes de cada decantación. Luego se introduce el matraz en estufa durante una hora y se pesa, según se describió anteriormente. En el caso de que la materia extraída sí sea completamente soluble, se da por concluido el procedimiento.

Expresión de los resultados

El contenido de grasa en la muestra, expresado en porcentaje de masa es:

$$\% \text{ grasa} = [(M_1 - M_2) - (B_1 - B_2) / S] \cdot 100$$

Donde:

M_1 es la masa, en gramos, del matraz con la grasa, al final del análisis

M_2 es la masa, en gramos, del matraz vacío y seco, antes del análisis

B_1 es la masa, en gramos, del matraz del ensayo en blanco

B_2 es la masa en gramos del matraz del ensayo en blanco vacío y seco, antes del análisis

S es la masa, en gramos, de la muestra

2.4.5. Determinación de la acidez de la grasa (FIL-IDF 6A:1969)

Fundamento

La determinación de la acidez de la grasa da idea del grado de lipólisis del queso, ya que este fenómeno libera ácidos grasos libres, de manera que la acidez de la grasa aumenta. El índice de acidez es el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres en un gramo de grasa.

Procedimiento

Se toma una muestra de queso de aproximadamente unos 15-25 gramos, dependiendo del grado de maduración ya que se obtendrá menor cantidad de grasa en quesos frescos al tener más porcentaje de humedad. La muestra de queso se mezcla homogéneamente con la misma cantidad de sulfato sódico y se coloca todo ello en un cartucho de celulosa para la extracción de la grasa. El cartucho se introduce en un extractor Soxhlet, al que se añade cloroformo. Posteriormente se coloca el conjunto Soxhlet en un baño de agua, que se gradúa a la temperatura adecuada para la evaporación del disolvente (unos 65 °C). Después de 4 horas, el matraz del conjunto Soxhlet se retira del baño de agua y se introduce en un rotavapor (50 °C) para retirar completamente el disolvente y aislar la grasa. Una vez obtenida la grasa, se pesan exactamente entre 5 y 10 gramos en un matraz de 250 ml. Se añaden 50 ml de una mezcla neutralizada de etanol y éter, preparada mezclando volúmenes iguales de etanol (96%) y éter etílico. Posteriormente se añade 0,1 ml de disolución neutra de fenolftaleína al 1% en alcohol etílico (96%) y se titula con hidróxido sódico 0,1 N hasta obtener un color rosa pálido.

Expresión de los resultados

El índice de acidez es el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres en un gramo de grasa. Como cada mililitro de disolución alcalina 0,1N equivale a 5,61 mg de hidróxido potásico, los resultados expresados como índice de acidez se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Índice de acidez (mg KOH/ g grasa)} = (V \cdot 5,61) / P$$

Donde:

V: ml de álcali 0,1N gastados en la valoración

P: gramos de grasa empleados

2.4.6. Determinación de proteína total (FIL-IDF 20:1962)

Fundamento

Se entiende por contenido en proteínas del queso, el contenido en nitrógeno expresado en porcentaje en peso y multiplicado por el factor de conversión, que se determina por el método descrito a continuación. La determinación del nitrógeno total se realiza por aplicación del método Kjeldahl: una determinada cantidad pesada de leche se trata con ácido sulfúrico en presencia de óxido de mercurio (II) como catalizador con objeto de transformar el nitrógeno de los compuestos orgánicos en nitrógeno amoniacal. El amoníaco se libera por adición de sodio hidróxido, se destila y se recoge a una disolución de ácido bórico. A continuación se valora el amoníaco.

Procedimiento

Se introducen sucesivamente en el matraz Kjeldahl algunas perlas de vidrio, alrededor de 10 gramos de sulfato de potasio, 0,5 gramos de óxido de mercurio (II) y alrededor de 5 g de queso exactamente pesados, con aproximación de 1 mg. Se añaden 20 ml de ácido sulfúrico (96%) y se mezcla el contenido del matraz. Se calienta cuidadosamente el matraz Kjeldahl sobre el dispositivo para la reacción hasta que no se forme espuma y el contenido se vuelva líquido. Se continúa con la reacción por calentamiento más intenso, hasta que el contenido del matraz esté perfectamente incoloro. Durante el calentamiento, es necesario agitar de vez en cuando el contenido del matraz. Cuando el líquido esté perfectamente límpido, se mantiene la ebullición durante una hora y media, evitando todo sobrecalentamiento local. Posteriormente se dejar enfriar el contenido del matraz a la temperatura ambiente, se añaden alrededor de 150 ml de agua y algunos fragmentos de piedra pómez.

Con la ayuda de una probeta graduada, se vierten 50 ml de ácido bórico (4%) en el matraz Erlenmeyer, se añaden cuatro gotas de indicador y se mezcla. Posteriormente se sitúa el Erlenmeyer bajo el refrigerante, de manera que el extremo del tubo de salida se introduzca en la disolución de ácido bórico. Con la ayuda de una probeta graduada se añaden, al contenido del matraz Kjeldahl, 80 ml de disolución de hidróxido sódico que contiene sulfuro. Durante esta operación, hay que mantener el matraz inclinado, de tal manera que el hidróxido de sodio se deslice a lo largo de la pared del recipiente y que los líquidos no se mezclen. Se conecta inmediatamente el matraz Kjeldahl al

refrigerante por medio de la alargadera. Se mezcla el contenido del matraz por agitación y se calienta a ebullición, evitando la formación de espuma. Se prosigue la destilación hasta el momento en que el contenido del matraz presente ebullición a saltos. Es necesario regular la temperatura de modo que la destilación dure por lo menos 20 minutos. Finalmente hay que enfriar bien el destilado para evitar que se caliente la disolución de ácido bórico. El destilado se valora con ácido clorhídrico 0,1N.

Es necesario efectuar un ensayo en blanco, aplicando el método operatorio descrito, pero utilizando cinco mililitros de agua en lugar de queso.

Expresión de los resultados

Para expresar el contenido en proteínas del queso analizado es preciso multiplicar la cantidad de nitrógeno total, obtenida según el método descrito, por un factor de conversión que para el queso se fija en 6,38. En consecuencia, el contenido en proteínas viene dado por la fórmula:

$$\text{Nitrógeno total (\%)} = [(1,40 \cdot N \cdot (V_1 - V_0)) / P] \cdot 6,38$$

Donde:

N es la normalidad del ácido clorhídrico.

V₁ es el volumen en mililitros de ácido clorhídrico utilizado en la determinación.

V₀ es el volumen en mililitros de ácido clorhídrico utilizado en el ensayo en blanco.

P es el peso en gramos del queso empleado en el análisis.

La diferencia máxima entre dos determinaciones repetidas no debe sobrepasar el 0,005% de nitrógeno.

2.4.7. Determinación de extracto seco

Para la determinación del extracto seco (ES) se emplearon dos métodos diferentes: el oficial, por desecación en estufa y en termobalanza de infrarrojos (IR). Para poder utilizar la termobalanza fue necesario realizar previamente una puesta a punto específica para el producto a analizar, que en este caso se trató de queso de 9 y 12 meses de maduración.

2.4.7.1. Determinación del extracto seco con termobalanza

Fundamento

Una termobalanza es un aparato de medición de la humedad que consta de una balanza analítica sobre la que se coloca la muestra y un emisor de radiación infrarroja. La radiación produce la desecación de la muestra hasta que ésta alcanza un peso constante, momento en el cual se considera que se ha eliminado toda la humedad. La humedad o bien el extracto seco de la muestra, se determina por la diferencia de peso antes y después del análisis.

Ajustes de la termobalanza

Este aparato ha de ser programado específicamente para cada tipo de muestra que se desee analizar, ya que el calentamiento en termobalanza se realiza por radiación infrarroja. Por ello, las condiciones que han de utilizarse en un análisis con termobalanza a menudo son diferentes a las del método oficial, para obtener los mismos resultados (Lurueña-Martínez et al., 2004). En esta ocasión se hicieron pruebas con diferentes cantidades de muestra y diferentes temperaturas, hasta que finalmente se obtuvieron los mismos resultados que utilizando el método oficial (n=20; P=0,1284). Se aplicó para quesos de 9 y 12 meses de maduración. No se empleó para quesos menos madurados porque, al tener más humedad, los análisis resultaban mucho más lentos que con el método oficial.

Procedimiento

Se coloca un platillo de aluminio de 95 mm de diámetro sobre el brazo giratorio de la termobalanza. Se tara el platillo y a continuación se coloca sobre él la muestra de queso finamente picada (entre 5 y 6 gramos) de forma que quede homogéneamente repartida, tanto en superficie como en altura. Se cierra la cámara de la termobalanza, previamente programada a 120°C, y se inicia el análisis. Una vez que el peso permanece constante, el aparato da por concluido el análisis, emite una señal acústica, y muestra el valor del extracto seco (%) en la pantalla. Finalmente se abre la cámara y se retira la muestra.

2.4.7.2. Determinación del extracto seco con método oficial (FIL-IDF 4:1958)

Fundamento

El extracto seco del queso es la masa, expresada en porcentaje ponderal, que se obtiene tras el proceso de desecación en estufa. La precisión del método es de $\pm 0,1$ %.

Procedimiento

Se colocan 20 g de arena de mar, aproximadamente, y un agitador de vidrio en una cápsula de níquel o de aluminio (de 2 cm de altura, aproximadamente, y de 6 a 8 cm de diámetro). Se seca la cápsula con la arena y el agitador en una estufa a 105 °C, hasta obtener un peso constante. Posteriormente se deja enfriar la cápsula en un desecador y se pesa con una balanza analítica.

Se colocan rápidamente en la cápsula aproximadamente 3 g de la muestra de queso preparada, es decir, previamente triturada o rallada y se pesa de nuevo. Se tritura cuidadosamente la masa de queso con la arena con ayuda del agitador de vidrio. Se seca la cápsula en la estufa durante 4 horas a 105 °C. Transcurrido este tiempo se deja enfriar en el desecador y se pesa. Es necesario proseguir el secado hasta que se alcance un peso constante, separando cada pesada por una permanencia en la estufa de media hora.

Expresión de los resultados

Los resultados se expresan de la siguiente forma:

$$\%ES = ((PD - PC) / PQ) \times 100$$

Donde:

%ES es el porcentaje de extracto seco

PC es el peso de la cápsula con la arena desecada y la varilla.

PQ es el peso de la muestra de queso triturada.

PD es el peso final de la cápsula con todo su contenido tras la desecación.

2.4.8. Determinación de actividad de agua (a_w)

Fundamento

La actividad de agua (a_w) se determina con un aparato medidor en el que el vapor de agua liberado por la muestra se pone en contacto con una célula electrolítica cuyo valor de potencial varía según sea la humedad relativa mayor o menor. Cuando se alcanza el equilibrio, el valor de potencial no varía y se obtiene una medida estable de actividad de agua.

Procedimiento

Se pone en funcionamiento el equipo (TH-500 AW-Sprint, Novasina, Pfäffikon, Suiza) alrededor de media hora antes de proceder al análisis con el fin de que la temperatura de la cámara interna sea estable. La determinación se realiza a 25°C.

La muestra de queso se introduce en una cápsula de plástico, totalmente seca, hasta llenar 2/3 de la misma y se reparte homogéneamente, tanto en superficie como en altura. La cápsula con la muestra se coloca dentro de la cámara de medida. Cuando se alcanza una lectura estable (entre 30 minutos y 1 hora, dependiendo de la humedad del queso) el equipo da por concluido el análisis y emite una señal acústica. Los resultados se obtienen directamente mediante la lectura de la pantalla del aparato.

2.4.9. Determinación de cenizas (FIL-IDF 27:1964)

Fundamento

Se entiende por contenido en cenizas del queso el producto resultante de la incineración del extracto seco, expresado en porcentaje de peso, obtenido según el procedimiento descrito a continuación.

Procedimiento

Se coloca una cápsula de platino o de un material inalterable (en este caso de porcelana), de 55 milímetros de diámetro y 25 milímetros de altura, en una estufa de desecación a 102 ± 2 °C durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo se introduce en un desecador, se deja enfriar a temperatura ambiente y se pesa en una balanza analítica (sensibilidad 0,1 miligramos). Se pesan exactamente alrededor de 5 gramos de queso en la cápsula. Se coloca en un calefactor durante media hora para calcinar la muestra. Una vez calcinada, se introduce la cápsula en un horno mufla a 550 °C durante 4 horas. Se introduce la cápsula en un desecador y cuando alcanza la temperatura ambiente se pesa en la balanza analítica.

Expresión de los resultados

El contenido en cenizas del queso, en porcentaje de peso es igual a:

$$\text{Cenizas (\%)} = [(M - m) / P] \cdot 100$$

Donde:

M es el peso de la cápsula y de las cenizas al final del análisis

m es el peso de la cápsula vacía

P es el peso en gramos del queso empleado en la determinación

2.5. ANÁLISIS DEL QUESO. DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DEL COLOR

Fundamento

Un colorímetro posee una fuente de emisión de radiación visible que incide sobre la superficie de la muestra, donde se absorbe cierta cantidad y la radiación reflejada es cuantificada por el instrumento, en una escala relativa, definida por elementos de referencia.

Procedimiento

Antes de comenzar el análisis, es necesario calibrar el aparato, para lo que se hace una medición sobre dos placas de referencia, una negra y una blanca.

El color del queso se determinó sobre una loncha de 1 cm de grosor obtenida haciendo un corte transversal de la pieza entera. Se hicieron diez mediciones en cada muestra, por toda la superficie del queso, ya que en algunos casos el color no era uniforme.

La medida del color se realizó con un colorímetro MiniScan XEPlus (Hunter Lab, Reston, Virginia, EEUU) dotado con un área de visión de 25 mm y geometría óptica difusa de 8°. Los parámetros determinados fueron claridad (L^*), rojo (a^*) y amarillo (b^*) usando el iluminante D65 y un observador estándar de 10° en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ (CIE, 1976).

Expresión de los resultados

Los parámetros que determina directamente el colorímetro son:

L^* : claridad; $L^*=0$ indica negro; $L^*=100$ indica blanco

a^* : valores negativos indican verde; valores positivos indican rojo

b^* : valores negativos indican azul; valores positivos indican amarillo.

2.6. ANÁLISIS DEL QUESO. ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE TEXTURA.

De entre los numerosos parámetros relacionados con la textura, solamente se determinó de forma instrumental la fuerza necesaria para cortar el queso, que se conoce como fuerza de corte.

Fundamento

La fuerza de corte se determinó mediante un texturómetro Texture Analyzer TA-XT2iplus (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra). Para ello se empleó un método imitativo, es decir, un método que simula el comportamiento y la fuerza que ejerce la boca al masticar un alimento. Una cuchilla acoplada al brazo del texturómetro corta un trozo de queso de unas determinadas dimensiones de modo que la fuerza ejercida queda registrada.

Procedimiento

- Preparación de la muestra

El queso permaneció a temperatura ambiente (aproximadamente 23 °C) durante al menos una hora antes de realizar el ensayo, con el fin de que alcanzara la temperatura a la que se consume habitualmente. Transcurrido este tiempo se cortaron dos lonchas transversales de la pieza entera de queso (a lo largo de su diámetro), de un centímetro de grosor, y dichas lonchas se cortaron hasta obtener trozos de 4 x 1 x 1 cm, que fueron los que se emplearon en el ensayo. Se desecharon las zonas cercanas a la corteza que son más duras que el resto y poco representativas.

- Condiciones y ejecución del ensayo

El ensayo se llevó a cabo con un texturómetro Texture Analyzer TA-XT2iplus (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) con una célula de carga de 25 Kg, al que se acopló una sonda Warner-Bratzler. Se utilizó la modalidad “vuelta al inicio/medida de la fuerza en compresión”, con las condiciones empleadas por Revilla et al. (2009), es decir, una velocidad de ensayo de 1 mm/s y una distancia de corte de 25 mm, de modo que la fuerza ejercida se registró en un ordenador con su correspondiente software (Texture Exponent 32 v. 1.0.0.92, Stable Microsystems, Surrey, Inglaterra) mediante una gráfica fuerza-tiempo.

2.7. ANÁLISIS DEL QUESO. DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

La determinación de ácidos grasos totales en queso se realizó de la misma forma que en el caso de la leche (Apartado III.2.3.), con la única diferencia de que el método de extracción de la grasa no fue el mismo.

2.7.1. Extracción de la grasa (FIL-IDF 32:1965)

Fundamento

El queso se tritura con sulfato sódico y con arena. Así se favorece la extracción de la grasa, que se hace con un disolvente orgánico.

Procedimiento

Se mezclan 4 gramos de queso con 4 gramos de arena de mar y 4 gramos de sulfato sódico en un mortero. Posteriormente se introduce la mezcla en un cartucho de celulosa para la extracción en Soxhlet. Se monta el extractor Soxhlet con el cartucho en su interior y se coloca en un baño de agua a unos 70°C con n-pentano durante 5 horas. Finalizada la extracción, se separa el disolvente de la grasa con un rotavapor a 50°C.

2.7.2. Transesterificación

Se hizo de la misma forma que en el caso de la leche, según el método que se detalla en el Apartado III.2.3.2. de este trabajo.

2.7.3. Análisis cromatográfico

El análisis cromatográfico de la grasa del queso también se hizo de la misma forma que en el caso de la leche, con el método que se describe en el Apartado III.2.3.3. de este trabajo.

2.7.4. Identificación y cuantificación de ácidos grasos

La identificación y cuantificación de ácidos grasos se hizo del modo descrito en el Apartado III.2.3.4.

2.8. ANÁLISIS DEL QUESO. ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES.

Fundamento

La muestra de queso se introduce en un equipo de purga y trampa, donde se separan los compuestos volátiles, que son analizados mediante cromatografía gaseosa e identificados mediante espectrometría de masas.

Procedimiento

Los análisis de compuestos volátiles fueron realizados en la Estación Tecnológica de la Leche (Palencia), perteneciente al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, según el método propuesto por Fernández-García et al. (2004b), que se describe a continuación.

Se toman 15 gramos de queso y se homogeneizan con 20 gramos de sulfato sódico y 0,5 mg/ml de ciclohexanona (Sigma-Aldrich Química, Alcobendas, España). La mezcla (2 g) se introduce en un espacio de cabeza dinámico (20 min. a 50°C) mediante un equipo de purga y trampa (HP-7695, Hewlett-Packard, USA) acoplado a un cromatógrafo de gases (HP-6890, Hewlett-Packard, USA) con detector de masas.

Los compuestos volátiles fueron concentrados en una trampa Tenax (Tekmar, USA) a 25 °C y 6,5 psi y separados con una columna capilar HPInnowax (60m x 0,25 mm; 0,5 µm, Agilent Technologies, España). La temperatura del inyector fue de 200 °C. Se empleó helio como gas portador, con un flujo de 1 ml/minuto. La temperatura inicial del horno fue de 45 °C durante 17 minutos, se aumentó hasta 110°C en 4 minutos, temperatura a la que permaneció 10 minutos. Finalmente se aumentó la temperatura hasta 240 °C en 15 minutos, temperatura a la que permaneció durante 2 minutos. La detección se llevó a cabo con un detector de masas selectivo (HP-5973) funcionando en modo scan: 2,6 scan s⁻¹, *m/z* range 33-250, con 70 eV IE, y temperaturas de 230 °C (fuente) y 150 °C (quadrapolo).

La identificación de los picos se realizó por comparación de los tiempos de retención con estándares puros (Sigma Aldrich Química, Madrid, España). La cuantificación se hizo sumando la abundancia de todos los iones (áreas de los picos cromatográficos) para calcular los porcentajes de cada compuesto y referirlo al porcentaje de ciclohexanona.

Esto se hizo de este modo por la dificultad de disponer de todos los patrones de volátiles y se refirió a un patrón interno para compensar posibles pérdidas de analitos durante el análisis. Así, se determinaron los 12 compuestos más abundantes (Tabla 8).

Tabla 8. Compuestos volátiles analizados en el queso.

Aldehídos	Cetonas	Alcoholes	Ésteres
Acetaldehído	2-propanona	Etanol	Butanoato de etilo
3-metil-1-butanal	2-butanona	2-propanol	
	2-pentanona	2-butanol	
	2-heptanona	2-pentanol	
		3-metil-1-butanol	

2.9. ANÁLISIS DEL QUESO. ANÁLISIS SENSORIAL.

Durante los dos años en los que se desarrolló la parte experimental de este estudio, se realizaron diferentes pruebas sensoriales sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, tanto con jueces entrenados, como con catadores habituales de queso Zamorano. Las pruebas realizadas, así como los descriptores evaluados se recogen en la Tabla 9. El objeto de estos análisis fue conocer en qué grado influyeron la raza y el RCS sobre las características sensoriales del queso, para lo que fue necesario establecer su perfil sensorial. Las evaluaciones sensoriales del queso se realizaron según la metodología que se describe a continuación.

Tabla 9. Resumen de las pruebas sensoriales realizadas en este estudio según el año de elaboración y el mes de maduración del queso.

Año	Mes	Panel de cata	Prueba realizada	Atributos
1	6	- Consumidores (53)	- Ordenación preferencias	
	12	- Consumidores habituales (100)	- Ordenación atributos - Nivel de agrado	- Apariencia: color - Sabor: intensidad, rancidez, picante - Textura: granulosidad, dureza
2	6	- Jueces entrenados (10)	- QDA	- Apariencia: color, homogeneidad de color - Olor: intensidad, acidez - Sabor: intensidad, acidez, rancidez, picante - Textura: dureza, granulosidad, untuosidad
	12	- Jueces entrenados (10)	- QDA	- Apariencia: color, homogeneidad de color - Olor: intensidad, acidez, rancidez - Sabor: intensidad, acidez, rancidez, duración/sensación retronasal, picante - Textura: dureza, granulosidad, untuosidad

2.9.1. Condiciones del local de cata

Para la realización de las pruebas se utilizó uno de los laboratorios de Tecnología de los Alimentos de la Escuela Politécnica Superior de Zamora. El lugar estaba adecuadamente acondicionado para ello, ya que era una sala de color neutro, con

espacio suficiente, con una temperatura de entre 22 y 24 °C, sin ruido ni olores extraños, con ventilación e iluminación artificial, uniforme y suficiente y con mesas adecuadas para que cada juez estuviera aislado del resto.

2.9.2. Preparación de las muestras

Para evitar la predisposición de los catadores, las muestras se prepararon en una zona aislada del local de catas. Las piezas enteras de queso se mantuvieron a temperatura ambiente durante al menos una hora antes de la realización de la prueba y momentos antes de dar comienzo, se cortaron según se indica en la Figura 19. En primer lugar, se hizo un corte transversal para dividir la pieza en dos mitades iguales, de cada mitad se cortó una loncha entera de 1 centímetro de grosor, se eliminaron las partes más externas (corteza junto con parte del queso) y se cortó cada loncha en 6 trozos uniformes de 2 cm largo x 2 cm ancho x 1 cm alto.

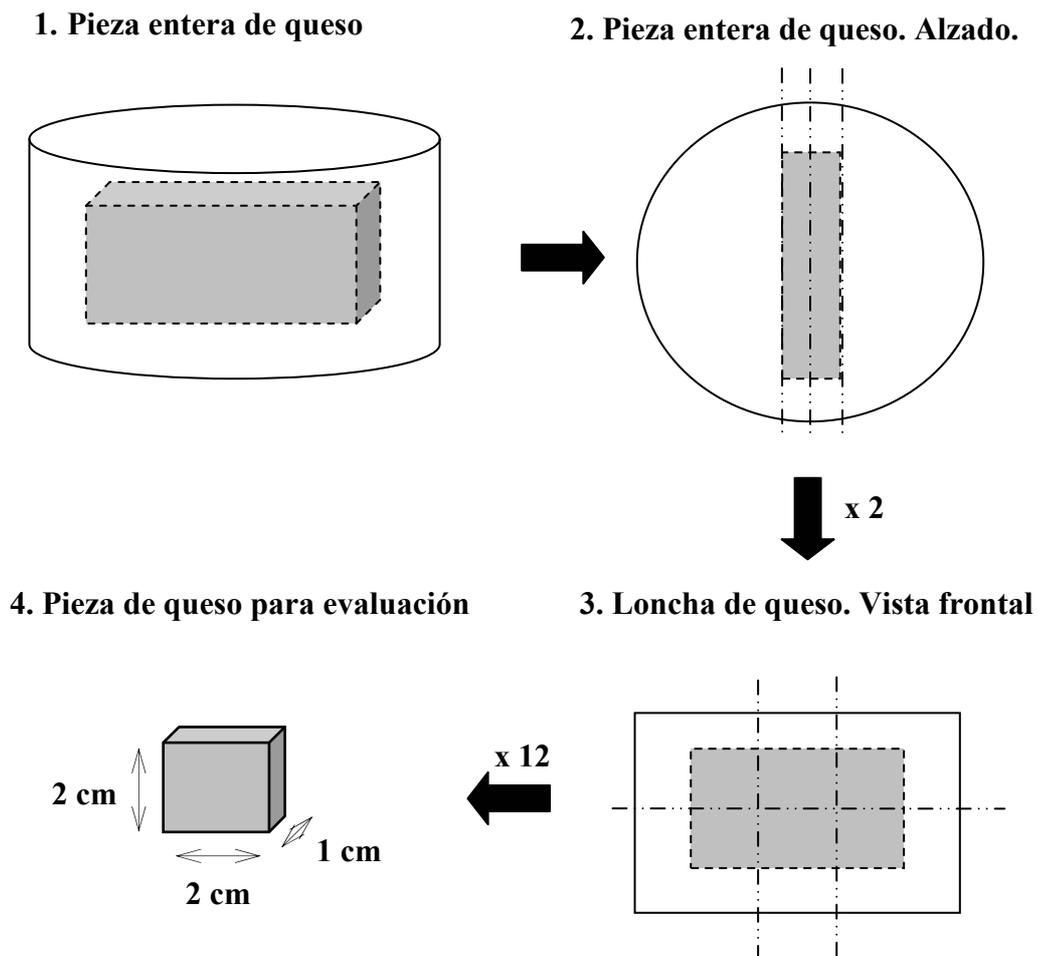


Figura 19. Protocolo que se siguió para el corte del queso. En color gris se muestra la parte empleada en la evaluación sensorial; las líneas de puntos y rayas indican los cortes efectuados.

Las muestras de los diferentes quesos a evaluar, cortadas ya en trozos, se colocaron al azar sobre un plato de porcelana blanca y se codificaron con números aleatorios de tres cifras (Figura 20). El número de muestras presentadas varió entre 2 y 8 en función de la prueba sensorial.



Figura 20. Presentación de las muestras de queso para la evaluación sensorial.

2.9.3. Realización de las pruebas

En cada prueba sensorial, antes de presentar las muestras y el cuestionario correspondiente, se explicaron a los catadores ciertas directrices que debían seguir, entre ellas: permanecer en silencio durante las evaluaciones, leer previamente el cuestionario y seguir sus instrucciones, beber agua y/o comer pan entre muestra y muestra, tomarse el tiempo suficiente para cada evaluación, escribir comentarios en el caso que procediera, etc. Además, en el caso de los consumidores, se explicó y se entregó por escrito el significado de cada atributo que se pretendía evaluar y la forma de hacerlo (ver Anexo A.2.15).

Cada persona tenía a su disposición agua mineral baja en sodio para enjuagar la boca y pan sin sal para evitar la mezcla de sabores. Todas las pruebas se realizaron entre las once y las doce de la mañana, ya que se considera la hora más propicia para la evaluación sensorial (Andalucía-Morales, 1994). A continuación se describen las pruebas de análisis sensorial que se realizaron.

2.9.4. Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son aquellas en las que el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza o si lo prefiere frente a otro (Larmond, 1977). En este estudio se emplearon una prueba de nivel de agrado y otra de ordenación por preferencias.

2.9.4.1. Prueba de nivel de agrado

Esta prueba se utilizó para tratar de conocer en qué medida gustó (o disgustó) cada uno de los quesos estudiados. Solamente se evaluaron con esta prueba los quesos de 12 meses de maduración del año 1.

Jueces

Se reclutaron 100 consumidores habituales de queso Zamorano, de la provincia de Zamora. Para ello se realizó una encuesta de consumo (Anexo A.2.1.) para conocer la edad, sexo, ocupación, hábitos de consumo y, sobre todo, la frecuencia de consumo de queso Zamorano, participando en la prueba sólo aquellos que presentaron una frecuencia de al menos una vez por semana. Finalmente el grupo de consumidores quedó formado por 54 hombres y 46 mujeres, con una edad comprendida entre 18 y 64 años.

Procedimiento

Se presentó a cada uno de los jueces un plato de porcelana con las ocho muestras de queso, preparadas según se indica en el Apartado III.2.9.2., y un cuestionario (Anexo A.2.2.) en el que se pedía que probaran cada uno de los quesos y los evaluaran individualmente según una escala hedónica verbal de siete puntos:

- Me disgusta muchísimo
- Me disgusta mucho
- Me disgusta ligeramente
- Ni me gusta ni me disgusta
- Me gusta ligeramente
- Me gusta mucho
- Me gusta muchísimo

2.9.4.2. Prueba de ordenación por preferencias

Esta prueba se empleó para conocer si los jueces preferían algún queso sobre otro. Se evaluaron los quesos de 6 y 12 meses de maduración del año 1.

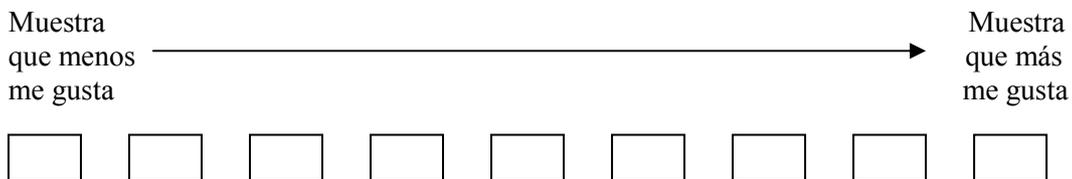
Jueces

Al igual que en el caso anterior, se realizó una encuesta (Anexo A.2.1.) para reclutar consumidores habituales de queso Zamorano, de manera que se reclutaron dos grupos, uno para cada uno de los puntos de muestreo anteriores, cuya composición fue:

- evaluación de los quesos de 6 meses de maduración del año 1: formado por 53 personas, 33 mujeres y 20 hombres, de entre 20 y 50 años.
- evaluación de los quesos de 12 meses de maduración del año 1: formado por 100 personas, 54 hombres y 46 mujeres, con una edad comprendida entre 18 y 64 años.

Procedimiento

Se presentó a los jueces un plato con las ocho muestras de queso a evaluar, preparadas según se indica en el Apartado III.2.9.2., y se les pidió que, una vez las hubieran probado todas, las ordenaran de menos preferida a más preferida en el cuestionario (Anexo A.2.3.) según se indica a continuación:



Aunque para una prueba de ordenación en principio se recomienda evaluar como mucho 5 muestras simultáneamente, la única forma de comparar los ocho quesos de este estudio era evaluarlos todos a la vez. Según O'Mahoney (2005), las pruebas de ordenación con más de 5 muestras pueden ser realizadas por consumidores habituales con resultados satisfactorios, ya que se pueden hacer en primer lugar clasificaciones por grupos para finalmente ordenarlas dentro de esos grupos.

2.9.5. Pruebas discriminativas

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia (Larmond, 1977). En este caso, para la evaluación de los quesos se realizó una prueba de ordenación.

2.9.5.1. Prueba de ordenación por atributos

En esta prueba, se les da a los jueces una serie de muestras que difieren en alguna propiedad y se les pide que las pongan en orden creciente o decreciente de dicha propiedad. La prueba de ordenamiento de atributos por consumidores habituales puede ser una buena alternativa para conocer las características sensoriales de los quesos, encontradas previamente por jueces entrenados como relevantes (O'Mahony, 2005). Se ha observado que la familiaridad con los productos permite que los consumidores, basándose en el conocimiento de los mismos, puedan discriminar (y ordenar) las características sensoriales (O'Mahony, 2005). Además, Muñoz (1998) observó que los jueces entrenados no siempre reflejan con exactitud la respuesta de los consumidores habituales.

Con esta prueba se evaluaron seis atributos en los quesos de 12 meses de maduración del año 1: color, intensidad de sabor, rancidez, picante, granulosidad y dureza (Tabla 9).

Jueces

Se formó un grupo de jueces no entrenados, consumidores habituales de queso Zamorano, compuesto por 100 personas, 54 hombres y 46 mujeres, con una edad comprendida entre 18 y 64 años, que evaluaron los quesos de 12 meses de maduración del año 1.

Procedimiento

Las evaluaciones se realizaron en diferentes sesiones para evitar la fatiga de los jueces. Los atributos evaluados, que son los que se describen a continuación, se eligieron teniendo en cuenta los trabajos previos de Jaeggi et al. (2003), sobre la influencia de los RCS en queso, y de Etayo et al. (2006), en el que se estudia la influencia de la lipólisis sobre queso Zamorano.

Como se ha mencionado anteriormente, antes de la realización de cada prueba se explicó a los jueces el significado de cada atributo que debían evaluar y el modo de hacerlo:

- Apariencia:

- Color: en los quesos de 6 meses de maduración, “menor intensidad de color” se asociaría a un color amarillo claro y “mayor intensidad de color” a un color amarillo vivo. En los quesos de 12 meses de maduración, sin embargo, “menor intensidad de color” se asociaría a color amarillo y “mayor intensidad de color” a un color amarillo pardo. Se evaluó a partir de un corte transversal de una pieza entera de queso.

- Sabor:

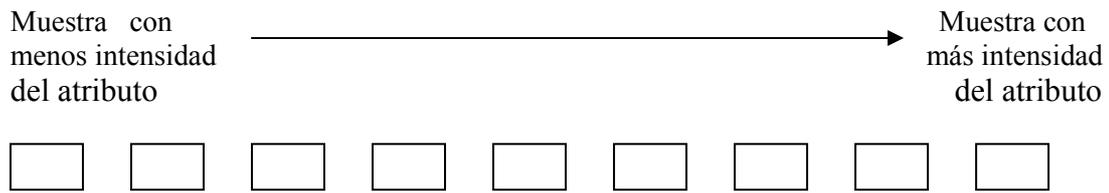
- Intensidad de sabor: entendido como todo el conjunto de sabores y aromas que se perciben en la boca y la nariz tanto al masticar el queso como después de tragarlo.
- Intensidad de sabor rancio: sabor añejo que se percibe como sabor y aroma tanto en la boca como en la nariz, mientras se mastica el queso y después de tragarlo.
- Intensidad de picante: sensación dolorosa que se percibe en la boca y/o la garganta cuando se mastica y/o traga el queso.

- Textura:

- Granulosidad: se entendió como tal la sensación percibida en la boca al mover el queso con la lengua una vez masticado. Así, la menor granulosidad la presentaría un queso pastoso, ya que al masticarlo no se notaría ningún grano. Un queso poco granuloso sería uno percibido como arenoso mientras que uno muy granuloso sería el que al masticarlo presentara grandes granos.
- Dureza: se definió como la fuerza que hay que ejercer entre los dientes incisivos para cortar el trozo de queso.

Finalizada la explicación, se le entregó a cada uno de los jueces un plato de porcelana con las ocho muestras de queso a evaluar (preparadas según se describió en el Apartado III.2.9.2.) y un cuestionario para cada atributo (Anexos A.2.4. - A.2.10.). En dicho

cuestionario se indicaba que una vez hubieran probado todas las muestras de queso, las ordenaran en orden creciente del atributo correspondiente, según se indica:



2.9.6. Pruebas descriptivas

En las pruebas descriptivas se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la forma más objetiva posible, es decir, se pretende conocer cuál es la intensidad de los atributos del alimento (Amerine et al., 1965).

2.9.6.1. Prueba de análisis descriptivo cuantitativo (QDA)

Los quesos de 6 y 12 meses de maduración del año 2 se evaluaron siguiendo la metodología del análisis descriptivo cuantitativo o QDA (Quantitative Descriptive Analysis). Dicha metodología implica la participación de jueces entrenados, que evalúan ciertos atributos del alimento elegidos previamente por ellos mismos u otros jueces entrenados, sobre una escala numérica, tomando como referencia una serie de patrones o estándares para cada atributo.

En este caso las muestras de queso se puntuaron en una escala numérica del 1 al 7, por lo que en principio la escala estándar para cada atributo debería estar formada por siete alimentos que representaran el grado de intensidad de dicho atributo del 1 al 7. Según Severiano (2002) no es necesario el empleo de todos los estándares, ya que utilizando una escala formada por un valor mínimo, otro máximo y algún valor intermedio, los resultados son similares.

Los pasos que se siguieron para llevar a cabo la metodología QDA son los que se describen a continuación.

1. Preselección de jueces

En primer lugar fue necesario hacer un reclutamiento inicial de las personas que a priori podrían formar parte de un grupo de evaluación. Teniendo en cuenta que pudieran estar

disponibles durante un largo periodo de tiempo, se preseleccionaron 15 voluntarios entre el personal y el alumnado de la Escuela Politécnica de Zamora. Estas personas, de entre 21 y 48 años, realizaron una encuesta (Anexo A.2.11.) para conocer principalmente su disponibilidad, sus hábitos de consumo y algunos datos referentes a su salud.

En principio, todos los preseleccionados eran adecuados para el entrenamiento y la evaluación sensorial, dado que estaban disponibles y motivados, eran consumidores habituales de queso Zamorano, no presentaban defectos dentales importantes y no eran fumadores. Por estas razones, todos ellos pasaron a la fase de selección.

2. Selección de jueces

Para llevar a cabo la selección de los jueces que finalmente iban a ser entrenados, se les pidió que realizaran diferentes pruebas sensoriales discriminativas con distintos alimentos con el fin de saber si eran capaces de diferenciar olores, sabores básicos (ácido, dulce, salado, amargo), colores (diferentes tonos e intensidades) y texturas (diferentes grados de dureza, de granulosis, etc.). También se pretendía conocer su umbral de percepción, su memoria para retener sensaciones organolépticas y su capacidad para expresarlas.

Las pruebas, que se describen a continuación, se realizaron a lo largo de 10 sesiones de una hora cada una y con alimentos variados:

- Pruebas triangulares: en esta prueba se presentan tres muestras al juez, de las cuales dos son iguales, y se le pide que identifique la muestra que es diferente.
- Pruebas dúo-trío: en esta prueba se presentan tres muestras al juez, de las cuales una está marcada como muestra de referencia y otras dos están codificadas. Se le dice al juez que una de las dos muestras es idéntica a la muestra de referencia y la otra es diferente, y se le pide que identifique cuál es la diferente.
- Pruebas de ordenación: se les da a los jueces varias muestras que difieren en alguna propiedad y se les pide que las pongan en orden creciente o decreciente de dicha propiedad.

Finalmente se seleccionaron 10 personas, de entre las 15 iniciales, para formar el grupo de evaluación que iba a ser entrenado. Los dos criterios más importantes que se tuvieron

en cuenta para hacer esta selección fueron la disponibilidad y los resultados de las pruebas descritas anteriormente.

3. Entrenamiento de jueces

Las 10 personas seleccionadas fueron 7 mujeres y 3 hombres de entre 23 y 42 años. Se les entrenó a lo largo de 10 sesiones de una hora, durante las cuales se les formó en el análisis sensorial mediante la explicación de conceptos y técnicas. También se les pidió que realizaran diferentes pruebas para conocer su umbral de percepción, mejorar su memoria y en definitiva para mejorar sus habilidades sensoriales. Para ello se utilizaron pruebas triangulares, pruebas dúo-trío y pruebas de ordenamiento por atributos.

4. Generación y elección de descriptores

Una vez concluido el entrenamiento inicial, se eligieron a lo largo de cuatro sesiones, los atributos sensoriales que finalmente se iban a evaluar.

En la primera sesión, se pidió a los jueces que probaran diferentes quesos (Anexo A.2.14.) y enumeraran todos los atributos que percibían, en referencia tanto al sabor, el olor y la textura como a la apariencia y a otras sensaciones como el picante. Los descriptores encontrados por los jueces en estos quesos fueron:

- *Aspecto*: homogeneidad de color, grado de curación, color, grasa superficial, corte limpio, agujeros, dureza, puntos blancos, otras anomalías.
- *Olor*: ácido, olor a leche, rancio, olor a oveja, olor a lechazo, intensidad, olor a madera, curado, olor a cerrado, grasa, aceite, mantequilla, dulce, tostado, anómalo.
- *Textura*: dureza, granuloso, grasa, suave, gomosidad, fracturabilidad, desmenuzable, residuos en la boca, seco, plástico, aceitoso, homogéneo, compacto, cremoso, masticabilidad, quebradizo, pastoso, sensación grasa, arenoso, adhesivo, textura anómala.
- *Sabor*: ácido, leche, intensidad, rancio, grasa, salado, duración del sabor, cuajada, mantequilla, sebo, anómalo, plástico, dulce, lechazo, curado.
- *Otras sensaciones*: Picante, sensación retronasal, residuo en la garganta, sensación grasa, residuo en garganta y nariz, residuo a leche curada, anómalo.

En la segunda sesión se eligieron por consenso los atributos más importantes y representativos de los que se acaban de enumerar, que fueron los siguientes:

- *Aspecto*: homogeneidad de color, color, corte limpio, puntos blancos y agujeros.
- *Olor*: ácido, olor a leche, rancio, intensidad, tostado, anómalo
- *Textura*: dureza, fracturabilidad, masticabilidad, granuloso, arenoso, adhesividad, sensación grasa, textura anómala
- *Sabor*: intensidad, leche, ácido, grasa, rancio, salado, duración, anómalo
- *Otras sensaciones*: picante, sensación retronasal, residuo en la garganta

La tercera sesión sirvió para confirmar la presencia y la importancia de los atributos elegidos y tratar de reducir su número para así poder realizar la evaluación con menos dificultad. Para ello se pidió a los jueces que probaran de nuevo las muestras y señalaran en un cuestionario la intensidad de cada parámetro elegido según una escala verbal de siete puntos, desde “ausencia del atributo” hasta “intensidad muy fuerte” (Anexo A.2.12.).

Finalmente, se descartaron los atributos que los jueces evaluaron como “ausentes” o de “intensidad muy débil”, de manera que los que en un principio se eligieron para realizar la evaluación sensorial fueron 20, según se muestra a continuación:

- *Apariencia*: Color, homogeneidad de color, corte limpio
- *Olor*: Intensidad, ácido, rancio
- *Sabor*: Intensidad, ácido, rancio, grasa, duración
- *Textura*: Dureza, granulosidad, untuosidad, fracturabilidad, masticabilidad
- *Otras sensaciones*: Picante, sensación retronasal, residuo en la garganta, anómalo.

De estos 20 atributos, se descartaron algunos en la cuarta sesión y también en las primeras sesiones de entrenamiento específico debido a la dificultad de identificación. Para hacerlo se realizó una evaluación mediante una prueba QDA con una escala numérica de 1 a 7 puntos con estándares para cada uno de los 20 atributos elegidos (Anexo A.2.13.). Así se pudo establecer el orden más adecuado para evaluarlos y

también conocer si los jueces eran capaces de identificarlos todos y evaluarlos correctamente y en una sola sesión.

De este modo, los atributos elegidos finalmente para la evaluación fueron los 15 que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Atributos evaluados por jueces entrenados en los quesos de 6 y 12 meses de maduración del año 2.

Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Color	Intensidad	Intensidad	Dureza
Homogeneidad de color	Acidez	Acidez	Granulosidad
	Rancidez*	Rancidez	Untuosidad
		Duración*	Fracturabilidad*
		Sens. Retronasal*	
		Picante	

*Solamente en quesos de 12 meses de maduración.

Algunos de ellos han sido descritos previamente en el Apartado III.2.9.5.1., el resto son:

- Apariencia:

- Homogeneidad de color: uniformidad del color del queso. Se evaluó a partir de un corte transversal de una pieza entera de queso.

- Olor:

- Intensidad de olor: olor de la muestra de queso al acercarla a la nariz.
- Olor ácido: intensidad de olor a ácido láctico.
- Olor rancio: intensidad de olor rancio o añejo

- Sabor:

- Sabor ácido: intensidad de sabor a ácido láctico
- Duración: tiempo que permanece el sabor del queso en la boca.
- Sensación retronasal: aromas percibidos cuando el queso se encuentra en la boca o después de ser tragado.

- Textura:

- Untuosidad: sensación grasa que se percibe en la boca mientras se mastica el queso y también después de tragarlo

- Fracturabilidad: entendida como el grado en que se desmorona el queso tras los primeros mordiscos y especialmente en el primero.

Los atributos “olor rancio”, “duración del sabor” y “fracturabilidad” fueron evaluados solamente en los quesos de 12 meses de maduración, ya que en los de 6 meses los jueces no fueron capaces de detectarlos (como en el caso de “olor rancio”) o no los encontraron relevantes (como “fracturabilidad” y “duración del sabor”).

5. Entrenamiento específico

Finalmente, los jueces fueron entrenados durante 15 sesiones de una hora enfocadas específicamente a la evaluación de queso. Debido a esta especificidad y también al hecho de que estas personas estaban previamente familiarizadas con el producto, la duración del entrenamiento necesario para formar a los jueces se vio sensiblemente reducida. Para la realización de este entrenamiento se utilizaron pruebas descriptivas con escalas estándar (Anexo A.2.14.2.) de manera que se evaluaron tres quesos por sesión. Los estándares empleados se presentaron de la siguiente forma:

- Apariencia: para evaluar los atributos relacionados con la apariencia, se mostró a los jueces una escala visual para cada uno de ellos, elaborada a partir de fotografías de diferentes quesos:

- Olor: para la evaluación del olor, se proporcionaron una serie de tarrinas de plástico cerradas con una tapa en cuyo interior había trozos del queso utilizado como estándar. Así los jueces podían abrir las tarrinas y oler los estándares en el momento en que lo necesitaran.

- Sabor: los estándares de sabor se colocaron en un plato tapado, para evitar la mezcla de olores, que estaba a disposición de cada juez en todo momento

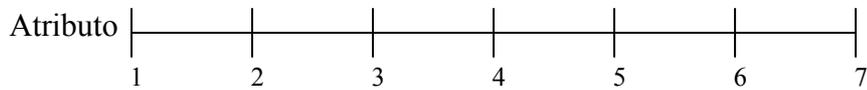
- Textura: los estándares de textura, al igual que los anteriores, se colocaron en un plato tapado:

Junto con los estándares, se proporcionó una relación a modo de guía en el que aparecía cada estándar y su valor numérico para cada atributo.

Este entrenamiento con estándares se realizó hasta que las puntuaciones de los jueces para cada atributo presentaron un bajo coeficiente de variación. Se asumió entonces que el grupo había asimilado los estándares y por lo tanto se procedió a evaluar las muestras de queso.

6. Evaluación de queso

En cada sesión se presentó al juez un plato con tres muestras de queso preparadas según se describió en el Apartado III.2.9.2., y un cuestionario (Anexo A.2.13.) en el que figuraban todos los atributos a evaluar junto con una escala numérica de siete puntos, según figura a continuación:



Durante las evaluaciones, los jueces tuvieron los estándares a su disposición, junto con los valores asignados para cada atributo. Únicamente se utilizó un estándar en cada sesión como guía para los atributos de sabor y textura, debido a que los jueces ya tenían bien ancladas las escalas. Aún así, los resultados de las evaluaciones fueron estudiados después de cada sesión para comprobar que el coeficiente de variación obtenido fuera bajo.

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis estadístico de los datos paramétricos se empleó el programa Statgraphics plus 5.1. para Windows (Statistical Graphics Corp., Virginia, USA).

3.1. DATOS PARAMÉTRICOS

Los tratamientos estadísticos que se describen en este apartado son los que se utilizaron para la interpretación de los datos obtenidos en todos los análisis en los que se obtuvieron datos paramétricos. Este fue el caso de los análisis físico-químicos realizados en leche y queso, además de las medidas de actividad de agua y color en queso, análisis de ácidos grasos, compuestos volátiles, textura y análisis sensorial descriptivo cuantitativo realizado por los jueces entrenados.

3.1.1. Análisis de la Varianza (ANOVA)

El análisis de la varianza permite conocer la existencia de grupos significativamente diferentes entre varias poblaciones. La prueba ANOVA (ANalysis Of VAriance) se realizó mediante la aplicación de un test de la F de Snédecor para un factor y t niveles, para un nivel de significación $\alpha=0,05$. Así se puede conocer si el efecto del factor es significativo en la explicación de los resultados, mediante la relación entre la varianza explicada por el factor y la varianza explicada por el error residual.

3.1.2. Test de Fisher LSD

Una vez fijada la influencia del factor sobre los datos mediante la prueba ANOVA, se puede conocer qué grupos son diferentes entre sí. Para ello se determina qué valores son diferentes entre sí mediante la aplicación de un test de Fisher LSD para un nivel de significación $\alpha=0,05$. Este test se fundamenta en comparar las diferencias de las medias de cada muestra, para cada parámetro evaluado, con la tabla de valores obtenidos estadísticamente.

Así, utilizando la prueba ANOVA con el test de Fisher LDS es posible conocer la existencia de grupos significativamente diferentes, cuáles son dichos grupos y en qué medida son diferentes.

3.1.3. Matriz de correlación

Mediante esta prueba se puede conocer si existe correlación entre dos pares de variables y en qué medida están correlacionadas (P-valor). Para ello, las variables independientes se disponen en una matriz de correlación, de modo que se tiene una lista multivariable horizontalmente y la misma lista verticalmente. Finalizado el análisis se obtiene la relación entre cada pareja de variables en cada celda, mediante el correspondiente coeficiente de correlación llamado r , expresado con un número que va desde 0 a 1. También se conoce en qué medida la correlación es significativa o no mediante el P-valor. El coeficiente de variación (r) es igual a la suma de los productos de cada pareja de datos, dividido por el producto del número de datos por la desviación estándar de cada variable o serie de datos. Así, el modelo mide y muestra la interdependencia en relaciones asociadas o entre cada pareja de variables y todas al mismo tiempo.

3.1.4. Análisis de componentes principales

El objetivo de este análisis es establecer qué combinaciones de variables determinan la mayor variabilidad en sus datos, de modo que se utiliza para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos.

En este caso, el análisis construye una transformación lineal que escoge un nuevo sistema de coordenadas para el conjunto original de datos, en el cual la varianza de mayor tamaño del conjunto de datos es capturada en el primer eje (llamado el Primer Componente Principal), la segunda varianza más grande es el segundo eje, y así sucesivamente.

Una de las ventajas de análisis de componentes principales para reducir la dimensionalidad de un grupo de datos, es que retiene aquellas características del conjunto de datos que contribuyen más a su varianza, manteniendo un orden de bajo nivel de los componentes principales e ignorando los de alto nivel. El objetivo es que esos componentes de bajo orden a veces contienen el "más importante" aspecto de esa información.

En el análisis de componentes principales se hacen transformaciones ortogonales de las variables originales, haciendo hincapié en la varianza de las nuevas variables.

3.2. DATOS NO PARAMÉTRICOS

Los tratamientos estadísticos que se describen en este apartado se emplearon para la interpretación de los datos obtenidos de dos pruebas relativas al análisis sensorial: las pruebas de ordenación de atributos y las pruebas de ordenación por preferencias.

3.2.1. Prueba de Friedman

La prueba de Friedman se utiliza para conocer la existencia de diferencias significativas entre grupos de datos cuando estos no son paramétricos. Es por tanto equivalente a la prueba ANOVA.

Procedimiento

Para llevar a cabo esta prueba es preciso realizar un ajuste de datos, que consiste en asignar un valor, comprendido entre 1 y K , a cada muestra (donde K es el número de muestras de la cata), de forma que el valor más bajo corresponde a la muestra menos valorada y viceversa. Finalmente se suman todos los valores asignados a una misma muestra en los diferentes cuestionarios contestados por los jueces participantes. De esta forma se obtiene lo que se llama una suma de rangos. Para conocer la existencia de diferencias significativas entre las muestras, se aplica la prueba de Friedman con $\alpha=0,05$:

$$X^2 = \frac{12}{[N(K)(K+1)]} \sum (T_K)^2 - [3(N)(K+1)]$$

Donde:

K es el número de muestras

N es el número de jueces

T_K es el total de rangos

Además $(K-1)$ son los grados de libertad para χ^2

Se compara entonces el valor de $\chi^2_{\text{calculada}}$ con el de tablas al 5% de nivel de significación y $(K-1)$ grados de libertad (Meilgaard et al., 2007). Si se encuentra que $\chi^2_{\text{calculada}} > \chi^2_{\text{tablas}}$ se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa entre las muestras.

3.2.2. Prueba LSRD

La prueba LSRD permite, una vez encontradas diferencias significativas entre las muestras en la prueba de Friedman, evaluar cuáles son diferentes. Para ello se emplea la siguiente expresión:

$$LSRD = t \sqrt{NK(K+1)/6}$$

Donde:

K es el número de muestras

N es el número de jueces

t es el valor obtenido en tablas para un determinado α (Meigaard et al., 2007)

Además $(K-1)$ son los grados de libertad para χ^2

Para determinar si se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre las muestras es necesario hacer las diferencias absolutas entre todas las sumas de rangos, de forma que existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras cuando el valor de la diferencia es mayor al LSRD calculado (Lawless y Heymann, 1998).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. LECHE DE OVEJA DE LA PROVINCIA DE ZAMORA

Debido a la gran variabilidad en la composición físico-química de la leche (Boyazoglu y Morand-Fehr, 2001; Park et al., 2007; Raynal-Ljutovac et al., 2008) se hace necesario su estudio a lo largo de un amplio periodo de tiempo y en un número elevado de muestras para poder tener una idea de cuáles son los valores que presentan las razas estudiadas Castellana, Churra y Assaf. A continuación se muestran los resultados obtenidos tras analizar la leche de 10.734 ovejas de la provincia de Zamora a lo largo de un año.

1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN LA RAZA

Los resultados obtenidos para grasa, proteínas y extracto seco (Figura 21, Figura 22; Tabla 57) estuvieron dentro de los valores normales encontrados previamente por otros autores para la leche de estas razas (Gonzalo et al., 1994a; Alonso Alonso et al., 2001; Leitner et al., 2003; Acero et al., 2003a; Vivar-Quintana et al., 2006) y también para la leche de otras razas mediterráneas (Labussiere, 1983; Anifantakis, 1991; Díaz et al., 1996; Boyazoglu, 2000; Caballero et al., 2001; Jaramillo et al., 2008), de manera que los valores medios anuales (Tabla 11) estuvieron entre 7,10% y 7,51% de grasa, entre 5,42% y 5,84% de proteínas y entre 18,12% y 18,89% de extracto seco.

Se observaron diferencias significativas entre las tres razas para cada uno de los tres parámetros a lo largo de todo el año (Figura 21, Figura 22), lo que se vio reflejado en el promedio anual (Tabla 11). Así, la raza Castellana fue la que presentó los mayores niveles tanto de grasa como de proteína y, por consiguiente, de extracto seco, seguida de la raza Churra y por último de la raza Assaf. Estas diferencias eran previsibles, ya que la raza es uno de los factores que más influye sobre la composición físico química de la leche (Barron et al., 2001; Paccard y Lagriffoul, 2006a,b; Raynal-Ljutovac et al., 2008). En el caso concreto de estas tres razas, las diferencias a priori son evidentes, sobre todo entre Assaf, raza foránea especializada en la producción de leche, y Castellana y Churra, razas autóctonas de gran rusticidad. Así, la primera produce más litros de leche, pero con menos cantidad de grasa y proteínas que las dos razas autóctonas, ya que estas características se correlacionan de forma inversa (Emery, 1988; Palacios 2008).

Tabla 11. Valores medios (%) en la leche recogidos a lo largo de un año.

	Churra	Castellana	Assaf
Grasa	7,27 ^b	7,51 ^c	7,10 ^a
Proteínas	5,59 ^b	5,84 ^c	5,42 ^a
Extracto seco	18,46 ^b	18,89 ^c	18,12 ^a

^{a,b,c} diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre razas

Por otra parte, para cada uno de los componentes estudiados se observaron notables diferencias en función del mes de ordeño, debidas principalmente a la influencia del periodo de lactación, de manera que los niveles de dichos componentes siguieron una evolución acorde con el modelo propuesto por Wood (1967) (Portolano et al., 1996). (Figura 2, Figura 7).

Así, se observan dos curvas de lactación completas a lo largo del año: la primera entre marzo y julio, y la segunda entre julio y noviembre, de manera que los niveles de los tres componentes estudiados siguieron la evolución que se describe a continuación, sobre todo en el caso de la grasa de Churra y Assaf: fueron bastante elevados tras el parto (en marzo y julio, respectivamente), disminuyeron hasta valores mínimos un mes más tarde, coincidiendo con el pico de lactación (abril-mayo y agosto) y fueron incrementándose paulatinamente hasta el secado, cuatro meses después del parto (julio y noviembre).

También se puede observar que, para la misma etapa de lactación, los niveles de grasa, proteína y extracto seco fueron más bajos en la primera curva que en la segunda. Esto fue debido principalmente a la influencia de la época del año, ya que generalmente estos valores son altos en periodos fríos y bajos en los cálidos, sobre todo los de grasa, de tal forma que bajan de enero a julio y vuelven a subir hasta final de año (Sánchez-Rodríguez, 2009).

Por otra parte, mientras los valores mínimos de grasa, proteínas y ES correspondientes a la primera curva de lactación se obtuvieron en abril para las razas Churra y Assaf, en el caso de la raza Castellana se obtuvieron en mayo, debido a que ese periodo de lactación fue más largo para esta raza. Estas diferencias no existieron en el segundo periodo.

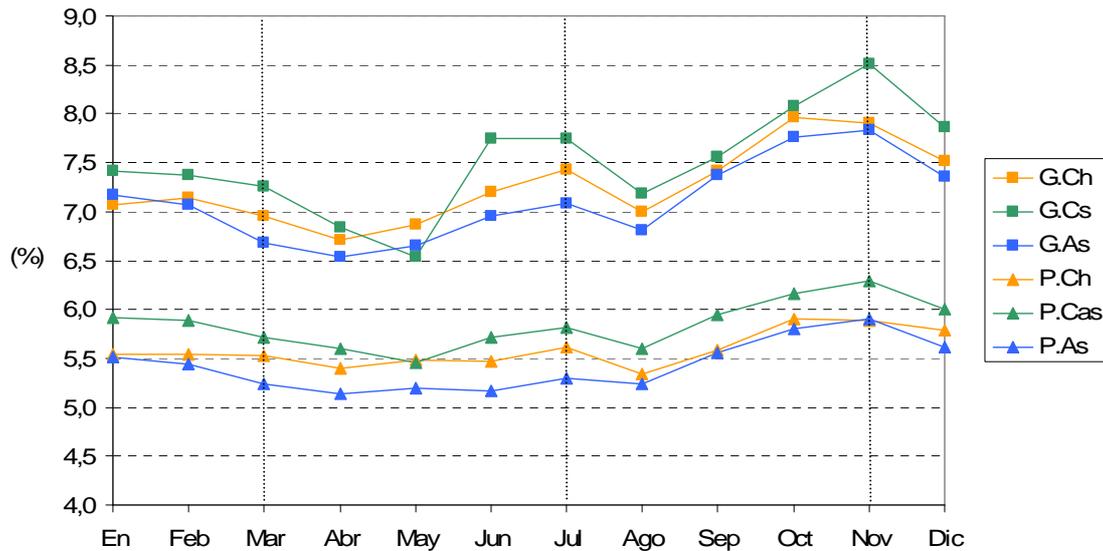


Figura 21. Composición de grasa y proteínas de la leche recogida en la provincia de Zamora a lo largo de un año, donde: G. grasa, P. proteínas; Ch. Churra, Cs. Castellana, As. Assaf.

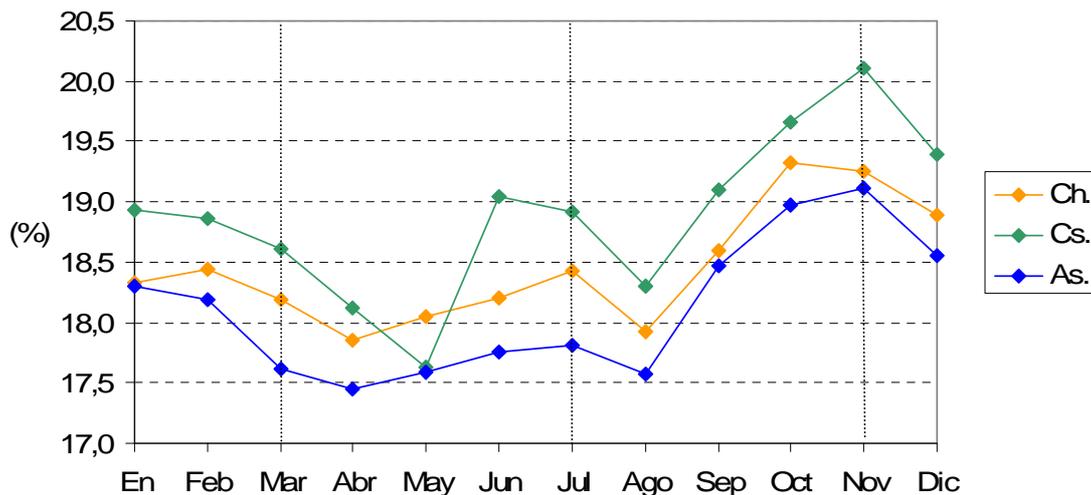


Figura 22. Composición de extracto seco de la leche recogida en la provincia de Zamora a lo largo de un año, donde: Ch. Churra, Cs. Castellana, As. Assaf.

1.2. RCS SEGÚN LA RAZA

Los RCS obtenidos fueron similares a los encontrados por otros autores en las mismas razas (Gonzalo et al, 1994a; González-Rodríguez et al., 1995; De la Fuente et al., 1996; Alonso Alonso et al., 2001; Acero et al., 2003b; Bergonier et al., 2003; Leitner et al., 2004). En este caso estuvieron entre 530.940 cél./ml de Castellana en enero y 1.300.913 cél./ml de Churra en abril, con una media anual para el conjunto de las tres razas de 970.737 céls./ml.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la raza es uno de los factores que puede influir sobre el RCS (González-Rodríguez et al., 1995; Gonzalo et al., 2002, 2005), de manera que en este caso los valores fueron significativamente diferentes entre las tres razas, como reflejan los valores medios anuales (Tabla 12). Así, la raza Churra fue la que presentó los recuentos más altos, seguida por la raza Assaf y en último lugar por la raza Castellana, cuyos RCS fueron notablemente inferiores. Estos RCS tan bajos de la raza Castellana se podrían explicar por su menor producción y su gran rusticidad y adaptación al medio, características que la hacen más resistente a la mastitis (Dario y Bufano, 1991; González-Rodríguez et al., 1995; Gonzalo et al., 2005). La raza Assaf, de origen foráneo, no está completamente adaptada al medio, es menos rústica que las anteriores y está más especializada en la producción de leche. Por estos motivos y otros que ya se han mencionado, como la conformación de la ubre, esta raza es más susceptible a la mastitis, por lo que en principio se esperaba que fuera la que presentara los mayores RCS. Sin embargo los RCS de la raza Assaf estuvieron por debajo de los RCS de la raza Churra, lo que seguramente se debe a que la primera se explota mediante un sistema semi-intensivo que implica mayores atenciones higiénico-sanitarias, mientras que la segunda, dada su rusticidad, se explota mediante un sistema semi-extensivo o incluso extensivo por lo que se le prestan menos atenciones higiénico-sanitarias.

Tabla 12. Valores medios de RCS ($\times 10^3$ céls./ml) recogidos a lo largo del año en la provincia de Zamora.

	Churra	Castellana	Assaf
RCS	1153,62 ^c	741,06 ^a	1017,53 ^b

^{a,b,c} diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre razas

En cuanto a la evolución de los RCS a lo largo del año (Figura 23), se apreciaron diferencias para cada raza entre los distintos meses, aunque sólo fueron significativas en algunos casos, principalmente entre enero, donde se registraron los menores RCS, y el resto del año (Tabla 58). Otros autores como Acero et al. (2003b) encontraron notables diferencias en los RCS de raza Churra a lo largo del año, presentando los valores más bajos en primavera y los más altos en agosto y septiembre. En este caso se puede decir que apenas existieron diferencias significativas a lo largo del año, lo que coincide con los resultados encontrados por Paape et al. (2007). Es difícil tratar de explicar esta ausencia de diferencias significativas con los datos de que se disponen, dado el

considerable número de factores que influyen sobre la evolución del RCS, como son el estado de lactación, la época del año, el número de partos, el rebaño, el manejo, etc. (Gonzalo et al., 1994ab; Bergonier et al., 2003; Paape et al., 2007).

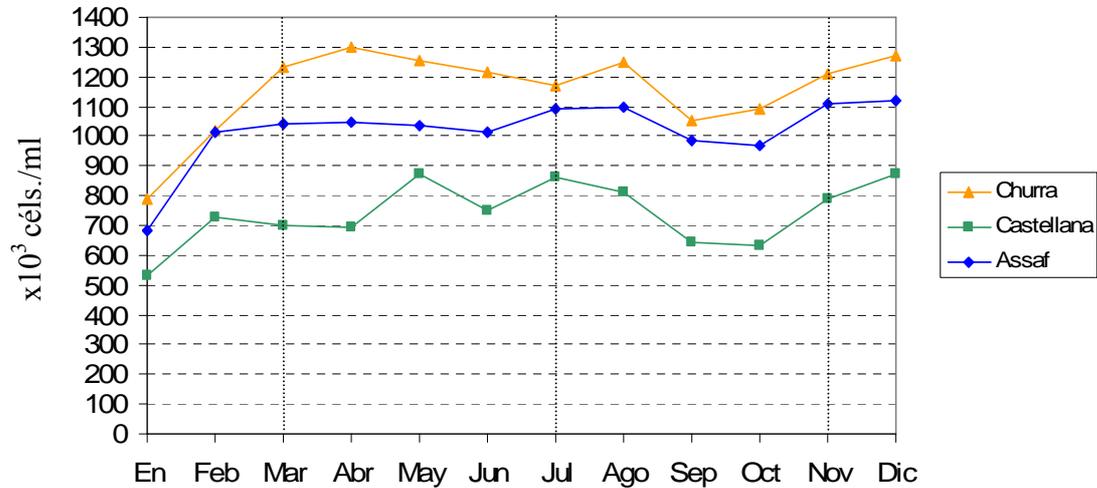


Figura 23. RCS recogidos a lo largo del año en la provincia de Zamora

1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN LOS RCS

Tras realizar el análisis estadístico de la composición química de la leche de tres distintos grupos de RCS, se observaron diferencias significativas en la proporción de grasa y de proteínas a lo largo de la mayor parte del año (desde enero hasta julio) (Tabla 59), lo que se vio reflejado en los valores medios anuales (Tabla 13). Según estos datos, la concentración de grasa fue máxima en el grupo de RCS altos, al igual que sucedió en el caso de las proteínas, cuya concentración aumentó de acuerdo con el RCS. A pesar de ello no se encontraron diferencias significativas en la proporción de ES, lo que podría deberse a un descenso de la cantidad de lactosa como consecuencia del aumento del RCS (Pirisi et al., 1996, 2000; Klei et al., 1998; Albenzio et al., 2004; Bianchi et al., 2004).

Otros autores también observaron una mayor proporción de grasa (Albenzio et al., 2002) y de proteínas (Bufano et al., 1996; Díaz et al., 1996; El-Saied et al., 1999; Nudda et al., 2003; Albenzio et al., 2004; Bianchi et al., 2004) al aumentar los RCS en leche de oveja. Esto fue explicado por Leitner et al. (2004), de modo que, como ya se ha mencionado con anterioridad, el aumento o descenso de la producción de grasa y proteínas en ovejas con mamitis subclínica obedece al grado de actividad de la

plasmina, enzima que produce la hidrólisis de la caseína, liberando péptidos que funcionan como reguladores de la función de la glándula mamaria (Shamay et al., 2003). Esto reduce la secreción de lactosa y otros osmorreguladores, lo que resulta en un incremento de la concentración de grasa y proteínas, cuya secreción no se ve afectada cuando la activación de la plasmina es relativamente moderada (más de un 30-50% de lo normal) (Shamay et al., 2000). Este descenso de lactosa sumado al incremento de grasa y proteína podría explicar la ausencia de diferencias significativas encontradas en este caso para el extracto seco.

Tabla 13. Valores medios anuales de grasa, proteínas y extracto seco de leche de la provincia de Zamora con diferentes RCS

	RCS Bajos	RCS Medios	RCS Altos
Grasa	6,91 ^a	6,89 ^a	6,94 ^b
Proteínas	5,41 ^a	5,45 ^b	5,60 ^c
Extracto seco	17,97 ^a	17,92 ^a	17,87 ^a

^{a,b,c} diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre RCS

Otro hecho que podría haber influido en las diferencias encontradas entre los tres grupos de RCS, es que quizá el descenso de la producción de leche al incrementarse los RCS fue más acusado que el descenso de la síntesis de grasa y proteínas (Martí de Olives y Molina Pons, 1998).

Tanto la grasa como las proteínas siguieron una evolución a lo largo del año (Figura 24) similar a la explicada anteriormente, de manera que se aprecian dos curvas completas que coinciden con las curvas de lactación (entre marzo y julio y entre julio y noviembre). Como se puede apreciar en la Figura 24 y también en la Tabla 59, la proporción de grasa del grupo de RCS altos fue significativamente mayor que la de los otros dos grupos desde marzo hasta julio, mientras que el resto del año las diferencias no fueron significativas, a excepción del mes de enero, en el que el grupo de RCS bajos presentó más cantidad de grasa que los otros grupos.

En el caso de las proteínas se apreciaron diferencias significativas durante todo el año, de forma que el grupo de RCS bajos presentó la menor concentración, mientras que, en general, fue en el grupo de RCS altos donde se encontraron los valores más elevados.

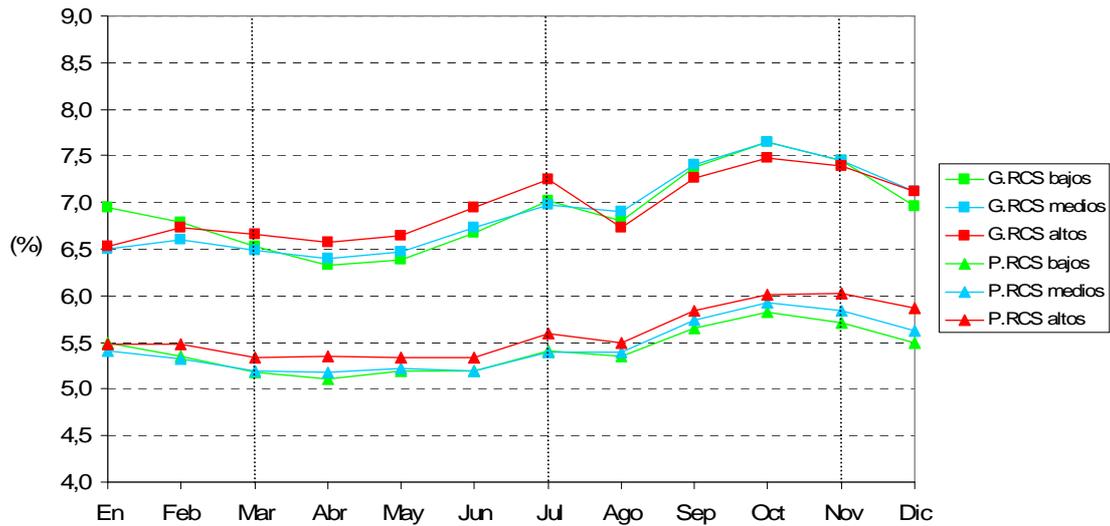


Figura 24. Evolución de los valores de grasa y proteínas a lo largo del año para cada uno de los grupos de RCS.

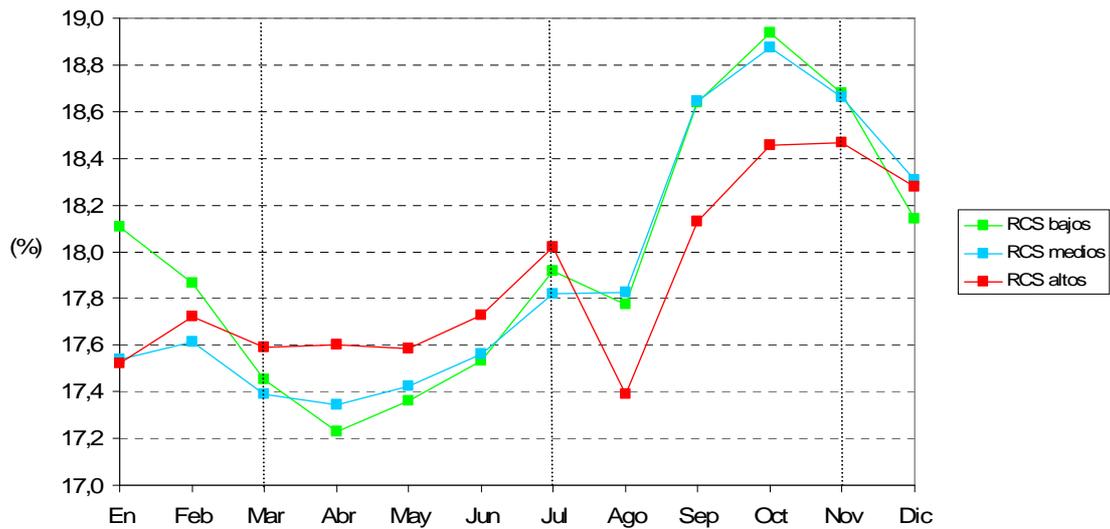


Figura 25. Evolución de los valores de ES a lo largo del año para cada uno de los grupos de RCS.

En el caso del extracto seco (Figura 25), la evolución fue similar a la seguida por la grasa. Se apreciaron algunas diferencias significativas entre los RCS a lo largo del año (Tabla 59), de modo que en el periodo de marzo a julio los RCS altos presentaron mayor concentración de ES que las muestras de RCS bajos y RCS medios y de agosto a noviembre los RCS altos presentaron menor ES. Estas diferencias no se vieron reflejadas en el valor medio anual porque se compensaron entre sí.

2. LECHE. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA.

Como se acaba de ver, tanto la época de ordeño, como el RCS y la raza influyen sobre la composición química de la leche de la provincia de Zamora. Para la realización de este trabajo se recogieron muestras en dos diferentes campañas durante la misma época de ordeño, por lo que las variables estudiadas fueron solamente el RCS y la raza. A continuación se muestran los efectos de estos dos factores sobre las características físico-químicas de las muestras de leche con las que se elaboraron los quesos del presente estudio.

2.1. DENSIDAD

La densidad es un parámetro que se utiliza para detectar posibles fraudes en la leche, principalmente la adición de agua. En leche de oveja, la densidad media es 1036 g/l, con un rango de variación de 1034-1038 g/l (Martí de Olives y Molina Pons, 1998). La densidad de la leche varía en función de su composición, ya que es una combinación de las densidades de sus componentes (Nasanovsky et al., 2003), que dependen a su vez de un gran número de factores como la raza, el genotipo, el estado de lactación, la alimentación, el manejo o la estación del año (Raynal-Ljutovac et al., 2008).

Los valores obtenidos tras determinar la densidad de la leche durante los dos años de estudio (Tabla 14), estuvieron comprendidos en un rango de entre 1029,67 g/l, perteneciente a la leche de Assaf con RCS bajos del año 2 y 1035,33 g/l, perteneciente a la leche de Churra con RCS bajos del mismo año.

En general no se observó una tendencia clara para los valores de densidad en función de los RCS. Se apreciaron algunas diferencias significativas entre los valores obtenidos para leche con distintos RCS, como en las muestras de raza Assaf pertenecientes al segundo año y en las de raza Castellana del año 1, donde los valores aumentaron con el RCS. Como se ha mencionado con anterioridad y según se ha visto para la provincia de Zamora, los animales con mamitis subclínica en general producen una menor cantidad de leche con un mayor porcentaje de grasa y proteínas (Martí de Olives y Molina Pons, 1998), lo que explicaría este aumento de la densidad. Como se verá a continuación, los resultados obtenidos indican que en este caso concreto el incremento podría deberse principalmente al aumento de la concentración de proteínas. En la raza Churra también

se encontraron diferencias significativas, tanto en el año 1 como en el 2, aunque los valores no siguieron ninguna tendencia acorde con el RCS.

Tabla 14. Valores medios de densidad (g/l) de la leche.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	1031,50±0,55 ^{b,i}	1032,50±0,55 ^{c,j}	1030,00±1,10 ^{a,i}
Año 1	Castellana	1031,00±0,00 ^{a,i}	1033,00±1,10 ^{b,j}	---
	Assaf	1031,50±0,55 ^{a,i}	1031,50±0,55 ^{a,i}	1032,00±0,00 ^{a,j}
	Churra	1035,33±0,52 ^{c,j}	1032,50±0,55 ^{a,i}	1034,33±0,82 ^{b,i}
Año 2	Castellana	1033,67±1,86 ^{a,j}	1032,17±0,41 ^{a,i}	---
	Assaf	1029,67±2,07 ^{a,i}	1032,33±2,58 ^{b,i}	1033,50±1,64 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tampoco se observó una clara tendencia en función de la raza. Se encontraron diferencias significativas entre las razas estudiadas en tres ocasiones, de modo que en dos de ellas la leche de raza Assaf presentó menor densidad que las razas Churra y Castellana. Esto se debió seguramente a que la raza Assaf, como ya se ha visto, produce una mayor cantidad de leche pero con menor contenido en grasa y proteínas que las razas autóctonas.

2.2. pH

Los valores de pH obtenidos en las dos diferentes campañas (Tabla 15) estuvieron comprendidos entre 6,50 de Assaf de RCS bajos del año 2 y 6,82 de Churra de RCS medios del mismo año. Estos valores estuvieron en torno al intervalo 6,6-6,8 que fue establecido por Martí de Olives y Molina Pons (1998) como habitual para leche de oveja. Los valores obtenidos coinciden además con los encontrados por otros autores para estas y para otras razas españolas (Vivar-Quintana et al., 2006; Jaramillo et al., 2008).

Se observaron diferencias significativas en función del RCS en prácticamente todos los casos estudiados, de manera que en general el grupo de RCS bajos presentó un valor de pH inferior al de RCS medios y al de RCS altos. Este incremento de pH al aumentar los

RCS coincide con los resultados publicados por otros autores (Serrano Moyano et al., 1998; Pirisi et al. 1996, 2000; Albenzio et al. 2004, 2005; Vivar-Quintana et al., 2006; Revilla et al., 2007) y podría deberse a los cambios que tienen lugar durante el desarrollo de la mamitis, los cuales provocan, entre otras cosas, una menor formación lactosa (Pirisi et al., 1996, 2000; Albenzio et al., 2004; Leitner et al., 2004). La disminución de este azúcar conllevaría una menor formación de ácido láctico por parte de los microorganismos presentes en la leche, y consecuentemente un pH más elevado.

Tabla 15. Valores medios de pH de la leche.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	6,57±0,09 ^{a,i}	6,76±0,02 ^{b,j}	6,80±0,09 ^{b,j}
Año 1	Castellana	6,74±0,05 ^{a,j}	6,79±0,01 ^{b,k}	---
	Assaf	6,67±0,04 ^{b,j}	6,55±0,02 ^{a,i}	6,69±0,04 ^{b,i}
	Churra	6,68±0,05 ^{a,j}	6,82±0,05 ^{b,j}	6,78±0,02 ^{b,j}
Año 2	Castellana	6,80±0,08 ^{a,k}	6,78±0,01 ^{a,ij}	---
	Assaf	6,50±0,05 ^{a,i}	6,72±0,09 ^{b,i}	6,75±0,03 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Algunos trabajos relacionan valores elevados de pH de la leche (mayor a 6,80) con una reducción de la producción y una modificación de su composición, reduciéndose los porcentajes de grasa, lactosa y extracto seco (Serrano Moyano et al., 1998). Esto tiene gran importancia cuando la leche se destina a la elaboración de queso, ya que un elevado pH puede influir negativamente sobre la aptitud quesera, dificultando el proceso de cuajado (Pirisi, 2007). De hecho, cuanto mayor es el valor del pH más tiempo tarda en actuar el cuajo y menos capacidad de agregación tiene la cuajada una vez formada (Jaramillo et al., 2008). El valor de pH que se considera como límite para poder hacer queso en buenas condiciones es 6,80 (Serrano Moyano et al., 1998), valor que, a pesar de los elevados RCS que presentaron algunas muestras, sólo fue superado ligeramente por la muestra de Churra de RCS medios del año 2 (6,82). En cualquier caso, para el presente trabajo el pH fue estandarizado a 6,50 antes de la elaboración de queso.

Por otra parte, también se apreciaron diferencias significativas entre las tres razas estudiadas de modo que en general el valor del pH de la leche de raza Assaf fue inferior al de las razas autóctonas Castellana y Churra, lo que podría deberse a las diferencias que habitualmente existen en la composición química de estas razas (Tabla 4) y que también se encontraron en este caso, como se podrá ver a continuación.

2.3. ACIDEZ

La valoración de la acidez es la determinación analítica más frecuente en la tecnología lechera. La acidez es la medida del contenido aparente en ácido, expresada en gramos de ácido láctico por 100 mililitros de leche. El valor medio para la leche de oveja es de 0,20 gramos de ácido láctico por 100 mililitros de leche (20 °D), con un rango de variación de 0,18-0,23 g/ml (Martí de Olives y Molina Pons, 1998).

Tabla 16. Valores medios de acidez (g ácido láctico/100 ml leche) de la leche.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	0,25±0,01 ^{b,j}	0,24±0,01 ^{b,j}	0,21±0,02 ^{a,i}
Año 1	Castellana	0,22±0,01 ^{a,i}	0,26±0,01 ^{b,k}	---
	Assaf	0,23±0,02 ^{a,ij}	0,23±0,00 ^{a,i}	0,23±0,01 ^{a,j}
	Churra	0,22±0,02 ^{a,i}	0,23±0,01 ^{a,j}	0,23±0,01 ^{a,i}
Año 2	Castellana	0,25±0,01 ^{b,j}	0,23±0,01 ^{a,ij}	---
	Assaf	0,21±0,01 ^{a,i}	0,22±0,01 ^{a,i}	0,24±0,01 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{ij,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Los valores de acidez, que se muestran en la Tabla 16, estuvieron comprendidos entre 0,21 g/ml y 0,26 g/ml. Aunque algunos valores superaron el límite de lo que se considera normal, en la mayoría de los casos estuvieron en torno a 0,23 g/ml, lo que coincide con los datos encontrados por otros autores para leche de oveja (Martí de Olives y Molina Pons, 1998; Barron et al., 2001; Vivar-Quintana et al., 2006).

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes grupos de RCS, aunque no se observó ninguna tendencia clara en función del RCS, lo que coincide con los datos publicados por Revilla et al. (2007). Así, no se puede decir que este sea un factor que

influya de forma evidente y decisiva sobre la acidez de la leche. En principio, la leche con altos RCS debería presentar valores de acidez más bajos que la leche normal debido a las mismas razones que en el caso del pH. Pero existen muchos otros compuestos que influyen en la acidez titulable, como ácidos débiles o sales, que no afectan al pH, lo que explicaría los diferentes resultados encontrados para pH y acidez. Además hay que tener en cuenta que la leche es un sistema tamponado.

Se encontraron también numerosas diferencias significativas entre los valores de acidez de las tres razas estudiadas. Los resultados fueron distintos para cada grupo de RCS, de modo que en las muestras de RCS bajos no se apreció ninguna tendencia clara, mientras que en el grupo de RCS medios la raza Assaf presentó valores de acidez inferiores a los de las razas autóctonas y en el grupo de RCS altos la raza Churra fue la que presentó la menor acidez.

2.4. LACTOSA

La lactosa es el principal componente osmóticamente activo de la leche. Por ello su contenido se mantiene prácticamente constante durante la lactación en animales sanos, mientras que en animales con mamitis la síntesis de lactosa descende y es parcialmente sustituida como osmorregulador por otros compuestos, principalmente por cloruros (Kalantzopoulos, 1994).

Como se muestra en la Tabla 17, los valores de lactosa estuvieron comprendidos entre 4,28% y 5,30%, por lo tanto se encontraron dentro del rango que se considera normal para leche de oveja, es decir, entre 4,11% y 5,51% (Raynal-Ljutovac et al., 2008).

A medida que aumenta el RCS en la leche debería disminuir el contenido en lactosa (Pirisi et al., 1996, 2000; Klei et al., 1998; Fox et al., 2000; Albenzio et al., 2004; Bianchi et al., 2004; Revilla et al., 2007), ya que altos RCS provocan una disminución de la síntesis de lactosa, algo que ha sido explicado de varias formas por distintos autores, como ya se ha mencionado en el Apartado I.7.2. de este trabajo.

En el caso que nos ocupa, la disminución del contenido de lactosa al incrementar los RCS sólo se observó en la raza Assaf, mientras que en las razas Castellana y Churra apenas se apreciaron diferencias significativas. Esto coincide en parte con los resultados

encontrados por Lindmark-Månsson et al. (2000), quienes no apreciaron correlación entre la cantidad de lactosa y el incremento de RCS en leche de vaca.

Tabla 17. Valores medios de lactosa (%) obtenidos en la leche.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	4,59±0,07 ^{a,1}	4,89±0,09 ^{b,1}	4,66±0,07 ^{a,1}
Año 1	Castellana	4,66±0,09 ^{a,i}	4,78±0,12 ^{a,i}	---
	Assaf	5,14±0,16 ^{b,j}	5,12±0,09 ^{b,j}	4,86±0,06 ^{a,j}
	Churra	4,75±0,34 ^{a,1}	4,28±0,37 ^{a,1}	4,75±0,18 ^{a,1}
Año 2	Castellana	4,73±0,07 ^{a,i}	4,91±0,15 ^{a,j}	---
	Assaf	5,30±0,04 ^{b,j}	4,84±0,30 ^{a,j}	4,59±0,11 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Los valores de lactosa para la leche de las razas Castellana (entre 4,66% y 4,91%) y Churra (entre 4,28% y 4,89%) fueron similares a los encontrados por la mayoría de los autores para diferentes razas de oveja (Pugliese et al., 2000; Sevi et al., 2004; Sinapis et al., 2006; Vivar-Quintana et al., 2006). La raza Assaf presentó en general concentraciones de lactosa significativamente más elevadas (entre 4,59% y 5,30%), valores que coinciden con los datos publicados por Leitner et al. (2003) para esta misma raza y que fueron, junto con los publicados por Sevi et al. (2000) para la raza Comisana, los más altos encontrados en toda la bibliografía consultada.

2.5. MATERIA GRASA

Como ya se mencionó en la introducción de este trabajo, la grasa es el componente de la leche más variable tanto desde el punto de vista cuantitativo, como desde el punto de vista cualitativo, pudiendo variar entre 3,60% y 9,97% en función de numerosos factores (Pulina et al., 2006; Raynal-Ljutovac et al., 2008).

Según se muestra en la Tabla 18, en este caso la proporción de grasa estuvo comprendida entre el 7,23% de la muestra de raza Assaf con RCS altos y el 9,63% de la muestra de raza Castellana con RCS bajos, ambas pertenecientes al año 2. Estos

resultados fueron en algunos casos similares y en otros casos superiores a los observados previamente en rebaños de la provincia de Zamora (Tabla 57, Tabla 59).

En la mitad de los casos estudiados, la concentración de grasa no varió con los RCS, resultados que coinciden con los observados para el conjunto de la provincia de Zamora durante la misma época de ordeño (noviembre) (Tabla 59) y con los encontrados previamente por algunos autores (Díaz et al., 1996; Pirisi et al., 1996, 2000).

Por otra parte, la cantidad de grasa disminuyó al aumentar los RCS en dos casos, concretamente en las muestras de raza Churra pertenecientes al año 1 y en las de raza Assaf del año 2. La disminución de la cantidad de grasa en la leche al aumentar los RCS fue observada previamente por algunos autores (Jaeggi et al., 2003; Bianchi et al., 2004; Rodríguez-Nogales et al., 2007) y se podría explicar, como ya se ha comentado, por un alto incremento en la actividad de la plasmina, del orden del 150% ó más, situación que se asocia con bajas secreciones de grasa y proteínas (Leitner et al., 2004).

Tabla 18. Valores medios de grasa (%) obtenidos tras analizar la leche

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	9,13±0,70 ^{a,j}	8,38±0,13 ^{a,i}	8,53±1,24 ^{a,j}
Año 1	Castellana	8,35±0,57 ^{a,i}	9,20±0,17 ^{b,j}	---
	Assaf	8,53±0,16 ^{b,ij}	8,45±0,22 ^{b,i}	6,88±0,29 ^{a,i}
	Churra	8,94±0,28 ^{c,j}	8,40±0,59 ^{b,ij}	7,45±0,05 ^{a,j}
Año 2	Castellana	9,63±0,71 ^{a,j}	8,90±0,65 ^{a,j}	---
	Assaf	7,35±0,85 ^{a,i}	7,63±0,70 ^{a,i}	7,23±0,08 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{ij,k} muestran diferencias entre razas($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

En cuanto a la influencia de la raza sobre la cantidad de grasa de la leche, tras realizar el análisis estadístico de los datos, se encontraron diferencias en los tres grupos de RCS, de manera que en la mayoría de los casos las razas autóctonas Churra y Castellana presentaron más contenido en grasa que la raza Assaf. Estos resultados, que coinciden con los observados para el conjunto de la leche de la provincia de Zamora (Tabla 57), se

deben a que a mayor producción láctea se encuentra un menor contenido en grasa y proteínas.

2.6. PROTEÍNA TOTAL

El contenido habitual de proteína total en la leche de oveja está entre un 4,8% y un 7,2% (Raynal-Ljutovac et al., 2008). En este caso los valores recogidos (Tabla 19) se encontraron dentro de este rango, ya que oscilaron entre 5,71% y 6,81%. En general, teniendo en cuenta las tres razas y los tres RCS, el contenido medio de proteínas estuvo en torno a un 6,21%, valor ligeramente superior a los que se observaron en la provincia de Zamora en el mes de noviembre (Tabla 57, Tabla 59), aunque similar al encontrado por otros autores en estas y otras razas mediterráneas (Gonzalo et al., 1992; Boyazoglu et al., 2001; Jaramillo et al., 2008).

Tabla 19. Valores medios de proteínas (%) obtenidos en la leche.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	6,44±0,03 ^{c,j}	6,09±0,16 ^{b,j}	5,79±0,10 ^{a,i}
Año 1	Castellana	5,74±0,24 ^{a,i}	6,81±0,05 ^{b,k}	---
	Assaf	5,79±0,17 ^{a,i}	5,82±0,05 ^{a,i}	5,80±0,07 ^{a,i}
	Churra	6,52±0,32 ^{a,j}	6,75±0,37 ^{a,i}	6,39±0,46 ^{a,i}
Año 2	Castellana	6,39±0,42 ^{a,j}	6,35±0,57 ^{a,i}	---
	Assaf	5,71±0,24 ^{a,i}	6,18±0,12 ^{b,i}	6,59±0,05 ^{c,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

En cuanto a la influencia de los RCS sobre la cantidad de proteínas de la leche, no se observó una tendencia clara, aunque en la mayor parte de los casos el contenido en proteínas no se vio alterado al aumentar los RCS, lo que coincide con los resultados publicados por algunos autores (Duranti y Casoli, 1991; Pirisi et al., 1996, 2000; Pellegrini et al., 1997; Albenzio et al., 2005). En dos de los casos estudiados, concretamente en las muestras de raza Castellana del año 1 y en las de raza Assaf del año 2, la proporción de proteínas aumentó con los RCS. Este incremento de proteínas con los RCS coincide con los resultados encontrados previamente por otros autores (Albenzio et al., 2004; Bianchi et al., 2004; Rodríguez-Nogales et al., 2007). También

coincide con datos que se encontraron en la provincia de Zamora y justifica el incremento de densidad que se observó en estas muestras al aumentar los RCS (Apartado IV.2.1.).

La ausencia de diferencias significativas entre los grupos de RCS podría explicarse por una moderada actividad de la plasmina (Leitner et al., 2004), aunque teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente para el caso de la grasa, es más probable que la explicación obedezca al hecho de que durante la mamitis tienen lugar dos fenómenos simultáneos que podrían compensarse entre sí: por una parte, se reduce la síntesis de proteínas en la ubre y por otra parte, aumenta la cantidad de proteínas en la sangre (Pirisi et al., 2000).

Por otra parte, en los tres casos en los que se encontraron diferencias significativas entre las razas, la raza Assaf presentó menor contenido en proteínas que las razas autóctonas, lo que se explicaría de nuevo por la correlación inversa existente entre la cantidad de leche y la concentración de grasa y proteína. Estos resultados coinciden con los observados en la provincia de Zamora, con la única diferencia de que anteriormente la raza Castellana presentó en todos los casos mayor proporción de proteínas que la raza Churra.

2.7. EXTRACTO SECO

Como se muestra en la Tabla 20, el contenido de ES de la leche estuvo comprendido entre 18,03% y 21,21%, valores que coinciden con los encontrados en el resto de la provincia de Zamora y que se encuentran dentro de lo que se considera habitual para leche de oveja (entre 18 y 21%) (Raynal-Ljutovac et al., 2008). Los resultados encontrados para el ES con respecto al RCS y a la raza son consecuencia de los que se observaron previamente para grasa, proteínas y lactosa, sus principales componentes.

En las muestras de raza Castellana así como en las de raza Assaf del año 2, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de RCS, lo que coincide con los resultados publicados por Pirisi et al. (1996, 2000) y también con los observados en la leche de la provincia de Zamora durante el mes de noviembre. Por otra parte, en el caso de la raza Churra y en las muestras de raza Assaf del año 1 sí se encontraron diferencias significativas, de modo que el ES fue menor al aumentar los RCS, lo que coincide con lo observado por Jaeggi et al. (2003).

Tabla 20. Valores de extracto seco (%) de las muestras de leche.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	21,06±0,77 ^{b,j}	19,69±0,33 ^{a,i}	20,35±0,63 ^{ab,j}
Año 1	Castellana	20,50±0,81 ^{a,ij}	21,21±0,57 ^{a,j}	----
	Assaf	19,64±0,56 ^{b,i}	19,72±0,11 ^{b,i}	18,03±0,30 ^{a,i}
	Churra	20,99±0,66 ^{b,k}	19,42±0,65 ^{b,ij}	18,61±0,54 ^{a,i}
Año 2	Castellana	20,86±0,58 ^{a,j}	20,42±1,83 ^{a,j}	---
	Assaf	18,39±0,75 ^{a,i}	18,70±0,51 ^{a,i}	18,44±0,27 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal

^{ij,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Por otra parte, se encontraron diferencias significativas entre los valores de ES para las tres razas estudiadas, de forma que en la mayoría de los casos la raza Assaf presentó un valor de ES menor que el de las razas autóctonas, como ya se observó en los resultados obtenidos del análisis de la leche de la provincia de Zamora, y se debe a las diferencias existentes entre estas razas en cuanto a la composición de grasa y proteína.

3. LECHE. ÁCIDOS GRASOS TOTALES.

Se detectaron aproximadamente 80 ácidos grasos en la leche, de entre los cuales se identificaron y cuantificaron 26 (Tabla 21), que constituyeron el 92,5% del total de las áreas cuantificadas en el cromatograma. Los ácidos grasos más abundantes fueron los diez que se enumeran a continuación, que representaron el 88% del total (Figura 26): palmítico (26%), oleico (18%), esteárico (11%), mirístico (11%), cáprico (9%), laúrico (5%), caprílico (3%), caproico (2%), linoleico (2%) y butírico (1%). Todos los trabajos consultados coinciden en señalar que estos son los ácidos grasos más abundantes en leche de oveja (Glass et al., 1967; MacGibbon y Taylor, 2006; Signorelli et al., 2008). Estos valores coinciden con los encontrados para las mismas razas de oveja en la provincia de Zamora por Lurueña-Martínez et al. (2010) y son también similares a los observados en otros estudios como el de Pérez Alba et al. (1997) para raza Manchega y el de Osorio et al., (2007) para raza Churra. Todo ello a pesar de que la proporción de ácidos grasos se ve notablemente influida por numerosos factores como la raza, la dieta, el rebaño, el estado de lactación, la estación del año o el manejo (Addis et al., 2005; Biondi et al., 2008; Mel'uchová et al., 2008; De la Fuente et al., 2009).

La grasa de la leche analizada estaba formada en un 74% por ácidos grasos saturados (53% de cadena larga y 21% de cadena corta) y por un 26% de ácidos grasos insaturados, de los cuales un 22% eran monoinsaturados y un 4% poliinsaturados (Figura 27).

La elevada proporción de ácidos grasos saturados y la baja cantidad de ácidos poliinsaturados se debe a la biohidrogenación en el rumen de una gran parte de los ácidos grasos aportados en la dieta, lo que hace que la mayoría de los ácidos grasos que se incorporan al torrente sanguíneo a través del tracto intestinal sean por lo tanto saturados (Fox y McSweeney, 2006; Walstra et al., 2006).

Se estudió el efecto de dos factores sobre la proporción de ácidos grasos: la raza y el RCS. La raza influyó sobre un mayor número de ácidos grasos que el RCS, concretamente sobre un total de 18, y además lo hizo de una forma más significativa, ya que en la mitad de los casos el valor P fue menor de 0,0001.

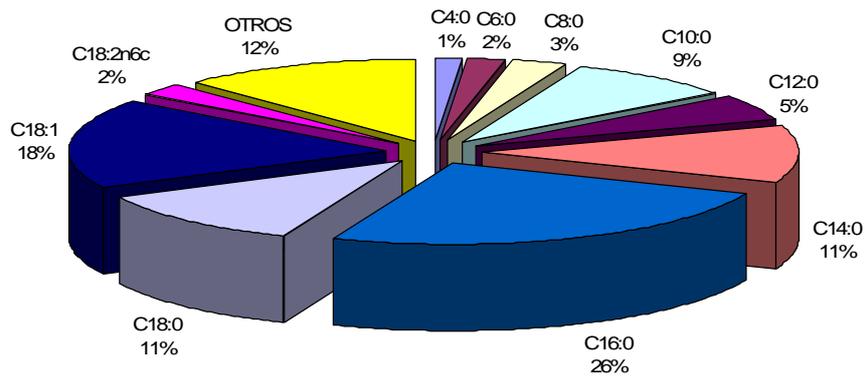


Figura 26. Proporción media de ácidos grasos en la leche de los años 1 y 2.

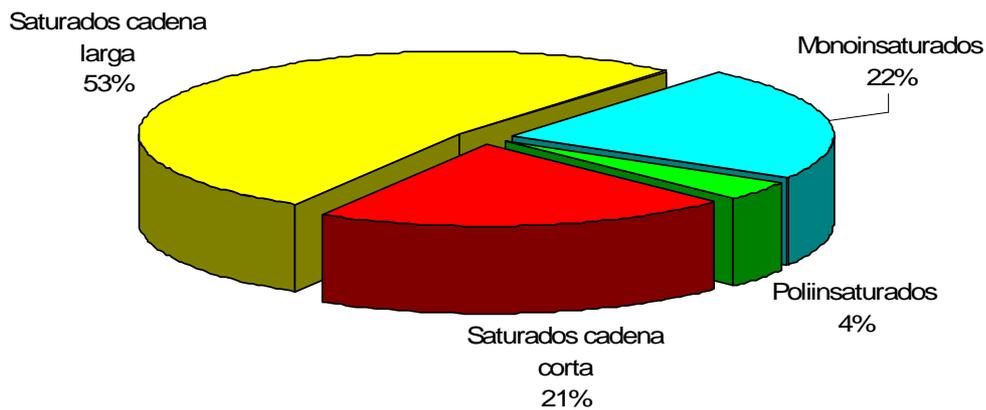


Figura 27. Proporción media de ácidos grasos (%) en la leche de los años 1 y 2 según su estructura química.

Otros autores encontraron diferencias similares entre distintas razas de oveja. Así, Lurueña-Martínez et al. (2010) observaron diferencias significativas en la concentración de los ácidos, C8:0, C10:0, C12:0, C16:0, C16:1, C17:1, C18:1n9, C18:1 y C18:2 correspondientes a muestras de leche de las mismas razas, criadas en la misma zona geográfica. Signorelli et al. (2008) observaron diferencias significativas en la concentración de los ácidos C12:0, C14:0, C14:1, C16:0, C16:1, C18:0 y C18:1 correspondientes a muestras de leche de tres razas italianas, mientras que Duranti y Casoli (1988) encontraron dichas diferencias principalmente entre los ácidos grasos de

cadena corta, en un estudio en el que se analizó la leche de otras tres razas de oveja también italianas.

Estas diferencias entre las razas pueden explicarse por ciertas características relacionadas con la fermentación en el rumen, como el pH ruminal, que puede variar en función de la raza (Ranilla et al., 2000). Así, Givens y Moss (1994) observaron que la raza de oveja puede influir sobre la digestibilidad del forraje.

En cuanto al RCS, se observaron diferencias significativas entre los ácidos grasos de cadena corta (C4:0, C6:0, C8:0, C10:0) y también entre dos de los ácidos grasos poliinsaturados: C18:2 *n*-7 y C18:3. Según la bibliografía consultada, no existe ningún trabajo previo en el que se estudie el efecto del RCS sobre la composición grasa de la leche de oveja, ya que la mayoría se centran en la leche de vaca. Existe un trabajo sobre leche de cabra, que no mostró diferencias en el perfil de ácidos grasos de leche con diferentes RCS (Laurinaviciute et al., 2004). En los trabajos realizados sobre leche de vaca, se analizaron los ácidos grasos libres, a diferencia de este estudio, en el que se estudiaron los ácidos grasos totales.

A continuación se tratan con más detalle tanto la composición de ácidos grasos de la leche analizada como la influencia de la raza y los RCS sobre ellos.

Tabla 21. Composición media (g/100g) de ácidos grasos totales en la leche perteneciente a los años 1 y 2.

	Churra RCS bajos	Churra RCS med.	Churra RCS altos	Castellana RCS bajos	Castellana RCS med.	Assaf RCS bajos	Assaf RCS med.	Assaf RCS altos	RCS	RAZA
C4:0	1,46±0,13	1,15±0,21	1,71±0,90	1,56±0,57	1,28±0,20	1,37±0,16	1,20±0,16	1,53±0,27	**	ns
C6:0	2,28±0,17	1,92±0,12	2,34±0,97	1,89±0,52	1,96±0,27	1,97±0,19	1,77±0,09	2,23±0,31	*	ns
C8:0	2,95±0,27	2,51±0,18	2,91±1,07	2,18±0,59	2,55±0,41	2,35±0,21	2,15±0,06	2,75±0,38	*	*
C10:0	10,02±1,70	9,07±0,88	9,97±3,33	6,76±1,89	8,56±1,82	7,76±0,48	7,17±0,29	9,74±1,30	*	**
C12:0	6,12±1,41	5,70±0,75	5,98±1,62	4,11±1,20	5,26±1,48	4,41±0,13	4,16±0,23	5,54±0,55	ns	***
C14:0	11,68±2,00	12,62±1,34	11,66±0,86	10,59±1,35	11,59±1,92	10,39±0,36	10,30±0,47	11,78±0,45	ns	*
C14:1	0,24±0,11	0,28±0,07	0,24±0,06	0,19±0,07	0,25±0,11	0,15±0,02	0,16±0,02	0,24±0,01	ns	**
C16:0	22,28±1,09	24,95±1,25	22,36±3,41	26,61±2,49	24,27±1,61	26,42±1,21	26,57±0,58	25,74±1,21	ns	***
C16:1	0,96±0,06	1,23±0,19	1,03±0,29	1,09±0,12	1,11±0,07	0,89±0,25	0,94±0,24	0,95±0,36	ns	*
C17:0	0,57±0,13	0,64±0,13	0,59±0,15	0,55±0,10	0,56±0,13	0,56±0,10	0,59±0,09	0,55±0,09	ns	***
C17:1	0,18±0,01	0,24±0,01	0,21±0,02	0,21±0,01	0,20±0,01	0,13±0,02	0,15±0,01	0,16±0,01	ns	**
C18:0	10,50±1,86	10,09±1,56	10,92±2,09	12,27±2,00	11,06±2,50	12,52±0,75	12,79±0,37	11,02±0,56	ns	ns
C18:1 9t	1,44±0,89	0,69±0,33	1,19±0,48	1,13±0,63	1,14±0,56	2,81±0,20	2,68±0,48	1,17±0,50	ns	***
C18:1	17,50±2,30	18,13±1,81	18,53±2,60	20,67±1,94	19,12±2,11	15,27±0,69	17,17±0,25	15,93±1,33	ns	***
C18:2 n6c	2,58±0,36	1,88±0,06	1,94±0,31	1,74±0,16	2,24±0,18	3,89±0,36	3,34±0,29	2,38±0,15	ns	***
CLA total	0,59±0,18	0,41±0,02	0,45±0,08	0,53±0,24	0,52±0,11	0,68±0,04	0,70±0,02	0,49±0,11	*	**
C18:2 9c11t	0,50±0,14	0,31±0,03	0,37±0,06	0,43±0,17	0,43±0,07	0,60±0,06	0,63±0,01	0,42±0,08	*	***
C18:2 10t12c	ND	ND	0,00±0,01	ND	ND	0,01±0,01	0,01±0,01	ND	ns	ns
C18:2 9c11c	0,04±0,04	0,05±0,04	0,04±0,03	0,05±0,05	0,05±0,04	0,03±0,03	0,03±0,02	0,03±0,03	ns	ns
C18:2 9t11t	0,05±0,01	0,05±0,02	0,04±0,00	0,05±0,03	0,04±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,04±0,01	ns	**
C18:3	0,54±0,08	0,69±0,21	0,42±0,09	0,44±0,23	0,56±0,06	0,43±0,03	0,37±0,01	0,41±0,02	*	**
C20:0	0,02±0,02	0,03±0,02	0,03±0,03	0,02±0,02	0,03±0,02	0,03±0,03	0,03±0,03	0,04±0,03	ns	ns
C20:1 11t	0,01±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01	0,02±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01	ns	ns
C20:4 n6	ND	ND	ND	ND	ND	0,01±0,02	0,00±0,01	ND	ns	ns
C20:5	0,04±0,00	0,05±0,01	0,04±0,00	0,04±0,01	0,04±0,00	0,02±0,00	0,03±0,01	0,03±0,00	ns	***
C22:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,00±0,01	ND	ns	ns
C22:6 n3	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,01	0,02±0,02	0,01±0,01	0,01±0,00	ns	***
AGSC	22,83±3,56	20,34±1,92	22,90±7,84	16,50±4,66	19,61±3,99	17,87±1,06	16,45±0,57	21,79±2,71	*	**
AGSL	45,04±1,17	48,32±1,57	45,56±4,72	50,04±3,14	47,50±2,18	49,92±0,87	50,27±0,36	49,13±1,59	ns	***
AGMI	20,33±3,03	20,58±2,15	21,21±2,96	23,31±2,03	21,83±2,42	19,26±0,91	21,10±0,79	18,45±2,13	ns	***
AGPI	3,78±0,57	3,07±0,21	2,89±0,47	2,78±0,62	3,39±0,29	5,04±0,36	4,45±0,31	3,33±0,27	*	***
AGPI/AGS	0,07±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,06±0,00	0,09±0,01	0,07±0,01	0,06±0,00	*	***
n6/n3	4,65±0,74	2,81±0,84	4,32±0,47	4,74±2,28	3,85±0,51	8,81±1,49	8,85±0,78	5,59±0,38	ns	***

ND, no detectado, ns, diferencias no significativas (P>0,0500), *P≤0,0500; **P≤0,0100; ***P≤0,0010

3.1. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS (AGS)

3.1.1. Ácidos grasos saturados de cadena corta (AGSC)

Los ácidos grasos de cadena corta presentes en la leche proceden de la síntesis *de novo* en la glándula mamaria. La flora ruminal produce β -hidroxibutirato, a partir del cual se sintetiza el ácido butírico, y también una gran cantidad de acetato, que se une mediante enlaces covalentes al ácido butírico para producir ácidos de entre 6 y 14 átomos de carbono (Walstra et al., 2006).

En este caso se identificaron y cuantificaron cinco ácidos grasos saturados de cadena corta (C4:0-C12:0) que estuvieron entre los diez más abundantes de los encontrados en la leche (Figura 26): butírico, caproico, caprílico, cáprico y láurico.

En general se observó una tendencia al aumento de la proporción de ácidos grasos saturados de cadena corta con los RCS (Figura 28), especialmente en el caso de los ácidos butírico, caproico, caprílico y cáprico.

Otros autores encontraron un aumento de la concentración de estos ácidos grasos en leche de vaca, aunque en forma de ácidos grasos libres. Se sabe que la lipólisis es más intensa en leche de vaca con elevados RCS (Tarassuk y Yaguchi, 1958; Tallami y Randolph, 1969; Murphy et al., 1989; Harmon, 1994; Ma et al., 2000, 2003; Santos et al., 2003; Gargouri et al. 2008), lo que se debe, bien al aumento de las lipasas como consecuencia de los elevados RCS (Gaffney y Harper, 1965; Salih y Anderson, 1978; Azzara y Dimick, 1985b; Deeth y Fitz-Gerald, 2006), o bien a se debe a una mayor accesibilidad del enzima lipoproteína lipasa (LPL) hacia el glóbulo de grasa (Murphy et al., 1989). Dicho enzima actúa de forma específica, no para un determinado ácido graso, sino para una determinada posición (Morley y Kuksis, 1977), de modo que cataliza la hidrólisis de los triglicéridos en las posiciones *sn*-1 y *sn*-3 (Somerharju et al., 1978). Como consecuencia de ello se produce un aumento de los ácidos saturados de cadena corta (en forma de ácidos grasos libres, AGL), ya que éstos ocupan preferentemente la posición *sn*-3 (Shipe y Senyk, 1981; Azzara y Dimick, 1985b).

En este trabajo no se analizaron los ácidos grasos libres (AGL), sino los ácidos grasos totales metilados (AGMe), por lo que no se puede conocer el grado de lipólisis. A pesar

de ello se observó igualmente una mayor proporción de ácidos saturados de cadena corta (AGMe) en la leche de elevados RCS, lo que se podría explicar por una mayor proporción de dichos ácidos en los triglicéridos desde su formación en la glándula mamaria. En animales con elevados RCS, la infección y la inflamación de la ubre afecta al proceso de síntesis de leche, permaneciendo una mayor cantidad de ácidos grasos sin esterificar que en el caso de una glándula mamaria sana (Fitz-Gerald et al., 1981). Esto se asocia a la acción de la lipoproteína lipasa (LPL), un enzima que es sintetizado en las células secretoras de la glándula mamaria. La mayor parte de la LPL es transportada a las células endoteliales vasculares, donde cataliza la hidrólisis de los triglicéridos presentes en las lipoproteínas de la sangre para dar como resultado ácidos grasos libres y 2-monoglicéridos (Olivecrona y Bengtsson, 1984; Olivecrona y Bengtsson-Olivecrona, 1987; Barber et al., 1997; Deeth, 2006). Estos productos son absorbidos por la glándula mamaria y se utilizan para la síntesis de la grasa de la leche (Deeth y Fitz-Gerald, 2006), lo que explica una mayor proporción de ácidos grasos de cadena corta, dada la especificidad de la LPL para las posiciones de los triglicéridos.

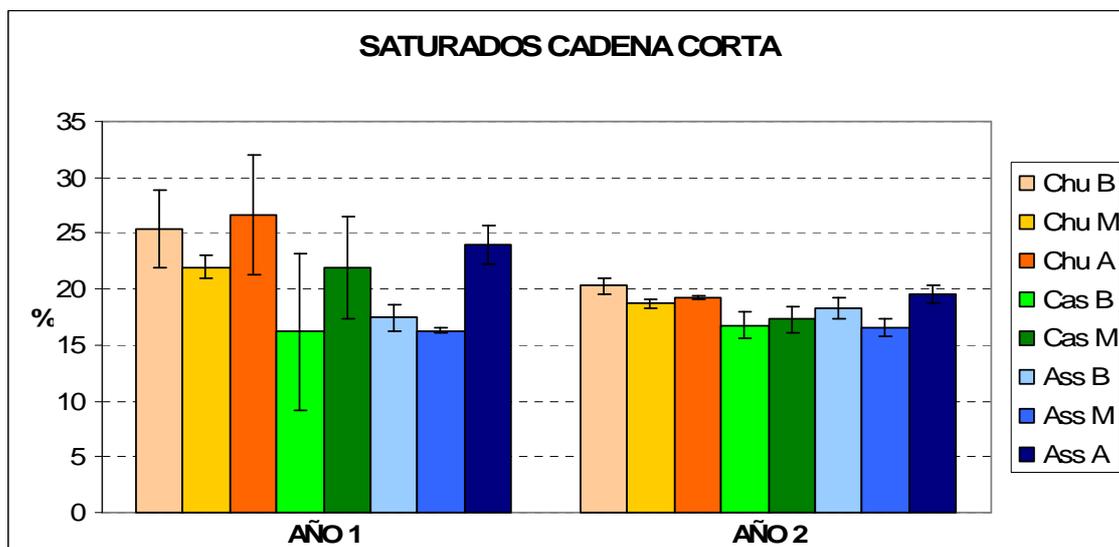


Figura 28. Concentración media de ácidos grasos saturados de cadena corta observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.

Las diferencias más notables entre los ácidos grasos saturados con respecto al RCS se encontraron en la raza Assaf, cuyas muestras de RCS altos presentaron los mayores valores de los ácidos caprílico, cáprico y láurico (Tabla 21).

Con respecto a la raza, en términos generales se encontraron diferencias significativas de modo que la raza Churra presentó los valores más elevados debido a las mayores concentraciones de ácidos caprílico, cáprico y láurico. Estos resultados coinciden con los encontrados por Lurueña-Martínez et al. (2010) para las mismas razas de oveja criadas en la misma zona geográfica.

3.1.2. Ácidos grasos saturados de cadena media y larga (AGSL)

Se identificaron y cuantificaron los siguientes ácidos grasos saturados de cadena media y larga: mirístico, palmítico, heptadecanoico, esteárico, eicosanoico y docosanoico. Entre ellos, mirístico, palmítico y esteárico fueron tres de los más abundantes en la leche, representando el 48% de los ácidos grasos totales.

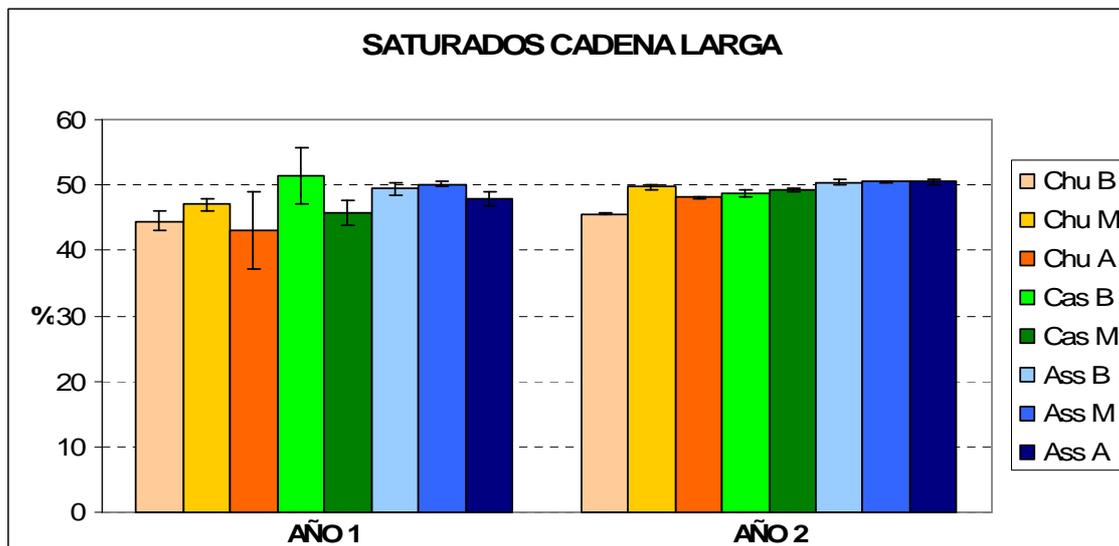


Figura 29. Concentración media de ácidos grasos saturados de cadena media y larga observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.

Con respecto al RCS, en general no se encontraron diferencias significativas para el conjunto de los ácidos saturados de cadena media y larga (Figura 29). El único resultado destacable se observó en la raza Assaf, donde la leche de RCS altos presentó las mayores concentraciones de ácido mirístico y las menores de ácido esteárico. En la leche de raza Castellana la única diferencia significativa se encontró en el ácido eicosanoico, cuya concentración aumentó con los RCS.

Como se puede apreciar en la Tabla 21, en general se encontraron diferencias significativas respecto a la raza, que se debieron principalmente a las existentes en los

ácidos mirístico y palmítico. Así, la leche de raza Assaf presentó los mayores valores de AGSL por su alto contenido en ácido palmítico, mientras que la leche de raza Churra presentó los valores más bajos, debido a su baja concentración de ácido palmítico y ácido esteárico, aunque sin embargo presentó la mayor concentración de ácido mirístico. En el estudio llevado a cabo por Lurueña-Martínez et al. (2010) sobre las mismas razas de oveja, se observaron resultados similares con respecto al ácido palmítico, es decir, los mayores valores fueron para la raza Assaf mientras que los más bajos fueron para la raza Churra.

3.2. ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS

3.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)

En el grupo de ácidos grasos monoinsaturados se cuantificaron los ácidos miristoleico, palmitoleico, heptadecenoico, eláidico, oleico y eicosenoico, de entre los cuales el más importante fue sin duda el ácido oleico, que supuso el 18% del total, frente al 4% que sumaron entre los cinco restantes.

Los ácidos palmitoleico y oleico se forman, en parte, en la glándula mamaria a partir de ácido palmítico y esteárico respectivamente, por la acción de una enzima desaturasa, aunque también pueden proceder de la dieta (Walstra et al., 2006; Barber et al., 1997).

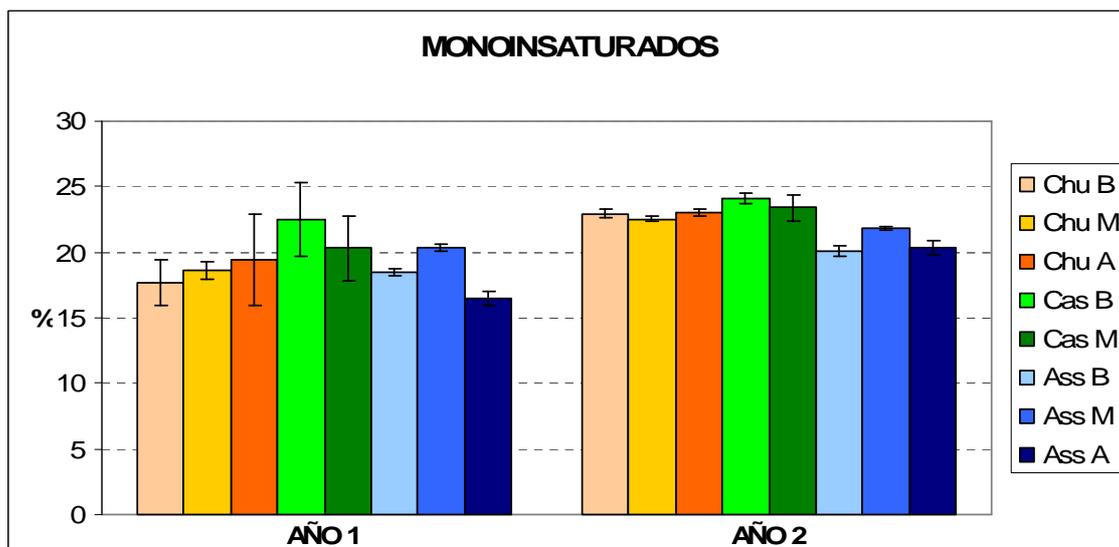


Figura 30. Concentración media de ácidos grasos monoinsaturados observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.

En general no se observaron diferencias significativas con respecto al RCS (Tabla 21), aunque de nuevo cabe destacar algún caso puntual. Así, como se puede apreciar en la Figura 30, las diferencias más importantes se encontraron en la raza Assaf, cuyas muestras de RCS medios presentaron los valores más elevados de AGMI, que se debieron a su mayor concentración de ácido oleico. La menor concentración de este ácido se observó en las muestras de RCS bajos, mientras que las muestras de RCS altos presentaron los mayores valores de ácido miristoleico y los menores de ácido elaídico. En la raza Churra las muestras con RCS medios presentaron la mayor concentración de ácido palmitoleico y la menor de ácido elaídico, mientras que en la leche de RCS medios se observó la menor concentración de ácido heptadecenoico. En la raza Castellana la concentración de ácidos grasos monoinsaturados fue ligeramente menor al aumentar los RCS, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Con respecto a la raza, como se muestra en la Tabla 21, en general la mayor concentración de ácidos monoinsaturados se observó en la raza Castellana, que presentó los valores más altos de ácidos oleico y heptadecenoico. La leche de raza Assaf mostró los menores valores, debido a sus bajas concentraciones de ácidos miristoleico, palmitoleico y sobre todo oleico; sin embargo presentó la mayor proporción de ácido elaídico. En cuanto a la raza Churra, el único resultado destacable fue su mayor concentración de ácido miristoleico. Lurueña-Martínez et al. (2010) también encontraron las mayores concentraciones de AGMI en leche de raza Castellana frente a la leche de las razas Assaf y Churra.

3.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)

El grupo de ácidos grasos poliinsaturados, entre los que se encuentran los ácidos linoleico, linolénico, CLA, araquidónico, eicosapentanoico y docosahexanoico, fue el que se encontró en menor cantidad, suponiendo el 4% del total. Algunos de estos ácidos, que a veces ni siquiera fueron detectados, presentaron unos valores de entre 0,01 y 0,05%, que fueron similares, aunque algo inferiores, a los observados por Luna et al. (2005) en leche de raza Assaf.

Como se puede apreciar en la Figura 31, las diferencias con respecto al RCS fueron muy significativas, hasta el punto de que éste fue el grupo de ácidos grasos sobre el que este factor influyó de forma más notable. Tanto en la leche de raza Churra como en la de

raza Assaf, la concentración de ácidos poliinsaturados disminuyó al aumentar los RCS, debido principalmente a las diferencias observadas en el ácido linoleico. Las mismas diferencias se apreciaron también en el CLA total, como se verá posteriormente.

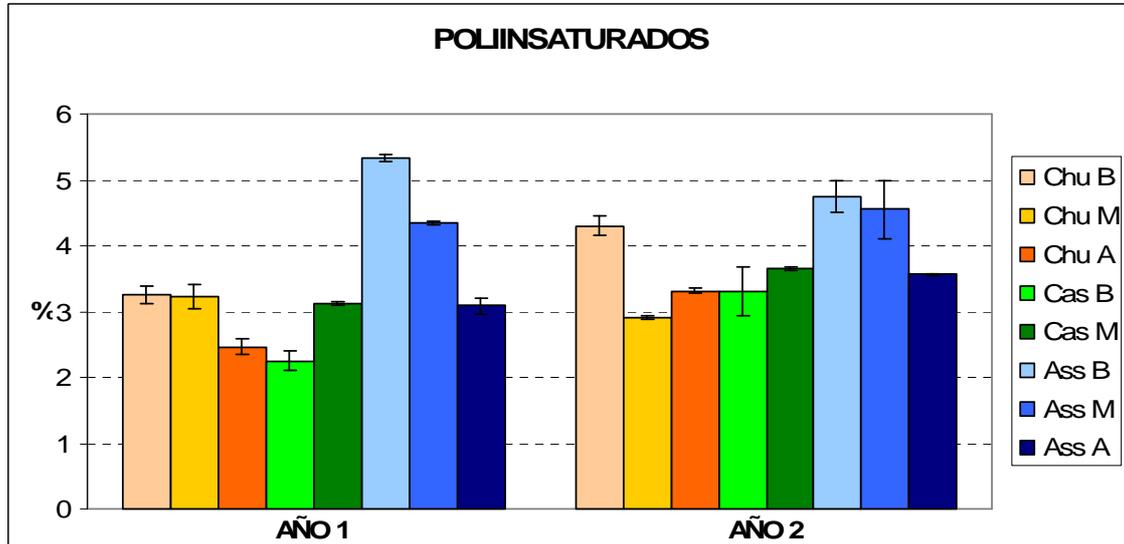


Figura 31. Concentración media de ácidos grasos poliinsaturados observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.

Sin embargo, en las muestras de raza Castellana la concentración de ácidos poliinsaturados aumentó con los RCS. Las diferencias se observaron principalmente en los ácidos linoleico, linolénico, araquidónico, eicosanoico y docosahexanoico. En cuanto al CLA, los resultados fueron diferentes para cada año, de modo que en el año 1 la concentración aumentó con los RCS mientras que en el año 2 sucedió lo contrario. Los AGPI son muy susceptibles de sufrir oxidación lipolítica, por lo que la disminución de su concentración a medida que aumentaron los RCS se debe seguramente a una mayor presencia de enzimas pro-oxidantes como catalasa (O'Connor y O'Brien, 2006; Fox y Kelly, 2006).

Con respecto a la raza también se observaron diferencias muy significativas, de modo que la leche de raza Assaf presentó los valores más elevados de AGPI debido principalmente a su mayor proporción de ácido linoleico, ya que por otra parte, fue la raza con los menores valores de linolénico, eicosapentanoico y docosahexanoico. Estos resultados coinciden de nuevo con los encontrados por Lurueña-Martínez et al. (2010) para la leche de las mismas razas de oveja.

A la vista de los resultados obtenidos, tanto el RCS como la raza son factores que deberían tenerse en cuenta en la leche destinada a la elaboración de queso, ya que, si bien los ácidos grasos poliinsaturados son beneficiosos desde el punto de vista nutricional, podrían tener un efecto negativo sobre el queso, ya que son especialmente propensos a la oxidación asociada a la lipólisis que se produce durante la maduración, lo que conduce a la formación de varios aldehídos insaturados que provocan defectos en el flavor asociados a la rancidez (Collins et al., 2003).

3.3. CONSIDERACIONES NUTRICIONALES

El valor nutricional de la grasa de los alimentos se evalúa generalmente según la cantidad de grasa total y los cocientes AGPI/AGS y n6/n3 (Department of Health, 1994). Durante los últimos años se ha generado además un enorme interés por el ácido linoleico conjugado (CLA) debido a sus posibles efectos beneficiosos para la salud. Se cree que tiene propiedades anticarcinógenas, antiteratógenas, anti-obesidad, antidiabéticas, mejora el sistema inmune y reduce el desarrollo de lesiones ateroscleróticas (McGuire y McGuire, 2000; Wilson et al., 2000), aunque es necesario desarrollar investigaciones sobre ello en humanos (Bauman y Lock, 2006).

3.3.1. CLA total

La leche y la carne de animales rumiantes son la mayor fuente de CLA. El isómero CLA 9c11t (ácido ruménico) es el más abundante en la leche, suponiendo un 75–90% del CLA total (Bauman et al., 2003; Antongiovanni et al., 2004). Este isómero, que en el caso que nos ocupa supuso un 84,4% del CLA total, se forma como producto de una síntesis endógena en la que el enzima $\Delta 9$ -desaturasa actúa sobre el ácido C18:1 11t (ácido vacénico), un compuesto intermedio formado en el rumen por la biohidrogenación de los ácidos linoleico y linolénico (Bauman et al., 2003).

Con respecto al total de ácidos grasos presentes en la leche, el CLA total supuso el 0,55%. Este valor fue calculado a partir de las concentraciones correspondientes a los cuatro isómeros que fueron identificados y cuantificados: C18:2 9c11t que como ya se ha mencionado fue el más abundante con un 0,45%, C18:2 10t12c que apenas fue detectado, C18:2 9c11c presente en una proporción de 0,07% y C18:2 9t11t cuya proporción fue del 0,04%.

Solamente se observaron diferencias significativas con respecto al RCS en el isómero C18:2 9c11t (Tabla 21), que se vieron reflejadas en los valores de CLA total por tratarse del isómero más abundante. Así, como se puede apreciar en la Figura 32, en general la concentración disminuyó al aumentar los RCS, lo que podría explicarse de la misma forma que para el conjunto de AGPI, es decir, por una mayor oxidación favorecida por pro-oxidantes como la catalasa.

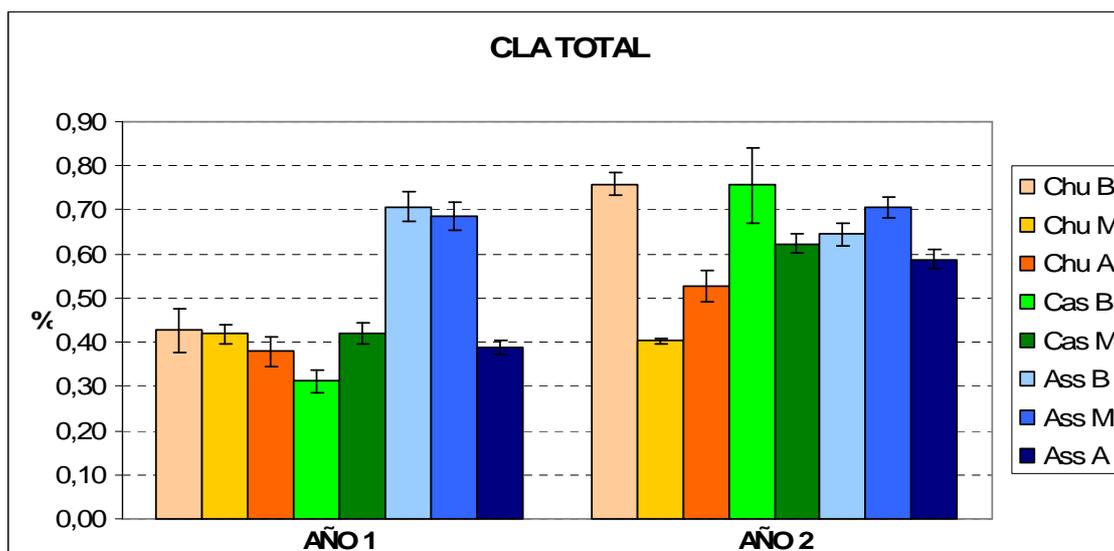


Figura 32. Concentración media de CLA total observada en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.

En cuanto a la raza se encontraron diferencias en dos isómeros, C18:2 9c11t que presentó los mayores valores en la leche de raza Assaf especialmente durante el año 1 (Figura 32), y en C18:2 9t11t que presentó los menores valores en esta raza. Lurueña-Martínez et al. (2010) no encontraron diferencias significativas entre las muestras de leche de estas tres razas.

3.3.2. Relación AGPI/AGS

El cociente AGPI/AGS, definido como $(18:2n-6 + 18:3n-3)/(14:0 + 16:0 + 18:0)$, debería ser mayor a 0,45 para el conjunto de la dieta (Department of Health, 1994). En este caso ninguna de las muestras se acercó a ese valor debido a que la proporción de ácidos grasos saturados era muy elevada (74%), algo que como ya se mencionó con anterioridad, es normal en animales rumiantes debido a la biohidrogenación de ácidos grasos que tiene lugar en el rumen. La leche de raza Assaf con RCS bajos presentó los valores más altos, entre 0,08 y 0,09, muy lejos aún de 0,45.

Como se muestra en la Figura 33, los valores del cociente AGPI/AGS disminuyeron al aumentar los RCS en la leche de las razas Churra y Assaf, mientras que en la raza Castellana se observó lo contrario. Estos resultados se explican por las diferencias encontradas en el ácido linoleico, que aumentó con los RCS en raza Castellana y disminuyó en las raza Churra y Assaf.

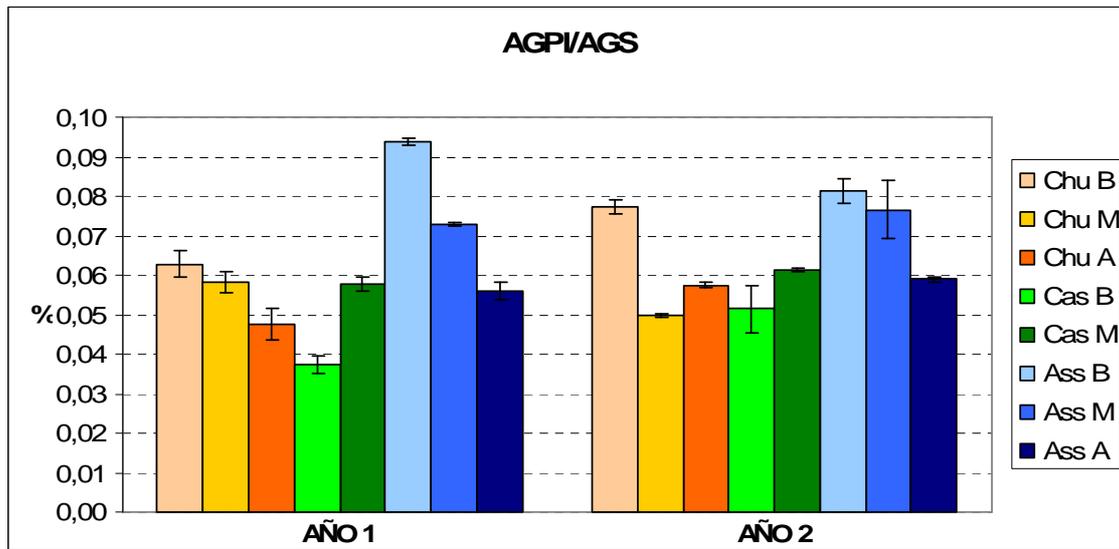


Figura 33. Valores medios del cociente AGPI/AGS observados en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.

Con respecto a la raza, los mayores valores de esta relación se observaron en la leche de raza Assaf y los menores en la raza Churra, debido de nuevo a las diferencias observadas en el ácido linoleico y también en los ácidos saturados de cadena corta.

3.3.3. Relación n6/n3

El cociente n6/n3, calculado como $(C18:2\ n6c + C20:4\ n6)/(C18:3 + C22:6\ n3)$, debería ser menor a 4, teniendo en cuenta la totalidad de la dieta (Department of Health, 1994). Solamente dos muestras estuvieron por debajo de este valor: las de raza Churra con RCS medios y las de raza Castellana con RCS medios debido a su mayor concentración de ácido linolénico.

Se observaron numerosas diferencias significativas entre las muestras con distintos RCS (Figura 34), aunque no se vieron reflejadas en los resultados globales (Tabla 21), debido a que la tendencia fue diferente para cada raza.

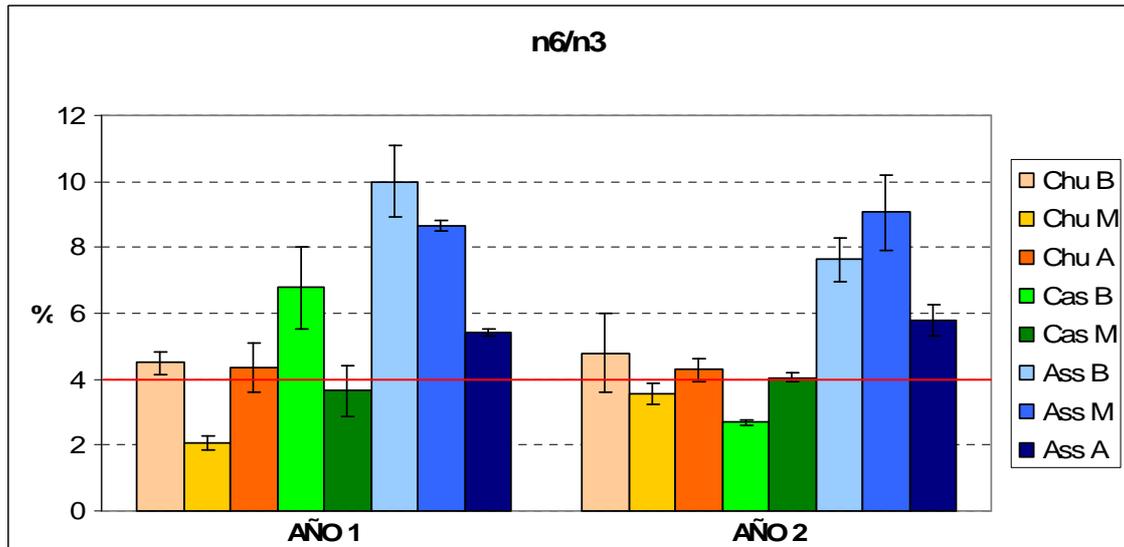


Figura 34. Valores medios del cociente n6/n3 observados en las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2.

En cuanto a la raza, los valores más elevados se observaron en la leche de raza Assaf, lo que se explica porque fue la que presentó las mayores concentraciones de ácido linoleico y las menores de ácido linolénico.

4. LECHE. ANÁLISIS GLOBAL DE DATOS.

La leche es un medio muy complejo en el que, como ya se ha visto, todos los componentes están muy relacionados. Para conocer las correlaciones entre los parámetros que se determinaron en este estudio y la posible existencia de grupos determinados por los factores estudiados (raza y RCS), se llevó a cabo un análisis estadístico multivariante. Se tuvieron en cuenta los valores correspondientes tanto a los parámetros físico-químicos (pH, acidez, lactosa, materia grasa, proteína total, extracto seco) como a los ácidos grasos (AGSC, AGSL, AGMI, AGPI) de todas las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2. Con estos datos se realizó una matriz de correlación y posteriormente un análisis de componentes principales.

4.1. MATRIZ DE CORRELACIÓN

La matriz de correlación elaborada con los datos correspondientes a los 10 parámetros determinados en la leche, mostró 22 correlaciones estadísticamente significativas, que son las que se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Matriz de correlación para los parámetros físico-químicos determinados en la leche de los años 1 y 2. Solamente se muestran los coeficientes con nivel de significación $P \leq 0,05$.

	pH	Acidez	ES	Grasa	Prots.	Lactosa	AGMI	AGPI	AGSC	AGSL
pH	1									
Acidez		1								
ES		0,354	1							
Grasa		0,389	0,846	1						
Prots.	0,342	0,495	0,428	0,283	1					
Lactosa	-0,376		-0,264		-0,526	1				
AGMI	0,273				0,276		1			
AGPI	-0,537					0,537		1		
AGSC							-0,725	-0,329	1	
AGSL		-0,259	-0,401	-0,405			0,492	0,269	-0,904	1

$P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$

De entre estas correlaciones, cabe destacar la ausencia de una correlación significativa y de signo negativo entre el pH y la acidez. Es de sobra conocido que éstos son dos parámetros relacionados, dado que el primero mide la concentración de iones $[H^+]$ procedentes de la disociación de los ácidos, mientras que el segundo mide la cantidad de

ácidos presentes (en este caso ácido láctico). Pero hay que tener en cuenta que la leche es un sistema tamponado, por lo que dicha relación no es directa. Esta capacidad tampón se debe principalmente a las proteínas, los ácidos orgánicos y los fosfatos (Fennema, 2000), de modo que la leche de oveja tiene incluso mayor capacidad tampón que la leche de vaca, ya que su contenido en minerales es superior (Luquet, 1991). La capacidad tampón de las proteínas y, por extensión, del extracto seco, podría explicar además las correlaciones de signo positivo encontradas para estos dos parámetros con el pH y la acidez.

El pH se correlacionó de forma negativa con la lactosa, lo que podría deberse a la influencia del RCS. Esto confirma los resultados obtenidos en los Apartados IV.2.2. y IV.2.4., especialmente para la raza Assaf, y coincide con los publicados por otros autores (Pirisi et al., 1996, 2000; Albenzio et al., 2004), de modo que el incremento del pH al aumentar los RCS podría deberse a los cambios que tienen lugar durante el desarrollo de la mastitis, los cuales provocan entre otras cosas, una menor formación lactosa. La disminución de este azúcar conllevaría una menor formación de ácido láctico por parte de los microorganismos presentes en la leche, y consecuentemente un pH más elevado.

La correlación del pH con proteínas y lactosa ya fue observada con anterioridad cuando se evaluó el efecto de la raza, ya que la leche de raza Assaf presentó los menores valores de pH y proteínas y las mayores concentraciones de lactosa, mientras que en las razas autóctonas sucedió lo contrario.

En cuanto al extracto seco, los coeficientes de signo positivo que lo correlacionaron con las proteínas y con la grasa, se deben principalmente a que el primero es un parámetro que está compuesto en gran parte por los dos segundos. El coeficiente que lo relaciona con la grasa es mucho mayor que el correspondiente a las proteínas, hasta el punto que fue uno de los más elevados, lo que indica la existencia de una estrecha relación entre grasa y ES. Esto en cierto modo es lógico, dado que la grasa es el componente mayoritario del ES. De hecho, estos resultados coinciden con los encontrados en el conjunto de la leche de la provincia de Zamora, que mostraron que el ES seguía la misma evolución a lo largo del año que la grasa (Figura 21, Figura 22).

La lactosa se correlacionó de forma negativa con el ES, a pesar de ser uno de los parámetros que lo constituyen, junto con grasa y proteínas. Esto se debió seguramente a la estrecha correlación negativa entre lactosa y proteínas que podría estar causada por el efecto del RCS, ya que como se vio anteriormente, al aumentar los RCS disminuyó la concentración de lactosa, mientras que los valores de proteínas no variaron de forma significativa.

Se observaron además numerosas correlaciones significativas entre los ácidos grasos, lo que se debió principalmente a que todos ellos se calcularon en términos relativos. Así, los AGSC se correlacionaron de forma negativa con el resto de los grupos de ácidos grasos, mientras que estos tres grupos se correlacionaron entre sí de forma positiva.

También existieron correlaciones entre los ácidos grasos y los parámetros físico-químicos, de modo que los AGPI se relacionaron con el pH de forma negativa, quizá debido a que éstos son los más susceptibles de sufrir oxidación, de la que resultan compuestos que provocarían un descenso del pH. Se observó además una correlación de signo positivo entre AGPI y lactosa. Estas correlaciones de AGPI con pH y lactosa obedecieron seguramente al efecto del RCS y en definitiva a reacciones de hidrólisis y oxidación más intensas, de manera que al aumentar los RCS aumentó el pH y disminuyó la concentración de lactosa y de ácidos grasos poliinsaturados.

4.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Tras realizar el análisis estadístico, se obtuvieron diez componentes principales, de entre las cuales las tres primeras, que fueron las únicas que presentaron un autovalor superior a 1, explicaron en conjunto el 73,05% de la variabilidad de los datos (Tabla 23).

En la Tabla 24 se muestran los coeficientes de las variables en cada una de las tres primeras componentes. En la componente 1, que explicó el 33,68% de la varianza de las muestras, la mayoría de las variables tuvieron un importante peso, suponiendo entre un 10% y un 13% sobre el total. Entre las variables más importantes, la acidez, ES, grasa, proteínas y ácidos saturados de cadena corta presentaron coeficientes positivos, lo que indica que se correlacionaron entre sí de forma directa; mientras que lactosa y ácidos saturados de cadena media y larga presentaron coeficientes negativos, por lo que la correlación fue directa entre ellos e inversa con los anteriormente citados.

Tabla 23. Resultados obtenidos para los dos primeros componentes principales tras el análisis estadístico de los datos correspondientes a la leche perteneciente a los años 1 y 2.

Componente	Autovalor	Porcentaje de varianza (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	3,368	33,68	33,68
2	2,304	23,04	56,73
3	1,633	16,33	73,05

En la componente 2, que explicó un 23,04% de la varianza, las variables con más peso fueron ácidos grasos saturados, tanto de cadena corta como de cadena media y larga, ácidos grasos monoinsaturados y proteínas. De entre ellos, los ácidos saturados de cadena corta fueron los únicos que presentaron un coeficiente negativo.

En la componente 3, que explicó un 16,33% de la varianza, las variables más importantes fueron pH, ES, grasa, lactosa y ácidos grasos poliinsaturados, de los que el pH fue el único que presentó coeficiente negativo.

Tabla 24. Coeficientes de los componentes 1 y 2 para cada uno de los parámetros determinados en la leche perteneciente a los años 1 y 2.

	CP1	%	CP2	%	CP3	%
pH	0,261	8,62	0,216	8,45	-0,424	16,65
Acidez	0,323	10,70	0,005	0,19	0,193	7,58
ES	0,386	12,76	0,161	6,30	0,400	15,72
Grasa	0,349	11,53	0,113	4,41	0,488	19,17
Proteínas	0,341	11,26	0,279	10,91	0,019	0,76
Lactosa	-0,323	10,69	-0,225	8,79	0,322	12,65
AGMI	-0,048	1,57	0,606	23,66	0,012	0,48
AGPI	-0,290	9,59	-0,052	2,03	0,511	20,07
AGSC	0,315	10,43	-0,510	19,91	-0,140	5,51
AGSL	-0,388	12,84	0,394	15,37	-0,036	1,42

Como se acaba de ver, los coeficientes que se muestran en la Tabla 24 confirman los resultados obtenidos en la matriz de correlación. Estas correlaciones son aún más claras en la Figura 35, en la que se representan las variables estudiadas en el plano formado por las componentes 1 y 2. Así, las variables situadas en el mismo cuadrante se

correlacionan entre sí de forma positiva, las que están separadas por 180° se correlacionan de forma negativa, mientras que las que están separadas por 90° son independientes entre sí (Cañeque et al., 2004). De este modo, pH, acidez, proteínas, grasa y ES se correlacionaron de forma positiva entre sí y de forma negativa con los ácidos grasos poliinsaturados y con la lactosa. Por otra parte, los ácidos saturados de cadena larga y los ácidos monoinsaturados se correlacionaron entre sí de forma positiva mientras que ambos se correlacionaron de forma negativa con los ácidos saturados de cadena corta. Además, estos tres grupos de ácidos grasos fueron independientes del contenido en ácidos grasos poliinsaturados y viceversa.

En la Figura 36 aparecen representadas todas las muestras de leche pertenecientes a los años 1 y 2 en el plano formado por la componente 1 (eje x) y la componente 2 (eje y). Como se puede observar, la componente 1 separa las muestras en dos grupos: el primero de ellos, con valores negativos en esta componente, formado por todas las muestras de raza Assaf y la mayoría de las muestras de raza Churra con RCS altos; el segundo de los grupos, con valores positivos, formado por la mayoría de las muestras de raza Castellana y por la mayoría de las muestras de raza Churra con RCS bajos y RCS medios.

Dentro del primer grupo, la mayoría de las muestras de raza Assaf, especialmente las de RCS bajos, se situaron en el tercer cuadrante, coincidiendo con la posición de ácidos grasos poliinsaturados y lactosa, ya que presentaron elevados valores de estos parámetros. Estas muestras se correlacionan de forma negativa con las situadas en el primer cuadrante, es decir, con aquellas que presentaron los valores más elevados de pH, acidez, grasa, proteínas y ES y también los valores más bajos de ácidos grasos poliinsaturados y lactosa, que fueron principalmente muestras de raza Castellana.

El resto de las muestras del primer grupo, entre las que estuvieron la mayoría de las muestras de raza Churra con RCS altos y algunas de las muestras de raza Assaf con RCS medios y RCS altos, se situó sobre el segundo cuadrante, coincidiendo con la posición de AGMI y AGSL ya que presentaron una elevada concentración de estos ácidos grasos y una baja concentración de AGSC, variable situada en el cuarto cuadrante. En este último cuadrante se encontraron principalmente algunas muestras de

raza Churra, principalmente las de RCS medios, aunque también alguna de RCS bajos y RCS altos, junto con alguna muestra de raza Castellana.

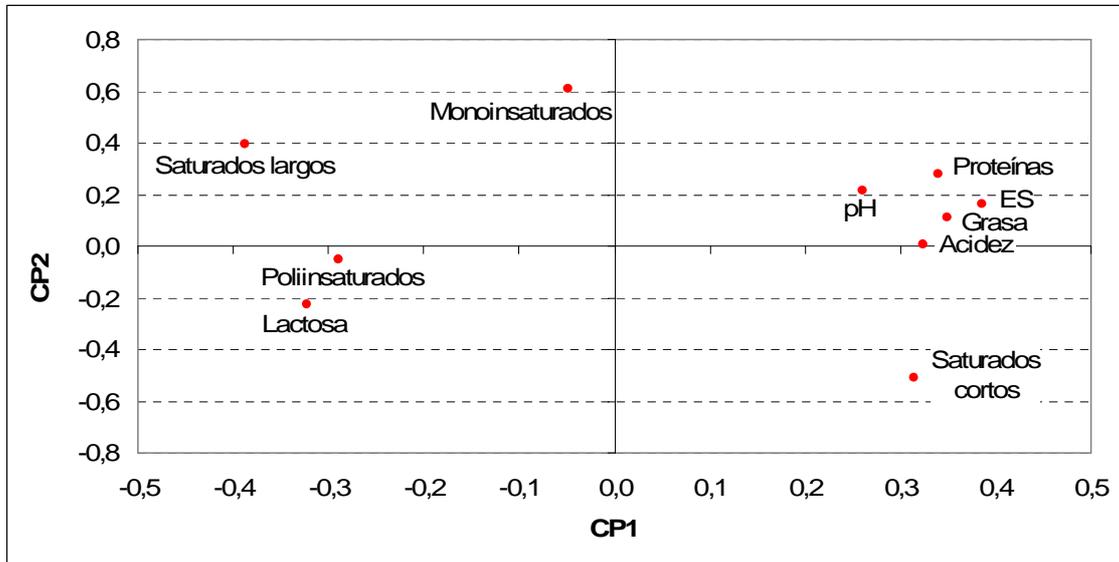


Figura 35. Peso las variables de la leche en el sistema formado por las componentes 1 y 2.

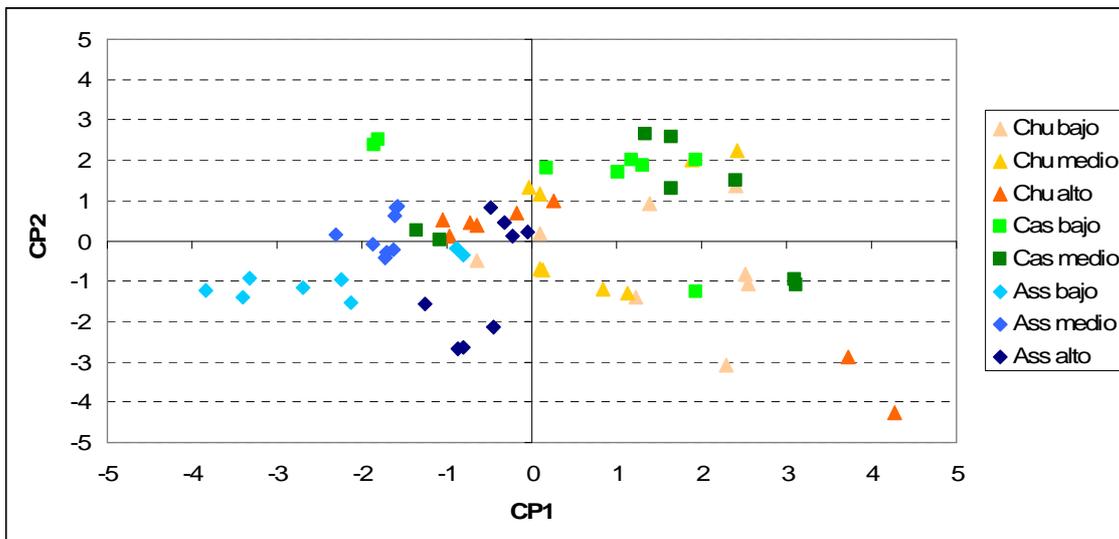


Figura 36. Diagrama de dispersión en el que se representan las muestras de leche correspondientes a los años 1 y 2 en el sistema formado por las componentes 1 y 2.

Parece por lo tanto que la diagonal de los cuadrantes 2 y 4 separó las muestras de leche de las razas Assaf y Castellana, mientras que la raza Churra presentó características intermedias. El hecho de que las muestras de raza Churra se sitúen en posiciones cercanas a las de raza Assaf podría explicarse porque las ovejas de raza Assaf elegidas

para este estudio fueron el resultado de un cruce (F_1) entre animales de raza Assaf y animales de raza Churra.

Por otra parte, también se observó una cierta separación en función de los RCS para las razas Assaf y Castellana según la componente 1, de modo que a mayor RCS las muestras se situaron más a la derecha, pero no así en la raza Churra.

5. ELABORACIÓN DE QUESO

A pesar de que la mayor parte de la leche de oveja que se produce se destina a la elaboración de queso, aún se conoce muy poco acerca de la relación entre el RCS y la idoneidad de la leche para este fin y en muchos casos los datos son contradictorios (Raynal-Ljutovac et al., 2007).

Según diversos estudios (Pirisi et al., 1996; Bencini y Pulina, 1997; Pellegrini et al., 1997; Ramos y Juárez, 2003; Jaramillo et al., 2008), elevados RCS afectan al proceso de elaboración del queso, ya que influyen sobre las características físico químicas de la leche de partida, tales como el pH, la concentración de proteína, el tamaño de la micela de caseína, la concentración de grasa la concentración de lactosa y la concentración de calcio y otros minerales. Algunos de estos cambios se han encontrado también en el presente estudio como consecuencia de los elevados RCS, entre los que destacan el aumento del valor del pH y, en raza Assaf, la disminución de la concentración de lactosa. A continuación se tratará de conocer si los elevados RCS afectaron al proceso de elaboración del queso.

5.1. TIEMPO DE COAGULACIÓN

El tiempo de coagulación se define como el que transcurre desde que se añade el cuajo a la leche hasta que se forma el coágulo. Según varios autores, este tiempo aumenta significativamente al incrementarse los RCS (Pirisi et al., 1996, 2000; Albenzio et al., 2004, 2005; Jaramillo et al., 2008).

Según el Reglamento de la Denominación de Origen Queso Zamorano (B.O.E. nº 120, 1993), el tiempo de coagulación de los quesos ha de ser de entre 30 y 45 minutos (a una temperatura de entre 28 y 32 °C). En este caso, los valores obtenidos (Tabla 25), estuvieron comprendidos entre los 28 minutos de Castellana con RCS bajos y los 41 minutos de Churra con RCS altos, ambas pertenecientes al año 2, resultados similares a los encontrados por Revilla et al. (2007) para queso Zamorano.

Solamente se encontraron diferencias significativas entre los tres grupos de RCS en la leche de raza Churra, de forma que el tiempo de coagulación aumentó con los RCS. Este resultado fue encontrado previamente por la mayoría de los autores (Raynal-

Ljutovac et al., 2007; Jaramillo et al., 2008), que apuntaron como causa más probable un elevado pH de la leche. Hay que tener en cuenta que en este estudio, a diferencia de los anteriores, el pH se estandarizó a 6,50. Algunos autores que estandarizaron el pH a 6,5, como Revilla et al. (2007) y Jaeggi et al. (2003), también observaron un aumento del tiempo de coagulación con los RCS, mientras que otros como Pirisi et al. (2000), no encontraron diferencias significativas, lo que coincidiría con los resultados aquí observados para las muestras de las razas Castellana y Assaf.

Tabla 25. Valores medios del tiempo de coagulación (minutos) para la leche.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	29,00±4,24 ^{a,1}	38,00±4,95 ^{b,1}	40,00±3,54 ^{b,1}
Año 1	Castellana	29,00±2,83 ^{a,1}	30,00±2,83 ^{a,1}	---
	Assaf	36,00±7,78 ^{a,1}	38,00±3,54 ^{a,1}	37,00±6,36 ^{a,1}
	Churra	29,00±4,34 ^{a,1}	39,00±3,23 ^{b,1}	41,00±2,32 ^{b,1}
Año 2	Castellana	28,00±3,43 ^{a,1}	33,00±1,33 ^{a,1}	---
	Assaf	37,00±6,54 ^{a,1}	36,00±3,21 ^{a,1}	38,00±2,82 ^{a,1}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Las muestras que presentaron un mayor tiempo de coagulación (Churra de RCS medios y RCS altos) presentaron inicialmente elevados valores de pH, y además bajas concentraciones de proteínas y extracto seco. Descartada la influencia del pH, ya que se estandarizó previamente, otras posibles causas del aumento del tiempo de coagulación en estas muestras podrían ser una baja concentración de caseínas (relacionada con el bajo contenido de proteínas) y/o una elevada hidratación de las micelas (como indica el bajo valor de ES), ya que la hidratación excesiva de las micelas hace que tengan demasiada estabilidad, lo que retrasa su precipitación (Pirisi et al., 2000).

Según otros autores (Pellegrini et al., 1997), otra posible causa del incremento del tiempo de coagulación en leche con elevados RCS podría ser la baja concentración de iones $[Ca^{2+}]$ que tiene la leche de animales mamíferos debido a alteraciones en el sistema de filtración de la ubre, aunque en este estudio no se determinó. Esta escasez de

calcio, dificulta la formación de la cuajada, ya que este elemento es esencial en el proceso.

En cuanto a la influencia de la raza, a primera vista los tiempos de coagulación de la leche de raza Assaf en el grupo de RCS bajos fueron superiores a los de las razas autóctonas, aunque las diferencias no fueron significativas en ningún caso. En el estudio publicado por Jaramillo et al. (2008), no se encontraron diferencias significativas entre las razas Guirra y Manchega.

5.2. RENDIMIENTO QUESERO

El rendimiento quesero (generalmente expresado en kilos de queso por 100 litros de leche) (Pirisi et al., 1994) se ve afectado por una gran cantidad de variables, aunque principalmente por la composición química de la leche de partida y más concretamente por la concentración de proteínas y, en menor medida, por el contenido graso (Barrón et al., 2001; Pulina et al., 2006; Jaramillo et al., 2008). Otro de los factores que influyen sobre el rendimiento quesero es el RCS, debido fundamentalmente a que su incremento altera la composición química de la leche (Saratsis et al., 1999). En general, altos RCS reducen notablemente el rendimiento quesero, debido a que aumentan la humedad y reducen la cantidad de caseína en la cuajada (Pulina et al., 2006).

Los valores de rendimiento quesero estuvieron comprendidos entre 20,79% de la muestra de raza Assaf con RCS medios perteneciente al año 2 y 26,34% de la muestra de raza Castellana con RCS medios del año 1 (Tabla 26).

Algunos autores que estudiaron el rendimiento quesero de leche de oveja, como Othmane et al. (2002), mostraron valores similares para leche de raza Churra (26,5%), de composición similar a la muestras de Churra con RCS bajos de este estudio. Otros autores obtuvieron rendimientos superiores en otras razas, como Jaramillo et al. (2008) para las razas Guirra (30%) y Manchega (29%); mientras que otros, como Barron et al. (2001), encontraron rendimientos inferiores en raza Latxa (19%). Aún así, todos estos valores son difícilmente comparables, ya que, además de la composición química de la leche, pueden influir otros factores, tales como el método de elaboración del queso.

No se encontraron diferencias significativas entre los valores de rendimiento quesero de la leche en función de los RCS en ninguno de los casos estudiados, lo que coincide con otros estudios previos (Pirisi et al., 2000; Revilla et al., 2007). Dadas las diferencias encontradas en la composición físico-química de la leche, habría podido esperarse lo contrario, tal y como señalan los resultados de algunos otros estudios previos (Raynal-Ljutovac et al., 2007). En principio, si el queso se elabora con leche de elevados RCS, se produce un deterioro de la cuajada durante la sinéresis, con un largo tiempo de coagulación y una agregación de la cuajada débil. Esto daría lugar al incremento del contenido de humedad en el queso (Auld et al., 1996; Rogers y Mitchell, 1994; Leitner et al., 2004; Jaeggi et al., 2003; Albenzio et al., 2004). Sin embargo, este incremento de la humedad atrapada en la cuajada, puede distorsionar el cálculo del rendimiento quesero (Rogers y Mitchell, 1994), lo que explicaría la ausencia de diferencias entre los distintos RCS estudiados. Como se verá en el Apartado IV.6.6., algunas muestras presentaron más humedad al aumentar los RCS, como las de Churra pertenecientes al año 1 y las de Castellana pertenecientes al año 2.

Tabla 26. Valores medios del rendimiento quesero de la leche (kg de queso/100 kg de leche).

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
	Churra	26,09±1,11 ^{a,1}	23,64±0,93 ^{a,1}	24,18±4,57 ^{a,1}
Año 1	Castellana	25,07±1,18 ^{a,1}	26,34±1,48 ^{a,1}	---
	Assaf	22,85±1,79 ^{a,1}	22,29±0,01 ^{a,1}	22,22±1,06 ^{a,1}
	Churra	25,21±0,13 ^{a,j}	22,43±0,14 ^{a,1}	21,02±2,34 ^{a,1}
Año 2	Castellana	23,88±0,73 ^{a,j}	23,21±3,81 ^{a,1}	---
	Assaf	21,88±0,26 ^{a,1}	20,79±3,50 ^{a,1}	22,76±2,07 ^{a,1}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

La raza Assaf presentó en general los menores rendimientos, aunque las diferencias solamente fueron significativas para la leche de RCS bajos del año 2, que presentó un rendimiento quesero inferior al de las razas autóctonas, debido probablemente al menor contenido de proteínas, grasa y extracto seco.

6. QUESO. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y EVOLUCIÓN A LO LARGO DE LA MADURACIÓN

6.1. pH

Los valores de pH, en general se movieron dentro de un rango de entre 5,20 y 5,50, a lo largo de toda la maduración, aunque con algunas excepciones.

Tan sólo 24 horas después de la elaboración, durante la cual el pH se estandarizó a 6,5, los valores descendieron hasta un rango de aproximadamente 5,40-5,60, con la excepción de la muestra de Assaf con RCS altos del año 2, cuyo valor fue 5,73. La evolución del pH se caracterizó por un descenso inicial que se prolongó hasta el mes 1 ó 2 e incluso hasta el 3 en algunas muestras (como la de Castellana de RCS bajos perteneciente al año 2), seguido por un repunte aproximadamente en el mes 3 ó 4 en las muestras de evolución más lenta, para luego volver a descender.

El descenso inicial, que se debe al aumento de la concentración de ácido láctico formado a partir de lactosa por la acción de bacterias ácido-lácticas, fue menos acusado que en otras variedades de queso en las que la concentración inicial de lactosa es mayor, como en el queso Serra da Estrela (Freitas et al., 2000). El repunte posterior del pH obedece a varias causas, como son: el agotamiento paulatino de la lactosa, ya que a partir del segundo mes de maduración ya no se detectó su presencia, la disminución de la concentración de ácido láctico, que sirve como sustrato a la flora superficial (Adda, 1982; McSweeney y Fox, 1993) y los fenómenos proteolíticos, que liberan compuestos neutros o alcalinos como grupos carboxilo y amino (Pavia et al., 1999; Sousa et al., 2001).

En general el descenso del pH fue más acusado a partir del mes 6 para el año 1 y a partir del mes 3 para el año 2. Los valores se movieron en el mismo rango durante los dos años, aunque durante el año 2 se observó una variabilidad mucho mayor, tanto entre las diferentes muestras en la misma etapa de maduración, como entre los valores de cada muestra a lo largo del año. En definitiva, la tendencia fue descendente hasta el mes 9. Entre el mes 9 y el mes 12 la evolución del pH sufrió una variación, de modo que en general se observó un marcado descenso, especialmente durante el año 1, que podría

deberse a los compuestos resultantes de los fenómenos de lipólisis. En el año 2 se observó para el mismo periodo de maduración un descenso del pH en las muestras de RCS bajos, mientras que el pH de las muestras de RCS medios y RCS altos aumentó, quizá como consecuencia de una mayor acumulación de grupos carboxilo y amino derivados de una proteólisis más intensa.

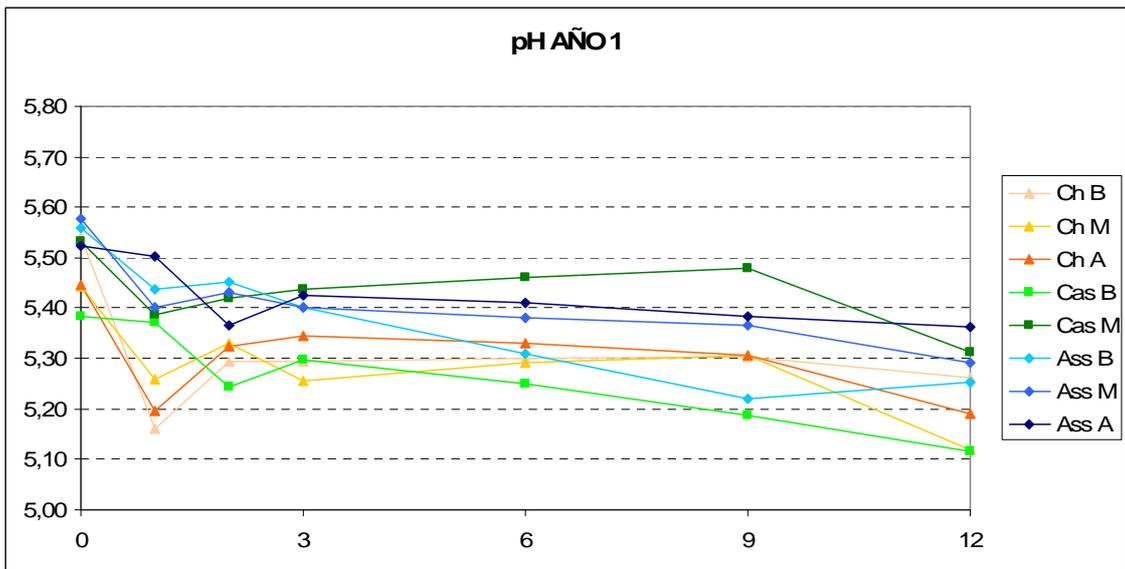


Figura 37. Valores medios de pH determinados en las muestras de queso del año 1 a lo largo de la maduración.

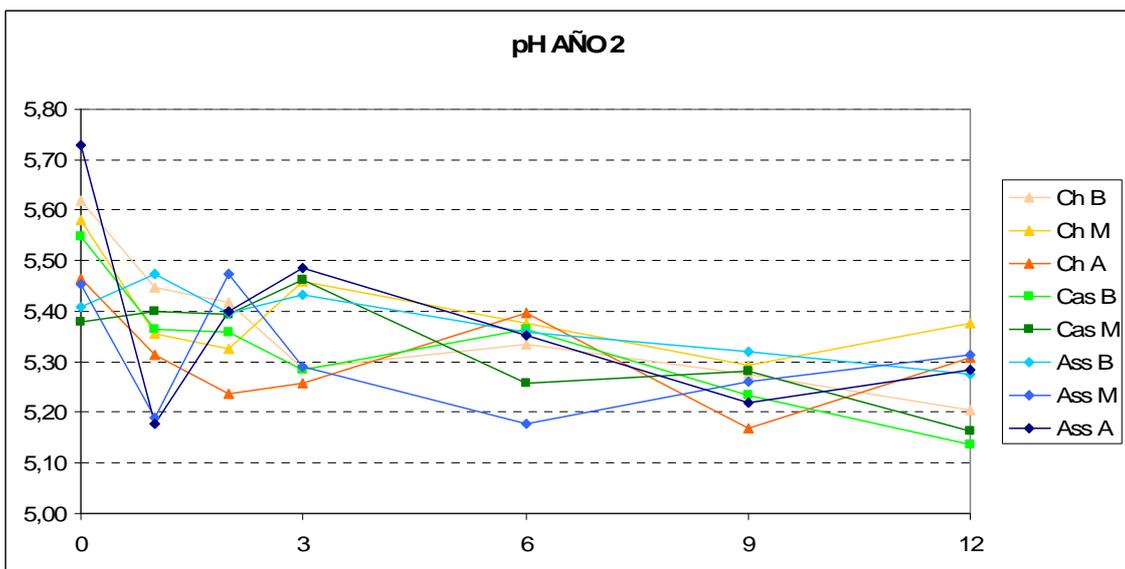


Figura 38. Valores medios de pH determinados en las muestras de queso del año 2 a lo largo de la maduración.

En definitiva, la evolución del pH durante los dos primeros meses depende principalmente del metabolismo de lactosa, lactato y citrato. En los meses posteriores el descenso más o menos temprano y acusado del pH depende del equilibrio de los fenómenos de proteólisis y lipólisis. A partir de cierto momento empieza a tener cada vez mayor importancia la lipólisis que libera ácidos grasos libres, lo cual produce en primera instancia el cese del aumento para luego observarse un descenso del pH.

Se observó que las muestras con los mayores valores de índice de acidez fueron las que experimentaron un mayor aumento del pH ($P=0,0081$), debido a que al incrementarse los RCS aumentan tanto los fenómenos de proteólisis como los de lipólisis (Jaeggi et al., 2003), tal y como se verá más adelante.

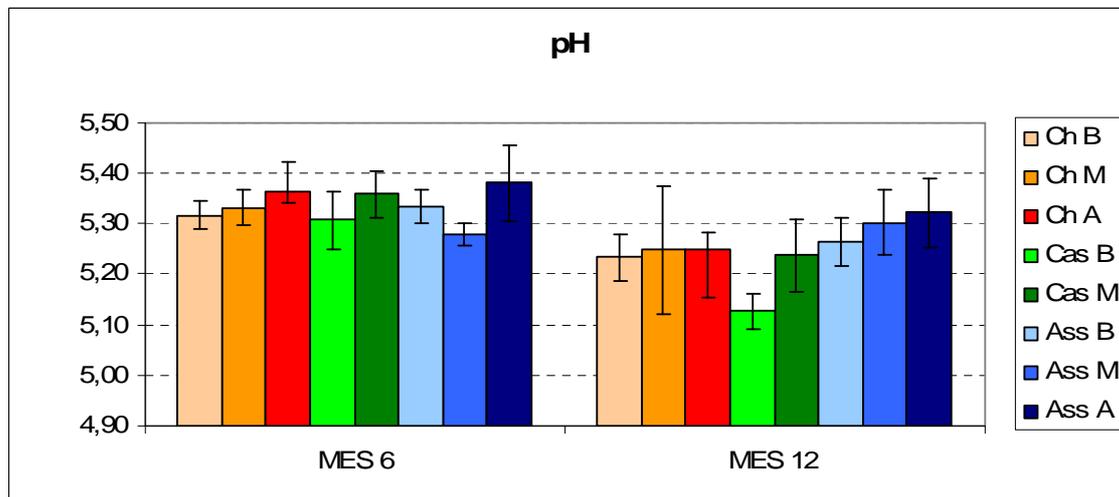


Figura 39. Valores medios de pH para los quesos de los años 1 y 2.

En general los valores fueron más bajos en todas las etapas de la maduración que los observados por Ferrazza et al. (2004) para queso Zamorano, debido probablemente a que en ese caso la leche de partida se pasteurizó y además el método de elaboración varió ligeramente (algunos factores fueron diferentes, concretamente: uno de los cultivos iniciadores, el tamaño del queso, la fuerza del cuajo, la concentración de la salmuera, la presión y tiempo de prensado). Por el contrario, Revilla et al. (2007) observaron menores valores de pH en queso Zamorano. Aún así, en este caso estuvieron en todo momento entre los límites marcados por la D.O. Queso Zamorano, es decir entre 5,1 y 5,8.

En la mayoría de los casos en los que se encontraron diferencias significativas entre los grupos de RCS, el valor del pH aumentó al incrementarse los RCS, lo que coincide con los resultados publicados por Pirisi et al. (2000) para queso de oveja. Esto se puede observar en la Figura 39, en la que tanto a los 6 meses como a los 12 meses se aprecia una clara tendencia a presentar un pH más elevado en los RCS altos para todas las razas. Esto fue debido seguramente a una mayor concentración de grupos carboxilo y amino en los quesos de RCS medios y RCS altos como consecuencia de una proteólisis más intensa. Sin embargo, también hubo casos en los que no se encontraron diferencias entre los grupos de RCS, como en la raza Churra durante el año 1 (Anexo 4) o bien las diferencias no siguieron esta tendencia, como en la raza Castellana durante el año 2, lo que se explicaría por la influencia de la lipólisis.

Como se puede apreciar en la Figura 39, se encontraron algunas diferencias significativas con respecto a la raza, de modo que en el mes 12 de maduración los quesos de la raza Assaf presentaron un valor de pH más elevado que el de las razas autóctonas. Se encontraron diferencias significativas también en los meses 0 y 6, pero fueron distintas para cada año de elaboración.

6.2. LACTOSA

En el queso la cantidad de lactosa depende de la composición de la leche de partida, pero también del drenaje del suero tras la elaboración y del grado de degradación de la lactosa presente en la cuajada (Franco et al., 2001). A medida que avanza la maduración, principalmente durante los 30 primeros días, las bacterias ácido lácticas transforman este disacárido en ácido láctico, y también en otros compuestos como ácido acético, etanol, diacetilo y dióxido de carbono, de manera que el metabolismo de la lactosa es fundamental en la caracterización de cada variedad de queso (McSweeney y Sousa, 2000; Franco et al., 2001; Marilley et al., 2004).

La fermentación llevada a cabo por las bacterias ácido-lácticas, junto con las pérdidas sufridas en el suero durante el proceso de elaboración, provocaron que la concentración de lactosa durante el mes 0 presentara valores muy inferiores a los de la leche de partida, concretamente entre 0,37% y 0,94%. La acción de las bacterias se prolongó al menos hasta el primer mes de maduración y como consecuencia de ello la concentración de lactosa disminuyó notablemente hasta alcanzar valores de entre 0,15% y 0,43%.

Como se puede apreciar en la Figura 40 y en la Figura 41, en el mes 2 ya no se detectó la presencia de lactosa, lo que coincide con los resultados encontrados previamente por algunos autores como Revilla et al. (2007).

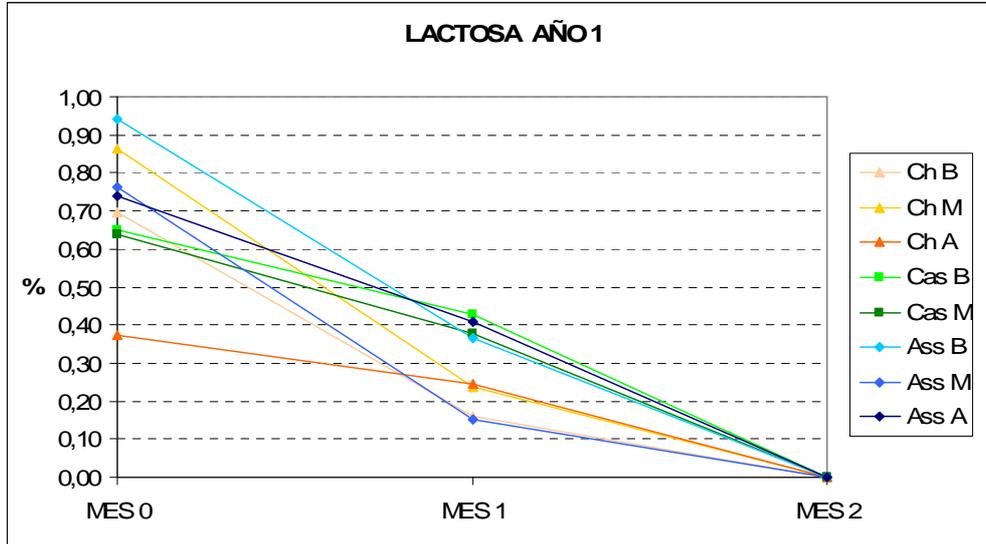


Figura 40. Lactosa (%) de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.

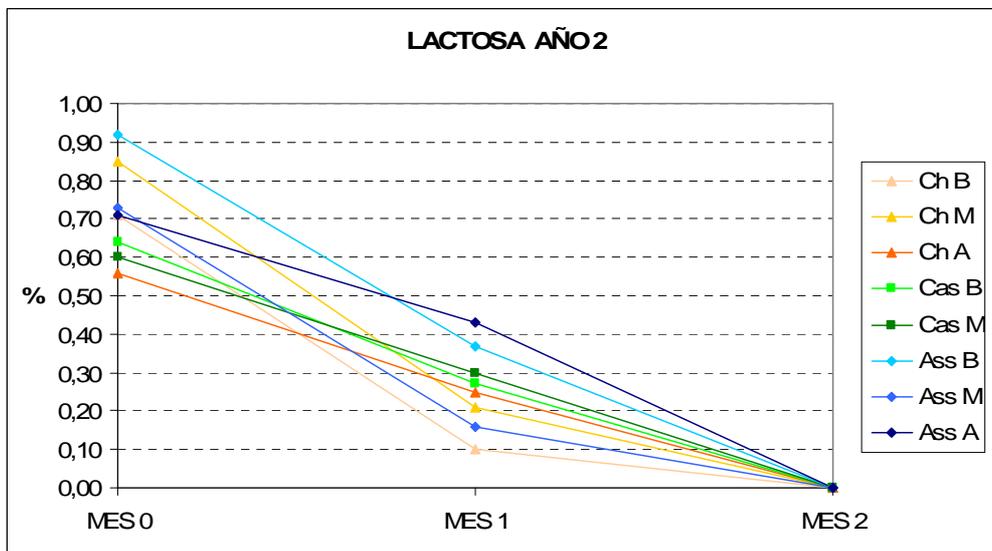


Figura 41. Lactosa (%) de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.

En el mes 0 se encontraron algunas diferencias significativas entre los grupos de RCS, de modo que entre las muestras de raza Churra el grupo de RCS altos fue el que contuvo menos cantidad de lactosa. Entre las muestras de raza Assaf fue este grupo de RCS altos, junto con el de RCS medios los que presentaron las menores concentraciones. Estos resultados podrían deberse a que, como ya se vio con anterioridad, la leche de

elevados RCS presentó también menor concentración de lactosa. Según Fernández-García et al. (1994), que encontraron resultados similares en queso Manchego fresco, la concentración de lactosa es menor cuando aumenta la cantidad de proteasas y lipasas, tal y como se ha observado en leche de elevados RCS (Hurley et al., 2000; Albenzio et al., 2004; Azzara y Dimick, 1989; Duncan et al., 1991).

Durante el mes 1, solamente se apreciaron diferencias entre los RCS en la raza Assaf, donde el grupo de RCS medios presentó la menor cantidad de lactosa.

Con respecto a la raza, en el mes 0 los quesos de raza Assaf presentaron en general mayor concentración de lactosa que los de las razas autóctonas, al igual que sucedió en la leche de origen. En el mes 1 estas diferencias se mantuvieron, aunque solamente fueron significativas entre los quesos de RCS bajos.

6.3. GRASA

La cantidad de grasa, expresada en función del ES de las muestras, estuvo comprendida aproximadamente entre 50-55% durante el año 1 y entre 52-58% durante el año 2, valores en algunos casos similares y en otros casos superiores a los encontrados por otros autores en queso Zamorano (Barron et al., 2005; Revilla et al., 2007). Así, tanto en las muestras de razas autóctonas como en las de raza Assaf, los valores estuvieron en todo momento por encima del límite inferior de 45% sobre extracto seco impuesto por el Consejo Regulador de la D.O. Queso Zamorano (BOE nº 120, 1993).

A lo largo de la maduración (Figura 42 y Figura 43) se apreciaron pequeñas variaciones en los valores, pero en ningún caso fueron estadísticamente significativas, por lo que se puede afirmar que la cantidad de grasa se mantuvo constante. Así, al igual que en estudio realizado por Georgala et al. (2005) en queso Feta, los cambios más importantes que tuvieron lugar en la fracción grasa a lo largo de la maduración no fueron cuantitativos, sino cualitativos, comprendiendo principalmente reacciones de lipólisis.

Como se puede observar en la Figura 45, en el año 2 se encontraron diferencias significativas entre los tres grupos de RCS, especialmente en el mes 6 de maduración, de manera que la concentración de grasa disminuyó al aumentar los RCS. Estas diferencias, que se mantuvieron en el mes 12 para los quesos de raza Assaf, fueron

debidas seguramente a las que se encontraron en la leche de partida, ya que se apreciaron en el queso desde el mes 0. Estos resultados coinciden con los encontrados previamente por otros autores para queso de oveja (Pirisi et al., 2000; Jaeggi et al., 2003).

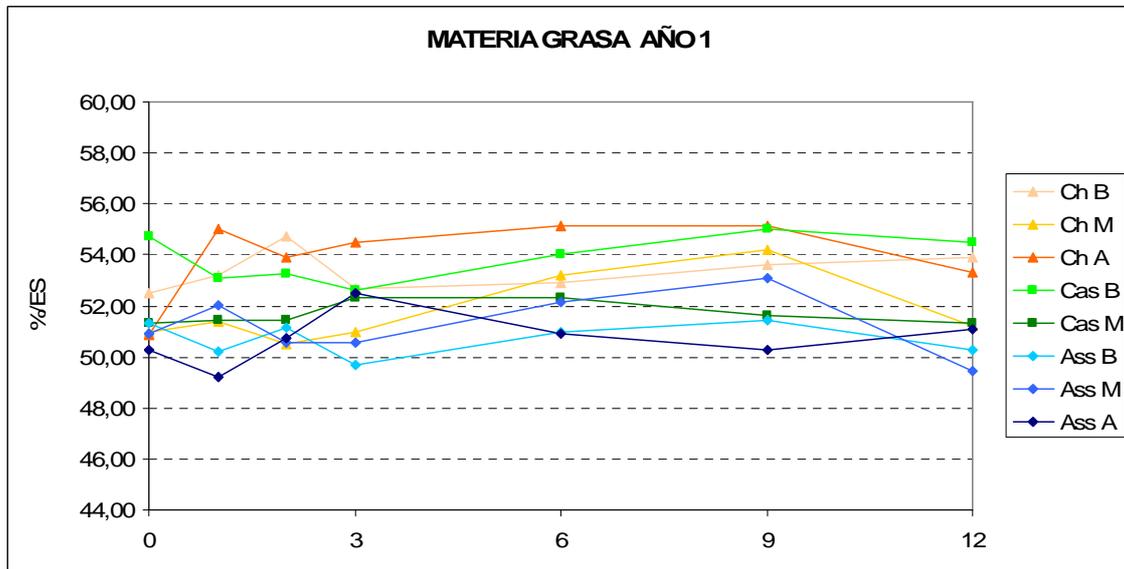


Figura 42. Materia grasa (%ES) de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.

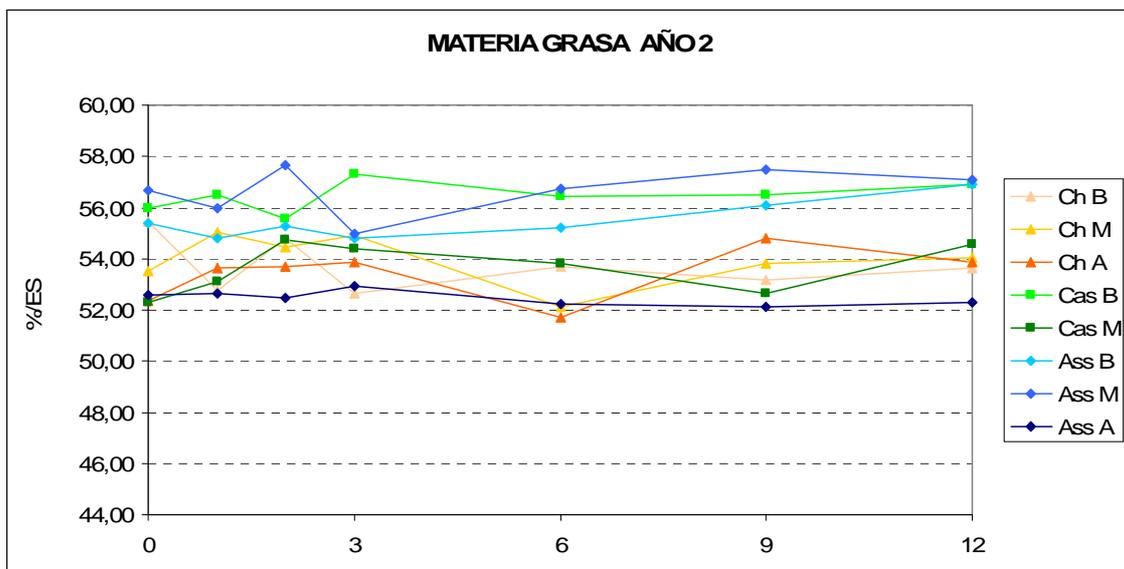


Figura 43. Materia grasa (%ES) de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.

Por otra parte, en los quesos pertenecientes al año 1 (Figura 46) se apreció también un ligero descenso de la concentración de grasa al aumentar los RCS, aunque en este caso las diferencias no fueron significativas.

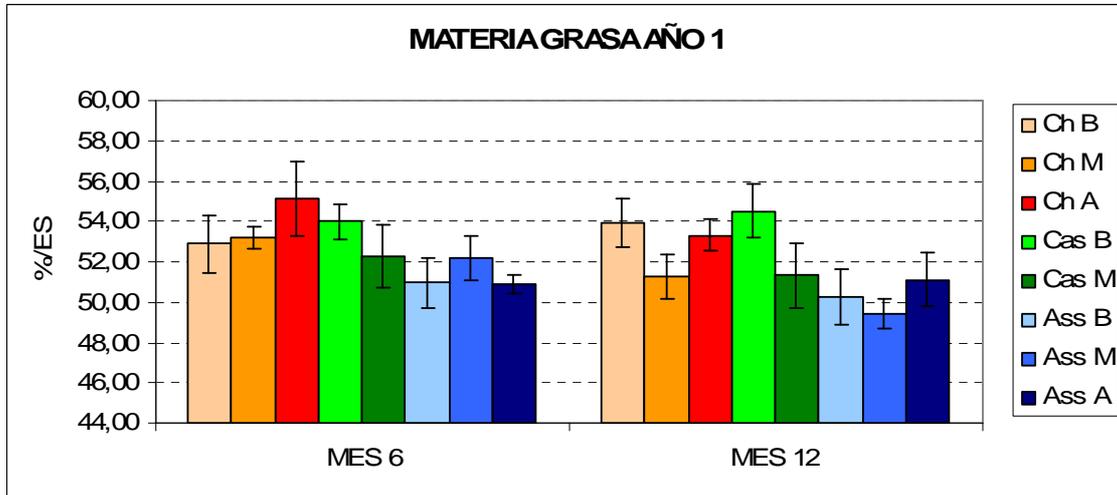


Figura 44. Contenido medio de materia grasa (%ES) en los quesos del año 1.

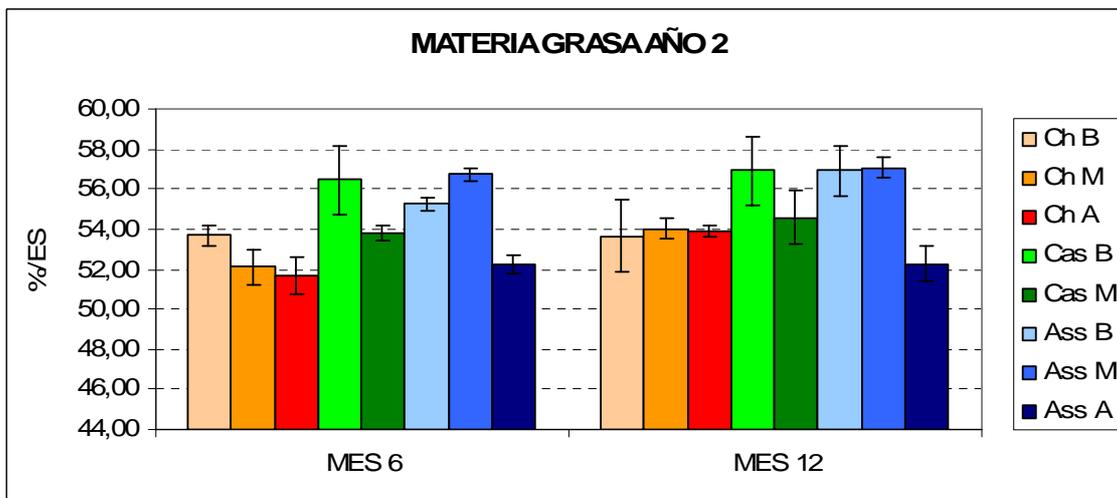


Figura 45. Contenido medio de materia grasa (%ES) en los quesos del año 2.

Con respecto a la raza apenas se encontraron diferencias significativas en el mes 0. Sin embargo en otros meses sí se observaron diferencias, aunque los resultados fueron diferentes para cada año. Así el año 1 las diferencias solamente fueron significativas a los 12 meses de maduración, de manera que la raza Assaf presentó menor concentración de grasa que las razas autóctonas. En cuanto al año 2, las diferencias se encontraron en

los meses 6 y 12 donde los quesos de raza Churra presentaron menores concentraciones de grasa que los de las razas Castellana y Assaf.

6.4. ACIDEZ DE LA GRASA

El índice de acidez de la grasa, que se utiliza como indicador del grado de lipólisis, presentó valores por debajo de 2 mg KOH/g grasa hasta el segundo mes de maduración, a partir del cual se observó un incremento muy acusado, especialmente en las muestras de RCS medios y RCS altos (Figura 46 y Figura 47). Este incremento que coincide con el observado por Freitas et al. (1998) en queso Picante, fue prácticamente constante hasta el mes 9, a partir del cual en algunos casos el valor no varió, lo que indicaría una lipólisis menos intensa en esas muestras, como sucedió por ejemplo en los quesos de raza Churra con RCS altos pertenecientes al año 2.

El suave incremento de los valores del índice de acidez durante los dos primeros meses de maduración indica que durante ese tiempo el grado de lipólisis no fue muy elevado. Esto se debe a que la bajada del pH como consecuencia de la fermentación de la lactosa, provoca la migración de fosfatos y calcio desde la micela de caseína a la fracción soluble, lo que disminuye temporalmente la actividad de los enzimas lipolíticos y proteolíticos (Mocquot, 1971).

Por otra parte, como se puede apreciar en la Figura 46 y en la Figura 47, durante el año 1 la lipólisis fue más intensa que en el año 2, ya que los valores del índice de acidez fueron más elevados a lo largo de la maduración, llegando a alcanzar unos valores finales de entre 6,75 y 19,88 mg KOH/g grasa en el año 1, frente al rango de 4,04-13,56 mg KOH/g grasa del año 2.

Los valores obtenidos para los quesos de RCS bajos fueron similares a los observados por Arenas et al. (2004) para queso Zamorano elaborado con leche cruda. Sin embargo, en las muestras con RCS medios y RCS altos los valores fueron significativamente superiores (Figura 48 y Figura 49), especialmente durante el año 1 donde estas diferencias se apreciaron desde el mes 0. Como se acaba de mencionar, el índice de acidez aumentó a lo largo de la maduración en todos los quesos, siendo este aumento más acusado cuanto mayores eran los RCS. Estos resultados indicarían un mayor grado

de lipólisis al aumentar los RCS, debido a una mayor presencia de enzimas lipolíticos, como ya apuntaron Jaeggi et al. (2003).

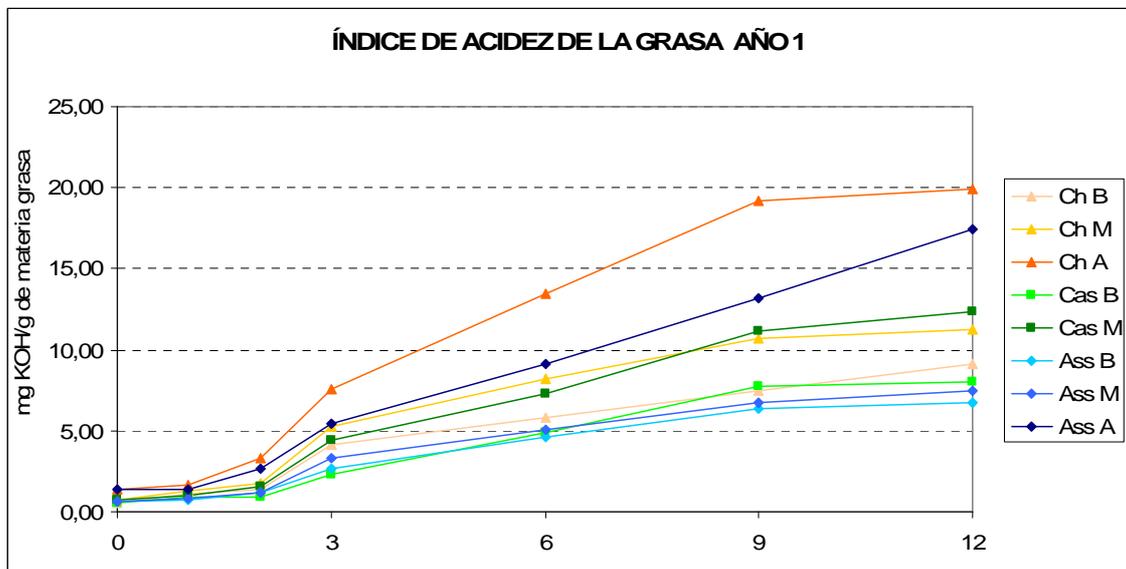


Figura 46. Índice de acidez (mg KOH/g de materia grasa) de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.

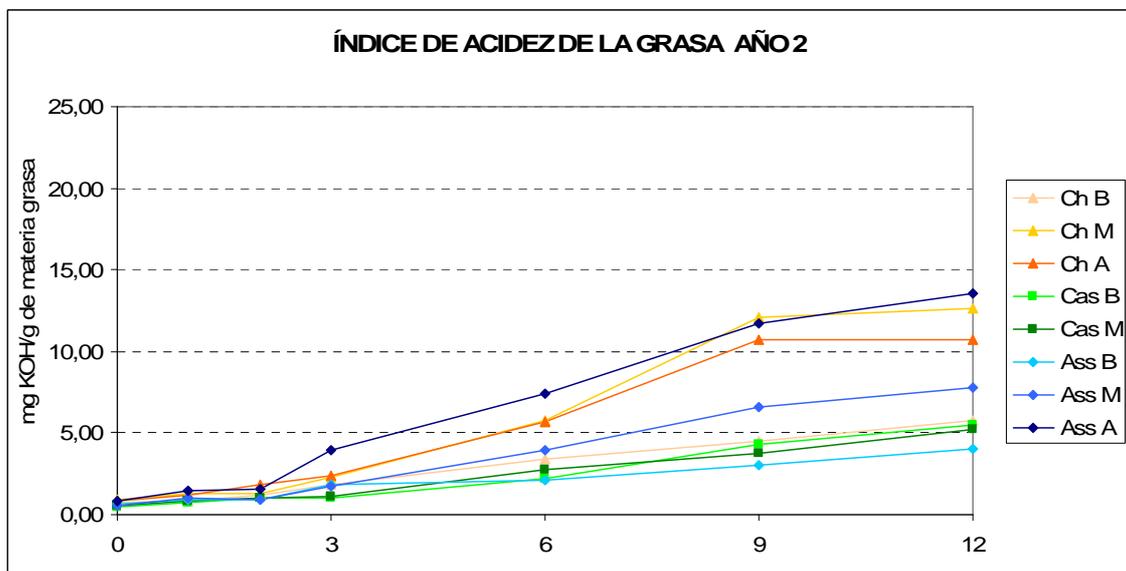


Figura 47. Índice de acidez (mg KOH/g de materia grasa) de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.

Por otra parte, apenas se apreciaron diferencias significativas entre las tres razas a lo largo de la maduración, lo que indicaría que la raza no influyó sobre la lipólisis.

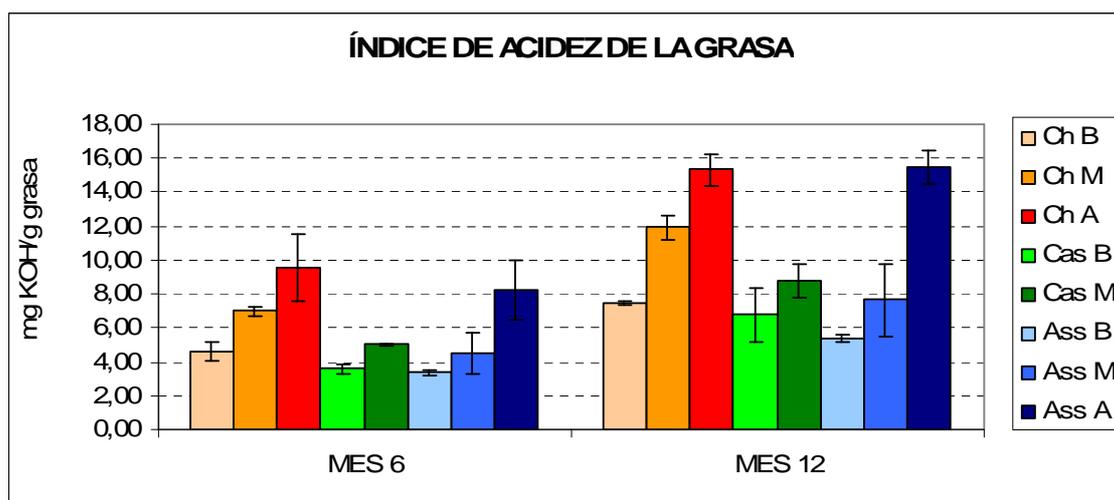


Figura 48. Valores medios de índice de acidez de la grasa (mg KOH/g de grasa) para los quesos pertenecientes a los años 1 y 2.

Como se verá posteriormente, cierto grado de lipólisis es positivo en los quesos de larga maduración, ya que contribuye a la liberación de compuestos que juegan un papel muy importante en su flavor característico (Arenas et al., 2004), aunque si éste es excesivo, se pueden formar aromas y sabores desagradables. De hecho, elevados valores del índice de acidez de la grasa se asocian con la presencia de ácidos grasos de cadena corta y por lo tanto con sabores rancios (Park, 2001; Jaeggi et al., 2003).

6.5. PROTEÍNA TOTAL

Las concentraciones de proteína total estuvieron comprendidas entre 36% y 44%, con respecto al ES, a lo largo de toda la maduración. Si se comparan estos valores con los observados en queso Zamorano por otros autores, Revilla et al. (2007) encontraron valores muy similares, mientras que otros como Etayo et al. (2006) o Barron et al. (2005) encontraron valores superiores, debidos probablemente a diferencias estacionales y/o del estado de lactación. En otros quesos mediterráneos como Manchego, Idiazabal (Etayo et al., 2006), Canestrato Pugliese, Fiore Sardo, Pecorino Romano (Di Cagno et al., 2003) también se encontraron concentraciones similares a las aquí observadas.

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en el contenido de proteínas a lo largo de la maduración (Figura 49, Figura 50). Así, los cambios se habrían producido en las diferentes fracciones proteicas debido a fenómenos de proteolisis, como observaron previamente otros autores como Revilla et al. (2007) en queso de oveja y Prieto et al. (2002) en queso de vaca.

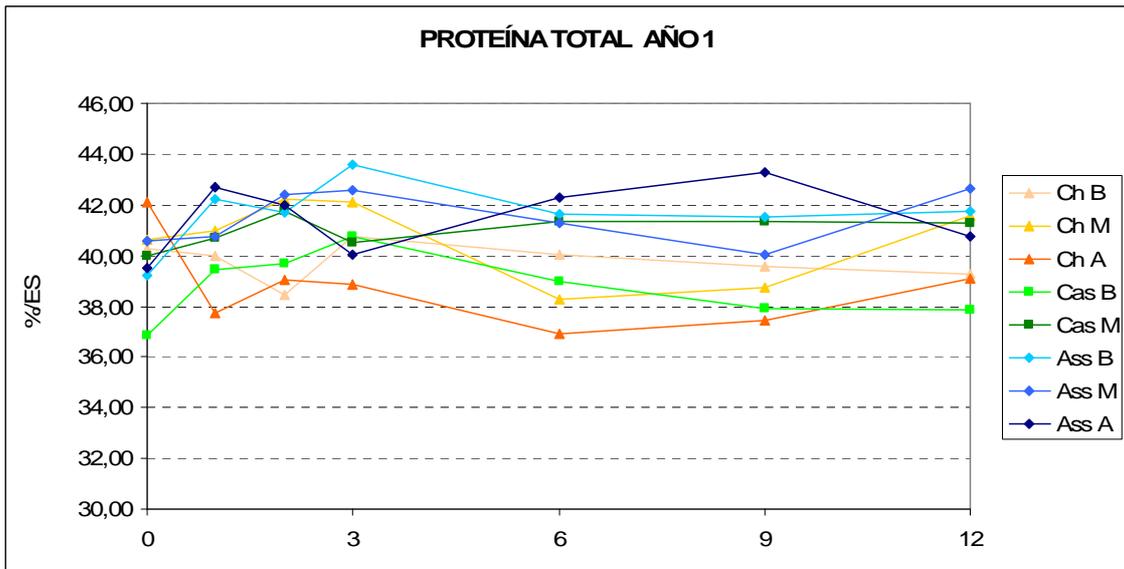


Figura 49. Proteínas (%ES) de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.

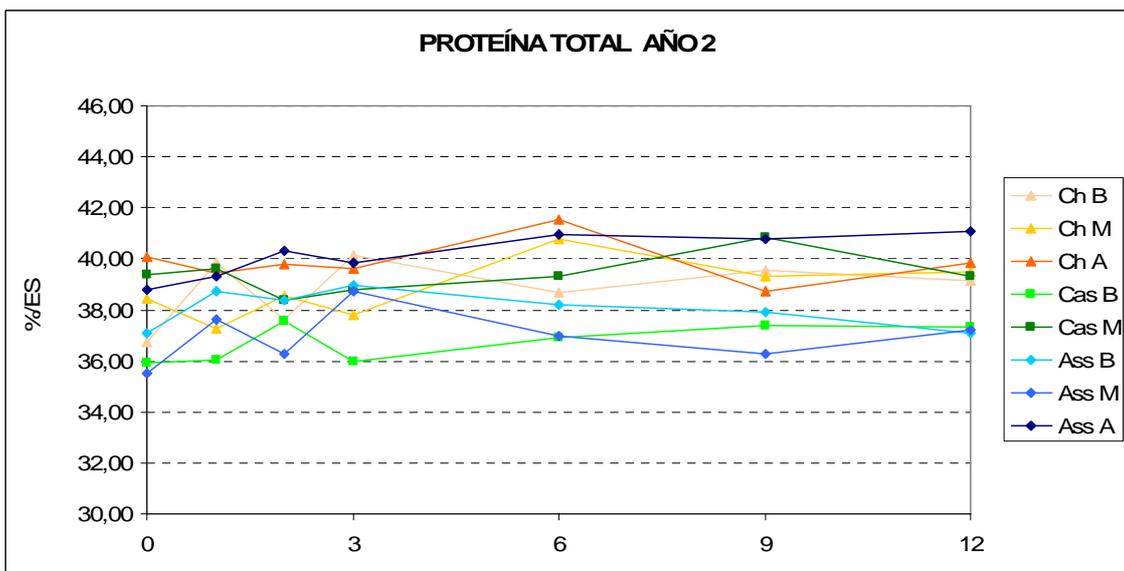


Figura 50. Proteínas (%ES) de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.

Así, la mayoría de los autores no encontraron diferencias en el contenido de proteína total entre distintos grupos de RCS, aunque en general sí las encontraron en las fracciones caseicas, en especial en las β -caseínas que son las que mayor grado de proteolisis sufren durante la maduración. Se observan así menores valores residuales de caseínas a medida que aumentan los RCS, ya que el grado de proteolisis aumentó con el RCS (Pirisi et al., 2000; Jaeggi et al. 2003; Marino et al., 2005; Revilla et al., 2007). En este caso, a diferencia de los anteriores, se encontraron algunas diferencias significativas en la concentración de proteína total, de manera que en los quesos de raza

Castellana los valores aumentaron con los RCS, debido probablemente a las diferencias encontradas en la leche de partida. En las razas Churra y Assaf, también se encontraron algunas diferencias significativas entre los grupos de RCS, aunque no se apreció una tendencia clara (Figura 51).

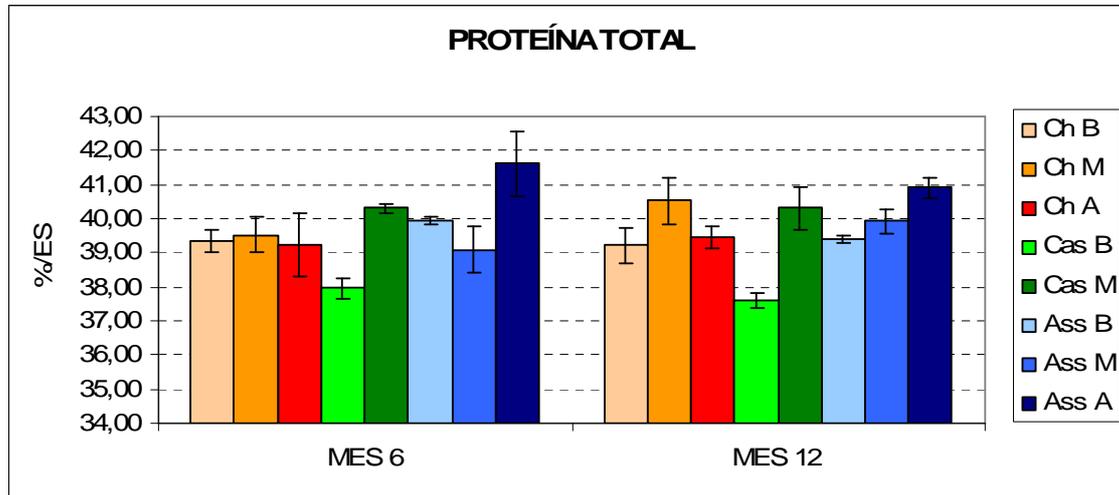


Figura 51. Contenido en proteína total (%ES) de los quesos pertenecientes a los años 1 y 2.

Respecto a la raza apenas se encontraron diferencias significativas, ya que dentro de cada raza los valores de los distintos grupos de RCS se compensaron entre sí.

6.6. EXTRACTO SECO

El Consejo Regulador de la D.O. Queso Zamorano establece un límite mínimo de 55% de ES en quesos de al menos 100 días de maduración. En este caso, la concentración de ES fue desde 55,71-64,63% en el mes 0, hasta 81,53-86,28% en el mes 12. Solamente los valores iniciales coincidieron con los obtenidos por otros autores para queso Zamorano, ya que a medida que avanzó la maduración, el incremento del ES fue notablemente mayor en este caso (Ferrazza et al., 2004; Barron et al., 2005; Etayo et al., 2006). Esto se debió probablemente a que el tamaño de los quesos elaborados para la realización de este estudio fue menor, por lo que la pérdida de humedad es mayor y se produce de forma más rápida.

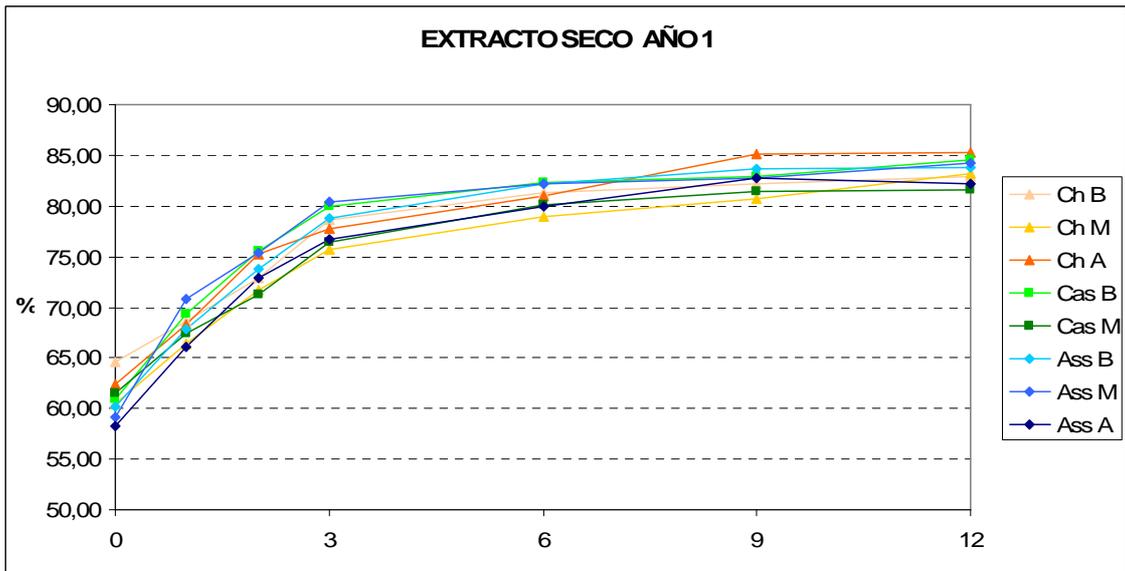


Figura 52. Extracto seco (%) de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.

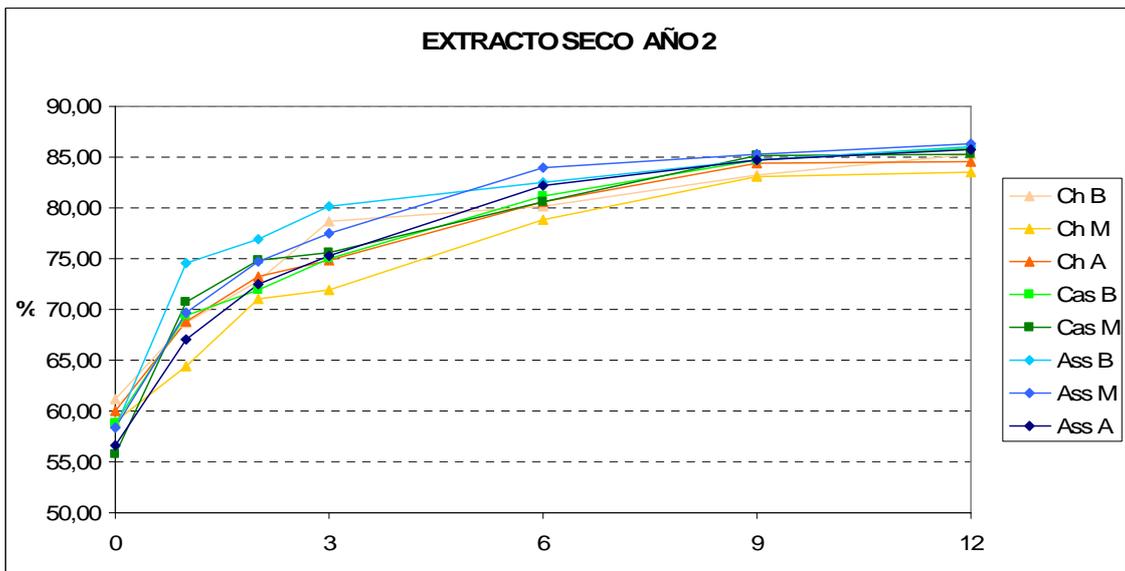


Figura 53. Extracto seco (%) de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.

Si se observan los datos obtenidos para el ES, representados en la Figura 52 y en la Figura 53, se pueden distinguir tres etapas: una que comprende los tres primeros meses de maduración, donde la pendiente es muy pronunciada, es decir, los valores de ES aumentaron drásticamente (desde 55,71-64,63% en el mes 0 hasta 71,85-80,37% en el mes 3), lo que indica que los quesos perdieron mucha humedad en poco tiempo. En la siguiente etapa, entre los meses 3 y 9, la pendiente es más moderada, debido a que esta pérdida de humedad fue menor y no se produjo de una forma tan rápida. Finalmente, en

el periodo que va desde los 9 hasta los 12 meses de maduración, la pendiente es casi nula, es decir, los valores de ES permanecieron prácticamente constantes.

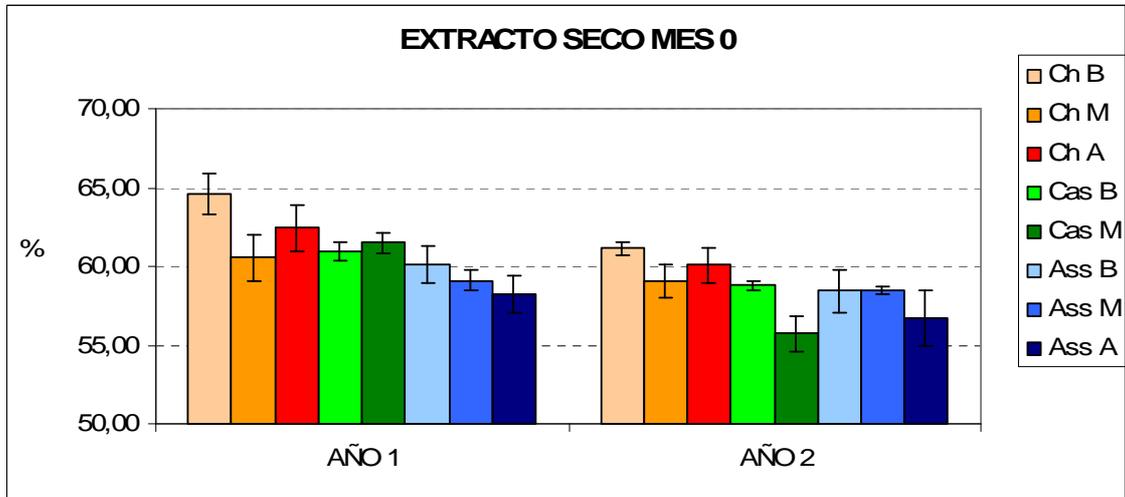


Figura 54. Valores medios de ES (%) obtenidos en los quesos durante el mes 0.

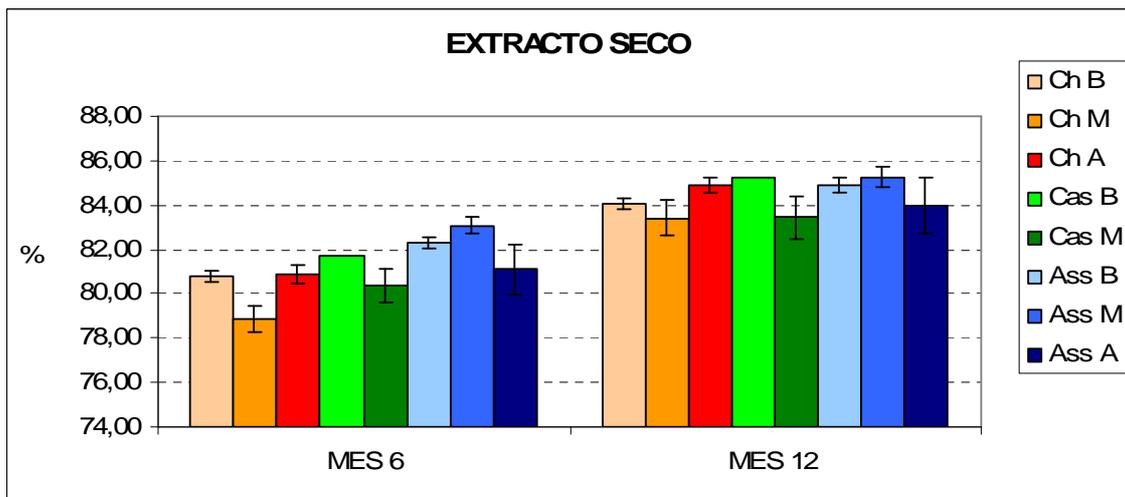


Figura 55. Valores medios de ES (%) para los quesos de los años 1 y 2.

Las diferencias entre los grupos de RCS encontradas en los quesos del mes 0 estuvieron en consonancia con los de la leche de partida (Apartado IV.2.7.), de modo que aunque dichas diferencias no fueron significativas en todos los casos, se observó una tendencia a la disminución del ES al aumentar los RCS (Figura 54). Como ya se mencionó con anterioridad, si el queso se elabora con leche de elevados RCS, se produce un deterioro de la cuajada durante la sinéresis, con un largo tiempo de coagulación y una agregación de la cuajada débil, lo que daría lugar a un mayor contenido de humedad (Auldíst et al.,

1996; Rogers y Mitchell, 1994; Pirisi et al. 2000; Leitner et al., 2004; Jaeggi et al., 2003; Albenzio et al., 2004). Como se puede apreciar en la Figura 54, algunas muestras de RCS medios y RCS altos, como las de raza Churra en el año 1 y las de raza Castellana en el año 2, presentaron una humedad significativamente más alta que las de RCS bajos, lo que podría haber distorsionado el cálculo del rendimiento quesero.

A lo largo de la maduración, para los quesos de las razas autóctonas los valores más bajos de ES se encontraron en las muestras con RCS medios, mientras que en la raza Assaf los valores más bajos correspondieron al grupo de RCS altos (Figura 55). Estos resultados, que coinciden con los publicados por otros autores (Pirisi et al., 2000; Jaeggi et al. 2003), han de ser tenidos en cuenta, ya que un elevado contenido en humedad puede favorecer y acelerar los fenómenos de proteólisis, y más concretamente la hidrólisis de β -caseína (Creamer, 1970; Jaeggi et al., 2003).

Con respecto a la raza, las diferencias observadas en los quesos correspondientes al mes 0 también coincidieron con las que se apreciaron en la leche, de manera que la raza Churra fue la que presentó los mayores valores de ES, aunque las diferencias no fueron significativas en todos los casos. En algunas muestras, dichas diferencias fueron variando a lo largo de la maduración, lo que indicaría que las pérdidas de humedad no fueron iguales en todas las razas. De hecho, la raza Churra, cuyo ES fue el más elevado en el mes 0, presentó los menores valores de ES en el mes 6. A pesar de la distinta evolución del ES para cada raza, en el mes 12, momento en el cual los valores se estabilizaron, no se apreciaron diferencias significativas entre ellas. Esto indicaría que las diferencias observadas entre las razas en distintos puntos de la maduración se debieron a la velocidad con la que perdieron humedad.

6.7. ACTIVIDAD DE AGUA (a_w)

La actividad de agua es, junto con el pH, el factor que más afecta a la estabilidad y la conservación del queso, de manera que influye sobre factores como: la calidad microbiológica, el proceso de maduración y el desarrollo de flavor y textura (Krishna y Prabhakar, 1992; Fennema, 2000; Lucey et al, 2003; DiMarzo et al., 2006; Fagan et al., 2007).

Los valores de a_w en los quesos del mes 0, estuvieron comprendidos entre 0,971 y 0,979, debido a la elevada cantidad de humedad presente en el inicio de la maduración. En esta etapa no se apreciaron diferencias significativas con respecto al RCS ni con respecto a la raza.

La evolución del parámetro a lo largo de la maduración (Figura 56 y Figura 57) depende de múltiples factores, principalmente de la cantidad de humedad, de la concentración de sal y minerales y de la evolución de los fenómenos enzimáticos (Marcos y Esteban, 1991; Sousa et al., 2001; Fox et al., 2004). Los valores obtenidos, que fueron similares para los dos años estudiados, descendieron desde 0,971-0,979 en el mes 0 hasta 0,726-0,803 en el mes 12. En el inicio de la maduración se observó un descenso más acusado de la a_w que en las etapas posteriores. Este descenso inicial, debido seguramente a la importante pérdida de humedad que tiene lugar en ese periodo, se observó en el año 2 durante el primer mes de maduración, mientras que en el año 1 se prolongó hasta el mes 3. Posteriormente el descenso de la a_w fue prácticamente constante hasta el mes 9, a partir del cual volvió a ser pronunciado en los quesos del primer año, pero sin embargo en los pertenecientes al año 2 los valores apenas variaron. Esto, que se puede apreciar claramente en la muestra de Assaf con RCS altos, podría deberse a una menor pérdida de humedad entre los meses 9 y 12 del año 2, como se vio anteriormente.

Algunos autores mostraron valores similares de a_w en queso Zamorano durante el mes 0, aunque el descenso a lo largo de la maduración fue notablemente menor al observado en este caso. Así, Ferrazza et al. (2004) obtuvieron una a_w en torno a 0,930 a los 6 meses de maduración, mientras que la observada por Etayo et al. (2006) fue de 0,913 los 8 meses. Estas diferencias se deben seguramente que los quesos elaborados para la realización de este estudio fueron de menor tamaño.

Como se puede apreciar en la Figura 56 y en la Figura 57, la a_w alcanzó valores inferiores a 0,910 en el mes 3 de maduración, que impiden el desarrollo de la mayoría de bacterias patógenas como *Shigella* spp., *Yersinia enterocolítica*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas* spp., *E. coli*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, mientras que en el mes 9, los valores fueron inferiores a 0,830, por debajo de los cuales no pueden crecer la mayoría de las levaduras (Fox et al., 2000; 2004).

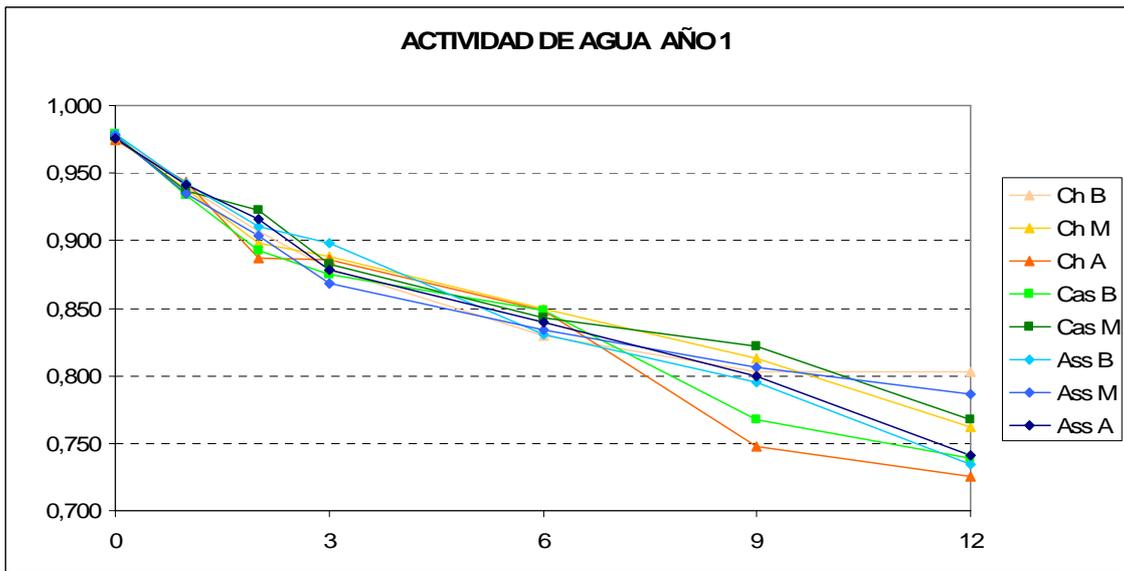


Figura 56. Actividad de agua de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.

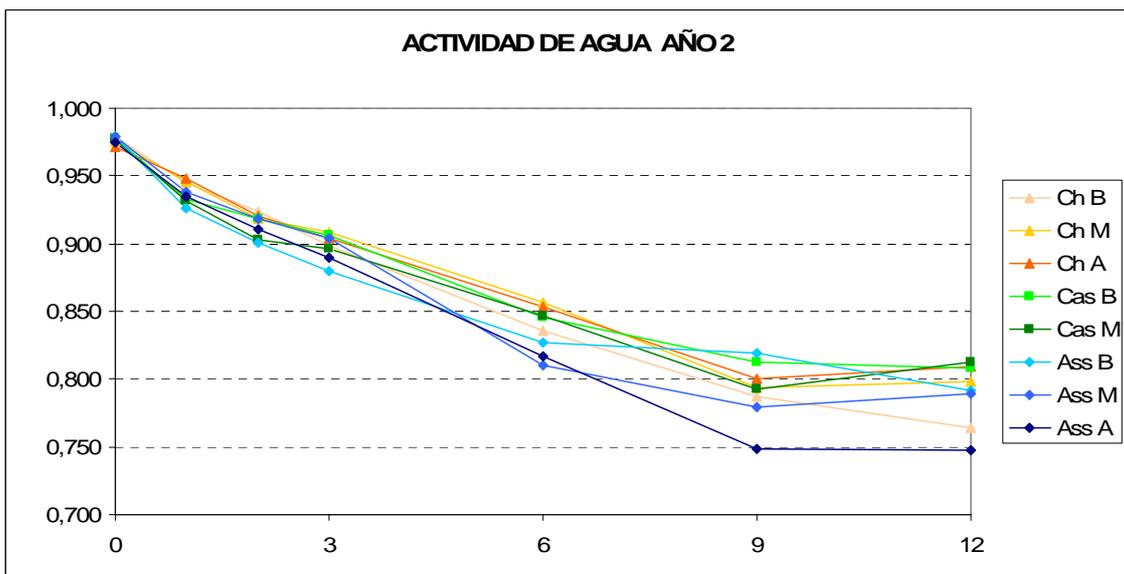


Figura 57. Actividad de agua de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.

En los quesos madurados, los compuestos que más contribuyen al descenso de la actividad de agua son: ácidos orgánicos, aminoácidos y péptidos, fosfato cálcico y cloruro sódico (Fox et al., 2000; 2004; Sousa et al., 2001; Prieto et al., 2002). Según esto, los quesos con RCS medios y RCS altos deberían haber mostrado valores de a_w inferiores a los de RCS bajos, ya que, en principio, sufren más fenómenos enzimáticos. Por otra parte, en general estas muestras de RCS medios y RCS altos presentaron más humedad que las de RCS bajos, lo que justificaría una mayor a_w . A la vista de los

resultados, solamente se observó una disminución de la a_w al aumentar los RCS en las muestras de raza Churra con 12 meses pertenecientes al año 1. En otros casos en los que se encontraron diferencias significativas, la a_w aumentó con los RCS, como en los quesos de raza Castellana de 12 meses en el año 1 y en las muestras de raza Churra en el año 2 (Figura 58 y Figura 59).

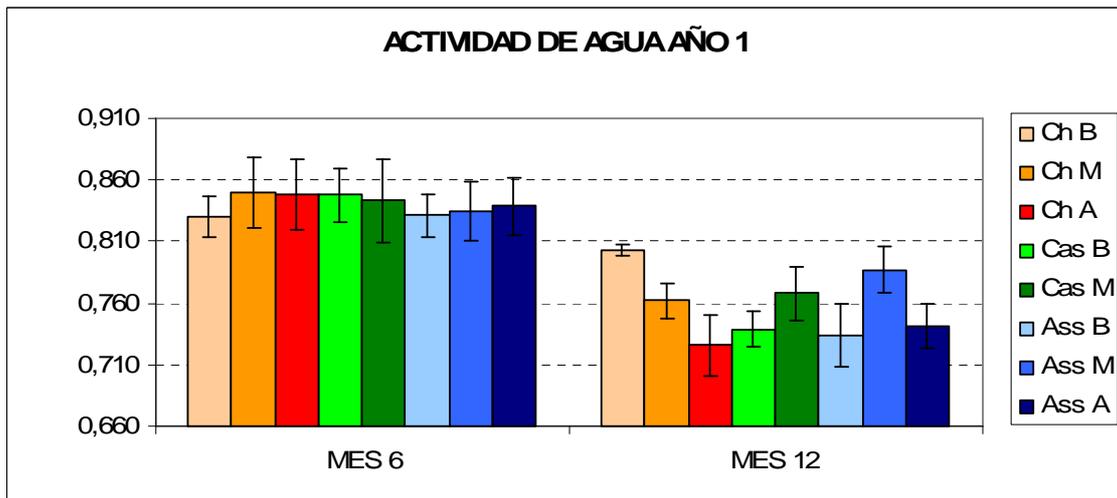


Figura 58. Valores medios de a_w para los quesos del año 1.

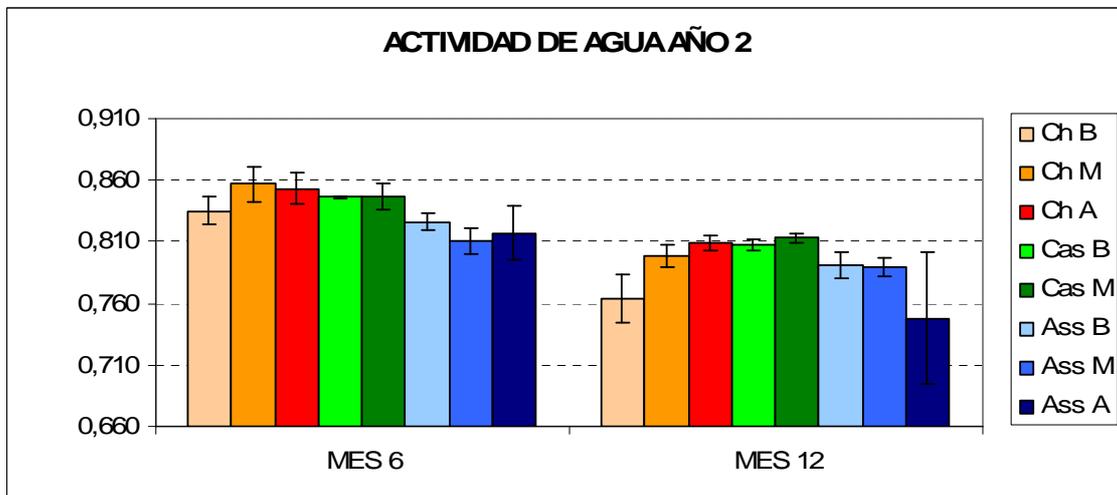


Figura 59. Valores medios de a_w para los quesos del año 2.

Con respecto a la raza, se apreciaron numerosas diferencias significativas, de manera que en general las razas autóctonas, sobretodo la raza Castellana, presentaron mayor a_w que la raza Assaf, especialmente durante el año 2 (Figura 59). Estas diferencias estarían relacionadas con las que se observaron para el ES.

6.8. CENIZAS

El contenido en cenizas se encontró en la mayoría de los casos entre 6,00% y 7,50% (valores referidos al ES), aunque los resultados fueron ligeramente diferentes en función del año estudiado.

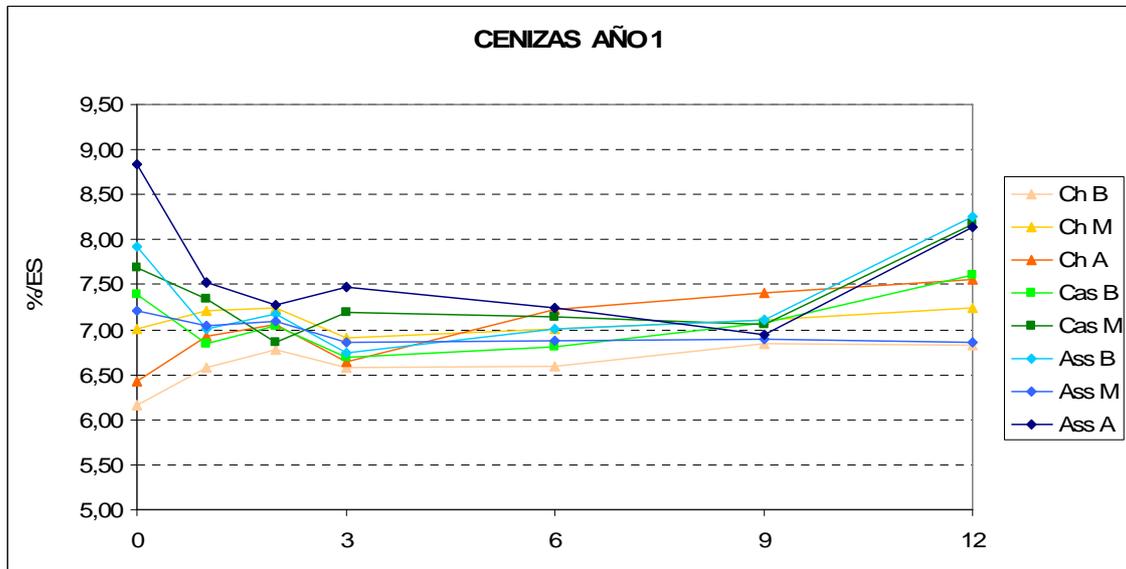


Figura 60. Cenizas (%ES) de los quesos pertenecientes al año 1 a lo largo de la maduración.

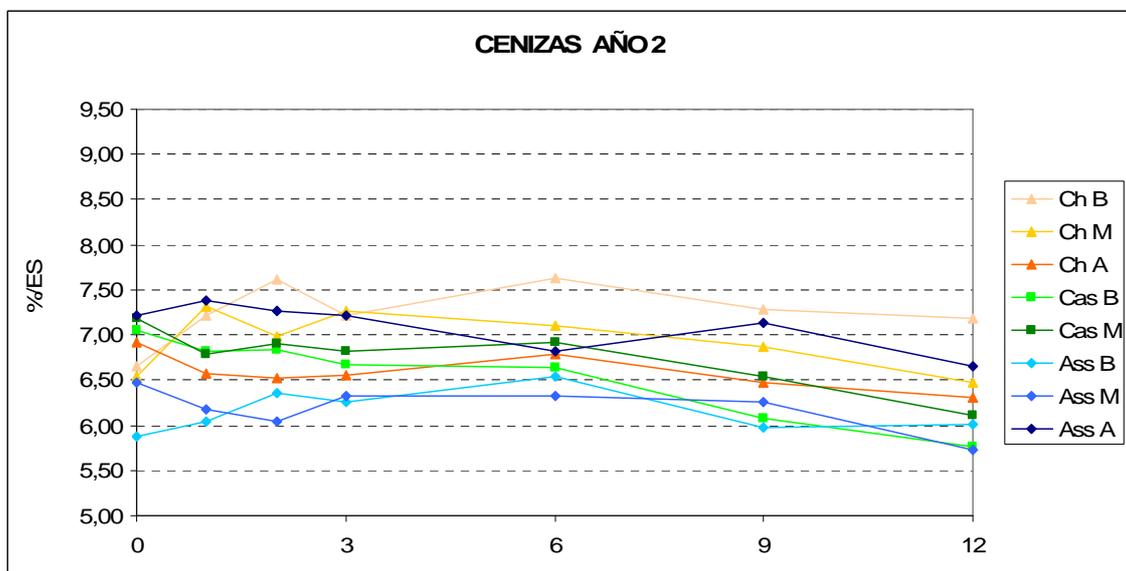


Figura 61. Cenizas (%ES) de los quesos pertenecientes al año 2 a lo largo de la maduración.

Como se aprecia en la Figura 60, en el año 1 se observó cierta variabilidad entre los valores correspondientes al mes 0 (estuvieron entre 8,84% y 6,16%), aunque no se encontraron diferencias significativas. Esta variabilidad disminuyó en el mes 3, cuando

el contenido de cenizas estuvo comprendido entre 6,50% y 7,50%. Los valores se mantuvieron dentro de este rango hasta el mes 9, a partir del cual aumentaron. Este incremento fue más notable en las muestras de raza Assaf de RCS bajos y RCS altos y Castellana de RCS medios.

En el año 2 (Figura 61), el rango de valores fue ligeramente más amplio, aunque la variación a lo largo de la maduración fue menor, de modo que la concentración de cenizas se mantuvo prácticamente constante hasta el mes 9, momento a partir del cual, a diferencia de lo observado en el año 1, los valores descendieron ligeramente hasta el final de la maduración.

El descenso del pH durante las primeras etapas de la maduración provoca la migración de Ca, P, Mg, Zn y Cu desde la micela de caseína (fracción insoluble) hacia la fracción soluble (en la que están presentes Na y K), de modo que se produce una pérdida de estos minerales con el suero. Estas pérdidas de suero tienen lugar principalmente durante la elaboración del queso y en los primeros días de maduración, de modo que a medida que la corteza del queso se hace más gruesa las pérdidas son mínimas, por lo que apenas se producen cambios significativos en la concentración de cenizas (Mocquot, 1971; Moreno Rojas et al., 1994; Macedo y Malcata, 1997), lo que explicaría la ausencia de diferencias significativas a lo largo de la maduración.

Con respecto a los RCS, se apreciaron diferencias significativas en la raza Churra, aunque los resultados fueron diferentes para cada año. Así, durante el año 2 el contenido de cenizas disminuyó al aumentar los RCS (Figura 63), mientras que en las muestras pertenecientes al año 1 la concentración aumentó con los RCS (Figura 62). También aumentó la concentración de cenizas con los RCS en las muestras de raza Assaf, aunque solamente durante el año 2. En la leche la concentración de cenizas aumenta con los RCS debido a que la concentración de Na y Cl es mayor (Morgan y Gaspard, 1999; Pirisi et al., 2000; Fox et al., 2000). En este caso, la disparidad de resultados junto con la ausencia de diferencias significativas encontrada en la raza Castellana, no permite llegar a una conclusión definitiva acerca de la influencia del RCS sobre el contenido de minerales de los quesos.

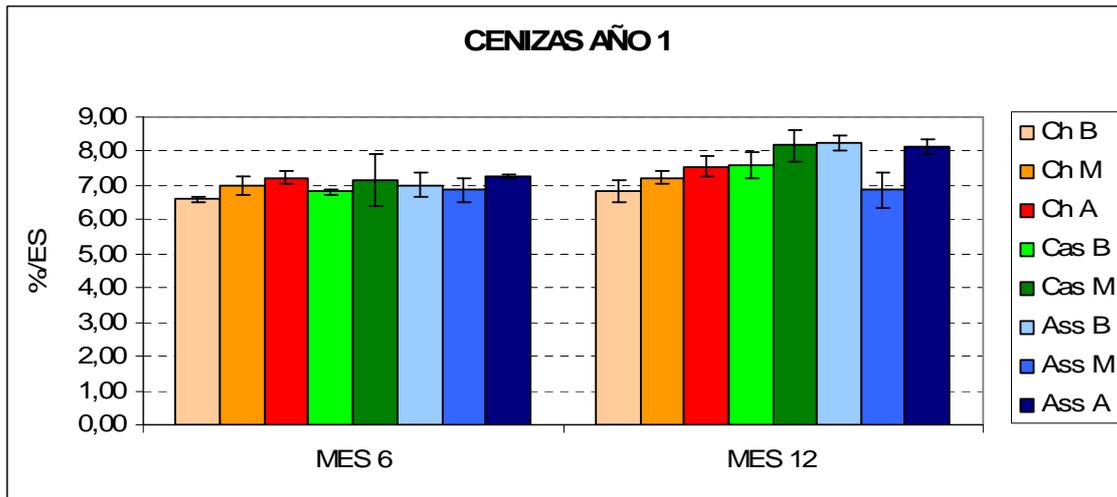


Figura 62. Valores medios de cenizas (%ES) en los quesos pertenecientes al año 1.

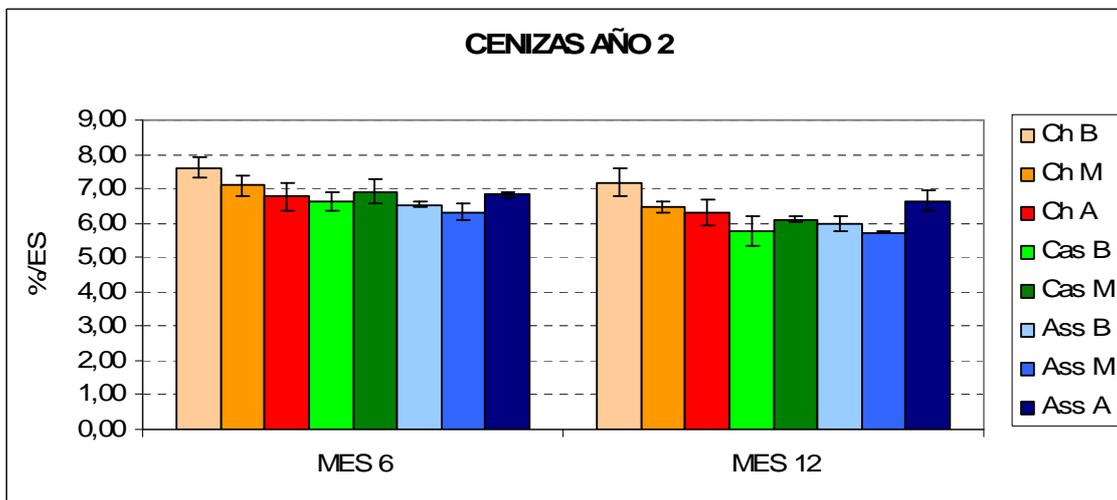


Figura 63. Valores medios de cenizas (%ES) en los quesos pertenecientes al año 2.

Se encontraron diferencias significativas entre las tres razas a lo largo de la maduración, especialmente en el mes 12, aunque no se observó ninguna tendencia concreta, por lo que no se puede hablar de una influencia clara de este factor sobre la concentración de cenizas del queso.

7. COLOR

Los resultados obtenidos para cada uno de los tres parámetros que conforman el espacio CIEL*a*b* se muestran en el Anexo 5. A continuación se indica la evolución de cada parámetro para proceder posteriormente a la discusión de manera conjunta sobre los resultados obtenidos para los tres parámetros y sobre el efecto de la raza y los RCS.

7.1. LUMINOSIDAD

En el mes 0, es decir 24 horas después de la elaboración, la luminosidad fue de entre 91,48 y 93,07, valores muy cercanos a 100, dado que los quesos eran de color blanco. A pesar de que el rango de valores fue muy estrecho, se encontraron diferencias significativas entre ellos, de modo que los quesos de Churra presentaron menor luminosidad que los de Castellana y Assaf.

La luminosidad descendió de forma constante en todos los casos hasta situarse en un rango de entre 64,73 y 75,58 en el mes 9, valores que se mantuvieron prácticamente constantes hasta el final de la maduración (Figura 64 y Figura 65).

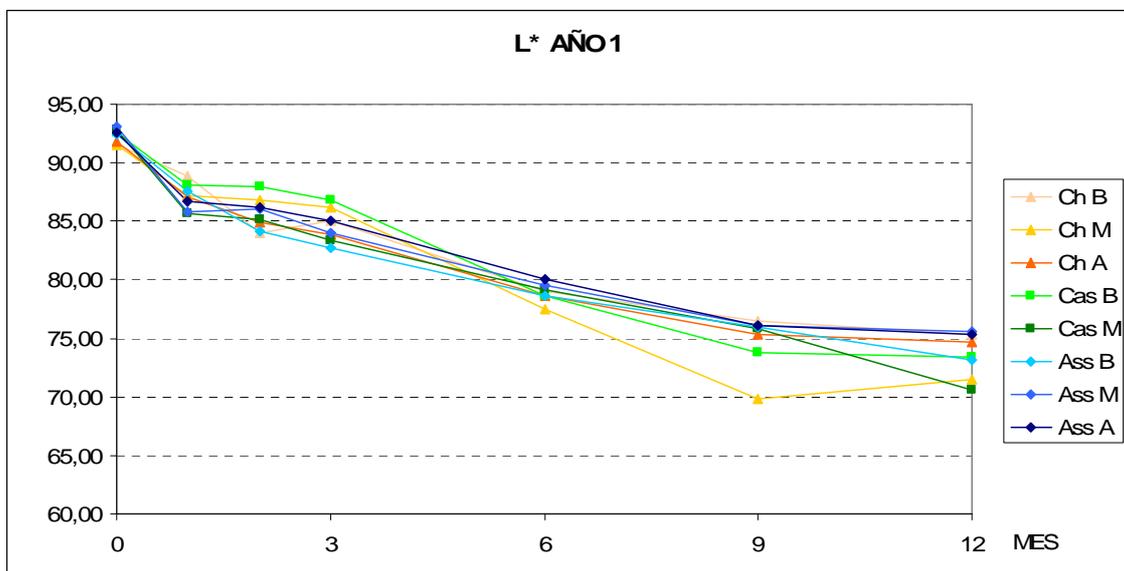


Figura 64. Evolución de los valores de luminosidad (L*) a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.

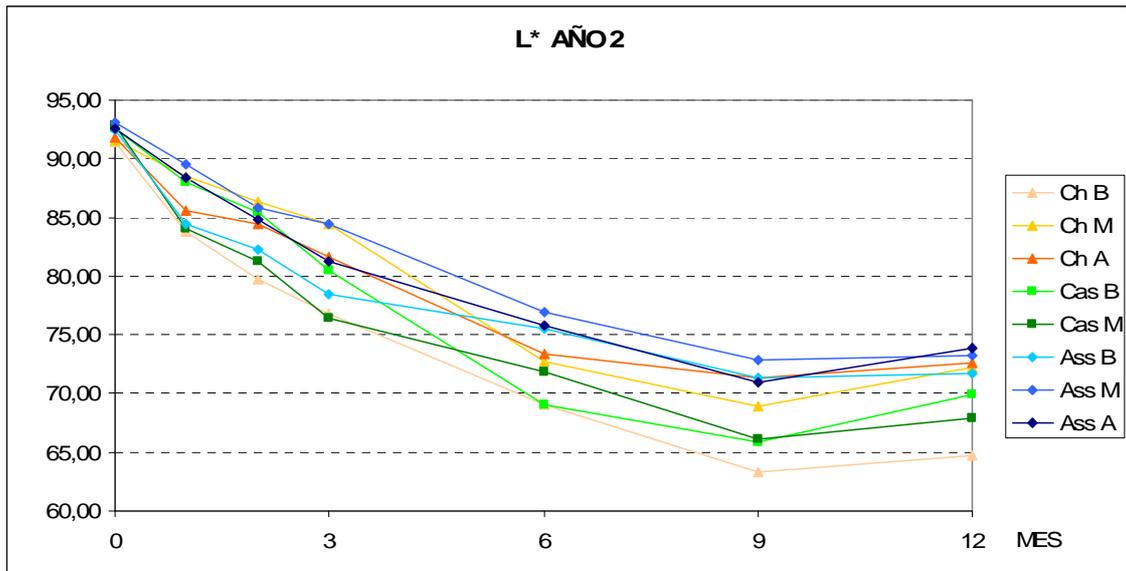


Figura 65. Evolución de los valores de luminosidad (L*) a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.

Se encontraron numerosas diferencias significativas entre los RCS a lo largo de la maduración, principalmente en algunas de las muestras pertenecientes al año 2. Durante ese año los quesos de raza Churra presentaron mayor luminosidad al aumentar los RCS. Esto se observó también en la raza Assaf aunque solamente durante los tres primeros meses (Figura 67).

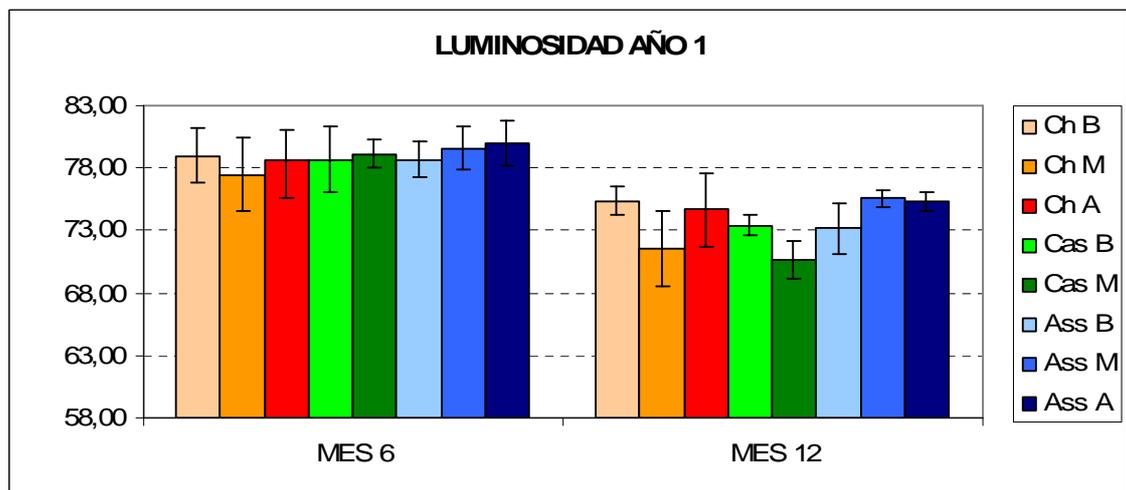


Figura 66. Valores medios de luminosidad obtenidos en los quesos del año 1.

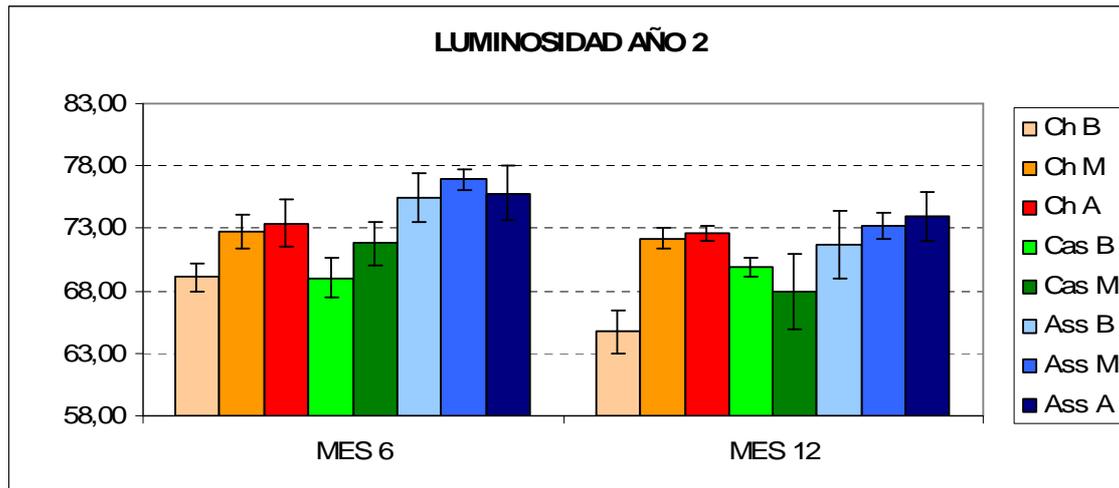


Figura 67. Valores medios de luminosidad obtenidos en los quesos del año 2.

Con respecto a la raza, en las numerosas ocasiones en las que se encontraron diferencias significativas a lo largo del proceso de maduración, las muestras de raza Assaf presentaron los mayores valores de luminosidad

7.2. PARÁMETRO a^*

Los valores del parámetro a^* , que define el rango entre el verde (valores negativos) y el rojo (valores positivos), estuvieron en torno a cero en los quesos analizados 24 horas después de su elaboración. Como se muestra en la Figura 68 y en la Figura 69, dichos valores descendieron ligeramente durante los primeros meses, alcanzando cifras negativas, hasta un valor mínimo de -2,88. Este descenso en general continuó hasta el mes 6, aunque en algunos casos solamente se observó durante los 3 primeros meses. Desde ese momento hasta el final de la maduración, a^* aumentó de forma notable, llegando a alcanzar valores positivos en la mayoría de las muestras, hasta un valor máximo de 7,26. Esto sucedió especialmente en los quesos pertenecientes al año 2, que presentaron valores significativamente más altos que los observados en el año 1, de modo que ya a los 9 meses de maduración casi todas las muestras presentaron valores positivos.

En el conjunto de los dos años (Figura 70 y Figura 71), todos los quesos presentaron valores de a^* positivos en el mes 12 excepto cinco de ellos que presentaron valores negativos: uno perteneciente al grupo de RCS altos y cuatro del grupo de RCS medios. En este último grupo destaca el queso de raza Assaf que presentó valores negativos

tanto en el año 1 como en el 2. Estos resultados indicarían que las cinco muestras mencionadas, en principio, presentaron un color notablemente diferente al del resto de los quesos, lo que tratará de confirmarse con el análisis sensorial.

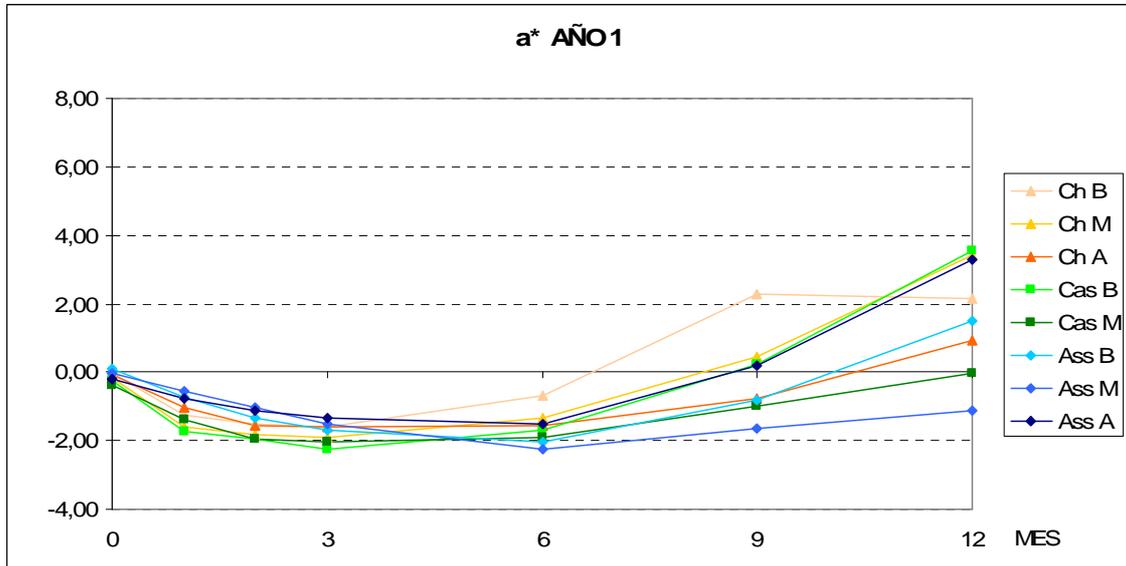


Figura 68. Evolución de los valores del parámetro a* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.

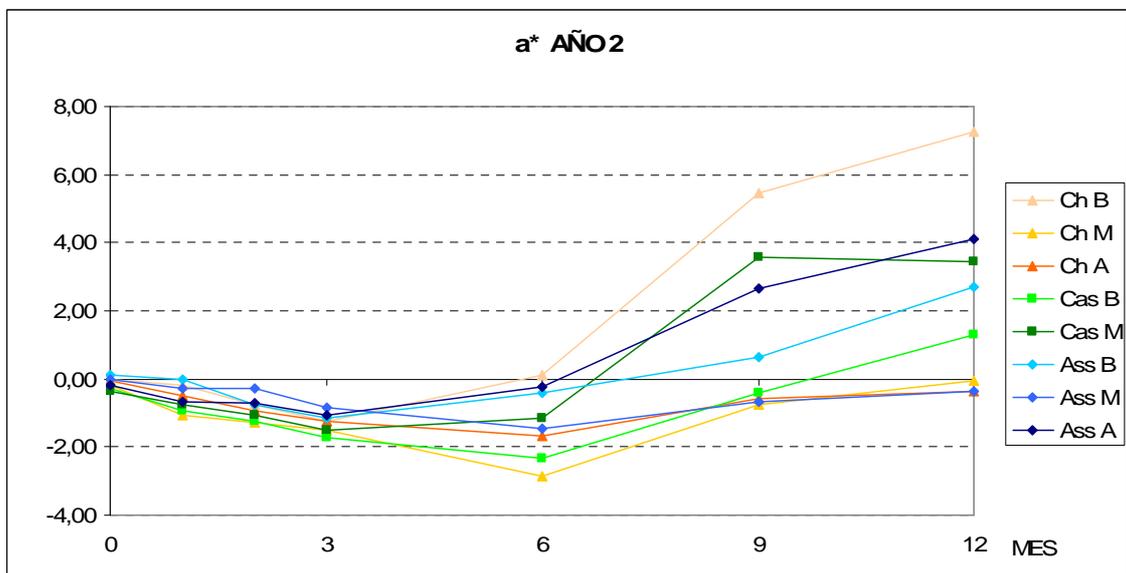


Figura 69. Evolución de los valores del parámetro a* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.

Se encontraron algunas diferencias entre los grupos de RCS a lo largo de la maduración, aunque en general no siguieron ninguna tendencia en función de dicho factor. El único

resultado destacable es que en la raza Churra en general los quesos con RCS bajos presentaron valores más elevados que los de RCS medios y RCS altos.

Con respecto a la raza, se observaron algunas diferencias significativas, de forma que los quesos de raza Castellana mostraron los menores valores de a^* a lo largo de toda la maduración, especialmente durante los tres primeros meses, en los que las muestras de raza Assaf presentaron los valores más altos.

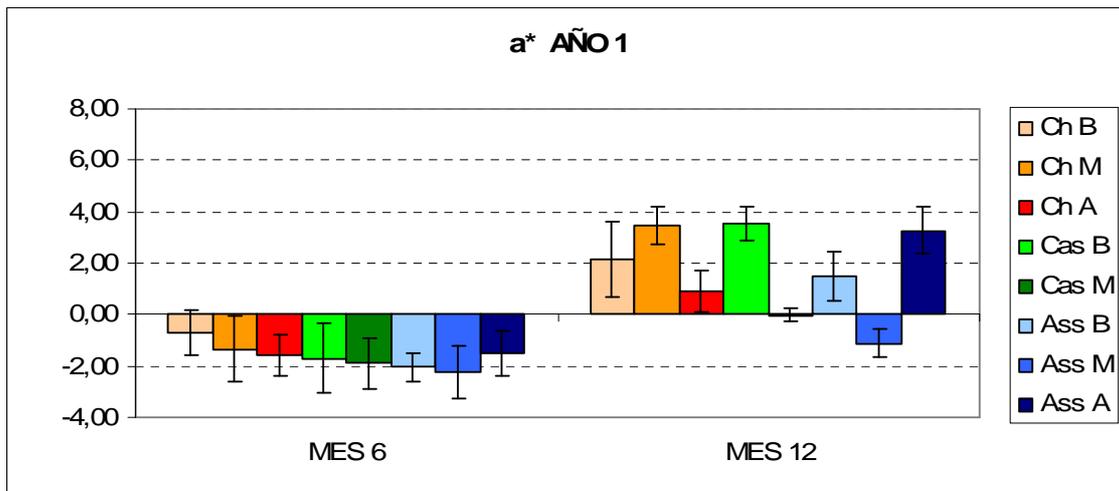


Figura 70. Valores medios del parámetro a^* obtenidos en los quesos del año 1.

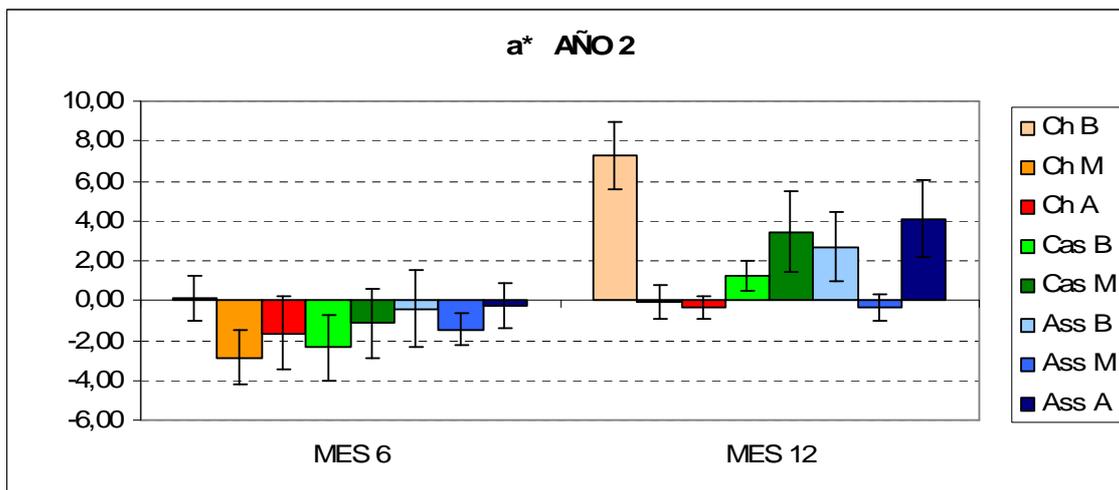


Figura 71. Valores medios del parámetro a^* obtenidos en los quesos del año 2.

7.3. PARÁMETRO b^*

El parámetro b^* , que representa el rango entre azul (valores negativos) y amarillo (valores positivos), mostró valores positivos a lo largo de toda la maduración, que aumentaron desde un rango de entre 10,40 y 13,01 en el mes 0 hasta valores de entre 21,41-27,91 en el mes 12.

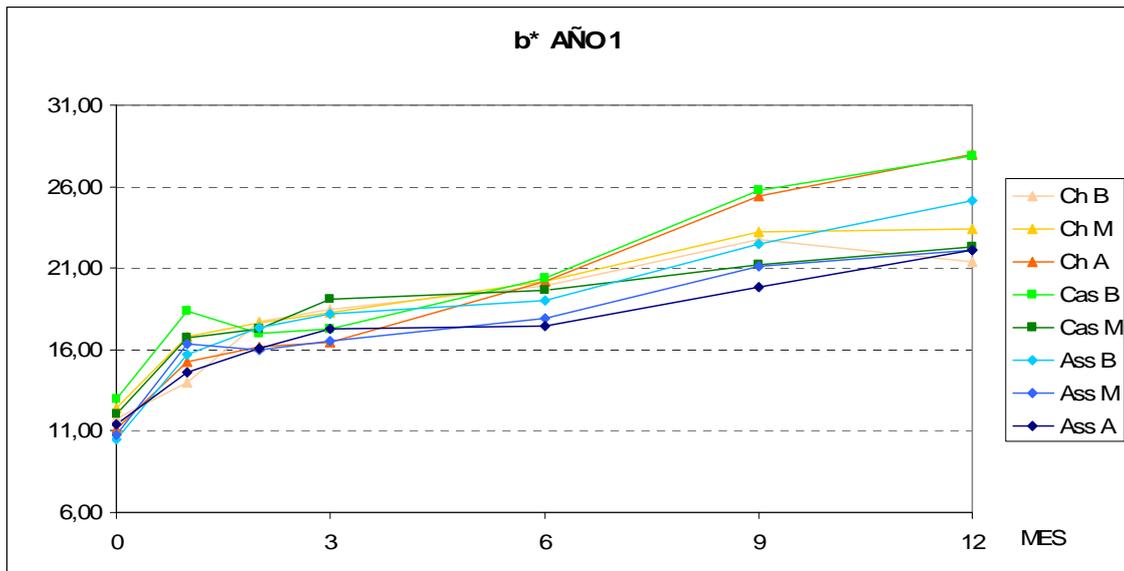


Figura 72. Evolución de los valores del parámetro b^* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.

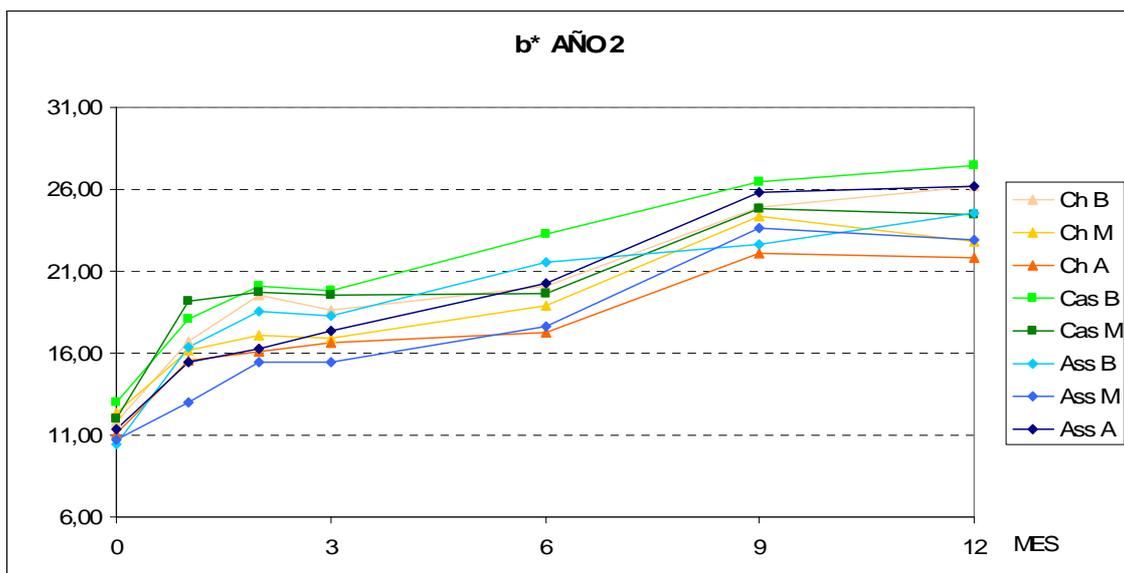


Figura 73. Evolución de los valores del parámetro b^* a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.

El incremento del parámetro b^* fue más intenso durante los dos primeros meses de maduración, se moderó entre los meses 2 y 3 y volvió a aumentar hasta el mes 12, excepto en algunos casos, sobretodo en el año 2, donde el incremento se produjo solamente hasta el mes 9 (Figura 72 y Figura 73).

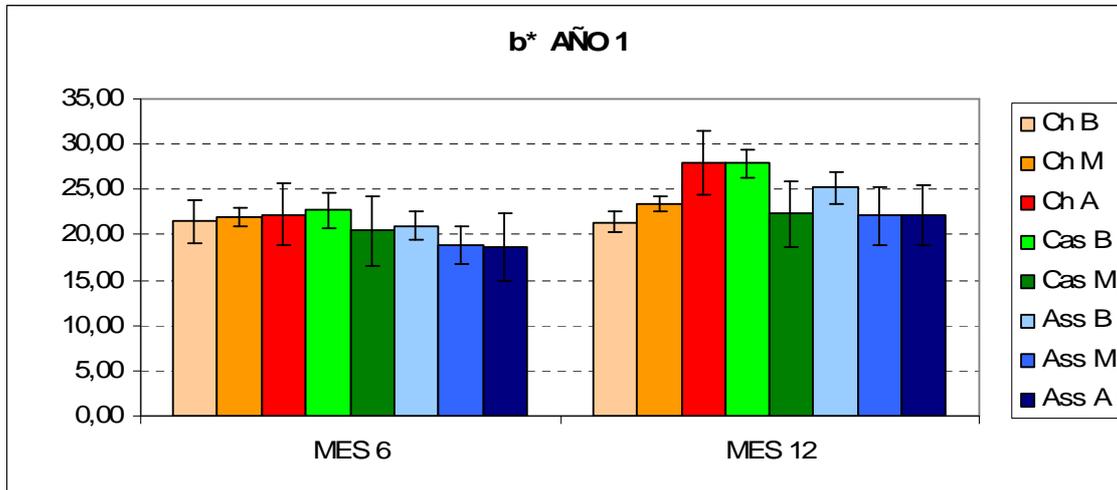


Figura 74. Valores medios del parámetro b^* obtenidos en los quesos del año 1.

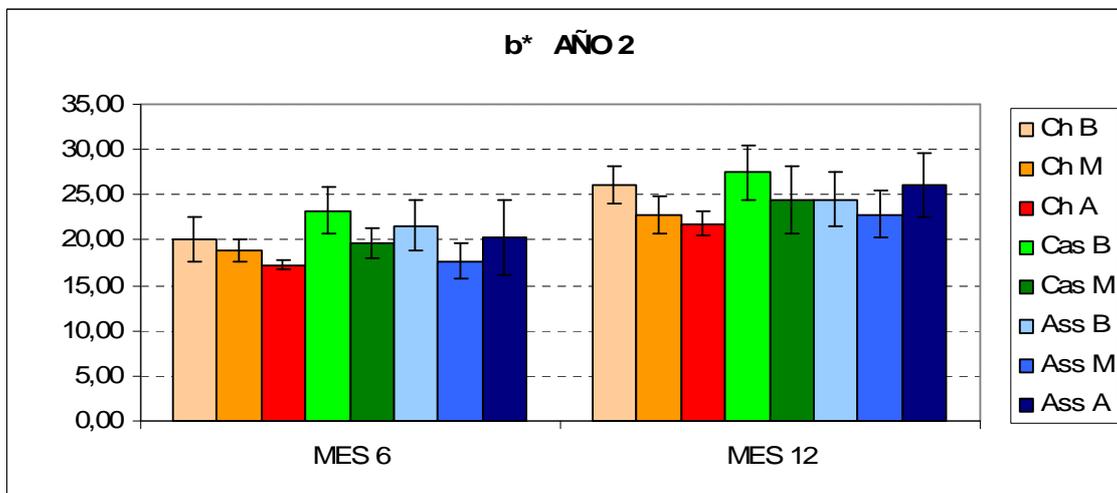


Figura 75. Valores medios del parámetro b^* obtenidos en los quesos del año 2.

Se encontraron algunas diferencias significativas entre los grupos de RCS, especialmente en la raza Castellana para la que los quesos con RCS bajos presentaron mayores valores que los de RCS medios.

En las escasas ocasiones en las que se encontraron diferencias significativas con respecto a la raza, las muestras de raza Castellana presentaron los valores más altos.

7.4. DISCUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que existieron diferencias entre los dos años estudiados, de modo que entre los valores del año 2 se apreció una mayor variabilidad y también más diferencias con respecto al RCS y la raza que en el año 1. A pesar de esto, que se debió seguramente a pequeñas diferencias en la composición química, en general la evolución de los tres parámetros a lo largo de la maduración fue similar para los dos años. Como ya se ha dicho, la luminosidad disminuyó y el parámetro b^* aumentó, mientras que el parámetro a^* disminuyó en los primeros meses hasta alcanzar valores negativos y posteriormente aumentó hasta alcanzar valores positivos en la mayoría de los casos. Esta evolución coincide con la observada previamente por otros autores que estudiaron el color durante los dos primeros meses de la maduración y que relacionaron los cambios en estos parámetros con el ES, la materia grasa, los aminoácidos y el nitrógeno soluble (Rohm y Jaros, 1997; Pillonel et al. 2002; Pinho et al., 2004; Jaramillo, 2008). En definitiva, los cambios de color se deben a los procesos que tienen lugar a lo largo de la maduración como la pérdida de humedad, la proteólisis y especialmente la lipólisis (Rohm y Jaros 1997; Frau et al, 1999; Saldo et al., 2002; Jaramillo, 2008). Como ya se ha visto, estos procesos se ven afectados en algunos casos por el RCS y por la raza, por lo que a priori se podría pensar que estos dos factores afectan al color de los quesos.

En este caso, a pesar de que se encontraron algunas diferencias significativas en los parámetros L^* , a^* , b^* , en general no se apreció una clara influencia de los RCS sobre el color.

La ausencia de grandes diferencias entre los grupos de RCS y las razas con respecto al parámetro b^* podría deberse a que éste está influido principalmente por el contenido en carotenos presente en la dieta, principalmente luteína, β -caroteno, zeaxantina y otros aún desconocidos, ya que no son sintetizados por el animal (Priolo et al., 2003; Jaramillo, 2008).

Finalmente, cabe destacar que el parámetro a^* fue el que sufrió una variación más importante a lo largo de la maduración, ya que, a pesar de que sus valores estuvieron dentro de un rango menos amplio que el que se observó para la luminosidad y para b^* ,

evolució desde valores negativos hasta alcanzar valores positivos en la mayoría de los casos. Es decir, a medida que avanzó la maduración se observó un cambio de tonos verdes a tonos rojos, lo que se traduce en una evolución de amarillo claro a amarillo pardo que podría estar causada por el incremento de la lipólisis y la oxidación de los ácidos grasos. Así, quizá este parámetro podría ser orientativo para conocer de forma aproximada el grado de maduración del queso.

8. FUERZA DE CORTE

Como se muestra en la Figura 76 y en la Figura 77, la fuerza necesaria para cortar el queso aumentó de forma prácticamente constante desde el mes 0, donde se obtuvieron valores de entre 4,18 y 7,06 N, hasta el final de la maduración, donde los valores estuvieron entre 29,46 y 80,07 N. La pérdida paulatina de humedad hace que cada vez haya menos agua disponible para la hidratación de la matriz proteica, por lo que el queso es cada vez menos deformable y más duro (Creamer y Olson, 1982; Fox et al., 2000).

Los resultados fueron diferentes para cada año ($P < 0,0001$) a lo largo de todo el proceso de maduración, debido probablemente a diferencias en la composición química, especialmente en la cantidad de ES, de modo que los valores obtenidos para la fuerza de corte en los quesos pertenecientes al año 1 (entre 29,46 y 59,91 N en el mes 12) fueron inferiores a los recogidos en los quesos del año 2 (entre 44,92 y 80,70 N en el mes 12).

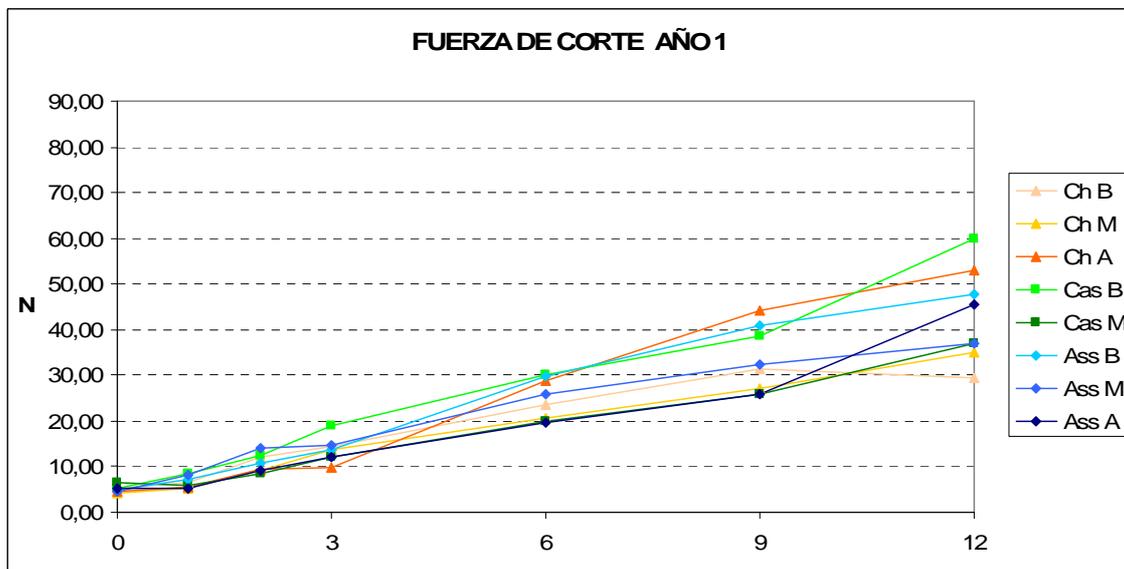


Figura 76. Evolución de la fuerza de corte (N) obtenida para los quesos del año 1.

En el mes 0, se encontraron diferencias significativas entre los grupos de RCS, especialmente en la raza Churra donde los quesos de RCS bajos presentaron los valores más elevados para la fuerza de corte. Recordemos que estos mismos quesos presentaron también el mayor contenido de ES y además su tiempo de cuajado durante la elaboración fue menor. Estos resultados, que coinciden con los publicados por otros

autores (Pirisi et al., 2000; Revilla et al., 2007) parecen indicar que el elevado RCS afectó negativamente a la formación de la estructura de los quesos con RCS medios y RCS altos pertenecientes a la raza Churra.

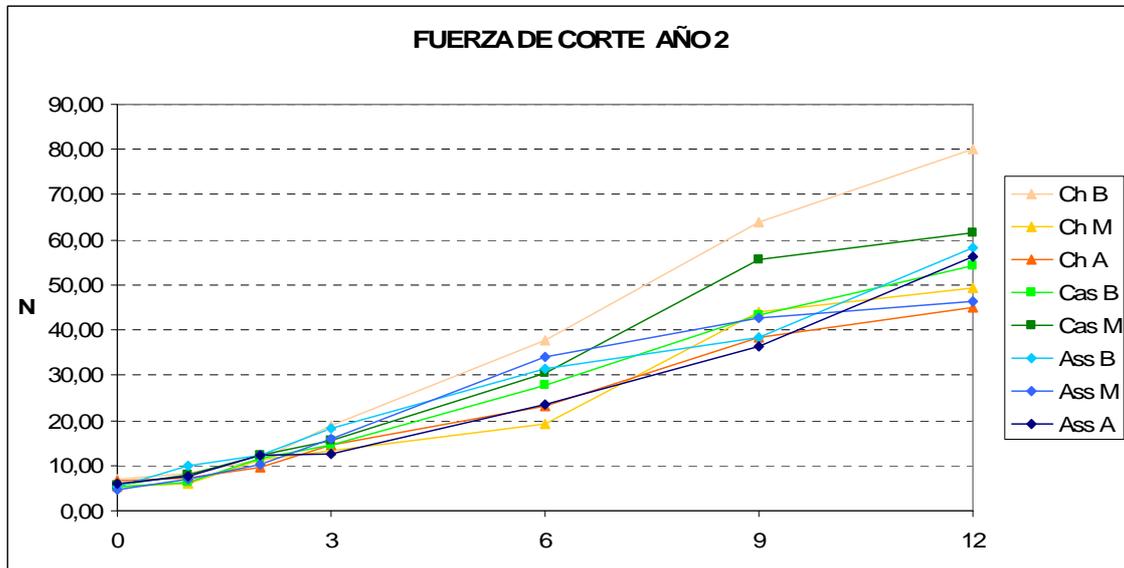


Figura 77. Evolución de la fuerza de corte (N) obtenida para los quesos del año 2.

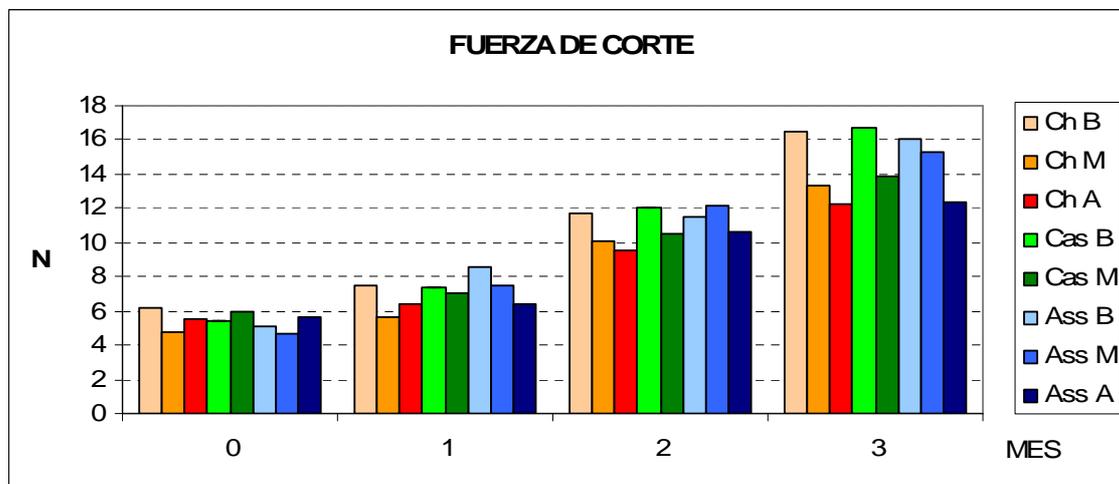


Figura 78. Fuerza de corte media (años 1 y 2) de los quesos durante los tres primeros meses de maduración.

Las diferencias entre los tres grupos de RCS también se observaron a lo largo de la maduración en las tres razas estudiadas, especialmente durante los primeros meses (Figura 78), de modo que en la mayoría de los casos la fuerza de corte disminuyó al aumentar los RCS. Los problemas de textura en quesos con elevados RCS han sido observados previamente en queso de oveja por varios autores, tanto en los primeros

meses de la maduración (Pirisi et al., 2000; Revilla et al., 2007), como en los quesos con 6 y 9 meses (Jaeggi et al., 2003). Estos defectos se asocian con una elevada proteolisis y elevadas cantidades del fragmento I- α_{s1} -CN (Creamer y Olson, 1982; Sousa et al., 2001; Irigoyen et al., 2001; Revilla et al., 2007).

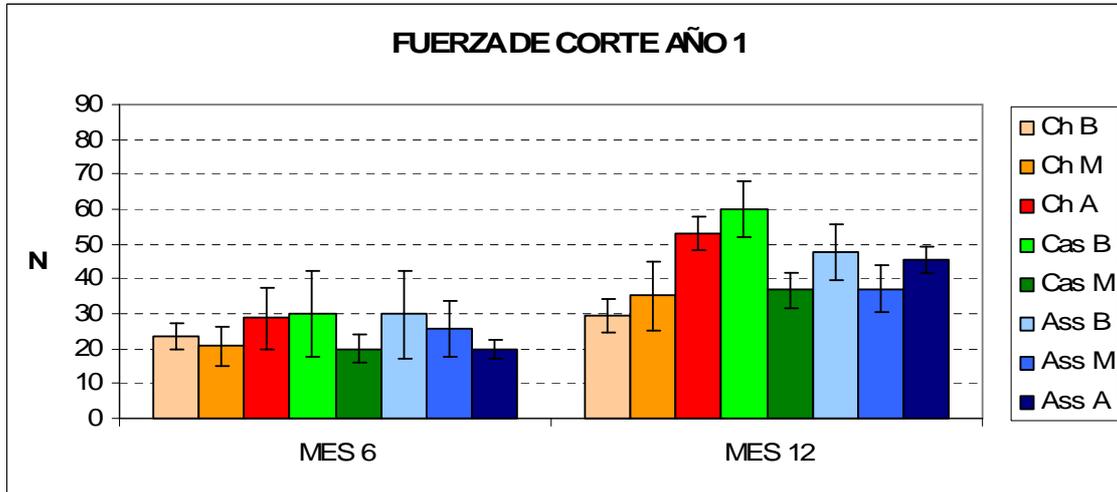


Figura 79. Valores medios obtenidos para la fuerza de corte (N) en los quesos del año 1.

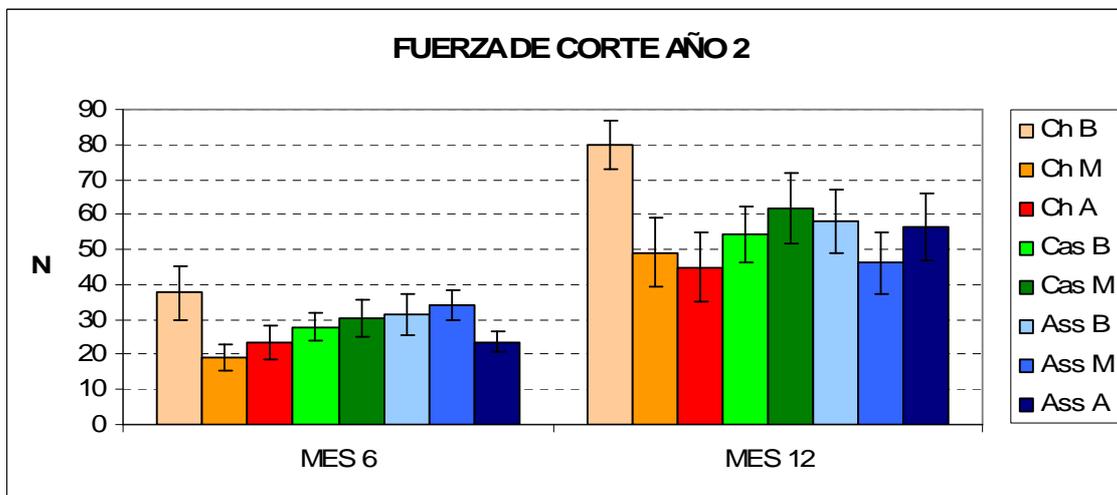


Figura 80. Valores medios obtenidos para la fuerza de corte (N) en los quesos del año 2.

En los meses 6 y 12 se mantuvieron las diferencias observadas en los primeros meses, de modo que en la mayoría de los casos la fuerza de corte disminuyó con los RCS. Sin embargo, en algunos casos puntuales sucedió lo contrario, es decir, la fuerza de corte aumentó con los RCS. Esto, que fue observado en las muestras de raza Churra pertenecientes al año 1, en las de raza Castellana del año 2 y las de raza Assaf de los años 1 y 2 (en este último caso solamente en el mes 12), muestra que la evolución de la

fuerza de corte cambió en algún momento debido probablemente a la pérdida de humedad y en definitiva a la concentración de ES.

En cuanto a la raza se encontraron numerosas diferencias significativas que fueron distintas para cada año. En las ocasiones en las que se encontraron estas diferencias, los quesos más duros fueron los de raza Assaf durante el año 1, y los de las razas autóctonas durante el año 2.

9. ÁCIDOS GRASOS TOTALES EN EL QUESO

En el queso, al igual que en la leche, se detectaron entre 60 y 80 ácidos grasos, entre los que se identificaron y cuantificaron los 26 ácidos que también se estudiaron para la leche de partida y que en este caso supusieron el 93,3% sobre el total de las áreas obtenidas en el cromatograma (Figura 18). La Figura 81 muestra las concentraciones de los 10 ácidos grasos más abundantes en el queso tras su elaboración (mes 0), que fueron los que también se encontraron en mayor concentración en la leche de partida. Entre ellos conformaron el 87,9% del total, según se detalla a continuación: palmítico (25%), oleico (18%), esteárico (12%), mirístico (11%), cáprico (9%), laúrico (5%), caprílico (3%), linoleico (2%), caproico (2%) y butírico (1%).

Las proporciones (g/100g) de ácidos grasos totales (AGMe) cuantificadas en los quesos del mes 0 (Tabla 27) fueron muy similares a las encontradas en la leche, de manera que no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en los principales grupos de ácidos grasos (AGSC, AGSL, AGMI, AGPI), ni tampoco en el CLA total, ni en los cocientes AGPI/AGS y n6/n3. Esto indicaría que el proceso de elaboración del queso no afectó de forma significativa a la composición de ácidos grasos totales, resultados que coinciden con los observados previamente por Luna et al. (2005) en quesos elaborados con leche de raza Assaf.

En los quesos de 12 meses de maduración los ácidos grasos más abundantes fueron de nuevo los que también se encontraron en mayor concentración en la leche de partida y en el queso del mes 0. Entre ellos conformaron el 88,3% del total, según se detalla a continuación: palmítico (26%), oleico (19%), esteárico (12%), mirístico (11%), cáprico (8%), laúrico (4%), linoleico (3%), caprílico (2%), caproico (2%) y butírico (1%) (Figura 82).

Estos diez ácidos grasos fueron también los más abundantes en otros quesos de oveja mediterráneos, como mostraron los estudios realizados por Zlatanov et al. (2002) para quesos griegos de pasta dura y para queso Feta, por Luna et al. (2005) para queso de raza Assaf, y por Addis et al. (2005) para quesos elaborados con leche de raza Sarda.

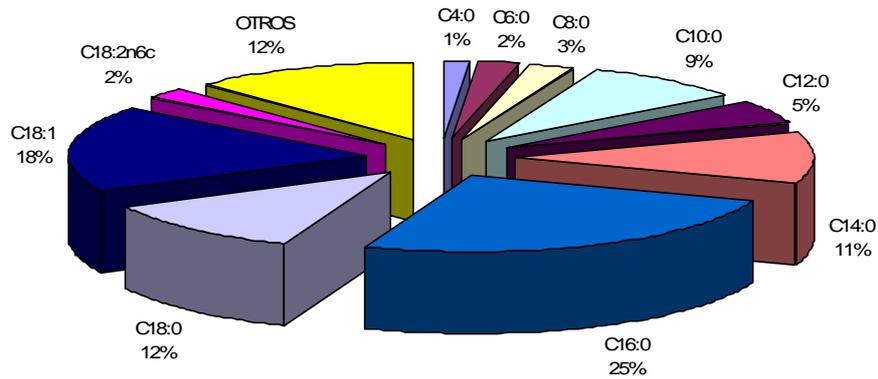


Figura 81. Proporción media (años 1 y 2) de ácidos grasos en el queso de 0 meses de maduración.

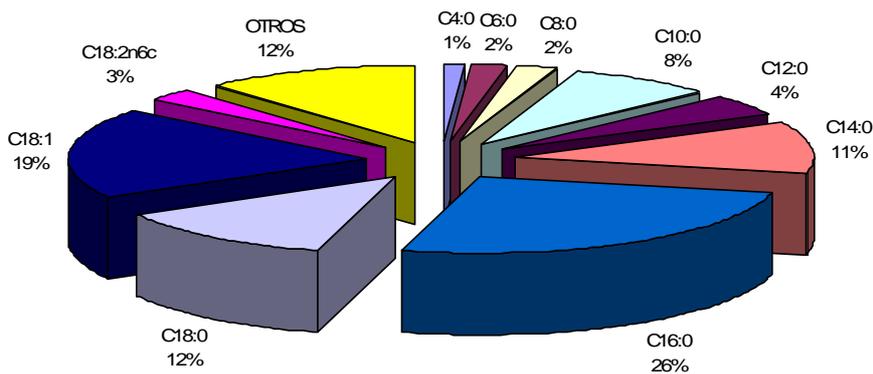


Figura 82. Proporción media (años 1 y 2) de ácidos grasos en el queso de 12 meses de maduración.

En todos los puntos de maduración estudiados, las diferencias encontradas entre los quesos con respecto al RCS y a la raza también fueron similares en la mayoría de los casos a las observadas en la leche. Así, como se verá más adelante, el aumento del RCS influyó sobre el perfil de ácidos grasos del queso a lo largo de toda la maduración, de modo que se relacionó con la disminución de los ácidos grasos poliinsaturados y con el aumento de los ácidos grasos saturados de cadena corta. En la bibliografía consultada no se han encontrado estudios previos acerca de la influencia del RCS sobre los AGMe. Sin embargo existen numerosos estudios acerca de la influencia del RCS sobre los

AGL, aunque la mayoría se realizaron sobre leche de vaca (Raynal Ljutovac et al., 2007). En ellos se muestra un aumento de la concentración de AGL, especialmente de los ácidos de cadena corta, al aumentar los RCS. Hasta la fecha solamente se han encontrado dos trabajos en los que se estudie la influencia del RCS sobre los AGL en queso de oveja. Uno de ellos es el realizado por Pirisi et al. (2000), en el que se investigaron tres grupos de queso elaborados con leche de raza Sarda, con valores de RCS similares a los de este trabajo. Estos autores no encontraron diferencias significativas debidas al RCS entre los AGL en el queso tras 24 horas de maduración, ni tampoco tras 2 meses de maduración. En el segundo de los trabajos, realizado por Jaeggi et al. (2003) sobre queso Manchego, los autores no encontraron diferencias significativas en el primer mes de maduración, pero en los meses 3, 6 y 9, los quesos con elevados RCS mostraron las mayores concentraciones de AGL, especialmente de ácidos saturados de cadena corta.

En los resultados obtenidos se apreció una fuerte influencia de la raza, de manera que se observaron diferencias muy significativas en numerosos ácidos grasos a lo largo de toda la maduración, así como en los grupos de ácidos grasos (AGSC, AGSL, AGMI, AGPI) y en los cocientes AGPI/AGS y $n6/n3$.

A continuación se verá con más detalle la evolución a lo largo de la maduración de cada uno de los grupos de ácidos grasos y posteriormente la influencia del RCS y la raza sobre ellos.

9.1. EVOLUCIÓN A LO LARGO DE LA MADURACIÓN

El aumento de la concentración de AGL a lo largo de la maduración como consecuencia de los fenómenos de lipólisis ha sido ampliamente estudiado en quesos de oveja (Freitas y Malcata, 1998; Chávarri et al., 1999; Poveda et al., 2000; Pirisi et al., 2000; Jaeggi et al., 2003). En el presente trabajo se determinó únicamente la concentración de AGMe, por lo que no se puede conocer con exactitud el grado de lipólisis. A pesar de ello, como ya se vio en el Apartado IV.6.4., el aumento del valor del índice de acidez de la grasa confirmó el aumento de la concentración de ácidos grasos libres a lo largo de la maduración.

A diferencia de lo que se acaba de mencionar para AGL, en este trabajo apenas se encontraron variaciones en las proporciones de AGMe a lo largo de la maduración. Estos resultados, que coinciden con los observados por Luna et al. (2005) para queso elaborado con leche de raza Assaf, indicarían que apenas tuvieron lugar fenómenos de oxidación.

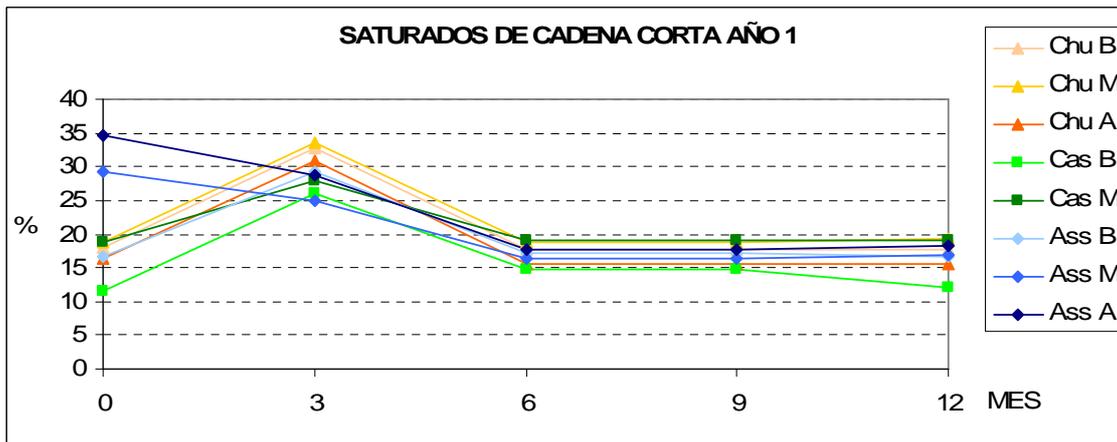


Figura 83. Evolución de la proporción de ácidos grasos de cadena corta a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.

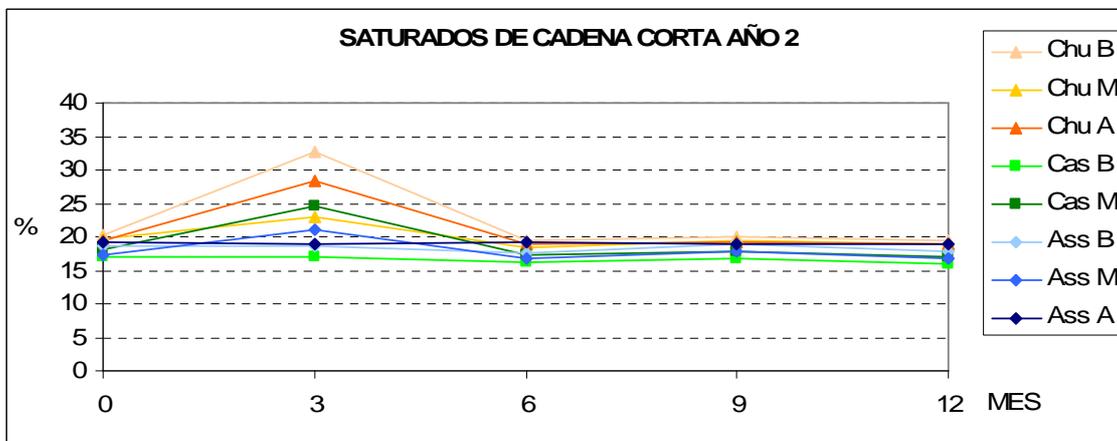


Figura 84. Evolución de la proporción de ácidos grasos de cadena corta a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.

Solamente se observó una variación significativa de las proporciones de AGMe en el mes 3, donde el queso presentó los mayores valores de ácidos saturados de cadena corta (Figura 83 y Figura 84). Inicialmente los valores de este grupo aumentaron entre el mes 0 y el mes 3 para después descender hasta el mes 6. Podría pensarse que el incremento inicial se debería a una mayor oxidación de los ácidos grasos monoinsaturados y

poliinsaturados, los cuales serían más susceptibles de ser degradados, con lo que la proporción de ácidos saturados aumentaría. Sin embargo no es probable que esto sucediera, ya que por una parte, la proporción de AGPI no varió de forma significativa a lo largo de toda la maduración y por otra parte, los fenómenos de oxidación en el queso son muy moderados dado su bajo potencial redox (alrededor de -250 mV) (McSweeney y Sousa, 2000; Collins et al., 2003; 2004).

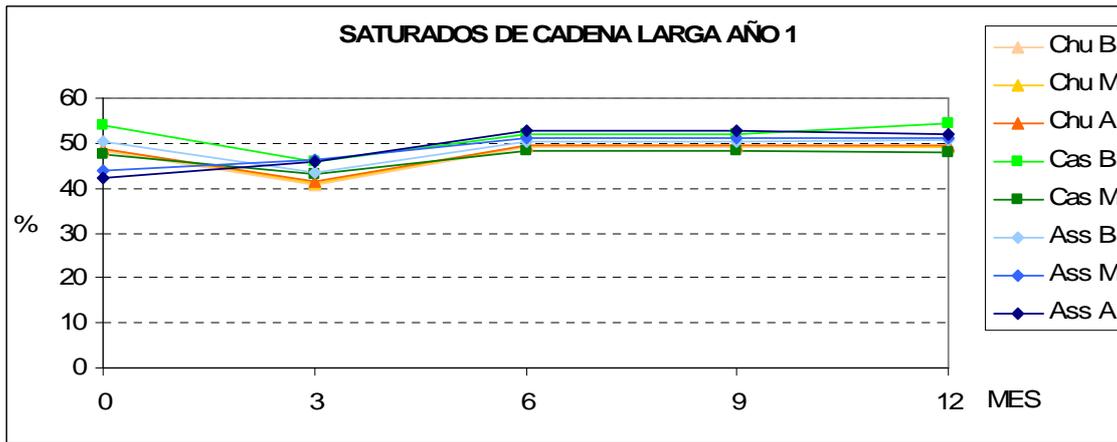


Figura 85. Evolución de la proporción de ácidos grasos de cadena media y larga a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.

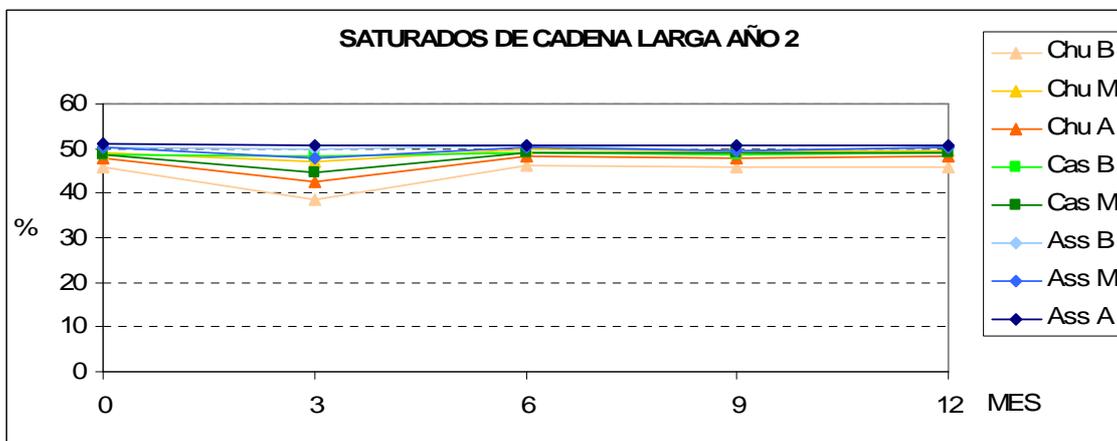


Figura 86. Evolución de la proporción de ácidos grasos de cadena media y larga a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.

En el mes 3 se observaron también los menores valores de ácidos saturados de cadena media y larga (Figura 85 y Figura 86) y de ácidos monoinsaturados (Figura 87 y Figura 88). En cualquier caso, es difícil conocer exactamente cuál fue el grupo cuya concentración varió realmente, ya que los valores se calcularon de forma porcentual y

por lo tanto son relativos, pero uno o ambos grupos descendieron, lo que pudo provocar el aumento relativo observado en los ácidos saturados de cadena corta.

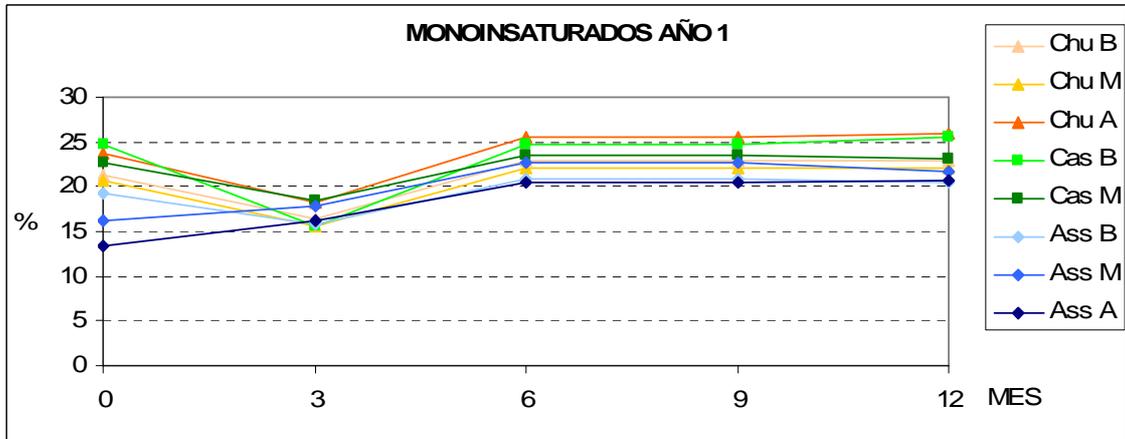


Figura 87. Evolución de la proporción de ácidos grasos monoinsaturados a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.

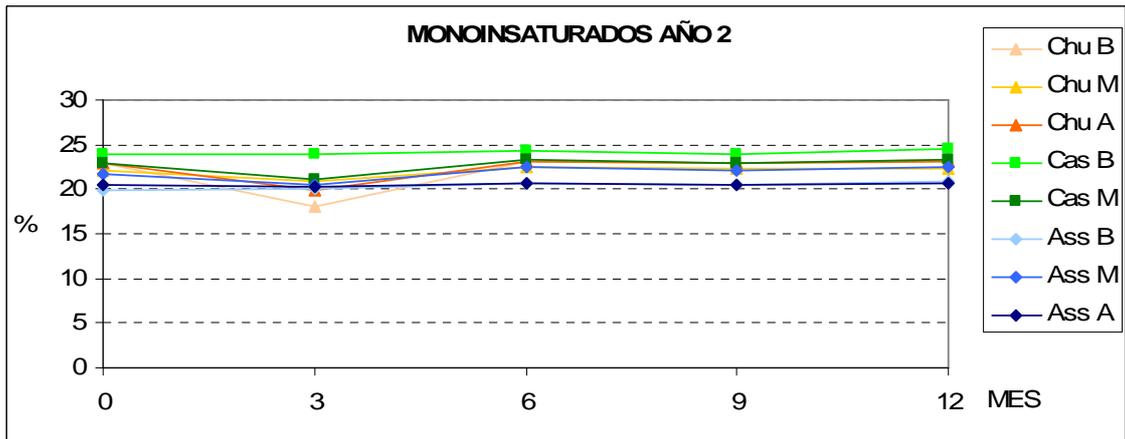


Figura 88. Evolución de la proporción de ácidos grasos monoinsaturados a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.

Como se muestra en la Figura 89 y en la Figura 90, la proporción de ácidos grasos poliinsaturados permaneció prácticamente constante a lo largo de la maduración, de manera que ni si quiera en el mes 3 se observaron diferencias significativas.

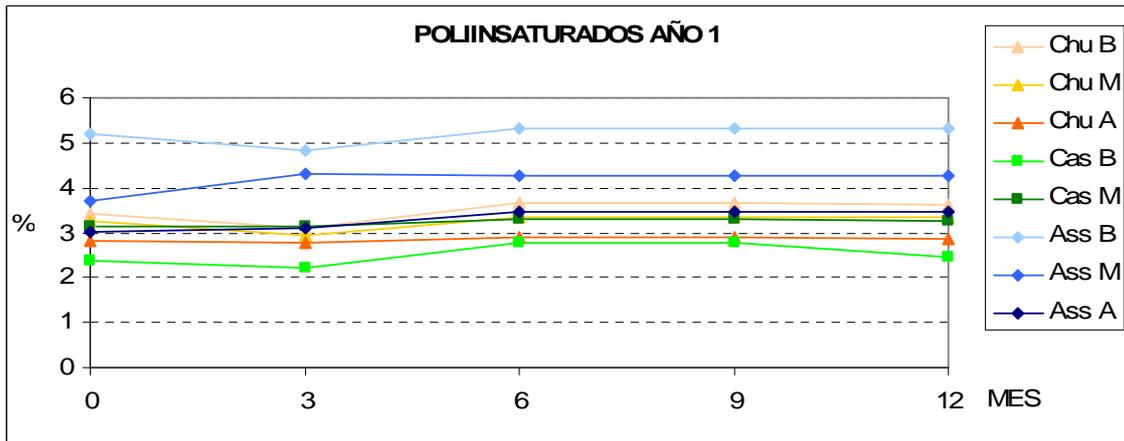


Figura 89. Evolución de la proporción de ácidos grasos poliinsaturados a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 1.

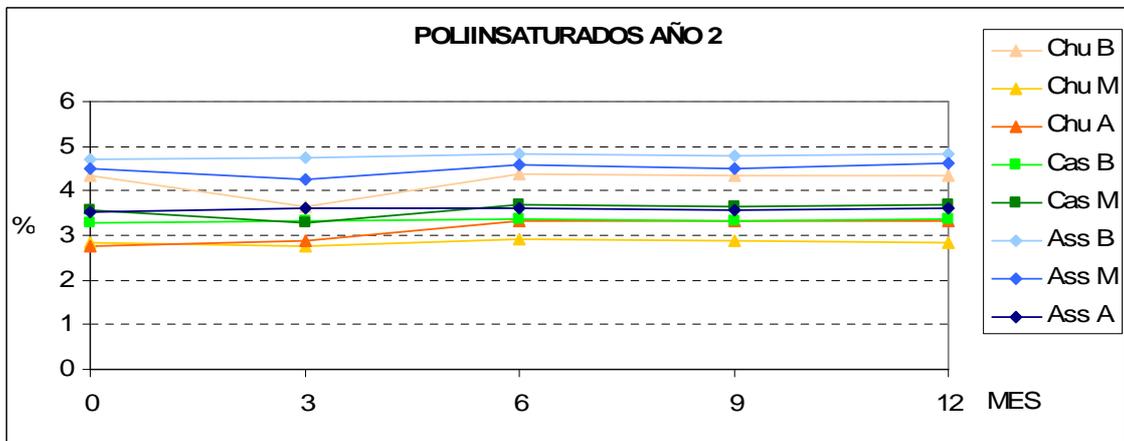


Figura 90. Evolución de la proporción de ácidos grasos poliinsaturados a lo largo de la maduración en los quesos pertenecientes al año 2.

En definitiva, no se observaron diferencias significativas entre los valores de ácidos grasos totales en prácticamente ningún punto de la maduración, lo que significa que sus proporciones permanecieron casi constantes a lo largo de todo el proceso, a pesar de los importantes cambios físico-químicos que tienen lugar en el queso, como la formación de compuestos volátiles, que en muchos casos se forman a partir de los ácidos grasos.

Tabla 27. Composición media (g/100g) de ácidos grasos totales de los quesos (años 1 y 2) en el mes 0 de maduración.

	Churra RCS bajos	Churra RCS med.	Churra RCS altos	Castellana RCS bajos	Castellana RCS med.	Assaf RCS bajos	Assaf RCS med.	Assaf RCS altos	RCS	RAZA
C4:0	1,28±0,09	1,24±0,05	1,23±0,08	1,38±0,08	1,32±0,10	1,40±0,11	2,07±0,26	1,98±0,31	ns	***
C6:0	1,93±0,09	1,89±0,11	1,79±0,11	1,70±0,05	1,94±0,15	1,97±0,15	2,83±0,31	2,85±0,43	*	***
C8:0	2,51±0,13	2,42±0,17	2,27±0,15	1,95±0,13	2,50±0,22	2,39±0,19	3,29±0,34	3,59±0,67	*	**
C10:0	8,39±0,50	8,51±0,61	7,75±0,49	5,86±0,46	8,02±0,67	7,74±0,58	9,85±0,87	11,95±2,34	**	***
C12:0	4,96±0,24	5,17±0,28	4,76±0,25	3,45±0,26	4,70±0,29	4,27±0,16	5,13±0,37	6,51±1,17	***	**
C14:0	10,58±0,32	11,86±0,36	10,82±0,12	9,61±0,36	10,72±0,20	10,08±0,17	10,84±0,50	13,27±1,30	***	*
C14:1	0,18±0,01	0,25±0,02	0,19±0,00	0,16±0,01	0,21±0,01	0,14±0,02	0,18±0,02	0,27±0,05	***	ns
C16:0	24,19±0,59	25,77±0,48	24,22±0,20	27,51±0,67	24,98±0,30	26,68±0,30	24,02±0,66	23,85±1,52	*	ns
C16:1	1,11±0,08	1,39±0,07	1,19±0,04	1,17±0,03	1,19±0,05	0,98±0,09	1,05±0,04	1,14±0,06	*	***
C17:0	0,61±0,02	0,66±0,02	0,65±0,02	0,58±0,02	0,58±0,01	0,56±0,02	0,53±0,02	0,47±0,06	ns	***
C17:1	0,19±0,01	0,24±0,02	0,22±0,01	0,21±0,01	0,20±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01	0,14±0,01	ns	***
C18:0	11,61±0,35	10,54±0,51	12,50±0,19	13,55±0,30	11,74±0,48	12,79±0,32	11,55±0,73	9,00±2,05	**	*
C18:1 9t	1,53±0,21	0,78±0,07	1,29±0,21	1,26±0,16	1,38±0,06	2,75±0,39	2,42±0,31	1,21±0,14	*	***
C18:1	19,15±0,64	18,69±0,50	20,34±0,57	21,45±0,29	19,79±0,94	15,61±0,51	15,15±0,59	14,19±1,79	ns	***
C18:2 n6c	2,64±0,18	1,89±0,10	1,77±0,52	1,75±0,14	2,19±0,03	3,81±0,20	3,08±0,30	2,36±0,12	*	***
CLA total	0,64±0,04	0,44±0,03	0,49±0,03	0,57±0,07	0,54±0,01	0,68±0,01	0,62±0,03	0,46±0,03	***	ns
C18:2 9c11t	0,53±0,03	0,31±0,02	0,39±0,03	0,44±0,05	0,42±0,01	0,59±0,01	0,55±0,03	0,38±0,02	**	*
C18:2 10t12c	ND	ND	ND	ND	ND	0,01±0,00	ND	0,01±0,01	ns	ns
C18:2 9c11c	0,07±0,01	0,08±0,01	0,07±0,00	0,09±0,01	0,08±0,00	0,05±0,00	0,04±0,00	0,04±0,02	*	***
C18:2 9t11t	0,04±0,00	0,04±0,00	0,03±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,01	ns	ns
C18:3	0,54±0,07	0,64±0,04	0,44±0,02	0,44±0,05	0,55±0,03	0,42±0,02	0,38±0,01	0,41±0,04	ns	***
C20:0	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,04±0,00	0,05±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,07±0,01	*	***
C20:1 11t	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,00	0,02±0,00	0,03±0,00	0,01±0,00	ND	ND	ns	***
C20:4 n6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ns	ns
C20:5	0,04±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,04±0,01	0,04±0,00	0,02±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	ns	***
C22:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ns	ns
C22:6 n3	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,01	0,03±0,00	0,03±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	ns	***
AGSC	19,07±0,94	19,23±1,20	17,81±0,94	14,34±0,84	18,48±1,37	17,76±1,16	23,17±2,01	26,87±4,56	**	***
AGSL	47,05±0,65	48,88±0,52	48,24±0,31	51,29±0,83	48,07±0,58	50,17±0,51	47,01±1,10	46,66±2,31	*	ns
AGMI	22,18±0,71	21,37±0,60	23,26±0,71	24,27±0,37	22,79±0,95	19,61±0,69	18,93±0,65	16,96±1,90	ns	***
AGPI	3,89±0,13	3,06±0,14	2,79±0,55	2,83±0,27	3,35±0,04	4,95±0,21	4,12±0,34	3,27±0,17	**	***
AGPI/AGS	0,07±0,00	0,05±0,00	0,05±0,01	0,04±0,00	0,06±0,00	0,09±0,00	0,07±0,00	0,06±0,00	*	***
n6/n3	4,76±0,73	2,95±0,25	3,73±1,00	4,52±0,17	3,78±0,22	8,91±0,43	8,01±0,80	5,66±0,56	ns	***

ND, no detectado. ns, diferencias no significativas ($P>0,0500$); * $P\leq 0,0500$; ** $P\leq 0,0100$; *** $P\leq 0,0010$

Tabla 28. Composición media (g/100g) de ácidos grasos totales de los quesos (años 1 y 2) en el mes 12 de maduración.

	Churra RCS bajos	Churra RCS med.	Churra RCS altos	Castellana RCS bajos	Castellana RCS med.	Assaf RCS bajos	Assaf RCS med.	Assaf RCS altos	RCS	RAZA
C4:0	1,33±0,18	1,21±0,12	1,12±0,03	1,35±0,05	1,29±0,09	1,30±0,13	1,31±0,04	1,20±0,05	ns	**
C6:0	2,26±0,22	1,96±0,17	1,87±0,09	1,94±0,20	2,01±0,18	2,03±0,17	1,93±0,12	1,91±0,15	ns	ns
C8:0	2,70±0,23	2,41±0,14	2,33±0,03	2,27±0,26	2,42±0,29	2,40±0,14	2,24±0,08	2,40±0,24	ns	ns
C10:0	8,40±0,27	8,40±0,40	8,25±0,29	6,66±0,91	7,32±0,77	7,84±0,44	7,12±0,50	8,49±1,11	**	***
C12:0	4,76±0,10	5,04±0,17	5,23±0,24	3,78±0,48	4,10±0,29	4,38±0,15	4,06±0,33	5,00±0,66	**	***
C14:0	9,83±0,15	11,72±0,43	11,45±0,12	10,10±0,41	10,08±0,23	10,39±0,33	10,07±0,44	11,94±0,42	***	**
C14:1	0,14±0,02	0,24±0,02	0,23±0,00	0,16±0,01	0,16±0,01	0,16±0,03	0,16±0,03	0,24±0,02	**	*
C16:0	22,70±0,58	25,69±0,63	24,44±0,25	25,42±0,87	25,01±0,27	27,25±0,44	26,80±0,34	26,89±0,30	ns	***
C16:1	1,10±0,11	1,40±0,04	1,35±0,03	1,17±0,11	1,18±0,04	1,14±0,07	1,18±0,06	1,27±0,02	ns	***
C17:0	0,72±0,03	0,75±0,03	0,72±0,02	0,65±0,05	0,69±0,01	0,66±0,02	0,67±0,01	0,64±0,02	*	***
C17:1	0,20±0,03	0,24±0,01	0,24±0,00	0,22±0,01	0,21±0,01	0,16±0,01	0,17±0,01	0,17±0,01	ns	***
C18:0	12,36±0,17	11,38±0,51	11,46±0,29	12,71±0,42	13,34±0,63	11,96±0,34	12,67±0,53	11,20±1,15	ns	*
C18:1 9t	2,13±0,25	0,96±0,06	1,56±0,27	1,71±0,16	1,62±0,12	2,80±0,28	2,99±0,41	1,64±0,09	ns	***
C18:1	19,75±0,63	19,39±0,49	19,82±0,07	21,14±0,38	20,09±1,47	16,50±0,81	17,90±0,74	17,26±0,88	ns	***
C18:2 n6c	2,80±0,12	1,88±0,03	2,21±0,02	1,85±0,17	2,40±0,03	3,63±0,27	3,42±0,40	2,47±0,04	ns	***
CLA total	0,82±0,06	0,41±0,01	0,55±0,02	0,78±0,09	0,65±0,01	0,69±0,01	0,75±0,02	0,63±0,02	*	**
C18:2 9c11t	0,67±0,04	0,29±0,01	0,43±0,03	0,61±0,07	0,51±0,01	0,59±0,01	0,65±0,02	0,51±0,01	*	***
C18:2 10t12c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ns	ns
C18:2 9c11c	0,09±0,02	0,08±0,00	0,07±0,00	0,10±0,02	0,09±0,00	0,07±0,00	0,06±0,00	0,06±0,01	ns	***
C18:2 9t11t	0,06±0,01	0,04±0,00	0,05±0,01	0,07±0,01	0,05±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,06±0,00	ns	ns
C18:3	0,66±0,13	0,49±0,04	0,49±0,02	0,65±0,08	0,58±0,01	0,47±0,01	0,40±0,01	0,44±0,05	ns	**
C20:0	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,06±0,00	0,07±0,00	0,06±0,01	ns	***
C20:1 11t	0,03±0,02	0,04±0,00	0,02±0,02	0,04±0,00	0,03±0,00	0,02±0,01	0,01±0,02	ND	*	***
C20:4 n6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ns	ns
C20:5	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,05±0,01	0,04±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	ns	***
C22:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ns	ns
C22:6 n3	0,03±0,01	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	ns	***
AGSC	19,45±0,93	19,02±0,88	18,80±0,44	16,00±1,83	17,14±1,53	17,95±0,93	16,65±0,88	19,00±2,17	ns	**
AGSL	45,65±0,57	49,59±0,71	48,13±0,43	48,93±0,95	49,16±0,23	50,32±0,68	50,27±0,43	50,73±1,05	ns	***
AGMI	23,36±0,53	22,27±0,49	23,21±0,25	24,46±0,62	23,30±1,42	20,78±0,71	22,42±0,55	20,59±0,94	ns	***
AGPI	4,34±0,10	2,85±0,03	3,33±0,03	3,37±0,36	3,69±0,05	4,83±0,26	4,61±0,41	3,59±0,09	*	***
AGPI/AGS	0,08±0,00	0,05±0,00	0,06±0,00	0,05±0,00	0,06±0,00	0,08±0,01	0,08±0,01	0,06±0,00	*	***
n6/n3	4,30±1,33	3,63±0,34	4,28±0,17	2,69±0,07	3,95±0,03	7,61±0,73	8,52±1,12	5,54±0,58	ns	***

 ND, no detectado. ns, diferencias no significativas ($P>0,0500$); * $P\leq0,0500$; ** $P\leq0,0100$; *** $P\leq0,0010$

9.2. INFLUENCIA DEL RCS Y DE LA RAZA

9.2.1. Ácidos grasos saturados

La proporción media de ácidos grasos saturados en el queso fue del 72% (Figura 91), de los cuales el 53% fueron de cadena media y larga y el 19% de cadena corta.

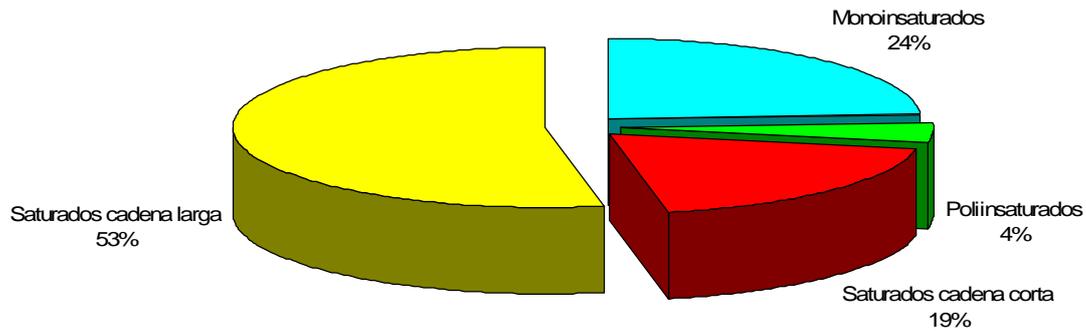


Figura 91. Proporción media (años 1 y 2) de ácidos grasos en el queso según su estructura química.

9.2.1.1. Ácidos grasos saturados de cadena corta (AGSC)

Al igual que en la leche, se identificaron y cuantificaron cinco ácidos grasos saturados de cadena corta (C4-C12) que estuvieron entre los diez más abundantes (Figura 91): butírico (1%), caproico (2%), caprílico (2-3%), cáprico (8-9%) y láurico (4-5%).

Como se muestra en la Tabla 27, en los quesos pertenecientes al mes 0 la proporción de AGSC aumentó con los RCS. Esto fue debido a las diferencias observadas en los ácidos caproico, caprílico, cáprico y láurico, resultados que coinciden con los encontrados en la leche de partida.

En los meses 6 y 12 (Tabla 28) la proporción de algunos ácidos saturados de cadena corta, como los ácidos caproico y láurico, aumentó de forma significativa con los RCS. Dicho aumento no se vio reflejado en el conjunto de AGSC, en el que se observó un aumento con los RCS, pero no fue estadísticamente significativo, lo que se debió probablemente a los resultados encontrados en la raza Churra, especialmente en el año 1, donde el grupo de RCS altos presentó los valores más bajos de AGSC (Figura 92 y Figura 93).

Como se mencionó con anterioridad, Jaeggi et al. (2003) observaron en queso Manchego mayores concentraciones de AGL saturados de cadena corta al aumentar los RCS. Esto fue debido a la acción específica de las lipasas sobre los ácidos grasos situados en la posición *sn*-1,3 del triglicérido, ya que los AGSC están esterificados predominantemente en la posición *sn*-3 (De la Fuente et al., 1993).

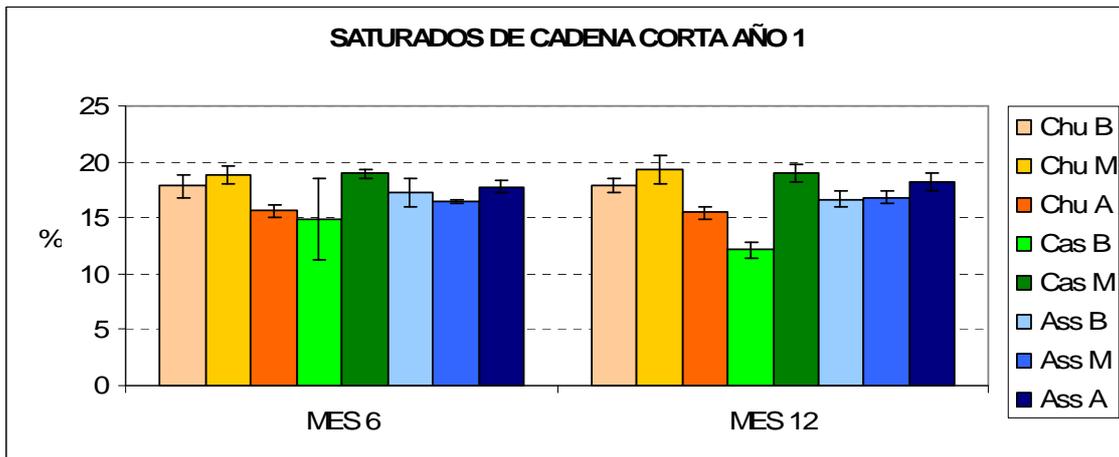


Figura 92. Proporción media de ácidos grasos saturados de cadena corta en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

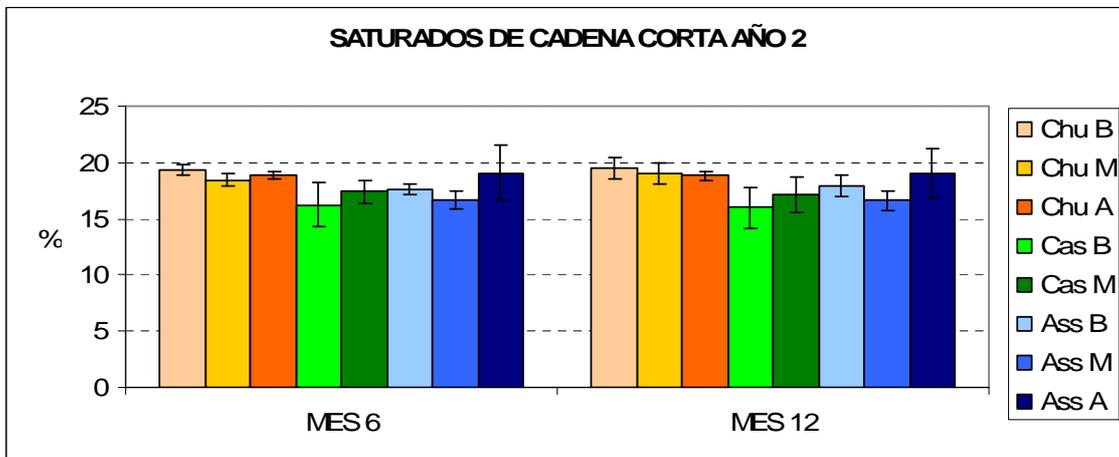


Figura 93. Proporción media de ácidos grasos saturados de cadena corta en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.

La mayor concentración de AGSC totales al aumentar los RCS podría explicarse por una mayor concentración de estos ácidos en la leche de partida, debida a la acción de la LPL durante el proceso de síntesis en la glándula mamaria.

Con respecto a la raza, las diferencias fueron también similares a las encontradas en la leche de partida, de modo que desde el mes 0 hasta el mes 12 la raza Assaf y, sobre todo, la raza Churra presentaron los mayores valores de AGSC, algo que se puede apreciar también en la Figura 92 y en la Figura 93. Como se muestra en la Tabla 27 y en la Tabla 28, en el mes 0 se encontraron diferencias en todos los AGSC, mientras que en el mes 12 sólo se observaron en los ácidos butírico, cáprico y láurico.

9.2.1.2. Ácidos grasos saturados de cadena media y larga (AGSL)

Se identificaron y cuantificaron los siguientes ácidos grasos saturados de cadena media y larga: mirístico, palmítico, heptadecanoico, esteárico, eicosanoico y docosanoico. Entre ellos, mirístico (11%), palmítico (26%) y esteárico (12%) fueron tres de los más abundantes, conformando en conjunto el 49% de los ácidos grasos totales del queso a los 12 meses de maduración.

Se encontraron diferencias significativas con respecto a los RCS en los quesos pertenecientes al mes 0, algo que no se observó en la leche. Así, los valores de AGSL disminuyeron al aumentar los RCS, resultados que se debieron a las diferencias observadas en los ácidos palmítico y esteárico.

En los meses 6 y 12, las diferencias no fueron significativas, lo que se explica por los distintos resultados obtenidos para cada año y para cada raza. Durante el año 1 (Figura 94) los valores aumentaron con los RCS en la raza Assaf, mientras que disminuyeron en la raza Castellana, mientras que en el año 2 (Figura 95) solamente se observaron diferencias significativas en la raza Churra, donde los quesos de RCS bajos presentaron las menores concentraciones y los de RCS medios las más altas.

Como se muestra en la Tabla 28, en general se observaron diferencias significativas en algunos ácidos grasos concretos, principalmente en los ácidos mirístico y heptadecanoico, cuyos valores aumentaron con los RCS.

En cuanto a la raza, en el mes 0 se observaron diferencias significativas en varios ácidos grasos (Tabla 27), de manera que la raza Assaf mostró los mayores valores de ácido mirístico y eicosanoico y los menores de heptadecanoico y esteárico, mientras que en la raza Churra se observó lo contrario. En el conjunto de AGSL las diferencias no fueron

significativas durante el mes 0, lo que se explica porque los resultados obtenidos para los ácidos mirístico y esteárico, dos de los más abundantes, se compensaron entre sí.

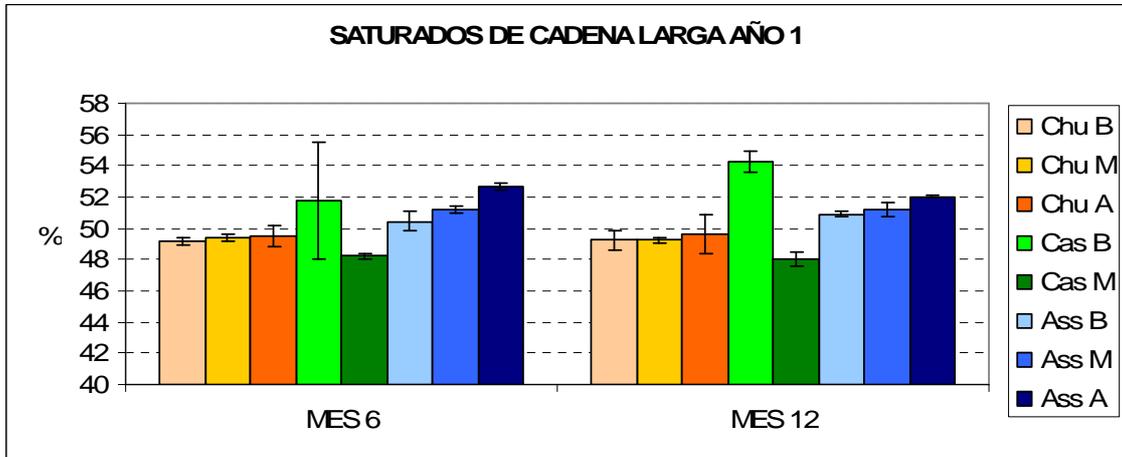


Figura 94. Concentración media de ácidos grasos saturados de cadena larga en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

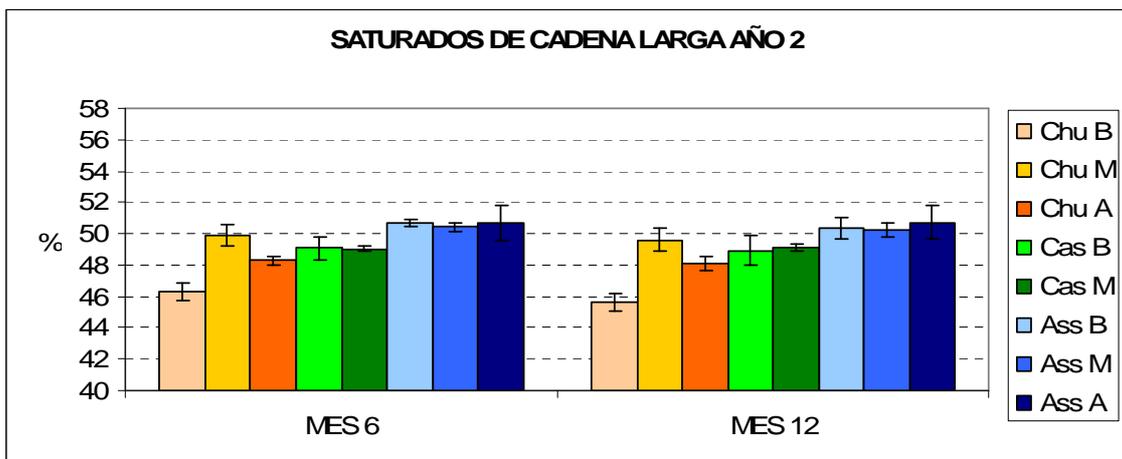


Figura 95. Concentración media de ácidos grasos saturados de cadena larga en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.

En los meses 6 y 12 las diferencias en el conjunto de AGSL sí fueron significativas y además coincidieron con las observadas en la leche de partida, de modo que, como se puede apreciar en la Figura 94 y en la Figura 95, los menores valores se encontraron en la raza Churra, lo que fue debido a su menor concentración de ácidos palmítico y esteárico, a pesar de que presentó los mayores valores de ácido mirístico.

9.2.2. Ácidos grasos insaturados

La proporción media de ácidos grasos insaturados en el queso fue del 28%, de los cuales el 24% eran monoinsaturados y el 4% eran poliinsaturados (Figura 91).

9.2.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)

Los ácidos grasos monoinsaturados cuantificados fueron los siguientes: miristoleico, palmitoleico, heptadecenoico, elaídico, oleico y eicosenoico. El ácido oleico fue el más abundante, suponiendo entre el 18 y el 19% del total de los ácidos grasos en los quesos de 0 y 12 meses de maduración respectivamente, frente al aproximadamente 5% que sumaron entre los cinco restantes. Debido a ello las diferencias encontradas en el conjunto de los ácidos monoinsaturados con respecto al RCS y a la raza se deben en gran medida a las observadas en este ácido graso.

Con respecto al RCS en general no se encontraron diferencias significativas para el conjunto de AGMI en el queso, lo que coincide con los resultados observados en la leche de partida. Esto se explica porque el ácido oleico no varió con los RCS. Sí lo hicieron otros ácidos menos abundantes como miristoleico, palmitoleico, elaídico y eicosenoico, aunque sin consecuencias notables en el resultado global debido, como ya se ha indicado, a su baja concentración (Tabla 27 y Tabla 28).

A la vista de la Figura 96 y de la Figura 97, se puede observar que las diferencias con respecto al RCS no fueron significativas para el conjunto de AGMI porque los resultados obtenidos fueron diferentes para cada una de las razas estudiadas. Así, en la raza Churra las mayores concentraciones se observaron en los quesos de RCS altos, mientras que en la raza Castellana la concentración disminuyó al aumentar los RCS y en la raza Assaf las mayores concentraciones se observaron en las muestras de RCS medios.

En cuanto a la raza, se encontraron diferencias significativas a lo largo de toda la maduración que coincidieron con las observadas en la leche de partida. Así, tanto en el mes 0 como en el 12 (Tabla 27 y Tabla 28) la raza Castellana mostró los mayores valores de AGMI y la raza Assaf los menores. Estas diferencias, que se pueden apreciar también en la Figura 96 y en la Figura 97, se debieron a las observadas en el ácido oleico.

En realidad se encontraron diferencias significativas con respecto a la raza en cada uno de los ácidos monoinsaturados que se cuantificaron, aunque en muchos casos no coincidieron con las diferencias encontradas para el conjunto de los AGMI.

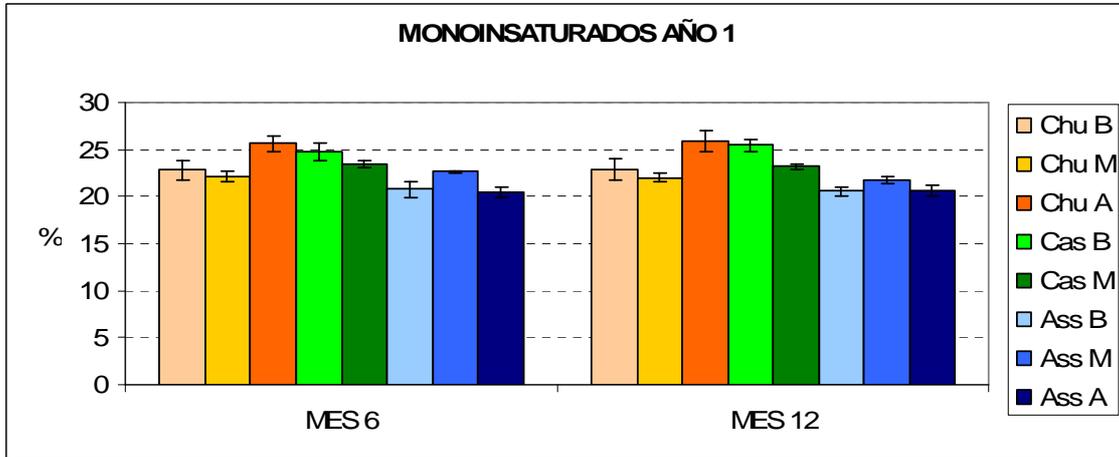


Figura 96. Concentración media de ácidos grasos monoinsaturados en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

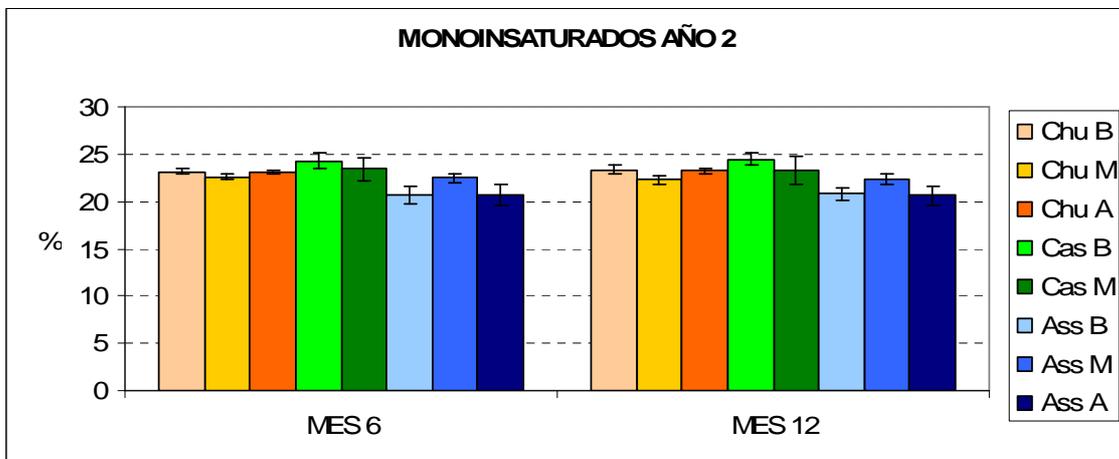


Figura 97. Concentración media de ácidos grasos monoinsaturados en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.

9.2.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)

El grupo de ácidos grasos poliinsaturados, entre los que se cuantificaron los ácidos linoleico, linolénico, CLA, araquidónico, eicosapentanoico y docosahexanoico, fue el menos abundante, suponiendo el 4% del total.

En este grupo de ácidos grasos fue en el que se apreciaron las diferencias más significativas con respecto al RCS y a la raza.

Con respecto al RCS, la proporción de AGPI disminuyó al aumentar los RCS (Tabla 27 y Tabla 28). Como se puede apreciar en la Figura 98 y en la Figura 99, este descenso se observó en la raza Churra y sobre todo en la raza Assaf, mientras que en la raza Castellana sucedió lo contrario. Estos resultados se explican por las diferencias encontradas en el ácido linoleico, el más abundante de los que componen este grupo. Se encontraron también diferencias en el CLA, que se detallarán posteriormente.

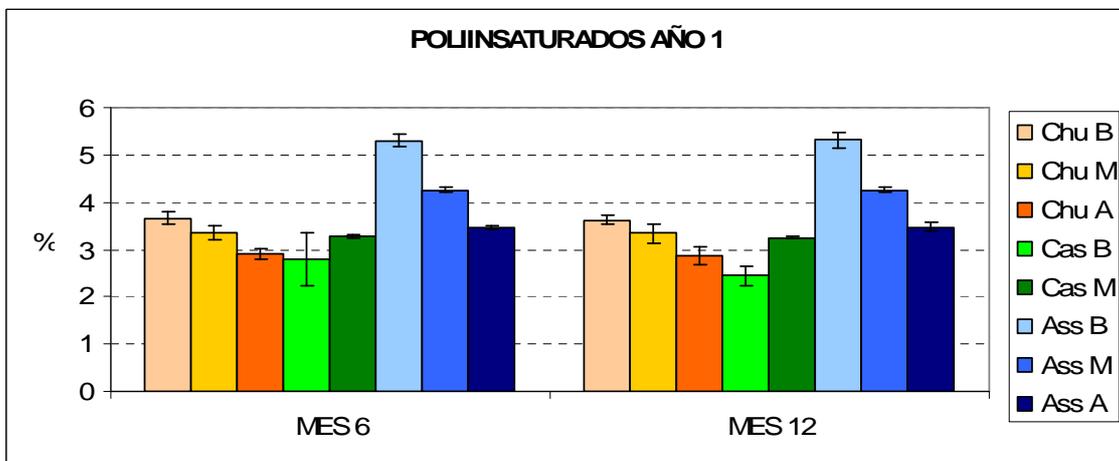


Figura 98. Concentración media de ácidos grasos poliinsaturados en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

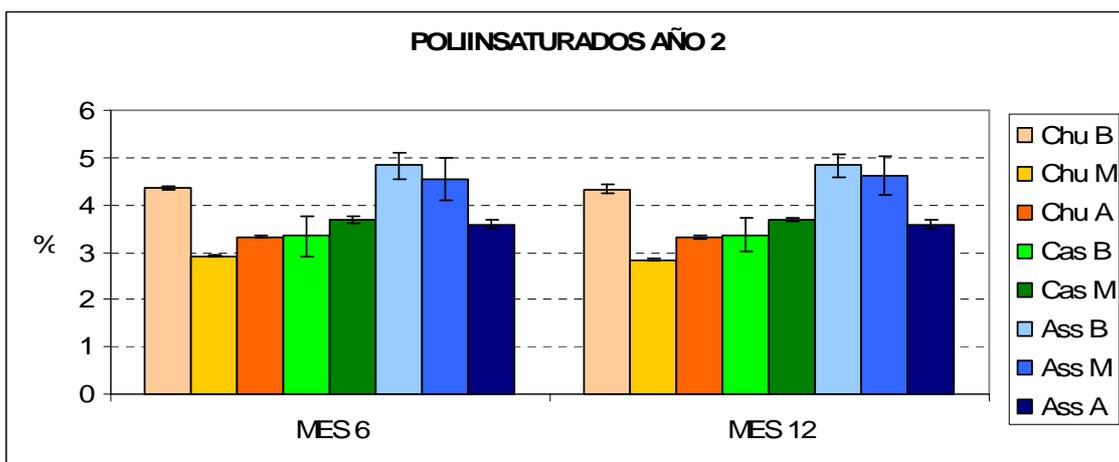


Figura 99. Concentración media de ácidos grasos poliinsaturados en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.

Con respecto a la raza, las muestras de raza Assaf presentaron los mayores valores de AGPI, frente a las razas Castellana y Churra (Figura 98 y Figura 99), resultados que se observaron durante toda la maduración y que se explican de nuevo por las diferencias encontradas en el ácido linoleico. También se encontraron diferencias significativas en algunos ácidos grasos concretos, de modo que los quesos de raza Assaf presentaron los mayores valores de CLA y los menores de los ácidos linolénico, eicosapentanoico y docosahexanoico, mientras que para la raza Churra se observó lo contrario.

Tanto las concentraciones de AGPI como las diferencias observadas con respecto al RCS y a la raza fueron similares a las de la leche de partida. Como ya se mencionó entonces, cabe destacar que, a pesar de que los AGPI son beneficiosos desde el punto de vista nutricional, podrían tener un efecto negativo sobre el queso, ya que son especialmente propensos a la oxidación durante el proceso de maduración, y como consecuencia de ello se forman aldehídos insaturados que provocan defectos en el flavor asociados a la rancidez (Collins et al., 2003). Esto tratará de confirmarse posteriormente mediante el análisis de compuestos volátiles y el análisis sensorial, especialmente para las muestras de raza Assaf con RCS bajos y RCS medios y las de razas Churra con RCS bajos que presentaron las mayores concentraciones de AGPI.

9.2.3. Consideraciones nutricionales

9.2.3.1. CLA total

De nuevo los resultados fueron similares a los encontrados en la leche de partida, ya que en primer lugar, el isómero C18:2 9c11t fue el más abundante de los cuatro que se cuantificaron. En segundo lugar, los valores de dicho isómero disminuyeron al aumentar los RCS, especialmente en las razas Churra y Assaf, lo que se vio reflejado en el CLAtotal. Finalmente los mayores valores de este ácido graso se observaron en la raza Assaf, lo que repercutió también en el CLAtotal (Figura 100 y Figura 101). El isómero menos abundante fue C18:2 10t12c, que en la mayoría de los casos no se detectó.

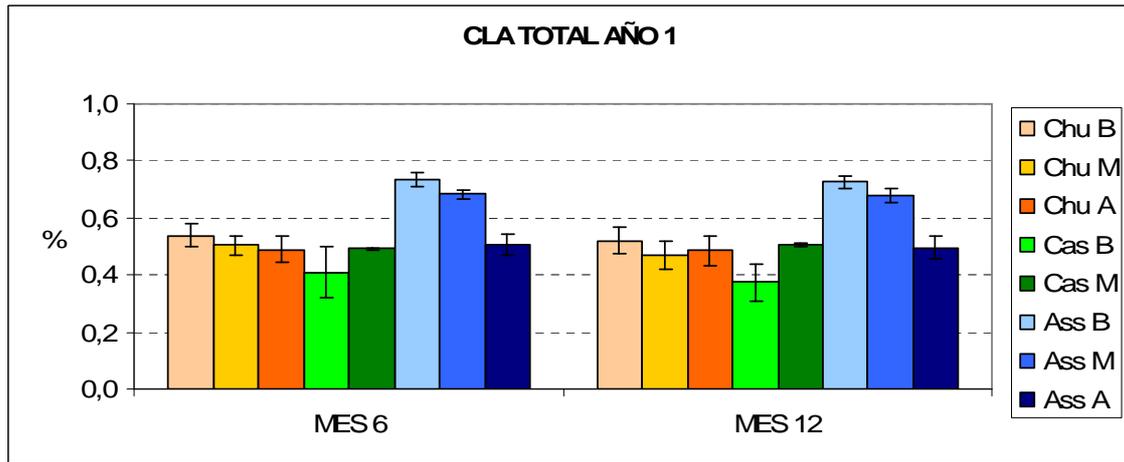


Figura 100. Concentración media de CLA total en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

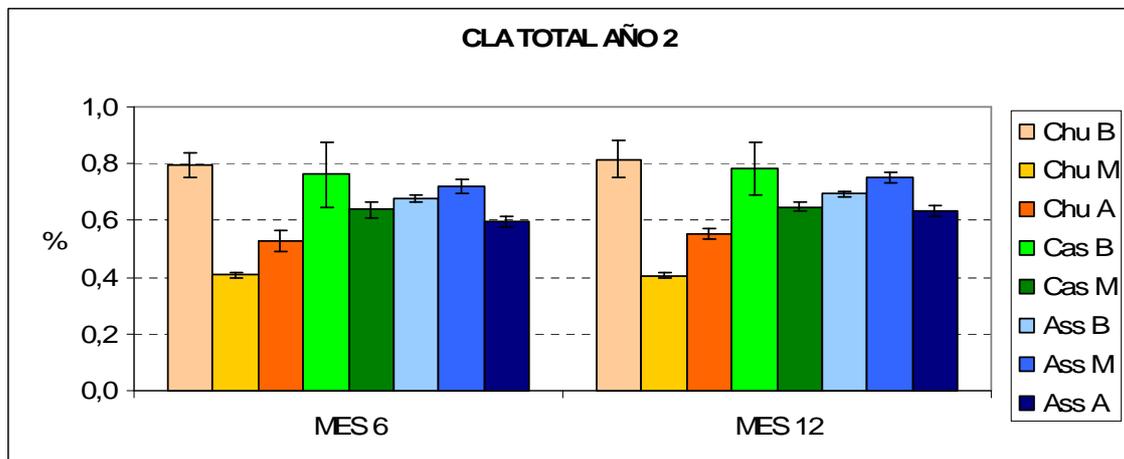


Figura 101. Concentración media de CLA total en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.

9.2.3.2. Relación AGPI/AGS

El valor del cociente AGPI/AGS disminuyó al aumentar los RCS en todos los puntos de maduración estudiados. Estos resultados, que coinciden con los de la leche de partida, se explican por las diferencias encontradas en las razas Churra y Assaf, ya que en la raza Castellana sucedió lo contrario (Figura 102 y Figura 103) Estas diferencias se debieron principalmente a que la concentración de ácido linoleico disminuyó al aumentar los RCS en estas dos razas.

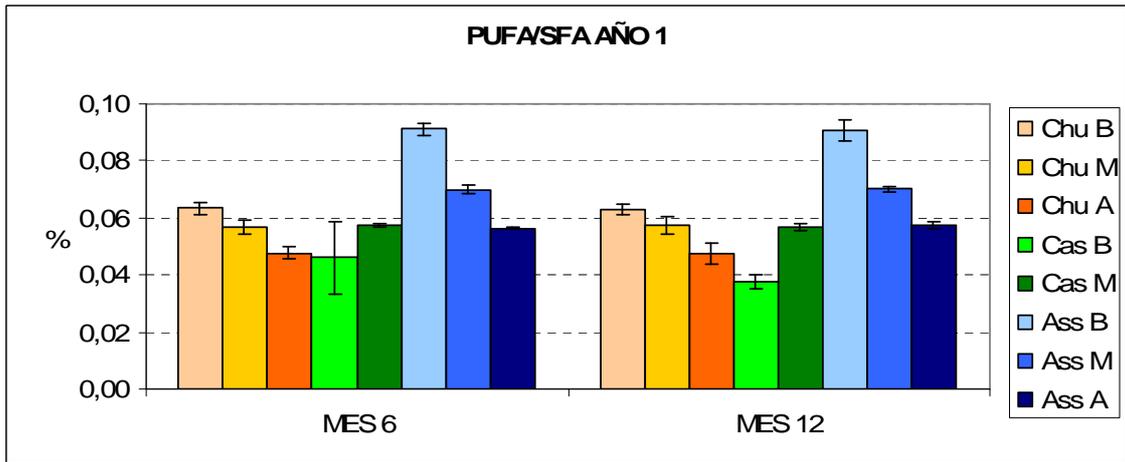


Figura 102. Valores medios del cociente AGPI/AGS en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

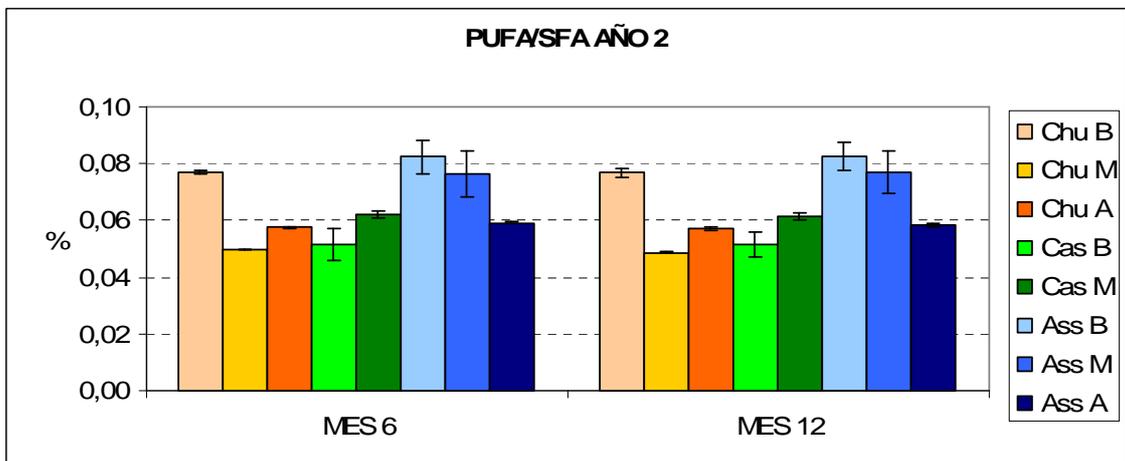


Figura 103. Valores medios del cociente AGPI/AGS en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.

Los mayores valores de la relación AGPI/AGS se observaron en los quesos de raza Assaf, aunque estuvieron muy lejos de la cifra recomendada 0,45 para el conjunto de la dieta (Department of Health, 1994). Ninguna de las muestras se acercó a ese valor debido a la elevada proporción de ácidos grasos saturados característica de la composición grasa de la leche de partida.

9.2.3.3. Relación n-6/n-3

El cociente n6/n3 que, como ya se ha mencionado, debería ser menor a 4 teniendo en cuenta la totalidad de la dieta (Department of Health, 1994), presentó valores similares a los de la leche de partida, de modo que las únicas muestras con valores inferiores a 4

fueron las de raza Churra con RCS medios y las de raza Castellana con RCS medios debido a su mayor proporción de ácido linolénico.

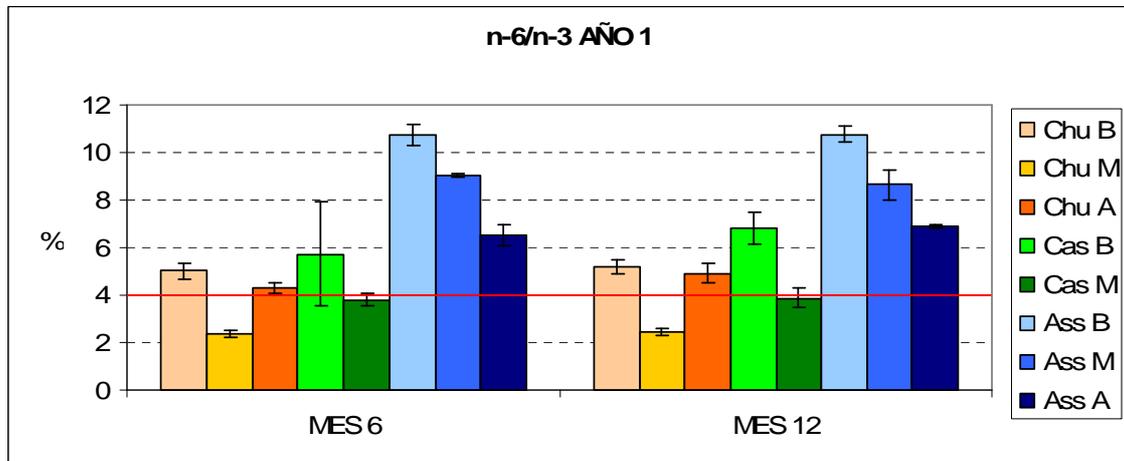


Figura 104. Valores medios del cociente n6/n3 en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

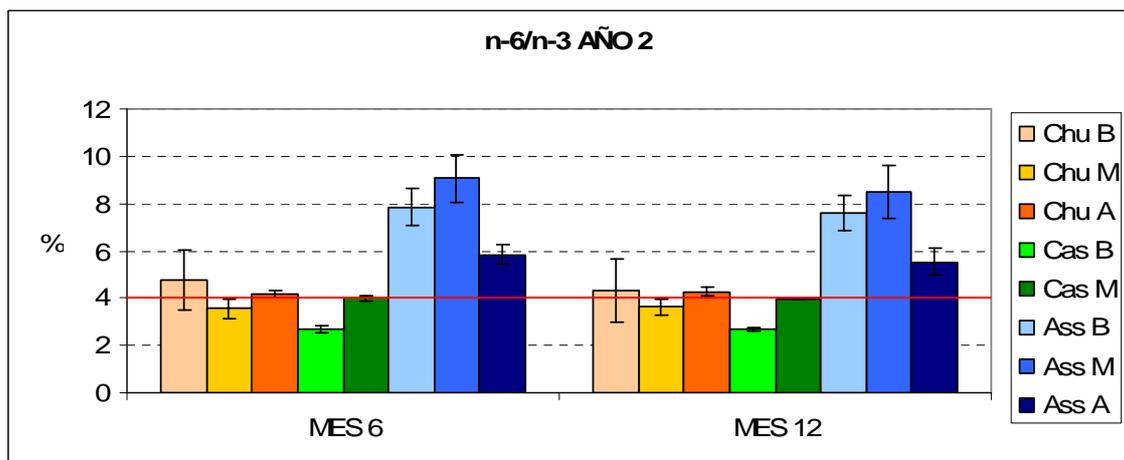


Figura 105. Valores medios del cociente n6/n3 en los quesos de 6 y 12 meses de maduración pertenecientes al año 2.

En general no se encontraron diferencias significativas con respecto al RCS. La única tendencia clara se observó en los quesos de raza Assaf, donde el valor de la relación n6/n3 disminuyó al aumentar los RCS (Figura 104 y Figura 105).

Como se puede apreciar en la Tabla 27 y en la Tabla 28, sí se encontraron diferencias significativas con respecto a la raza, de modo que los quesos de raza Assaf presentaron los mayores valores para esta relación.

10. COMPUESTOS VOLÁTILES

La formación de compuestos volátiles en el queso se lleva a cabo durante el proceso de maduración a partir de tres importantes rutas metabólicas: lipólisis, proteólisis y metabolismo de lactosa residual, lactato y citrato (McSweeney y Sousa, 2000), que son activadas por enzimas endógenos de la leche, enzimas del cuajo y enzimas microbianos (Molimard y Spinnler, 1996).

Muchos de los factores relacionados con estos enzimas y su influencia sobre los compuestos volátiles del queso han sido ampliamente estudiados, (Urbach, 1993, 1995, 1997; Molimard y Spinnler, 1996; McSweeney y Sousa, 2000; Curioni y Bosset, 2002; Amárita et al., 2006) pero no se ha encontrado ninguna publicación hasta la fecha en la que se estudie de forma concreta la influencia de las células somáticas, las cuales provocan un aumento considerable de la cantidad de enzimas y por consiguiente de los fenómenos de lipólisis (Jaeggi et al., 2003) y proteólisis (Revilla et al., 2007).

Existen otros factores que influyen sobre la concentración de los compuestos volátiles como la estación del año en la que se elabora el queso (Fernández-García et al., 2004ab; Izco y Torre, 2000), el tiempo de maduración (Carbonell et al., 2002; Fernández-García et al., 2004a), la microbiota endógena de la leche (Morales et al., 2003; Tavaría et al., 2006; Irigoyen et al., 2007) o la raza (Barron et al., 2005; Ferreira et al., 2009). Respecto a la influencia de la raza sobre la composición de sustancias volátiles del queso, existen muy pocas publicaciones y en ninguna de ellas se comparan las tres razas que aquí se estudian: Churra, Castellana y Assaf.

Por otra parte, en lo que respecta al queso Zamorano sólo se han encontrado dos publicaciones entre la bibliografía consultada, realizadas por Fernández-García et al. (2004a) y por Barron et al. (2005), respectivamente. Los primeros detectaron 90 compuestos volátiles, entre los que se encontraron todos los que aquí se estudian excepto el ciclohexano. En el segundo estudio se encontraron 39 compuestos, entre los que no estuvieron los aldehídos de cadena ramificada (2-metil-butanal y 3-metil-butanal), el etanol, ni el ciclohexano.

En el presente estudio se cuantificaron en cada una de las muestras 15 compuestos volátiles, que se repartieron según su grupo funcional en: aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres y otros compuestos, según se muestra en la Figura 107. Las concentraciones de la mayoría de los compuestos encontrados en trabajos previos (Fernández-García et al., 2004a, Barron et al., 2005) fueron superiores a las aquí encontradas, debido probablemente a ligeras variaciones en el método de análisis.

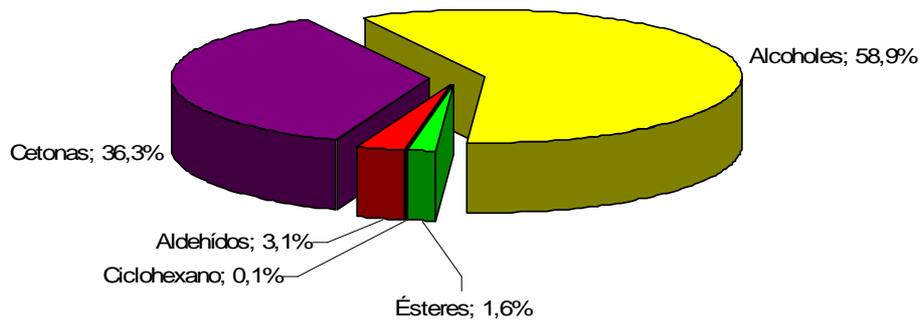


Figura 106. Porcentaje relativo medio de los grupos de compuestos volátiles analizados en los quesos con 6 meses de maduración pertenecientes a los años 1 y 2.



Figura 107. Porcentaje relativo medio de los grupos de compuestos volátiles analizados en los quesos con 12 meses de maduración pertenecientes a los años 1 y 2.

En todos los casos se registraron unos valores para la desviación estándar bastante elevados, lo que da idea de la variabilidad de la concentración de los compuestos. En el caso que nos ocupa, esto se debió principalmente a que en alguna de las réplicas el compuesto no fue detectado. Como consecuencia de ello, en muchos casos las diferencias encontradas no llegaron a ser significativas.

10.1. ALDEHÍDOS

Los aldehídos analizados en los quesos estudiados fueron tres, entre los que se encontraron acetaldehído, 2-metil-1-butanal y 3-metil-1-butanal. Este grupo supuso el 3,1% del total de los compuestos estudiados en los quesos de 6 meses de maduración (Figura 106) y el 4,2% en los quesos de 12 meses de maduración (Figura 107).

A pesar de su baja concentración, los aldehídos se consideran, junto con las cetonas, los compuestos que más contribuyen al aroma de los quesos azules (Izco y Torre, 2000). Esto se debe principalmente a que el umbral de percepción de muchos de ellos es muy bajo, lo que significa que pueden tener mucha importancia en el aroma y sabor del queso aunque sus concentraciones sean pequeñas (Moio et al, 1993). Por otro lado, cuando la concentración de los aldehídos de cadena lineal supera ciertos límites, estos confieren al queso aromas muy desagradables (Curioni y Bosset, 2002), lo que reafirma la importancia de este grupo de compuestos en la calidad del queso.

10.1.1. Acetaldehído

El acetaldehído, que en este caso se encontró en una concentración de entre 0,05% y 0,56% (abundancia relativa), es responsable de aromas “verdes” en queso Camembert y Gruyere, dulces y acres en Cheddar (Curioni y Bosset, 2002) y picantes en Canestrato Pugliese (Di Marzo et al., 2006).

A pesar de que no se acumulan en el queso porque son compuestos transitorios, en general la concentración aumentó con la maduración ($P=0,0002$), debido principalmente al aumento mostrado por los quesos de raza Assaf (Tabla 29), ya que en las razas autóctonas sólo se observó este aumento en los quesos de raza Churra pertenecientes al año 1.

Se encontraron diferencias entre los tres grupos de RCS, de manera que en la raza Assaf la mayor concentración de acetaldehído la presentaron los quesos de RCS medios, tanto a los 6 como a los 12 meses de maduración. Este grupo de RCS también presentó el mayor contenido de acetaldehído en la raza Castellana, aunque solamente en los quesos de 12 meses. En cuanto a la raza Churra, los quesos con la mayor concentración fueron los de RCS bajos y RCS altos, aunque las diferencias no fueron significativas en todos

los casos, de modo que en términos generales no se observó un aumento de este compuesto con los RCS.

Tabla 29. Concentración media¹ de acetaldehído de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,17±0,04 ^{b,1}	0,09±0,02 ^{a,1}	0,18±0,02 ^{b,j}	0,49±0,25 ^{b,j}	0,15±0,03 ^{a,1}	0,23±0,11 ^{a,1}	*
	Cas.	0,14±0,06 ^{a,i}	0,15±0,06 ^{a,ij}	---	0,09±0,02 ^{a,i}	0,56±0,41 ^{a,j}	---	ns
	Ass.	0,18±0,07 ^{ab,i}	0,22±0,06 ^{b,j}	0,09±0,02 ^{a,i}	0,09±0,10 ^{a,i}	0,45±0,05 ^{b,ij}	0,37±0,10 ^{b,i}	*
2	Ch.	0,09±0,07 ^{a,1}	0,13±0,04 ^{a,j}	0,08±0,06 ^{a,1}	0,11±0,01 ^{a,j}	0,09±0,06 ^{a,1}	0,24±0,13 ^{b,1}	ns
	Cas.	0,06±0,02 ^{a,i}	0,05±0,01 ^{a,i}	---	0,06±0,03 ^{a,i}	0,12±0,02 ^{b,i}	---	ns
	Ass.	0,06±0,02 ^{a,i}	0,11±0,01 ^{b,j}	0,06±0,02 ^{a,i}	0,11±0,02 ^{a,j}	0,19±0,04 ^{b,j}	0,11±0,04 ^{a,i}	**

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{ij,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Se encontraron también diferencias significativas entre las tres razas estudiadas. Las más notables se encontraron entre los quesos de RCS medios, donde la raza Assaf presentó las mayores concentraciones de acetaldehído.

10.1.2. 2-metil-1-butanal

Este compuesto confiere aromas a malta en queso Gruyere y Camembert y a caramelo y nueces en queso Cheddar (Urbach, 1995, Curioni y Bosset, 2002). Como se puede apreciar en la Tabla 30, este aldehído sólo se detectó en los quesos de 12 meses (con la excepción de una muestra de raza Churra de 6 meses), por lo que se podría decir que su concentración aumentó a lo largo de la maduración.

En todos los casos se encontró en unas concentraciones muy bajas (el valor más alto fue 0,05%) aunque, a pesar de ello, podría jugar un papel importante en el aroma del queso, dado su bajo umbral de percepción (Moio et al, 1993).

Entre los quesos de 12 meses de maduración, la concentración de 2-metil-butanal en general aumentó con los RCS en las razas autóctonas, aunque no de forma significativa.

Las únicas diferencias significativas se encontraron en la raza Assaf debido a que en el grupo de RCS medios no se detectó este compuesto.

Por otra parte apenas se observaron diferencias significativas entre las razas, si bien las muestras de Churra parecieron presentar los valores más bajos de 2-metil-1-butanal.

Tabla 30. Concentración media¹ de 2-metil-1-butanal de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,1}	0,00±0,00 ^{a,1}	0,00±0,00 ^{a,1}	0,00±0,00 ^{a,1}	0,03±0,03 ^{a,1}	0,03±0,03 ^{a,1}	*
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,04±0,00 ^{a,i}	0,04±0,04 ^{a,i}	---	**
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,03±0,03 ^{ab,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,05±0,01 ^{b,i}	**
2	Ch.	0,01±0,01 ^{a,1}	0,00±0,00 ^{a,1}	0,00±0,00 ^{a,1}	0,02±0,01 ^{a,1}	0,01±0,01 ^{a,1}	0,01±0,01 ^{a,1}	**
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,02±0,01 ^{a,i}	0,03±0,01 ^{a,j}	---	***
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,03±0,01 ^{c,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,02±0,00 ^{b,i}	**

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{ij,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

10.1.3. 3-metil-1-butanal

Este es un potente compuesto aromático en quesos Cheddar y Camembert y se asocia a olores de malta verde (olor acre), aunque en pequeñas concentraciones el olor llega a ser frutal y agradable. Se encontró también en los quesos Emmental y Gorgonzola, asociado a aromas herbáceos (Curioni y Bosset, 2002).

Las concentraciones de 3-metil-1-butanal fueron muy pequeñas (el mayor valor detectado fue 0,20%), aunque, al igual que 2-metil-1-butanal, éste es un compuesto con un umbral de percepción muy bajo, concretamente 0,01 ppm (Fernández-García et al., 1996), por lo que podría ser importante en el aroma del queso.

Como se puede observar en la Tabla 31, la concentración aumentó significativamente a lo largo de la maduración, de modo que en varias muestras de 6 meses no se detectó su presencia, pero sí se detectó en prácticamente todas a los 12 meses.

En general se podría decir que la concentración de 3-metil-1-butanol aumentó con los RCS en los quesos de las razas autóctonas de 12 meses de maduración, aunque no lo hizo de forma significativa en todos los casos. En cuanto a la raza Assaf, apenas se observaron diferencias significativas.

Tabla 31. Concentración media¹ de 3-metil-1-butanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,13±0,02 ^{b,i}	0,19±0,09 ^{b,i}	***
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,08±0,05 ^{b,j}	---	0,10±0,02 ^{a,j}	0,20±0,12 ^{a,i}	---	*
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,11±0,03 ^{b,j}	0,07±0,04 ^{a,i}	0,13±0,01 ^{b,i}	***
2	Ch.	0,05±0,04 ^{a,i}	0,06±0,04 ^{a,i}	0,02±0,01 ^{a,i}	0,05±0,02 ^{a,i}	0,06±0,02 ^{a,i}	0,05±0,02 ^{a,i}	ns
	Cas.	0,03±0,00 ^{a,i}	0,03±0,01 ^{a,i}	---	0,05±0,01 ^{a,i}	0,09±0,03 ^{b,i}	---	**
	Ass.	0,03±0,01 ^{a,i}	0,03±0,00 ^{a,i}	0,03±0,02 ^{a,i}	0,09±0,03 ^{a,j}	0,06±0,03 ^{a,i}	0,06±0,01 ^{a,i}	***

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Por otra parte, las únicas diferencias significativas debidas a la raza se observaron entre los quesos de RCS bajos con 12 meses de maduración, entre los cuales las muestras de Assaf presentaron la mayor concentración de 3-metil-1-butanol.

10.1.4. Discusión

La concentración de todos los aldehídos estudiados aumentó significativamente a lo largo de la maduración, especialmente en el caso de los aldehídos de cadena ramificada, algo que ya fue observado previamente en queso Zamorano (Fernández-García et al., 2004a) y en otros quesos como La Serena (Carbonell et al., 2002). Esto podría ser debido a la presencia de una mayor cantidad de aminoácidos en los quesos de 12 meses

como consecuencia de los fenómenos de proteólisis que tienen lugar a lo largo de la maduración.

Por otra parte, la concentración de dichos aldehídos de cadena ramificada, en concreto 2-metil-1-butanal y 3-metil-1-butanal, que se forman a partir de isoleucina y leucina respectivamente, en general aumentó con los RCS en las razas autóctonas (aunque no en todos los casos de forma significativa), lo que podría obedecer de nuevo a una mayor disponibilidad de esos aminoácidos en las muestras de RCS medios y RCS altos causada por una proteólisis más intensa, como consecuencia de los elevados RCS.

Con respecto a la raza, en las pocas ocasiones en las que se encontraron diferencias significativas, las muestras de raza Assaf presentaron las concentraciones más elevadas, como en el caso de acetaldehído y 3-metil-1-butanal.

10.2. CETONAS

Las cetonas encontradas en este estudio fueron cuatro, todas ellas metil-cetonas: 2-propanona, 2-butanona, 2-pentanona y 2-heptanona. Este grupo fue el segundo más abundante después de los alcoholes, constituyendo el 36,3% del total de los compuestos estudiados en los quesos de 6 meses de maduración (Figura 106) y el 46% en los quesos de 12 meses (Figura 107). En el estudio llevado a cabo por Fernández-García et al. (2004a) sobre queso Zamorano fue el grupo de compuestos más abundante.

Las cetonas, y especialmente las metil-cetonas, son conocidas fundamentalmente por su importancia en el aroma de los quesos azules y de los quesos con mohos superficiales, que es debida a sus bajos umbrales de percepción y a sus aromas característicos. Se asocian también a aromas frutales y florales y a otros desagradables como moho o humedad (Bugaud et al., 2001; Curioni y Bosset, 2002).

10.2.1. 2-propanona

Las concentraciones encontradas de esta cetona, que confiere al queso Cheddar aromas a madera y heno (Curioni y Bosset, 2002), se encontraron entre 0,06% y 1,95% (Tabla 32).

Al igual que en los compuestos vistos hasta ahora, en general la concentración aumentó a lo largo de la maduración ($P=0,0009$).

Tabla 32. Concentración media¹ de 2-propanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,48±0,14 ^{a,i}	0,47±0,17 ^{a,i}	0,48±0,26 ^{a,i}	1,28±0,24 ^{a,j}	1,95±0,42 ^{a,j}	1,26±0,94 ^{a,i}	***
	Cas.	0,75±0,14 ^{a,j}	0,56±0,09 ^{a,j}	---	0,74±0,50 ^{a,i}	0,71±0,46 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,49±0,05 ^{b,i}	0,18±0,19 ^{a,i}	0,56±0,05 ^{b,i}	0,38±0,11 ^{a,i}	0,58±0,25 ^{a,i}	0,52±0,08 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,08±0,04 ^{a,i}	0,12±0,06 ^{a,i}	0,09±0,09 ^{a,i}	0,15±0,04 ^{a,i}	0,15±0,12 ^{a,i}	0,21±0,09 ^{a,i}	*
	Cas.	0,14±0,01 ^{b,j}	0,06±0,01 ^{a,i}	---	0,30±0,20 ^{a,i}	0,24±0,03 ^{a,i}	---	**
	Ass.	0,05±0,01 ^{a,i}	0,06±0,03 ^{a,i}	0,04±0,01 ^{a,i}	0,22±0,02 ^{a,i}	0,12±0,01 ^{a,i}	0,15±0,09 ^{a,i}	***

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{ij,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Se puede decir que el RCS no influyó sobre la concentración de 2-propanona, ya que apenas se observaron diferencias significativas.

Respecto a la raza, las diferencias más importantes se encontraron en el año 1. Así, los quesos de raza Castellana presentaron la mayor concentración de 2-propanona a los 6 meses de maduración en los grupos de RCS bajos y RCS medios, mientras que a los 12 meses el mayor valor lo presentaron los de raza Churra. Esto se debió a que la concentración en los quesos de Castellana permaneció constante a lo largo de la maduración, mientras que en la raza Churra aumentó notablemente.

Finalmente cabe destacar que los valores obtenidos para los quesos pertenecientes al año 1 fueron significativamente más altos que los observados para los quesos del año 2.

10.2.2. 2-butanona

El catabolismo de lactosa y citrato libera 2,3-butanodiona (diacetilo), acetoína y 2,3-butanodiol, que pueden ser reducidos a 2-butanona por la acción de cultivos iniciadores y bacterias lácticas durante la maduración del queso (Keen et al., 1974; Urbach, 1993).

Esta cetona es muy importante en el aroma característico del queso Cheddar (Curioni y Bosset, 2002), así como en los quesos frescos (Fernández-García et al., 1996).

Como se puede apreciar en la Tabla 33, en algunas muestras no se detectó la presencia de este compuesto, mientras que en otras, como la de raza Castellana de RCS bajos, la concentración llegó a ser de un 3,60%.

Tabla 33. Concentración media¹ de 2-butanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,30±0,11 ^{b,j}	0,09±0,05 ^{a,i}	0,08±0,02 ^{a,i}	0,10±0,06 ^{a,i}	ns
	Cas.	3,60±4,10 ^{a,i}	0,05±0,02 ^{a,i}	---	0,24±0,02 ^{b,i}	0,13±0,08 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,13±0,07 ^{a,i}	2,40±0,70 ^{b,j}	0,04±0,01 ^{a,i}	1,20±1,30 ^{a,i}	1,18±0,25 ^{a,j}	0,06±0,03 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,04±0,02 ^{ab,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,07±0,05 ^{b,j}	0,03±0,01 ^{a,i}	0,06±0,04 ^{a,i}	0,22±0,03 ^{b,j}	*
	Cas.	0,63±0,70 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,89±0,86 ^{a,j}	0,04±0,01 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,02±0,01 ^{a,i}	0,47±0,15 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,14±0,05 ^{a,i,j}	1,94±0,50 ^{b,j}	0,05±0,02 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

La concentración de 2-butanona en general no varió de forma significativa a lo largo de la maduración, a diferencia de lo observado por otros autores como Barron et al. (2007) quienes encontraron un incremento de esta cetona en queso Idiazábal a lo largo del tiempo.

Por otra parte, sí se encontraron diferencias entre los tres grupos de RCS, de modo que se observaron diferentes resultados para cada raza. Así, en la raza Churra los quesos que presentaron la mayor concentración fueron los de RCS altos, mientras que en Assaf fueron los de RCS medios. En cuanto a la raza Castellana, las muestras de RCS bajos presentaron valores más elevados que los de RCS medios, aunque las diferencias sólo fueron significativas en un caso.

Debido a este comportamiento, las razas Assaf y Churra fueron las que presentaron la mayor concentración de 2-butanona en los grupos de RCS medios y RCS altos, respectivamente, mientras que en el grupo de RCS bajos el valor más alto se observó en los quesos de la raza Castellana, aunque las diferencias no fueron significativas en todos los casos.

10.2.3. 2-pentanona

Según Curioni y Bosset (2002) este compuesto volátil se asocia con aromas dulces y frutales (piel de naranja) en quesos Cheddar y Grana Padano.

Como se muestra en la Tabla 34, las concentraciones de 2-pentanona estuvieron comprendidas entre un 0,05% y un 5,95%. Los mayores valores se encontraron en los quesos de 12 meses, lo que indica que la concentración de este compuesto aumentó a lo largo de la maduración.

Tabla 34. Concentración media¹ de 2-pentanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	1,44±0,65 ^{a,i}	1,41±0,10 ^{a,i}	1,77±0,61 ^{a,i}	2,88±0,99 ^{a,j}	5,95±0,39 ^{a,j}	4,27±4,03 ^{a,i}	**
	Cas.	1,23±0,14 ^{a,i}	1,88±0,82 ^{a,i}	---	2,36±1,36 ^{a,i}	2,13±1,11 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,92±0,08 ^{a,i}	1,06±1,03 ^{a,i}	1,47±0,41 ^{a,i}	1,00±0,63 ^{a,i}	1,27±0,80 ^{a,i}	1,03±0,05 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,24±0,06 ^{a,j}	0,50±0,17 ^{a,j}	0,39±0,36 ^{a,i}	0,66±0,21 ^{a,i}	0,76±0,27 ^{a,j}	0,69±0,31 ^{a,i}	**
	Cas.	0,05±0,03 ^{a,i}	0,20±0,02 ^{b,i}	---	0,53±0,51 ^{a,i}	1,11±0,09 ^{b,k}	---	*
	Ass.	0,17±0,06 ^{a,i}	0,18±0,15 ^{a,i}	0,31±0,03 ^{a,i}	0,75±0,11 ^{b,i}	0,41±0,05 ^{a,i}	0,65±0,18 ^{b,i}	***

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Apenas se encontraron en este caso diferencias significativas entre los grupos de RCS, de modo que lo único destacable es que para los quesos de 6 meses de maduración los contenidos de 2-pentanona tendieron a aumentar con los RCS en las tres razas, mientras que en los quesos de 12 meses de maduración sólo la raza Castellana mostró un aumento significativo al aumentar los RCS de bajos a medios.

En cuanto a la influencia de la raza, en la mayoría de los casos en los que se encontraron diferencias significativas, los quesos de raza Churra fueron los que presentaron la mayor concentración.

10.2.4. 2-heptanona

Se atribuyen a este compuesto aromas característicos del queso azul y otros aromas como: frutal, graso, especiado, herbáceo. Es muy importante en quesos Emmental, Gorgonzola, Grana Padano, Gruyere y en general en quesos madurados por mohos (Sablé y Cottenceau, 1999; Curioni y Bosset, 2002).

Las concentraciones de 2-heptanona, que estuvieron comprendidas entre 0,11% y 3,36%, aumentaron significativamente durante la maduración en todos los casos estudiados.

En general, en las razas autóctonas la concentración de esta cetona fue mayor en los quesos de RCS medios y RCS altos, aunque las diferencias no fueron significativas en todos los casos. En la raza Assaf no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa debida a los RCS en ningún caso.

Tabla 35. Concentración media¹ de 2-heptanona de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS Bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,25±0,16 ^{a,i}	0,29±0,09 ^{a,i}	0,35±0,06 ^{a,i}	1,42±0,50 ^{a,i}	3,36±0,34 ^{a,j}	3,14±2,80 ^{a,i}	***
	Cas.	0,16±0,05 ^{a,i}	0,54±0,29 ^{b,i}	---	0,93±0,58 ^{a,i}	1,20±0,36 ^{a,i}	---	**
	Ass.	0,24±0,12 ^{a,i}	0,44±0,32 ^{a,i}	0,27±0,26 ^{a,i}	0,69±0,19 ^{a,i}	0,87±0,24 ^{a,i}	0,70±0,07 ^{a,i}	***
2	Ch.	0,15±0,04 ^{a,i}	0,26±0,01 ^{b,j}	0,18±0,08 ^{ab,i}	0,20±0,02 ^{a,i}	0,35±0,03 ^{c,i}	0,26±0,02 ^{b,i}	**
	Cas.	0,16±0,03 ^{a,i}	0,13±0,02 ^{a,i}	---	0,34±0,19 ^{a,i}	0,62±0,07 ^{b,j}	---	***
	Ass.	0,11±0,01 ^{a,i}	0,17±0,06 ^{a,i}	0,26±0,15 ^{a,i}	0,35±0,06 ^{a,i}	0,42±0,18 ^{a,i}	0,33±0,11 ^{a,i}	***

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Se apreciaron diferencias entre las razas solamente en tres de los casos estudiados, de modo que en todos ellos fue una de las razas autóctonas la que presentó el valor más alto de esta cetona.

10.2.5. Discusión

Las cetonas que presentaron la mayor concentración fueron 2-pentanona y 2-heptanona, seguidas de 2-propanona y por último 2-butanona. Esto coincide en parte con los resultados obtenidos por Fernández-García et al. (2004a) para queso Zamorano, quienes encontraron los mismos resultados con la excepción de 2-butanona, que encontraron en una concentración muy superior a la del resto de los compuestos.

Por otra parte, al igual que en dicho estudio (Fernández-García et al., 2004a) y en otros en los que se investigaron diferentes variedades de queso como Mahón (Mulet et al., 1999), La Serena (Carbonell et al., 2002) e Idiazábal (Barrón et al., 2007), la concentración de las cetonas aumentó significativamente a lo largo de la maduración, excepto en el caso de 2-butanona que no varió. El incremento de metil-cetonas a lo largo de la maduración es característico de algunas variedades de queso y se relaciona con la lipólisis (Bosset y Liardon, 1985). Esta podría ser también la causa del aumento observado en la concentración de las cetonas al aumentar los RCS, especialmente al pasar de RCS bajos a RCS medios, en especial en las razas Churra y Castellana. Por otra parte, entre las muestras de raza Assaf, las de RCS medios presentaron los mayores valores de 2-butanona y 2-heptanona.

En términos generales la raza Churra presentó la mayor concentración de 2-pentanona, 2-heptanona y 2-propanona, a pesar de que las diferencias no fueron significativas en todos los casos.

10.3. ALCOHOLES

Los alcoholes encontrados en los quesos objeto de estudio fueron cinco: etanol, 2-propanol, 2-butanol, 2-pentanol, 3-metil-1-butanol. Este grupo fue el más abundante de todos los que se estudiaron, conformando el 58,9% del total de los compuestos estudiados en los quesos de 6 meses de maduración (Figura 106) y el 47,8% en los de 12 meses (Figura 107), lo que fue debido principalmente a las elevadas concentraciones de etanol y 2-butanol, que fueron de 27,3% y 14,5% respectivamente. Fernández-García

et al. (2004a) encontraron también una alta concentración de alcoholes en queso Zamorano.

En la biosíntesis de los alcoholes están implicadas varias rutas metabólicas que tienen lugar en el queso: metabolismo de lactosa, metabolismo de aminoácidos, degradación de los ácidos linoleico y linolénico, así como reducción de metil-cetonas. En concreto, los alcoholes secundarios, que se suelen asociar con aromas dulces (Kubícková y Gorsch, 1997), se forman por reducción enzimática de sus correspondientes metil-cetonas, derivadas a su vez de ácidos grasos, por la acción de las enzimas reductasas de la flora bacteriana (Molimard y Spinnler, 1996).

10.3.1. Etanol

El etanol se forma como resultado directo de la fermentación de lactosa o por reducción de acetaldehído. Se asocia con aromas a seco y a polvo en queso Cheddar (Curioni y Bosset, 2002) y a alcohol en queso Minas (Nogueira et al., 2005).

Su concentración estuvo comprendida entre 0,50% y 12,71%, por lo que fue uno de los compuestos más abundantes de entre los que se analizaron. Sin embargo, este dato no es muy significativo desde el punto de vista sensorial, ya que su umbral de percepción es mucho más elevado que el de otros compuestos que se encontraron en menor concentración, como aldehídos y cetonas. Sin embargo, a pesar de que no tiene tanta importancia como otros volátiles sobre el aroma de los quesos, el etanol es fundamental para la síntesis de ésteres etílicos, compuestos mucho más importantes desde ese punto de vista (Carbonell et al., 2002).

La cantidad de etanol en general disminuyó de forma significativa a lo largo de la maduración ($P=0,0190$) durante el primer año, lo que coincide con los resultados encontrados previamente en queso Zamorano (Fernández-García et al., 2004a). Sin embargo durante el segundo año la concentración aumentó, aunque este incremento solamente fue significativo en las muestras de raza Castellana.

En la raza Assaf, los quesos de RCS medios presentaron la concentración de etanol más elevada, tanto a los 6 como a los 12 meses de maduración. Este resultado se repitió en

las muestras de raza Castellana de 12 meses, aunque las diferencias sólo fueron significativas en el año 2.

Tabla 36. Concentración media¹ de etanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	3,53±2,56 ^{a,i}	3,88±1,38 ^{a,i}	3,48±0,91 ^{a,i}	1,73±1,08 ^{b,i}	0,50±0,14 ^{a,i}	0,62±0,04 ^{a,i}	***
	Cas.	5,39±2,55 ^{a,i}	3,68±0,88 ^{a,i}	---	0,74±0,19 ^{a,i}	2,28±1,96 ^{a,i}	---	**
	Ass.	2,92±0,19 ^{a,i}	12,71±5,54 ^{b,j}	3,13±1,52 ^{a,i}	2,10±1,73 ^{a,i}	4,81±0,94 ^{b,j}	1,29±0,51 ^{a,j}	ns
2	Ch.	1,65±1,55 ^{a,i}	2,57±0,53 ^{a,j}	0,95±0,65 ^{a,i}	1,95±1,36 ^{a,i}	1,27±0,42 ^{a,i}	2,15±0,17 ^{a,i}	ns
	Cas.	0,74±0,34 ^{a,i}	1,16±0,18 ^{a,i}	---	1,06±0,76 ^{a,i}	2,41±0,52 ^{b,i}	---	*
	Ass.	0,76±0,03 ^{a,i}	3,32±0,96 ^{b,j}	0,75±0,36 ^{a,i}	2,08±0,36 ^{a,i}	6,60±2,30 ^{b,j}	1,34±0,93 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{ij,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

En cuanto a las razas, solamente se apreciaron diferencias significativas en el grupo de RCS medios, de modo que los quesos de raza Assaf fueron los que presentaron la mayor concentración.

10.3.2. 2-propanol

Este compuesto volátil, que se forma como resultado de la reducción de 2-propanona, se asocia con aromas frutales en queso Cheddar (Curioni y Bosset, 2002).

En la mayoría de las muestras la concentración de 2-propanol aumentó a lo largo de la maduración, especialmente en el caso de los quesos de raza Castellana con RCS medios pertenecientes al año 1, que pasaron de un 0% en el mes 6, a un 1,84% en el mes 12. A pesar de ello, las diferencias sólo fueron significativas en las muestras de raza Castellana pertenecientes al año 2.

Por otra parte, la concentración de 2-propanol aumentó con los RCS en las muestras de raza Churra, mientras que en la raza Assaf los quesos de RCS medios mostraron los valores más altos.

Tabla 37. Concentración media¹ de 2-propanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,09±0,05 ^{a,i}	0,23±0,06 ^{b,j}	0,39±0,07 ^{c,j}	0,12±0,07 ^{a,i}	0,15±0,05 ^{a,i}	0,58±0,33 ^{a,i}	ns
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,09±0,06 ^{a,i}	1,84±1,09 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,64±0,15 ^{c,k}	0,20±0,11 ^{b,i}	0,22±0,12 ^{a,j}	0,52±0,14 ^{b,i}	0,18±0,10 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,02±0,01 ^{a,j}	0,08±0,01 ^{a,j}	0,09±0,09 ^{a,i}	0,05±0,01 ^{a,i}	0,09±0,05 ^{a,i}	0,23±0,11 ^{b,j}	ns
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,38±0,43 ^{a,i}	0,13±0,02 ^{a,i}	---	*
	Ass.	0,02±0,01 ^{a,j}	0,13±0,05 ^{b,k}	0,02±0,01 ^{a,i}	0,08±0,05 ^{a,i}	0,43±0,12 ^{b,j}	0,04±0,13 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Con respecto a la raza, las mayores concentraciones se observaron en las muestras de las razas Assaf y Churra, especialmente en los quesos de 6 meses de maduración.

10.3.3. 2-butanol

Se encontraron grandes diferencias entre los valores obtenidos para este compuesto, de modo que en un gran número de muestras (más de la mitad) no se detectó, mientras que en otras su concentración llegó a ser de un 21,47%.

Su comportamiento a lo largo de la maduración no fue claro, ya que en algunos casos la concentración aumentó mientras que en otros disminuyó, siendo las diferencias solamente significativas en la raza Churra.

En la raza Assaf las muestras de RCS medios presentaron la mayor concentración de 2-butanol, mientras que en los quesos de raza Churra los mayores valores se observaron en los quesos de RCS altos. Esto se debió seguramente a que estas muestras fueron también las que presentaron la mayor concentración de 2-butanona, precursor de este alcohol secundario (Keen et al., 1974; Urbach, 1993).

Por su parte, en la raza Castellana sólo se detectó este compuesto en una de las muestras de 6 meses de maduración y en otra de 12 meses.

Tabla 38. Concentración media¹ de 2-butanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,51±0,18 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	*
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,00±0,00 ^{a,i}	0,43±0,26 ^{b,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	21,47±15,10 ^{b,j}	0,10±0,08 ^{a,i}	2,99±1,73 ^{a,j}	4,15±1,72 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,13±0,08 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,19±0,11 ^{a,i}	0,55±0,07 ^{b,j}	*
	Cas.	0,03±0,02 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	3,33±1,85 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,53±0,31 ^{a,j}	10,65±3,56 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{ij,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Se encontraron también diferencias significativas entre las tres razas estudiadas, de modo que en todos los casos fueron los quesos de raza Assaf (en los grupos de RCS bajos y RCS medios) y los de raza Churra (en el grupo de RCS altos) los que presentaron las concentraciones más elevadas de 2-butanol.

10.3.4. 2-pentanol

Este compuesto se asocia con aroma a queso fresco en queso Ragus (Curioni y Bosset, 2002) y con notas dulces en queso Camembert (Kubicková y Grosch, 1997).

En general la concentración de 2-pentanol no varió de forma significativa a lo largo de la maduración, a excepción de la raza Castellana en el año 2.

Como se muestra en la Tabla 39, existieron numerosas diferencias significativas entre los tres grupos de RCS, de modo que en las razas autóctonas la concentración de 2-pentanol aumentó con los RCS, mientras que en la raza Assaf fueron los quesos de RCS medios los que presentaron el mayor valor.

En cuanto a la raza, en general los quesos de razas Churra y Assaf presentaron las mayores concentraciones de 2-pentanol, principalmente en las muestras de RCS bajos y RCS medios respectivamente.

Tabla 39. Concentración media¹ de 2-pentanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,07±0,01 ^{a,j}	0,19±0,03 ^{b,i}	0,20±0,02 ^{b,i}	0,11±0,06 ^{a,i}	0,16±0,06 ^{a,i}	0,37±0,21 ^{a,i}	ns
	Cas.	0,05±0,02 ^{a,i}	0,06±0,01 ^{b,i}	---	0,49±0,28 ^{a,i}	0,80±0,83 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,57±0,15 ^{b,j}	0,08±0,09 ^{a,j}	0,19±0,23 ^{a,i}	0,57±0,24 ^{b,i}	0,05±0,06 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,02±0,01 ^{a,j}	0,10±0,03 ^{b,j}	0,08±0,06 ^{ab,i}	0,05±0,01 ^{a,j}	0,08±0,01 ^{a,i}	0,20±0,13 ^{b,i}	ns
	Cas.	0,02±0,01 ^{a,j}	0,02±0,00 ^{a,i}	---	0,02±0,00 ^{a,i}	0,08±0,02 ^{b,i}	---	*
	Ass.	0,01±0,01 ^{a,i}	0,21±0,04 ^{b,k}	0,04±0,04 ^{a,i}	0,03±0,00 ^{a,i}	0,62±0,28 ^{b,j}	0,05±0,03 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

10.3.5. 3-metil-1-butanol

La presencia de alcoholes primarios de cadena ramificada como 3-metil-1-butanol, que confiere un aroma agradable de queso fresco en queso Mozzarella y en general contribuye al conjunto del aroma (Moio et al., 1993; Nogueira et al., 2005), es debida a la reducción de su correspondiente aldehído. Por lo tanto, su ausencia, que se observó en más de la mitad de los casos estudiados (Tabla 40), podría indicar que dicha reducción no se llevó a cabo. En el resto de las muestras en las que sí se detectó, la concentración no fue muy elevada, aunque a pesar de ello podría ser importante ya que el umbral de percepción de este alcohol es menor que el de los anteriormente descritos (Carbonell et al., 2002).

No se encontraron variaciones significativas a lo largo de la maduración en ningún caso. Barron et al. (2007) encontraron que 3-metil-1-butanol fue el alcohol más abundante en queso Idiazábal a los 3 meses de maduración, pero su concentración disminuyó de forma significativa a lo largo del tiempo.

Tabla 40. Concentración media¹ de 3-metil-1-butanol de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,06±0,03 ^{b,i}	ns				
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,08±0,04 ^{b,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,19±0,02 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,12±0,07 ^{b,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,03±0,02 ^{a,i}	0,03±0,02 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,03±0,02 ^{a,i}	0,01±0,01 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	ns
	Cas.	0,02±0,01 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,06±0,02 ^{b,j}	0,02±0,01 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,10±0,02 ^{b,j}	0,02±0,01 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Por otra parte sí se observaron diferencias con respecto al RCS y la raza, que se debieron en muchas ocasiones simplemente a la presencia o ausencia del compuesto. Así, las muestras de raza Assaf de RCS medios fueron las que presentaron la mayor concentración de 3-metil-1-butanol, tanto respecto a los RCS como respecto a la raza.

10.3.6. Discusión

El etanol y el 2-butanol fueron los compuestos que se encontraron en una mayor concentración de los 15 que se estudiaron, lo que coincide con los resultados encontrados para queso Zamorano (Fernández-García et al., 2004a) y Roncal (Izco y Torre, 2000). Estos alcoholes también se encontraron en elevadas concentraciones en otros quesos como Castellano (Fernández-García et al., 2004b), Manchego (Barron et al, 2005), La Serena (Carbonell et al., 2002), Cheddar (Barlow et al., 1989) o Feta (Horwood et al., 1981), aunque esto no es muy significativo, dado su elevado umbral de percepción (Carbonell et al., 2002). La elevada cantidad de 2-butanol encontrada, podría explicar la baja concentración de 2-butanona, cetona a partir de la cual se forma.

La concentración de la mayoría de los alcoholes no varió de forma significativa a lo largo de la maduración algo que ya observaron Barrón et al. (2007) en queso Idiazábal. Las mayores diferencias se apreciaron en el etanol, cuya concentración disminuyó

durante el año 1, lo que coincide con los resultados obtenidos por Fernández-García et al. (2004a) para queso Zamorano.

Las muestras de raza Assaf con RCS medios presentaron la mayor concentración de cada uno de los alcoholes estudiados, debido seguramente a que fueron también las que presentaron las mayores concentraciones de algunas de las cetonas, precursoras de éstos. En cuanto a las razas autóctonas, no se encontraron diferencias significativas, de modo que solamente se observó una tendencia a incrementar los contenidos con los RCS para el 2-propanol y para el 2-pentanol.

10.4. ÉSTERES Y OTROS

El grupo de los ésteres, formado por butanoato de etilo y acetato de etilo, supuso el 1,6% del total de compuestos analizados en los quesos de 6 meses de maduración (Figura 106) y el 1,8% en los quesos de 12 meses (Figura 107). Por otra parte, se detectó la presencia de ciclohexano, aunque en una concentración muy baja, que supuso entre el 0,1 y el 0,2% del total, a los 6 y 12 meses.

La mayoría de los ésteres encontrados en queso aportan aromas que han sido descritos como dulces, frutales, florales, de manera que disminuyen las notas ácidas aportadas por ciertos ácidos grasos libres (Nogueira et al., 2005). Son especialmente importantes los etil-ésteres debido a su bajo umbral de percepción, 10 veces menor que el de su alcohol precursor (Preininger y Grosch, 1994; Curioni y Bosset, 2002). Estos compuestos se asocian con notas frutales y pueden suavizar la acidez y el amargor aportado por ácidos grasos y aminas, respectivamente (Gallois y Langlois, 1990).

10.4.1. Butanoato de etilo

Este compuesto, que se forma a partir de la esterificación de su correspondiente ácido graso con etanol, ha sido identificado como uno de los más potentes en queso Cheddar, Grana Padano, Emmental, Gorgonzola, Feta, Idiazábal y Pecorino, entre otros, aportando notas frutales, dulces, agradables y de manzana (Izco y Torre, 2000; Curioni y Bosset, 2002). Su importancia se debe, como ya se ha mencionado, a su bajo umbral de percepción, por lo que las bajas concentraciones en las que se encontró en algunos casos, no indican necesariamente que no sean relevantes en el aroma del queso.

En varias de las muestras analizadas, principalmente en las de RCS bajos pertenecientes al año 1, no se detectó este compuesto en ninguno de los dos puntos de maduración estudiados, mientras que en el resto, en general la concentración aumentó a lo largo de la maduración (Tabla 41).

Entre los quesos de las razas autóctonas con 12 meses de maduración, la concentración aumentó con los RCS, aunque las diferencias no fueron significativas en todos los casos. En la raza Assaf, las mayores concentraciones se encontraron en los quesos de RCS medios, aunque las diferencias tampoco fueron significativas.

Tabla 41. Concentración media¹ de butanoato de etilo de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,05±0,05 ^{a,i}	0,05±0,05 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,10±0,02 ^{b,i}	ns
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,00±0,00 ^{a,i}	0,11±0,12 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,05±0,01 ^{b,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,17±0,20 ^{a,i}	0,21±0,14 ^{a,i}	*
2	Ch.	0,01±0,01 ^{a,j}	0,03±0,03 ^{a,i}	0,01±0,01 ^{a,i}	0,05±0,03 ^{a,i}	0,07±0,01 ^{a,i}	0,21±0,14 ^{a,i}	***
	Cas.	0,02±0,00 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,03±0,00 ^{a,i}	0,04±0,00 ^{b,i}	---	***
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	1,24±0,51 ^{b,j}	0,02±0,01 ^{a,i}	0,05±0,30 ^{a,i}	0,93±1,08 ^{a,i}	0,05±0,03 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Con respecto a la raza, se encontraron muy pocas diferencias, si bien la raza Assaf presentó las mayores concentraciones.

10.4.2. Acetato de etilo

El acetato de etilo aporta notas frutales de manzana y piña al queso Cheddar (Curioni y Bosset, 2002) y picantes al queso Canestrato Pugliese (Di Marzo et al., 2006). Este compuesto se detectó en muy pocas muestras, que presentaron además muy bajas concentraciones (Tabla 42). Tampoco se encontraron diferencias entre los dos puntos de maduración analizados, ni entre las tres razas. A pesar de ello, es necesario tenerlo en cuenta, ya que como se ha mencionado, es un compuesto con un bajo umbral de

percepción y por lo tanto cumple un importante papel en el conjunto del aroma y sabor del queso.

Tabla 42. Concentración media¹ de acetato de etilo de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	ns					
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,00±0,00 ^{a,i}	0,04±0,05 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,07±0,08 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,05±0,05 ^{a,i}	0,03±0,04 ^{a,i}	0,03±0,03 ^{a,i}	ns
2	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	ns					
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,80±0,10 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	ns

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

10.4.3. Ciclohexano

Tabla 43. Concentraciones medias¹ de ciclohexano de los quesos de 6 y 12 meses de maduración.

A	R	Mes 6			Mes 12			M
		RCS bajos	RCS medios	RCS altos	RCS bajos	RCS medios	RCS altos	
1	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,02±0,03 ^{a,i}	0,08±0,02 ^{b,j}	**
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,00±0,00 ^{a,i}	0,03±0,03 ^{a,i}	---	ns
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,01±0,02 ^{a,i}	ns				
2	Ch.	0,00±0,00 ^{a,i}	ns					
	Cas.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	---	0,01±0,01 ^{a,i}	0,04±0,01 ^{a,j}	---	**
	Ass.	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,03±0,01 ^{b,j}	0,00±0,00 ^{a,i}	0,00±0,00 ^{a,i}	*

¹ Abundancia relativa expresada como porcentaje del pico de ciclohexanona

A: año; R: raza; M: maduración; ns: no significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año y momento de maduración considerado, se leen en vertical

Este compuesto ha sido encontrado previamente en varios tipos de queso como Hispánico (Garde et al., 2003), Gruyere, Manchego, Ragusano (Mallia et al., 2005) y Roncal (Irigoyen et al. 2007), aunque es la primera vez que se detecta en queso Zamorano (Fernández-García et al., 2004a; Barron et al., 2005). En todas las publicaciones aparece en una concentración muy baja, al igual que en este caso, donde se detectó solamente en algunos quesos de 12 meses de maduración (Tabla 43).

En las razas autóctonas la concentración aumentó con el RCS, aunque de nuevo las diferencias no fueron significativas, mientras que en la raza Assaf sólo se detectó en las muestras de RCS bajos (año 2) y RCS altos (año 1).

10.4.4. Discusión

Fernández-García et al. (2004a) encontraron en queso Zamorano un incremento significativo de los ésteres a lo largo de la maduración, algo que también se observó en otras variedades de queso, como Castellano (Fernández-García et al., 2004b). En este estudio, sólo se observó este incremento para el butanoato de etilo y solamente para algunas muestras.

Por otra parte, los quesos de raza Assaf con RCS medios fueron los que presentaron más concentración de cada uno de los dos ésteres estudiados, debido probablemente a que también presentaron la mayor concentración de etanol, factor limitante en la síntesis de los ésteres etílicos.

En las razas autóctonas, se encontró que la concentración de butanoato de etilo y ciclohexano tendió a aumentar con los RCS, aunque las diferencias no fueron significativas. Esto podría explicarse por una mayor lipólisis en las muestras de queso con más RCS.

11. ANÁLISIS SENSORIAL

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el análisis sensorial del queso, en el que se evaluaron atributos relacionados con el aspecto, el olor, el sabor y la textura. Los consumidores evaluaron seis atributos: color, intensidad de sabor, sabor rancio, picante, dureza y granulosidad; mientras que los jueces entrenados evaluaron un total de 15 atributos: color, homogeneidad de color, intensidad de olor, olor ácido, olor rancio, intensidad de sabor, sabor ácido, sabor rancio, duración del sabor, sensación retronasal, picante, dureza, granulosidad, untuosidad y fracturabilidad.

Posteriormente se comentará el conjunto de dichos resultados y el grado de concordancia entre ambos tipos de análisis para finalmente estudiar los resultados que se obtuvieron en las pruebas afectivas.

11.1. APARIENCIA

La apariencia es el primer atributo que utiliza el consumidor para juzgar la aceptabilidad de un producto. En este caso los jueces eligieron a priori varios atributos que consideraron importantes (Apartado III.2.9.), de entre los cuales finalmente se evaluaron dos: color y homogeneidad de color.

El color está relacionado principalmente con los carotenoides, como β -caroteno, y también con otros pigmentos, como luteína (Valla et al., 2003). Varía en función de varios factores, de entre los cuales destaca la alimentación, de modo que una dieta rica en pastos aumenta la concentración de β -caroteno en la leche. Cuanto mayor sea la concentración de este pigmento, mayor será la intensidad de color amarillo de la leche y de la grasa láctea, lo que influye también sobre el color del queso (Panfili et al., 1994; Fox y McSweeney, 2006).

Tanto el color como su homogeneidad son atributos que el consumidor relaciona principalmente con el grado de maduración del queso y también con otras características como la intensidad de sabor o la rancidez.

11.1.1. Color

Después de realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos en el año 1 a partir de pruebas de ordenación llevadas a cabo por 97 consumidores habituales (Figura 108) se observaron diferentes resultados para cada raza. Así, en la raza Churra la intensidad del color disminuyó al aumentar los RCS, mientras que en la raza Assaf las muestras con RCS medios presentaron el color menos intenso. En la raza Castellana no se apreciaron diferencias significativas con respecto a los RCS.

Con respecto a la influencia de la raza, los quesos de raza Churra presentaron el color más intenso, seguidos por los de raza Castellana.

Los resultados obtenidos en el año 2 a partir de pruebas QDA realizadas por 10 jueces entrenados se muestran en la Figura 109. Según dichos resultados, la intensidad de color aumentó de forma significativa ($P=0,0000$) entre el mes 6 y el mes 12, lo que coincide con el aumento de los parámetros de color a^* y b^* determinados de forma instrumental mediante colorímetro (Apartado IV.7.). Como ya se mencionó, estas variaciones de color están relacionadas con el contenido en sólidos totales, con la grasa, con los aminoácidos y con el nitrógeno soluble (Rohm y Jaros, 1997; Pillonel et al. 2002; Pinho et al., 2004; Jaramillo, 2008).

Debido las diferencias encontradas entre los dos meses estudiados, el concepto “*intensidad de color*” que se tuvo en cuenta a la hora de realizar el análisis sensorial fue diferente para cada punto de la maduración considerado. Así, en el mes 6 *color poco intenso* se refirió a un color amarillo pálido y *color muy intenso* a un color amarillo vivo, mientras que en el mes 12 *color poco intenso* se asoció a un color amarillo vivo sin tonos pardos y *color muy intenso* se asoció a un color amarillo pardo (Figura 110).

Con respecto a los RCS, los resultados observados por los jueces en el año 2 indicaron que, tanto en el mes 6 como en el 12, la intensidad de color en general fue mayor en las muestras de RCS bajos. Sin embargo si se tiene en cuenta cada raza de forma independiente, se observa que en la raza Castellana la intensidad de color aumentó con los RCS.

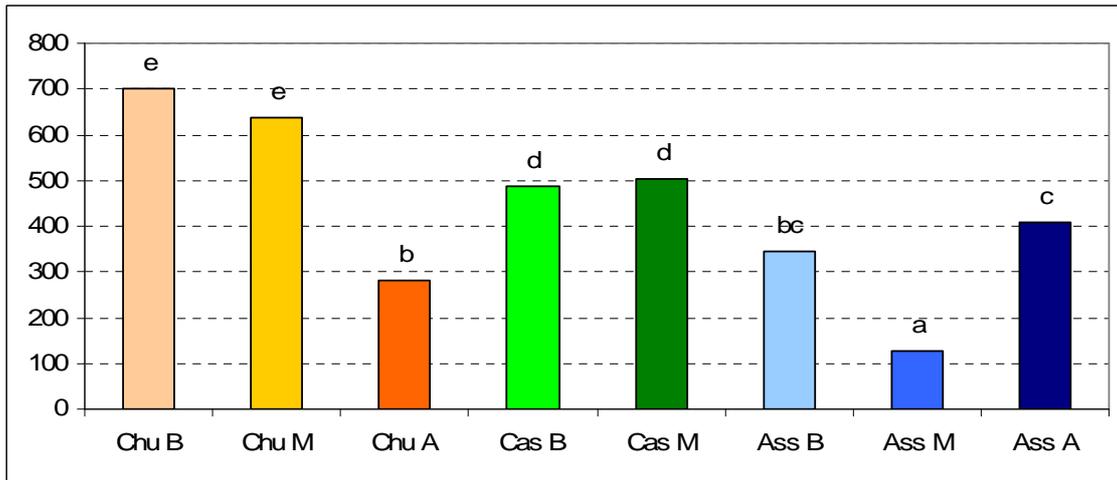


Figura 108. Determinación del color realizada por 97 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

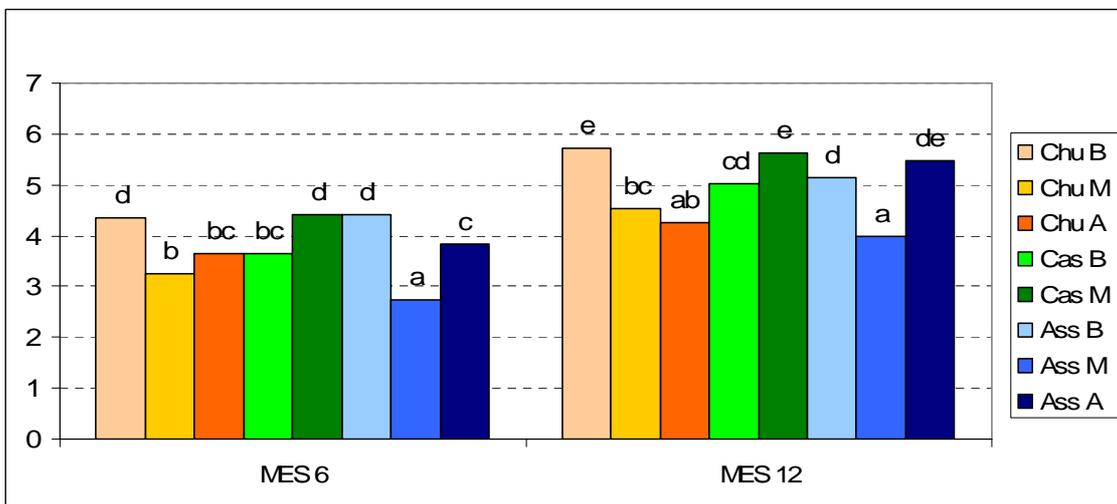


Figura 109. Determinación del color realizada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Entre los quesos de 6 meses de maduración no se encontraron diferencias significativas con respecto a la raza. Por el contrario, sí se observaron estas diferencias entre los quesos de 12 meses, de modo que las muestras de raza Castellana presentaron un color más intenso que las de las razas Churra y Assaf.

Finalmente, cabe destacar que las diferencias encontradas entre las muestras coinciden en gran medida con las que se observaron en el parámetro a^* (Apartado IV.7.2.). Esto indicaría que dicho parámetro, es decir, el rango de variación entre el verde y el rojo, es el factor más importante a la hora de diferenciar el color de los quesos. Esto tratará de confirmarse más adelante mediante un análisis multivariante.

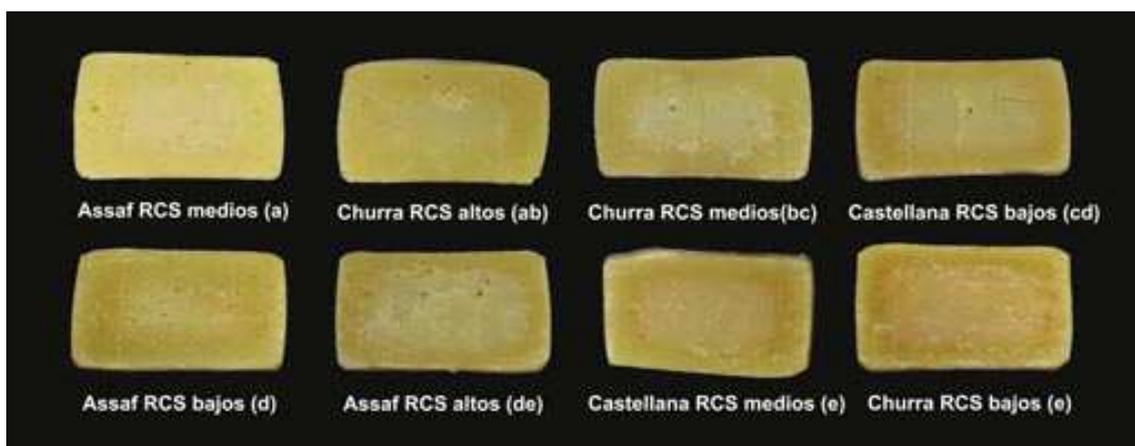


Figura 110. Muestras de queso con 12 meses de maduración pertenecientes al año 2, ordenadas de menor a mayor intensidad de color. Distintas letras indican diferencias significativas.

11.1.2. Homogeneidad de color

Los 10 jueces entrenados encontraron también numerosas diferencias significativas entre las muestras con respecto a la homogeneidad de color (Figura 111). Como se puede observar en la Figura 110, los quesos que se consideraron más homogéneos, como el de raza Assaf de RCS medios, presentaron muy pocas diferencias de color en su superficie, mientras que los que se percibieron como menos homogéneos, por ejemplo los de raza Churra de RCS bajos, presentaron un color más claro en el centro de la pieza, rodeado por un halo exterior de color más oscuro. Si se observa la Figura 112, en realidad todas las muestras presentaron este halo exterior de color más oscuro, aunque en unas muestras fue más apreciable que en otras. Dicho halo aparece como consecuencia de una maduración más intensa en las zonas cercanas a la superficie, que obedece a una mayor deshidratación provocada por la existencia de una menor humedad relativa en el ambiente (Franco et al., 2003). Estudios previos indican una cierta correlación entre la estructura y el color, de modo que cuánto más cerrada es la misma, más intenso es el color (Pavia et al., 1999).

En los quesos de 6 meses de maduración el halo exterior se apreció más fácilmente que en las muestras de 12 meses debido a que el contraste de colores fue mayor. Por este motivo los jueces consideraron más homogéneo el color de los quesos de 12 meses de maduración frente al de los quesos de 6 meses ($P=0,0000$).

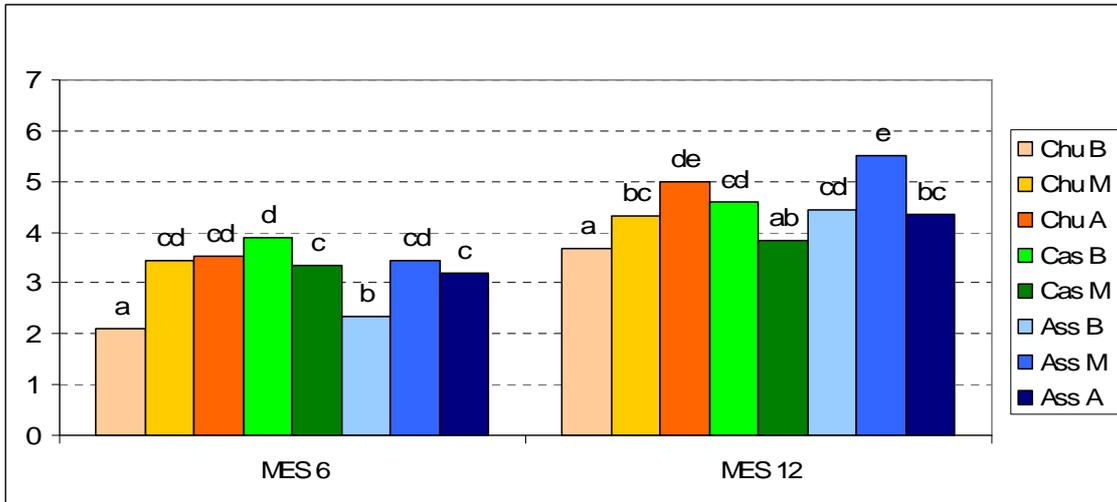


Figura 111. Determinación de la homogeneidad realizada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Por otra parte, los resultados obtenidos en el mes 12 (Figura 112), se correlacionaron de forma negativa con los que se observaron para la intensidad de color ($P=0,0038$) (Figura 110). Esto indica que en el mes 12 los jueces percibieron los colores menos homogéneos en los quesos de color más intenso y viceversa. Ahora bien, esto podría obedecer a causas físico-químicas o simplemente a cuestiones de percepción visual, ya que las diferencias de color podrían destacar más en los quesos oscuros. Entre las causas físico-químicas podría encontrarse la estructura del queso, de modo que, como ya se ha señalado, una estructura cerrada se asociaría con un color más intenso (Pavia et al., 1999) y menos homogéneo debido a una pérdida de humedad más lenta.

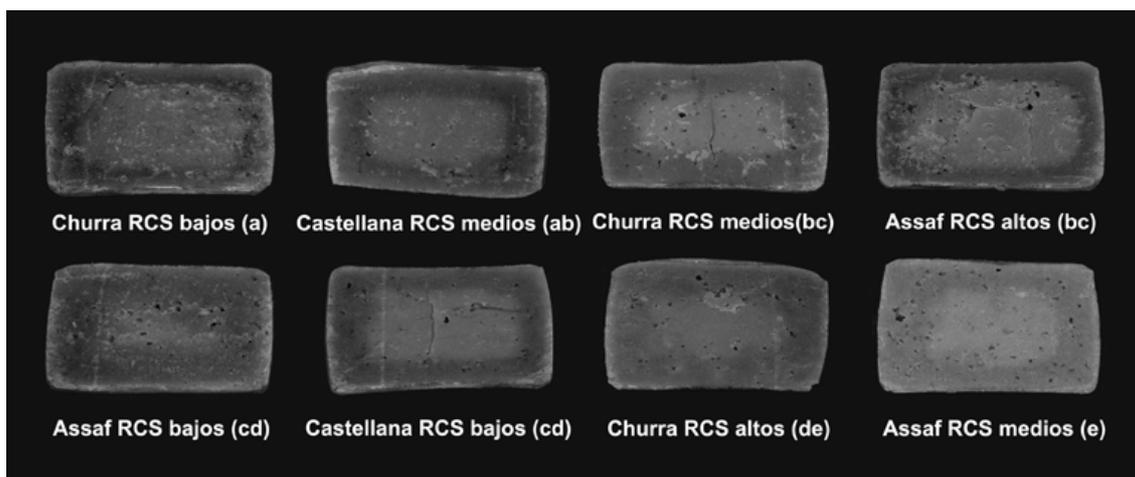


Figura 112. Muestras de queso con 12 meses de maduración pertenecientes al año 2, ordenadas de menor a mayor homogeneidad. Distintas letras indican diferencias significativas. La imagen muestra el canal azul de la fotografía (sistema RGB), en el que se aprecian mejor las diferencias de color.

Los jueces observaron en ambos puntos de maduración que para las razas Churra y Assaf el color fue menos homogéneo en las muestras de RCS bajos, mientras que en la raza Castellana la muestra menos homogénea fue la de RCS medios. Por otra parte, en la raza Assaf destacaron las muestras de RCS medios, que presentaron la mayor homogeneidad. En general se podría decir que en las razas Churra y Assaf la homogeneidad de color aumentó con los RCS mientras que en la raza Castellana disminuyó.

Con respecto a la raza, en el mes 6 los quesos en los que se percibió la mayor homogeneidad de color fueron los de raza Castellana, mientras que en el mes 12 fueron los de raza Assaf.

11.2. OLOR

Se habla de olor cuando las moléculas responsables de él siguen la vía nasal directa en el curso de la inspiración (Fortin y Desplancke, 2000). En el queso se han identificado más de 600 de estas moléculas o compuestos volátiles, aunque se cree que solamente una pequeña parte son realmente responsables del olor y flavor del queso (Maarse y Visscher, 1989). En muchos casos los compuestos más abundantes tienen poca o ninguna importancia, mientras que por el contrario existen algunos con bajos umbrales de percepción que son fundamentales (Curioni y Bosset, 2002). De cualquier modo, el flavor y olor característicos de una variedad de queso obedecen a la combinación de un gran número de compuestos volátiles presentes en las proporciones y concentraciones adecuadas, lo que se conoce como “teoría de balance de componentes” (Kosikowski y Mocquot, 1958; Mulder, 1952; Bosset y Gauch, 1993; McSweeney y Sousa, 2000).

En este estudio se evaluaron los siguientes atributos relacionados con el olor: intensidad de olor, olor ácido y olor rancio, relacionados cada uno de ellos con ciertos compuestos volátiles entre los que se incluyen algunos ácidos grasos.

11.2.1. Intensidad de olor

Según los resultados emitidos por los jueces entrenados, el olor de los quesos de 12 meses de maduración fue más intenso que el de los 6 meses ($P=0,0000$), especialmente en la raza Assaf. Esto coincide con los resultados encontrados previamente por otros

autores, como Muir et al. (1996) en queso Cheddar, Horne et al. (2005) en queso Piacentinu Ennese o Cabezas et al., (2007) en queso Manchego, lo que fue debido seguramente a la mayor concentración de compuestos volátiles derivados del metabolismo enzimático, como ya se vio en el Apartado IV.10.

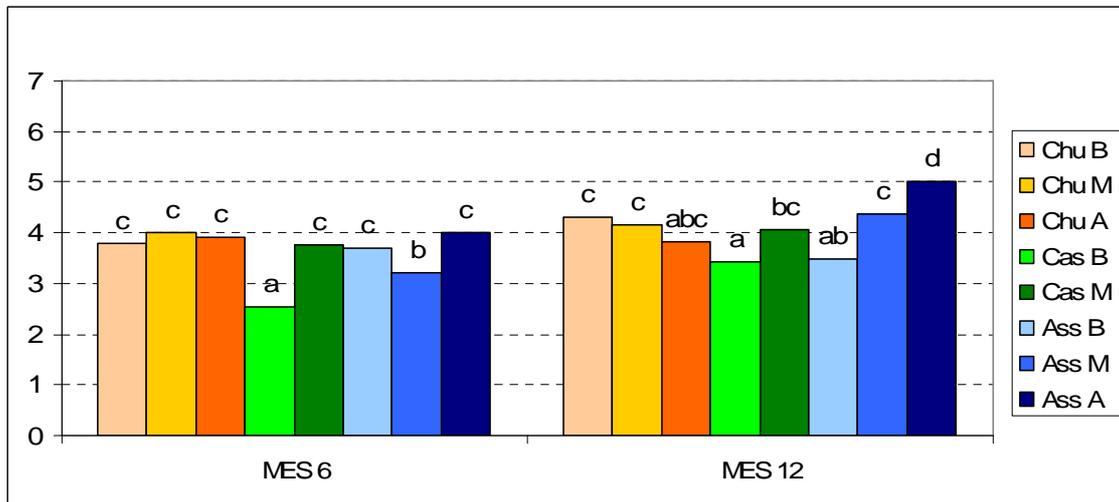


Figura 113. Intensidad de olor, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Tanto a los 6 como a los 12 meses, las diferencias más destacables se encontraron en las razas Castellana y Assaf, donde en general el olor fue más intenso al aumentar los RCS. Esto, que fue observado por Hernández et al., (2009) en queso Idiazábal de 6 meses de maduración con lipasas añadidas, podría deberse a una mayor concentración de ciertos compuestos volátiles y/o ácidos grasos de cadena corta (Fernández-García et al., 2002; Lawlor et al., 2003; Barron et al., 2007), lo que tratará de confirmarse posteriormente en el apartado dedicado al análisis global de los datos obtenidos.

Con respecto a la raza, en general los jueces percibieron un olor más intenso en los quesos de raza Churra y Assaf que en los de raza Castellana.

11.2.2. Olor ácido

La intensidad de olor ácido, que fue evaluada en los quesos pertenecientes al año 2 por los jueces entrenados, es relacionada por algunos autores con la presencia de ácido 2-metilpropanoico (Barron et al., 2005).

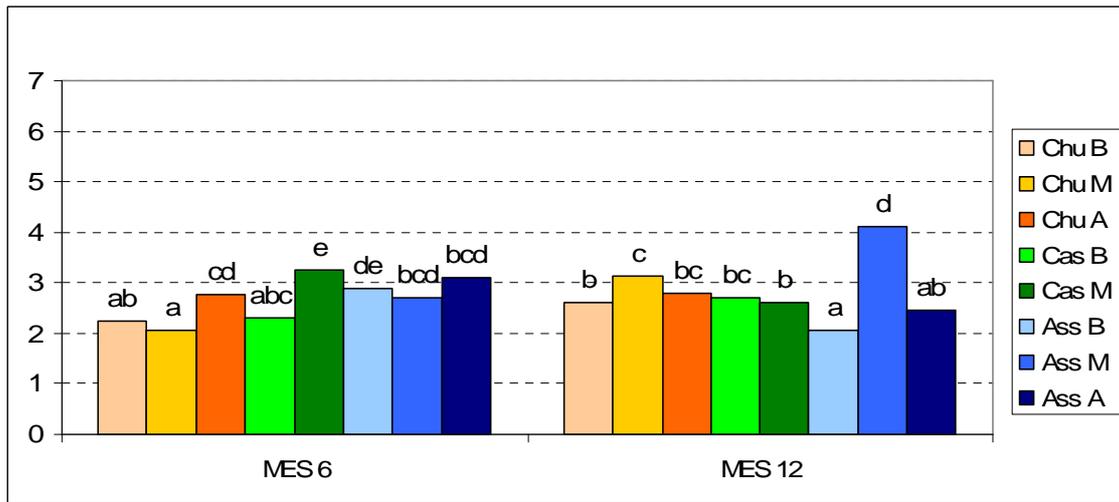


Figura 114. Intensidad de olor ácido, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

En este caso no se encontraron diferencias significativas entre los resultados obtenidos durante los meses 6 y 12 ($P > 0,05$). En principio, el olor debería ser más ácido a medida que avanza la maduración, al igual que observaron Barron et al. (2007), ya que la concentración de compuestos volátiles y el índice de acidez de grasa aumentaron notablemente (Apartado IV.6.4., Apartado IV.10). Teniendo en cuenta los comentarios emitidos por los jueces, la ausencia de diferencias significativas podría deberse a que en los quesos de 12 meses el olor ácido se vio ligeramente enmascarado por el olor rancio.

Como se muestra en la Figura 114, a los 6 meses de maduración los jueces encontraron diferencias significativas principalmente en las razas Castellana y Churra, de modo que el olor de los quesos fue más ácido en las muestras de RCS medios y RCS altos, respectivamente. Estos resultados coinciden con los encontrados por Hernández et al. (2009) en queso Idiazábal de 6 meses de maduración con lipasas añadidas.

En los quesos de 12 meses de maduración las diferencias se encontraron en las razas Churra y Assaf, donde las muestras de RCS medios presentaron la mayor intensidad de olor ácido.

Con respecto a la raza, las únicas diferencias significativas se encontraron en el mes 6, donde los quesos de raza Churra presentaron una menor intensidad de olor ácido.

11.2.3. Olor rancio

El atributo “olor rancio” fue evaluado solamente en el mes 12 porque en los quesos de 6 meses de maduración no fue detectado por los jueces, debido seguramente a que la concentración de compuestos derivados de la lipólisis era menor, según se observó en el Apartado IV.10.

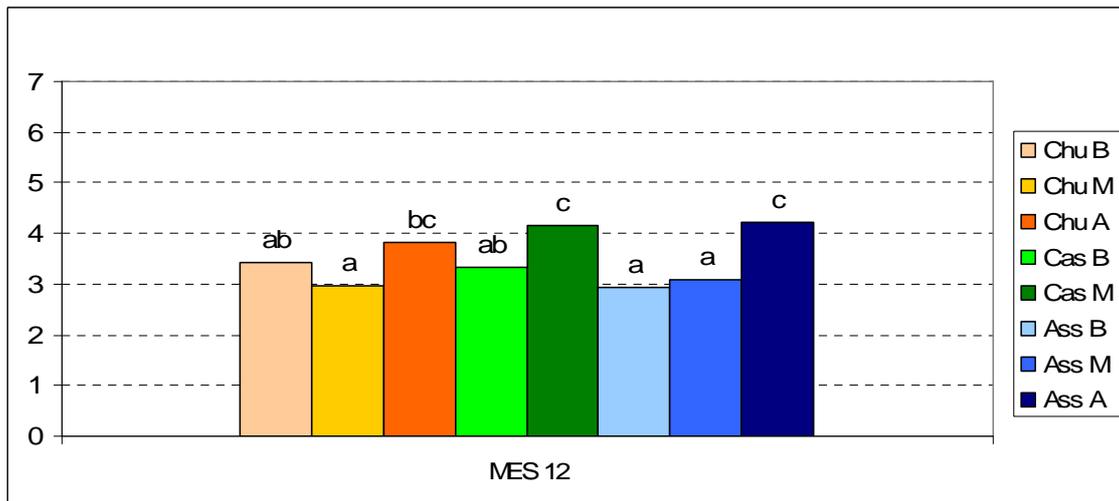


Figura 115. Intensidad de olor rancio, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

El olor rancio fue significativamente más intenso en las muestras de RCS altos de las razas Churra y Assaf y en las de RCS medios de raza Castellana (Figura 115). Esto fue debido seguramente a sus mayores concentraciones de ácidos grasos saturados de cadena corta, con los que como se verá más adelante se relacionaron de forma significativa ($P \leq 0,05$). Respecto a la raza no se encontraron diferencias significativas.

11.3. SABOR

El sabor del queso, al igual que el olor, está determinado principalmente por los compuestos volátiles que se forman a partir del metabolismo de proteínas, lípidos y lactosa residual, lactato y citrato, y en menor medida por algunos compuestos que proceden de la leche de partida y que están determinados por la dieta de la oveja (Mariaca et al., 1997; Carbonell et al., 2002; Addis et al., 2006).

Con respecto a los ácidos grasos libres, los que juegan un papel más importante en el sabor son los ácidos saturados de cadena corta con número par de carbonos (C4:0-

C10:0), debido a que tienen un umbral de percepción mucho más bajo que los de cadena larga (Fox y McSweeney, 2006).

Los atributos relacionados con el sabor que se determinaron mediante el análisis sensorial fueron: intensidad de sabor, sabor ácido, sabor rancio, duración del sabor, sensación retronasal y sensación picante.

11.3.1. Intensidad de sabor

En el año 1 los consumidores percibieron una mayor intensidad de sabor a medida que aumentaron los RCS (Figura 116). Con respecto a la raza, las muestras de Churra presentaron el sabor más intenso.

En el año 2 (Figura 117), en general los jueces percibieron que los quesos de 12 meses de maduración presentaron un sabor más intenso que los de 6 meses ($P=0,0000$), algo que coincide con los resultados observados por otros autores (Muir et al., 1996; Cabezas et al., 2007), y que fue debido seguramente al aumento de varios compuestos a medida que avanza la maduración. En este estudio se ha observado el aumento de algunos de ellos, tales como aldehídos, cetonas, alcoholes y ésteres, como se vio en el Apartado IV.10.; y ácidos grasos libres, como mostró el índice de acidez de grasa en el Apartado IV.6.4. Otros autores, como Revilla et al. (2007), observaron además el aumento de otros compuestos relacionados con el sabor que no han sido cuantificados en este estudio, como aminoácidos libres y péptidos.

Como muestra la Figura 117, entre los quesos de 6 meses la única diferencia significativa se apreció en la raza Castellana, donde la intensidad de sabor aumentó con los RCS. En el mes 12, el sabor fue más intenso al aumentar los RCS, especialmente en los quesos de raza Castellana. Con respecto a la raza en general no se encontraron diferencias significativas.

Los resultados obtenidos fueron similares para los dos años estudiados, de modo que consumidores habituales y jueces entrenados encontraron un sabor más intenso al aumentar los RCS. Estos resultados, que coinciden además con los encontrados por Hernández et al. (2009) en queso Idiazábal con lipasas añadidas, podrían deberse a una mayor concentración de ciertos compuestos volátiles, como hexanoato de etilo (formado

a partir del ácido caproico), y/o ácidos grasos de cadena corta (Fernández-García et al., 2002; Lawlor et al., 2002, 2003; Barron et al., 2007).

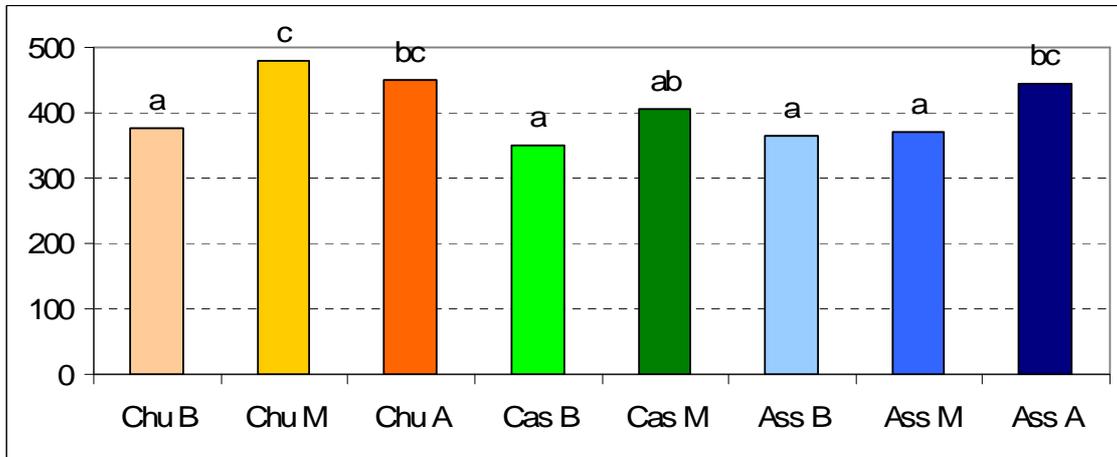


Figura 116. Intensidad de sabor determinada por 90 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

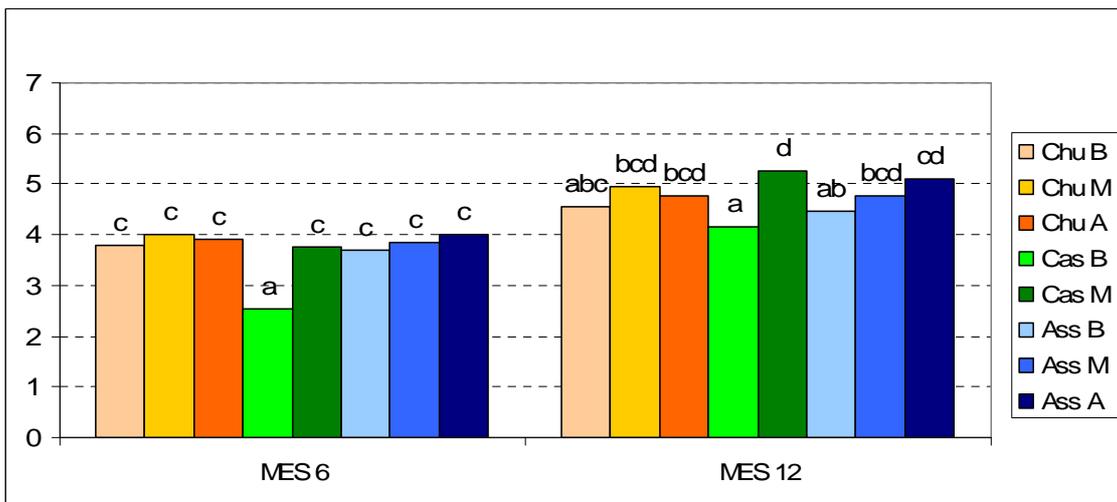


Figura 117. Intensidad de sabor, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

11.3.2. Sabor ácido

El sabor ácido percibido por los jueces a los 12 meses fue mayor que el encontrado en los quesos de 6 meses ($P=0,0000$) (Figura 118), al igual que ya observaron otros autores como Muir et al. (1996) o Cabezas et al. (2007). Una vez más, esto fue debido a una mayor concentración de ácidos grasos libres a medida que avanzó la maduración, como confirmó el aumento del índice de acidez de la grasa a lo largo de dicho periodo (Aparato IV.6.4.).

En las muestras de 6 meses, se observa cierta relación del sabor ácido con los RCS, así, los jueces percibieron un sabor más ácido en las muestras de raza Churra con RCS altos y Assaf con RCS medios y RCS altos. Pero a los 12 meses de maduración, los quesos más ácidos fueron los de raza Churra con RCS medios y los de raza Assaf con RCS bajos y RCS medios.

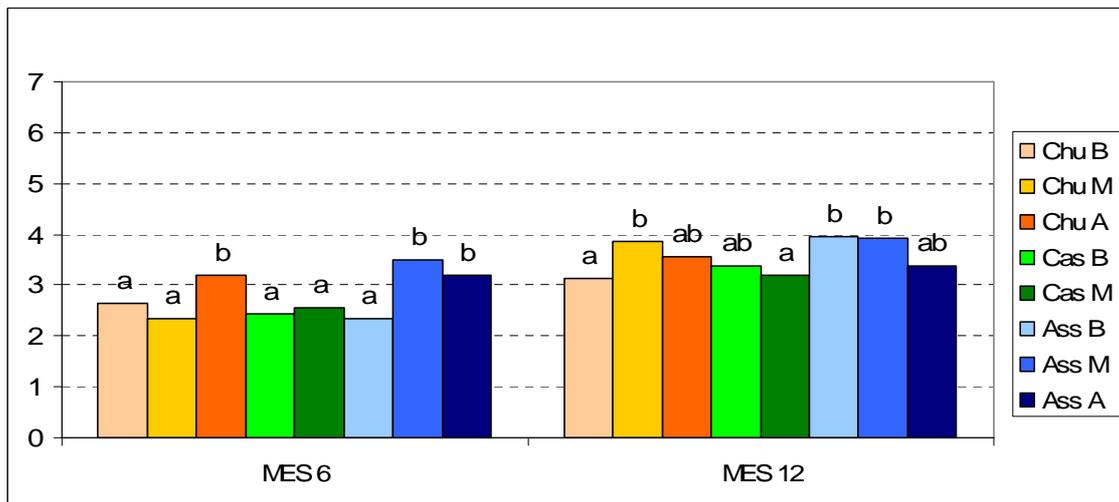


Figura 118. Intensidad de sabor ácido, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Con respecto a la raza, los quesos menos ácidos fueron los de Castellana, en los que además no se apreciaron diferencias significativas en función del RCS. Estos resultados podrían deberse a una menor actividad lipolítica ya que esta raza presentó los menores valores de índice de acidez de grasa (Apartado IV.6.4.).

11.3.3. Sabor rancio

El sabor rancio se debe principalmente a una excesiva lipólisis y concretamente a elevadas concentraciones de ácidos grasos libres de cadena corta, especialmente de los ácidos butírico (Woo et al., 1984; Fox y Law, 1991), caproico (Kuzdzal-Savoie, 1975) y caprílico (Collins et al., 2003).

En el año 1 los consumidores observaron una ligera tendencia al aumento del sabor rancio con los RCS en los quesos de razas Churra y Castellana de 12 meses de maduración, aunque las diferencias no fueron significativas en ninguno de los casos evaluados (Figura 119).

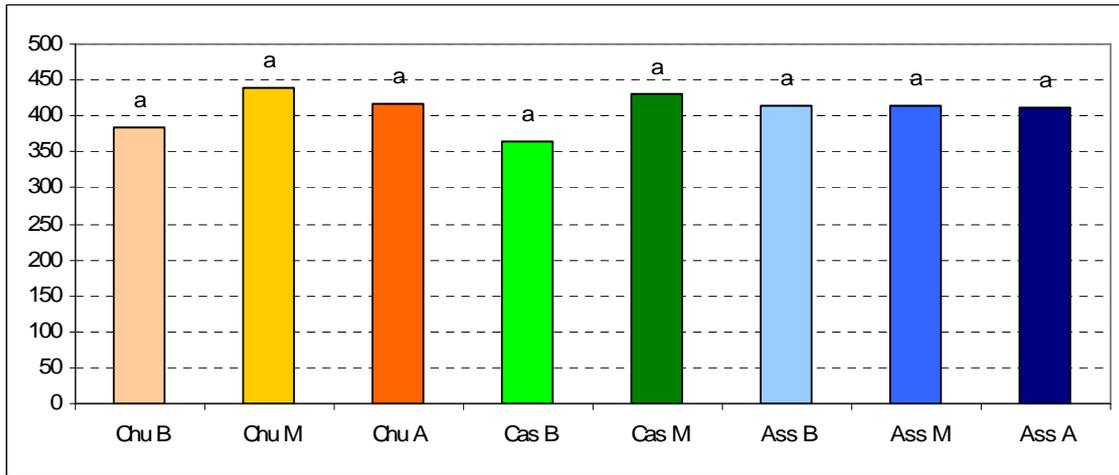


Figura 119. Intensidad de sabor rancio determinada por 91 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

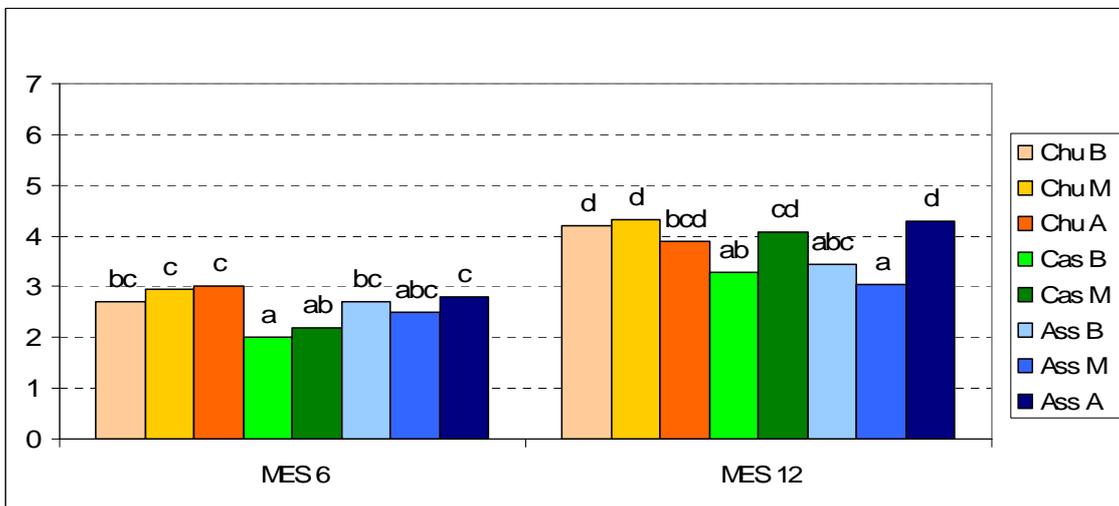


Figura 120. Intensidad de sabor rancio, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

En el año 2, los jueces detectaron y consideraron significativo el atributo “sabor rancio” en los quesos de 6 meses de maduración, a pesar de no haber detectado el atributo “olor rancio” en dichas muestras. Esto podría deberse a que los compuestos responsables del sabor rancio son liberados al masticar el queso y al aumentar su temperatura dentro de la boca. De hecho, según los comentarios emitidos por los jueces, este atributo se relacionó con la sensación retronasal, algo que tratará de confirmarse mediante el análisis global de los datos.

Como se observa en la Figura 120, en el año 2 los jueces entrenados encontraron diferencias significativas entre las muestras. En primer lugar, percibieron un aumento

del sabor rancio del mes 6 al mes 12 ($P=0,0000$), debido principalmente al aumento de la concentración de ácidos grasos libres de cadena corta a lo largo de la maduración. Esto coincide con los resultados encontrados por otros autores como Cabezas et al. (2007).

Con respecto al RCS, las principales diferencias se encontraron en las razas Castellana y Assaf durante el mes 12, donde las muestras con RCS medios y RCS altos, respectivamente, presentaron la mayor intensidad de sabor rancio (Figura 120). Este aumento de la rancidez con los RCS coincide con los resultados encontrados por Jaeggi et al., (2003) en queso Manchego de 6 y 9 meses de maduración, quienes lo relacionaron con elevadas concentraciones de ácido butírico.

En la raza Churra, apenas se encontraron diferencias significativas entre los RCS, de modo que las muestras de RCS bajos fueron tan rancias como las de RCS medios y RCS altos. Los quesos de esta raza presentaron un sabor más rancio que los de las razas Castellana y Assaf, tanto en a los 6 como a los 12 meses de maduración.

11.3.4. Duración del sabor y sensación retronasal

Tanto el tiempo de duración del sabor del queso como la sensación retronasal fueron elegidos por los jueces como atributos muy destacables en las muestras de 12 meses de maduración mientras que a los 6 meses no fueron considerados como significativos, razón por la cual no se evaluaron en ese momento. Esto coincide con lo observado por otros autores como Cabezas et al., (2007), quienes encontraron un aumento de la duración del sabor entre los 6 y los 12 meses de maduración.

La sensación retronasal se debe a la impresión en el sentido del olfato de moléculas volátiles que alcanzan el centro olfativo a través del conducto nasofaríngeo. Así, una mayor concentración de ciertos compuestos volátiles, aumentaría la sensación retronasal, lo que explicaría la mayor percepción de este atributo en el mes 12 frente al mes 6.

Por otra parte, según los jueces, ambos atributos están estrechamente relacionados, algo que se puede observar a primera vista en la Figura 121 y que tratará de confirmarse más adelante mediante un análisis multivariante. Mediante dicho análisis se tratará de

confirmar además la existencia de correlaciones significativas entre cada uno de estos atributos y los ácidos saturados de cadena corta, los cuales fueron seguramente los responsables de ambas sensaciones.

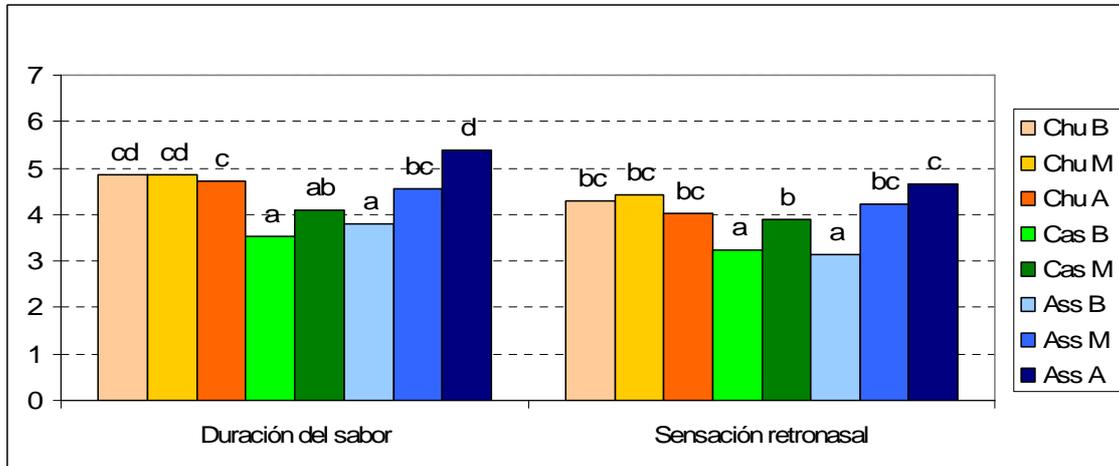


Figura 121. Duración del sabor y sensación retronasal, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Según los resultados obtenidos, ambos atributos aumentaron con los RCS en las razas Castellana y Assaf. Los quesos de raza Churra, que no mostraron diferencias significativas con respecto a los RCS, fueron en general los que presentaron los mayores valores de ambos atributos.

11.3.5. Picante

La sensación picante se asocia principalmente con algunos compuestos volátiles como acetaldehído, acetato de etilo y algunas metil-cetonas y también con ácidos grasos libres de cadena corta como ácido caproico, ácido cáprico y ácido acético (Engels et al., 1997; Ortigosa et al., 2001; Gómez-Ruiz et al., 2002; Di Marzo et al., 2006; Attaie, 2009).

En el año 1 los resultados obtenidos tras la evaluación de los quesos de 12 meses de maduración, mostraron un aumento de la sensación picante con los RCS, especialmente en las muestras de las razas Castellana y Assaf (Figura 122).

En el año 2 (Figura 123), los jueces entrenados encontraron que la sensación picante aumentó entre el mes 6 y el mes 12 (P=0,0000), algo que coincide con los resultados encontrados por Cabezas et al. (2007) en queso Manchego.



Figura 122. Intensidad de picante determinada por 95 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

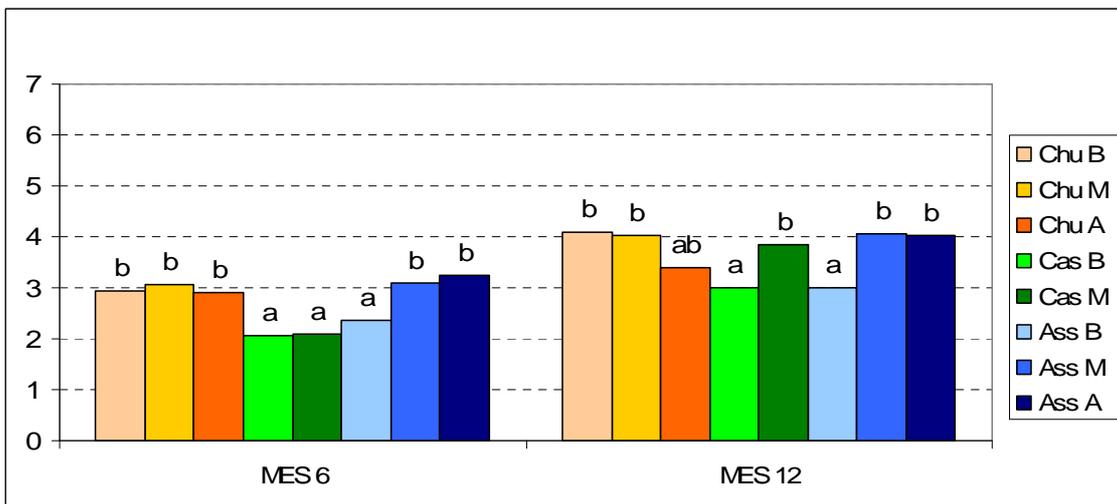


Figura 123. Intensidad de picante, determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Con respecto al RCS, en el mes 6 los jueces solamente percibieron diferencias significativas en la raza Assaf, donde los quesos de RCS medios y RCS altos fueron los más picantes. En el mes 12 encontraron diferencias en las tres razas evaluadas, de modo que en las muestras de Castellana y Assaf la sensación picante aumentó con los RCS (Figura 123). Este comportamiento no se observó en la raza Churra, para la que las muestras más picantes fueron las de RCS bajos y RCS medios.

Estos resultados, que fueron similares a los obtenidos por los consumidores en el año 1, se relacionan con los observados por Hernández et al. (2009) en queso Idiazábal con 6

meses de maduración, quienes encontraron un mayor sabor picante en muestras con lipasas añadidas.

Con respecto a la raza, las diferencias más notables se encontraron a los 6 meses de maduración donde los quesos de raza Castellana fueron los menos picantes, y los de Churra los más picantes.

Cabe destacar que en general los jueces no encontraron muchos grados diferentes en la sensación picante, de modo que los quesos menos picantes obtuvieron 2 puntos en el mes 6 y 3 puntos en el mes 12, mientras que los más picantes obtuvieron 3 puntos en el mes 6 y 4 puntos en el mes 12.

11.4. TEXTURA

La textura es una importante característica que puede servir para diferenciar variedades de queso (Antoniou et al., 2000; Wendin et al., 2000) y es considerada por el consumidor como un atributo que determina la calidad global del producto y su preferencia sobre otro (Guinard y Mazzuchelli, 1996).

Los atributos relacionados con la textura que se evaluaron en el análisis sensorial fueron: dureza, granulosidad, untuosidad y fracturabilidad.

11.4.1. Dureza

Según los consumidores que llevaron a cabo la evaluación durante el año 1, en general los quesos fueron menos duros a medida que aumentaron los RCS, especialmente en las razas Castellana y Assaf (Figura 124).

En el año 2 (Figura 125), los jueces observaron un aumento de la dureza entre el mes 6 y el mes 12 ($P=0,0000$), algo que coincide con los resultados obtenidos a partir de la medición instrumental de la fuerza de corte (Apartado IV.8.) y que se relaciona con la pérdida paulatina de humedad.

Con respecto al RCS, los resultados encontrados por los jueces en el mes 6 fueron similares a los observados por los consumidores en el año 1, es decir, la dureza de los quesos disminuyó a medida que aumentaron los RCS, con la única excepción de la raza

Assaf, donde las muestras de RCS altos y RCS bajos presentaron una dureza similar (Figura 125). En el mes 12 esta disminución de la dureza al aumentar los RCS se observó solamente en la raza Churra, ya que en las razas Castellana y Assaf las muestras de RCS medios y RCS altos, respectivamente, fueron las de mayor dureza. Otros autores como Revilla et al., (2007) observaron también una menor dureza en quesos de hasta 3 meses de maduración con elevados RCS, quienes lo relacionaron con una proteólisis más intensa.

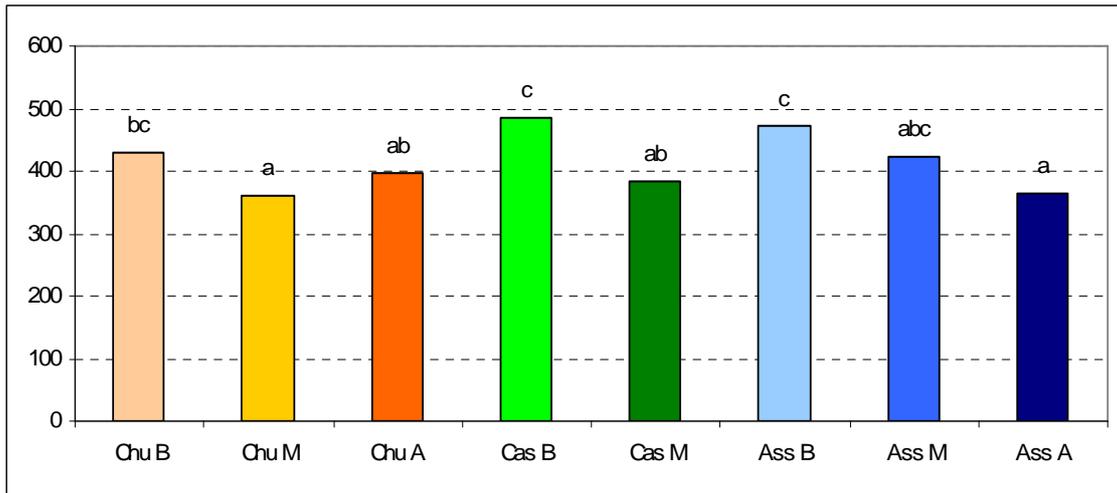


Figura 124. Determinación de dureza realizada por 92 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

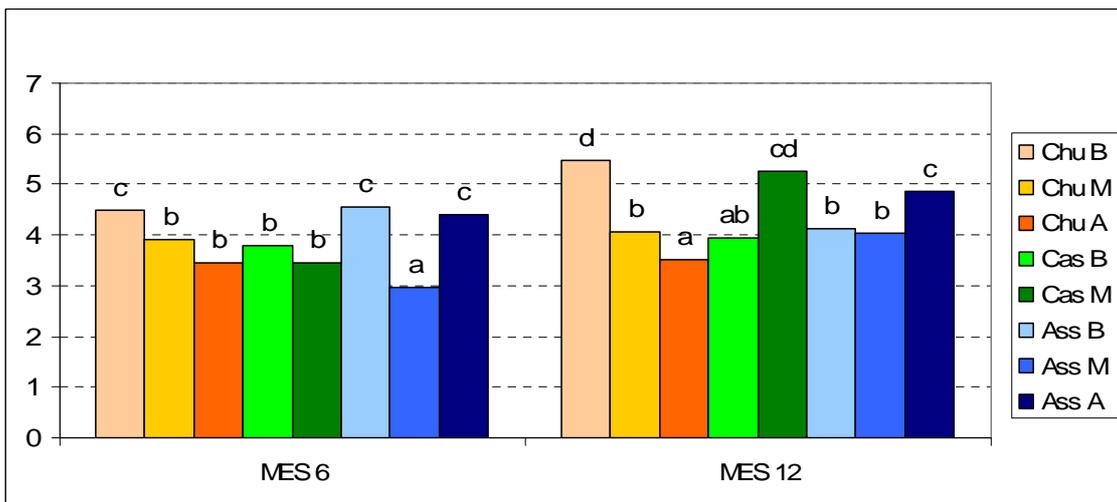


Figura 125. Dureza determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

En cuanto a la raza, los jueces no encontraron diferencias significativas en ninguno de los meses evaluados.

11.4.2. Granulosidad

Como se puede apreciar en la Figura 126, los consumidores no encontraron ninguna diferencia significativa en la granulosidad de los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 1.

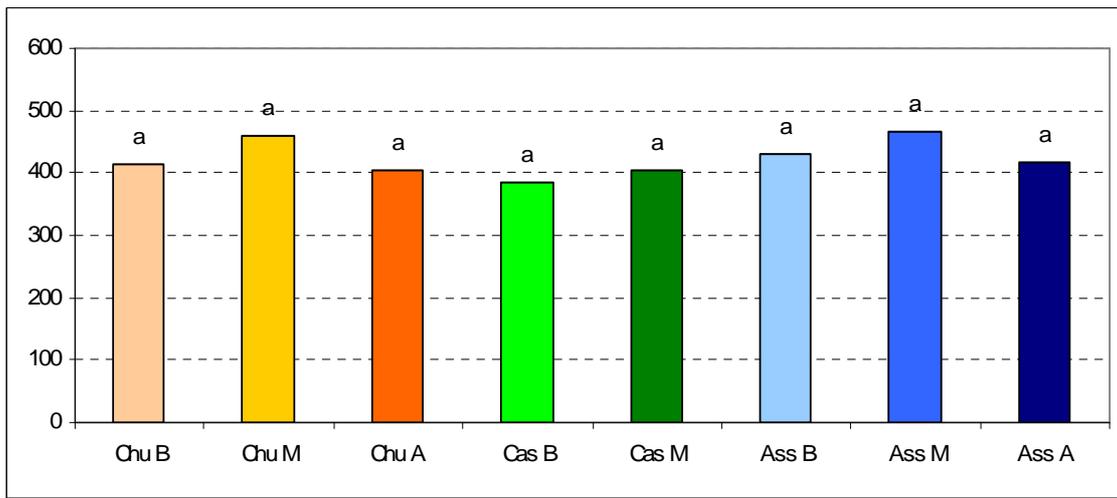


Figura 126. Determinación de granulosidad realizada por 94 consumidores mediante prueba de ordenación por atributos sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

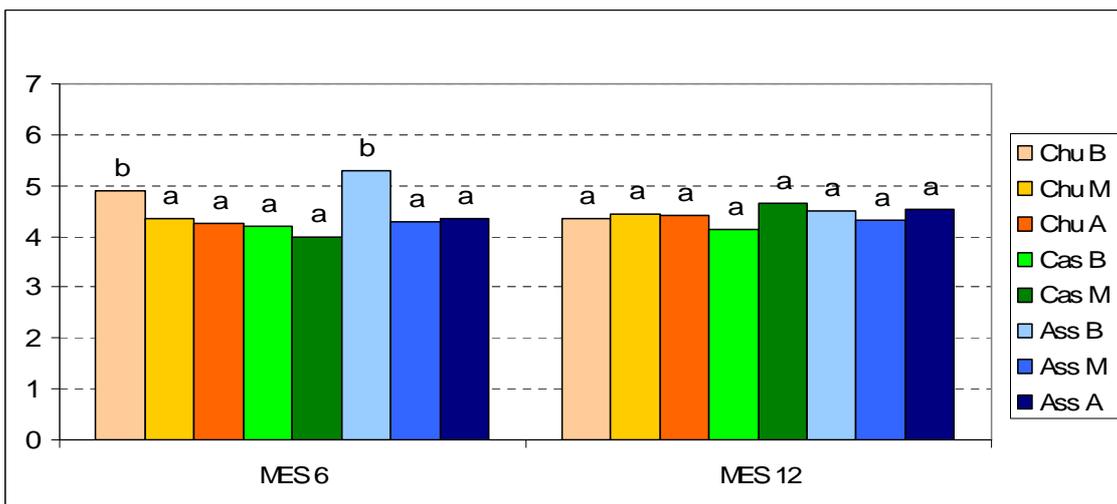


Figura 127. Granulosidad determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Los resultados anteriores coinciden con los encontrados por los jueces entrenados en los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 2 (Figura 127), ya que

tampoco encontraron diferencias significativas en la granulosidad de los quesos. Las únicas diferencias significativas se observaron en el mes 6, donde las muestras de las razas Churra y Assaf con RCS bajos presentaron la mayor granulosidad, lo que probablemente esté relacionado con su mayor dureza (Figura 125). Como se verá más adelante, esta relación fue confirmada mediante el análisis multivariante, que mostró correlaciones significativas ($P=0,0021$) y de signo positivo entre los dos parámetros.

En otros estudios como el realizado por Jaeggi et al. (2003), los jueces encontraron un aumento de la granulosidad con los RCS, lo que relacionaron con una proteólisis más intensa.

En este caso, los jueces no encontraron diferencias significativas entre los dos puntos de maduración evaluados ($P>0,05$), ni entre las tres razas consideradas.

11.4.3. Untuosidad

Los jueces observaron que la untuosidad o sensación grasa aumentó de forma significativa entre el mes 6 y el mes 12 ($P=0,0000$), lo que coincide con los resultados encontrados por otros autores (Muir et al., 1996). Esto fue debido probablemente a la disminución de humedad a lo largo de la maduración, con el consiguiente aumento de la proporción de grasa.

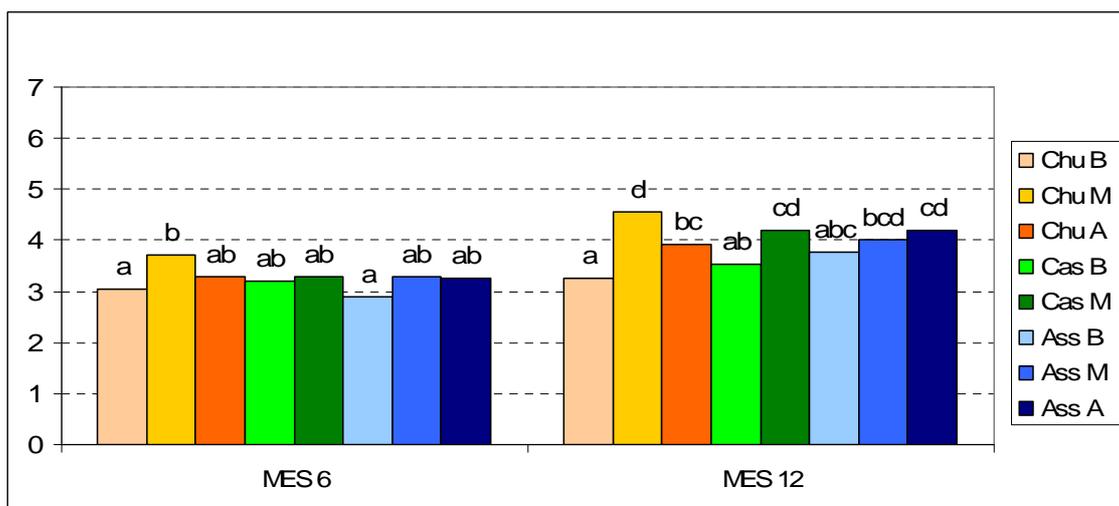


Figura 128. Untuosidad determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Como se puede apreciar en la Figura 128, en el mes 6 destacó la muestra de raza Churra con RCS medios, en la que se percibió la mayor untuosidad. En el mes 12, en general la untuosidad aumentó con los RCS, debido probablemente a una mayor concentración de ácidos grasos saturados (Apartado IV.9.2.1.) que aportan una mayor sensación grasa que los ácidos insaturados por tener una mayor temperatura de fusión.

Con respecto a la raza, los jueces no encontraron ninguna diferencia significativa en el mes 6 ni en el mes 12.

11.4.4. Fracturabilidad

La fracturabilidad, que fue evaluada solamente en el mes 12, aumentó con los RCS, especialmente en la raza Assaf, donde la muestra con RCS altos recibió una puntuación muy elevada.

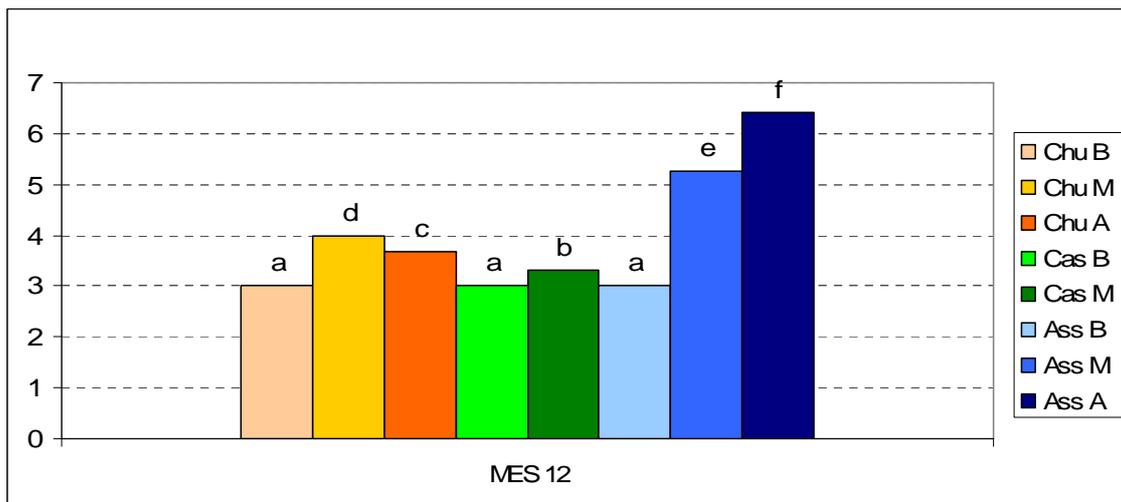


Figura 129. Fracturabilidad determinada por 10 jueces mediante prueba QDA sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Revilla et al. (2007) en quesos similares de 3 meses de maduración y también con los observados por Jaeggi et al. (2003) en queso Manchego de 6 y 9 meses de maduración.

11.5. RESULTADOS GLOBALES

En primer lugar cabe destacar que los resultados obtenidos por los consumidores habituales (N=91-97, año 1) fueron similares a los observados por los jueces entrenados (N=10, año 2) en 4 de los 6 atributos que evaluaron, a pesar de que según Muñoz (1998), los jueces entrenados no siempre reflejan con exactitud la respuesta de los consumidores habituales. Concretamente se observaron similitudes en los resultados obtenidos para el color, la intensidad de sabor, la sensación picante y la granulosidad, de modo que los resultados solamente fueron diferentes en el caso del sabor rancio y de la dureza.

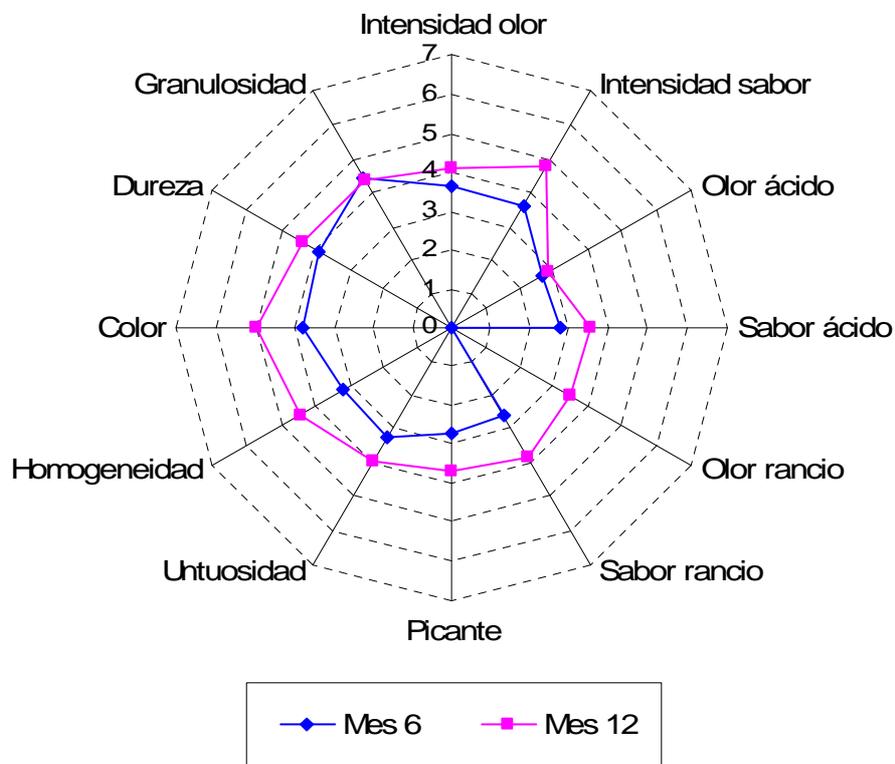


Figura 130. Gráfica de araña en la que se representan las puntuaciones medias otorgadas por los jueces a los quesos con 6 y 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2.

Dichas similitudes fueron observables, por una parte, gracias al elevado número de consumidores que se reclutaron para realizar las pruebas sensoriales, a partir de los cuales se obtuvieron una gran cantidad de datos, reduciéndose así la probabilidad de obtener errores. Por otra parte, gracias al conocimiento del queso Zamorano, ya que la

familiaridad de los consumidores con el producto les permite discriminar y ordenar las características sensoriales (O'Mahony, 2005).

Los resultados obtenidos confirman que metodologías como la prueba de ordenamiento de atributos por consumidores habituales, pueden ser una buena alternativa a la metodología QDA para conocer las características sensoriales de los quesos (O'Mahony, 2005). La utilidad radica en que el desarrollo de los perfiles sensoriales implica el entrenamiento sistemático y cuidadoso de jueces en metodologías descriptivas durante un largo periodo de tiempo y esto no siempre es posible (Stone et al., 1974; Murray et al., 2001).

Como se puede observar en la Figura 130, todos los atributos excepto olor ácido y granulosidad aumentaron de forma significativa entre el mes 6 y el mes 12. Como ya se ha comentado, estos cambios se debieron a los procesos bioquímicos que tienen lugar durante la maduración del queso. Muchos de los compuestos volátiles que se forman a partir de estos procesos se acumulan en el queso a lo largo de la maduración, de manera que su concentración es mayor en las etapas finales, lo que explica que los atributos relacionados con el olor y el sabor sean más intensos en el mes 12 que en el 6. Como ya se ha mencionado los cambios en el color están relacionados sobre todo con el ES, la materia grasa, el contenido en aminoácidos y la estructura, mientras que los cambios en la textura obedecen principalmente a los fenómenos de proteolisis y a la pérdida de humedad.

Las principales diferencias encontradas entre los quesos pertenecientes a un mismo periodo de maduración se debieron al RCS (Figura 131), de modo que las muestras con RCS medios y RCS altos presentaron las mayores puntuaciones en todos los atributos relacionados con el olor y el sabor: intensidad de olor, olor rancio, olor ácido (especialmente en el mes 6), intensidad de sabor, sabor ácido (especialmente en el mes 6), sabor rancio, sensación picante, duración del sabor y sensación retronasal. Esto, como ya se ha mencionado se debe a una mayor concentración de compuestos volátiles, entre los que se incluyen los AGL, como consecuencia de fenómenos de proteolisis y lipólisis más intensos debido a la mayor cantidad de enzimas proteolíticos (Politis y Ng-Kwai-Hang, 1988; Kelly et al., 1998; Heegaard et al., 1994) y lipolíticos (Azzara y

Dimick, 1985a,b) asociados a las células somáticas, y también del metabolismo de lactosa, lactato y citrato.

Con respecto a la raza (Figura 132), los quesos de raza Castellana presentaron las menores puntuaciones en los atributos intensidad de olor, sabor ácido y sensación picante, mientras que la raza Churra presentó las mayores puntuaciones en sabor rancio, duración del sabor y sensación retronasal.

Algunos autores relacionaron elevadas puntuaciones de intensidad de olor y sabor, olor ácido y sabor rancio con quesos que denominaron “de aroma fuerte”, que han sufrido lipólisis como Camembert, Grana Padano, Gruyere, Pecorino Ragusano, Roncal e Idiazábal (Barron et al, 2004; Curioni y Bosset, 2002; Hernández et al., 2005; Yvone y Rijnen, 2001). Por otra parte, relacionaron elevadas puntuaciones de sabor a mantequilla junto con bajas puntuaciones de olor ácido y sabor rancio con quesos “de aroma suave” o “dulce” (Di Cagno et al., 2003; Barron et al., 2005).

En este caso, casi todos los quesos fueron de aroma fuerte, especialmente en el mes 12, a juzgar por las puntuaciones y los comentarios emitidos por los jueces. Con respecto al RCS los más fuertes fueron los de RCS medios y RCS altos, mientras que con respecto a la raza los más fuertes fueron los de raza Churra y los más suaves los de raza Castellana.

En cuanto a la textura, como ya se ha mencionado, se encontraron algunos efectos no deseables al aumentar los RCS (Figura 131), como una mayor fracturabilidad y una menor dureza, algo que ya observaron otros autores (Jaeggi et al., 2003; Revilla et al., 2007) y que relacionaron con una proteólisis más intensa. En concreto, el aumento de la concentración de I- α _{s1}-CN se cree que es uno de los principales factores que determinan la aparición de defectos de textura en queso Cheddar (Creamer y Olson, 1982) Otros estudios han sugerido que una textura defectuosa y quebradiza en el queso pueden ser debidos a la proteólisis llevada a cabo por la plasmina, cuya actividad es más intensa cuando hay elevados RCS (Grufferty y Fox, 1988b). Por otra parte, se observó también un aumento de la untuosidad. Con respecto a la raza sin embargo no se apreciaron diferencias destacables (Figura 132).

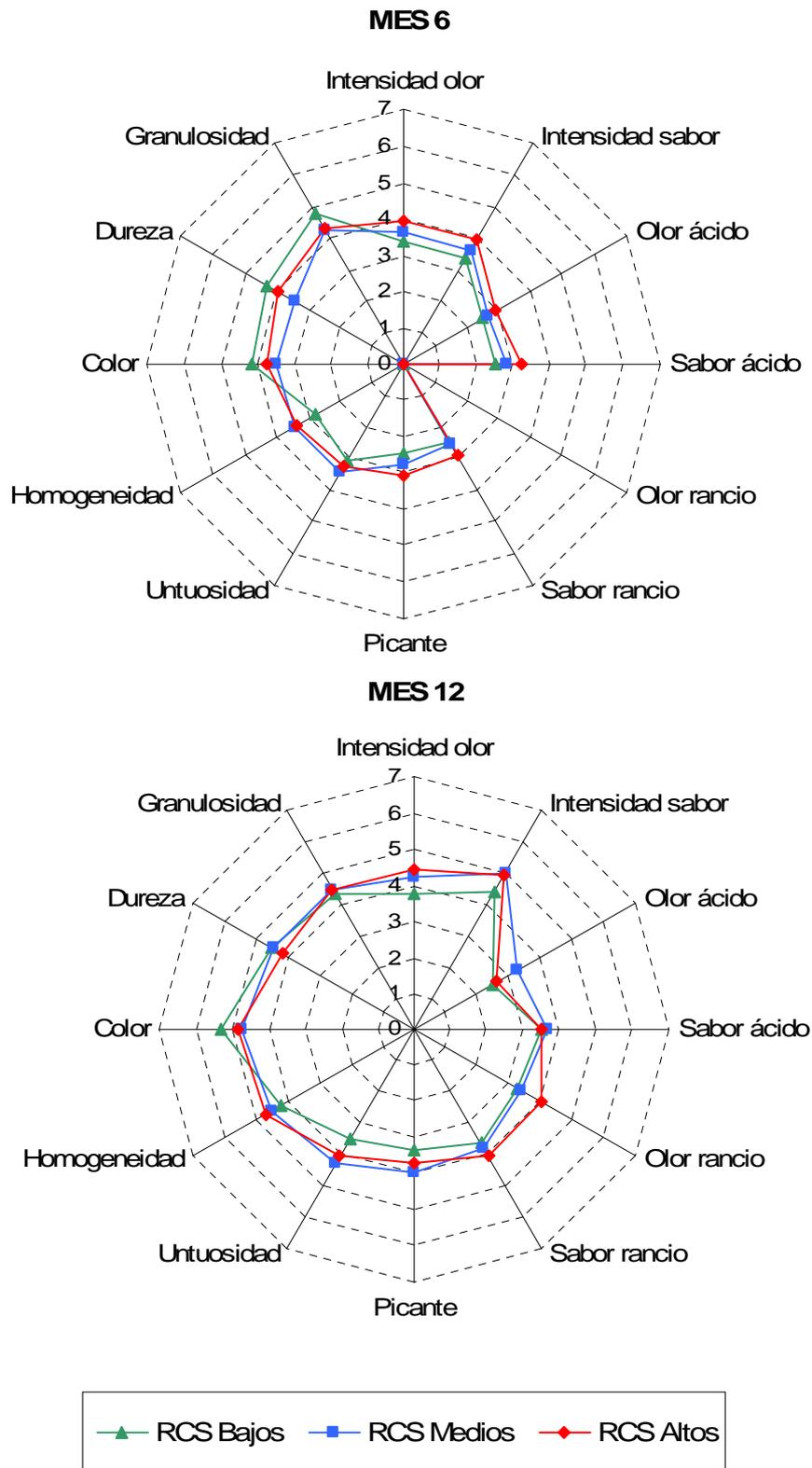


Figura 131. Gráfica de araña en la que se representan las puntuaciones otorgadas por los jueces para determinados atributos durante el año 2 según el RCS.

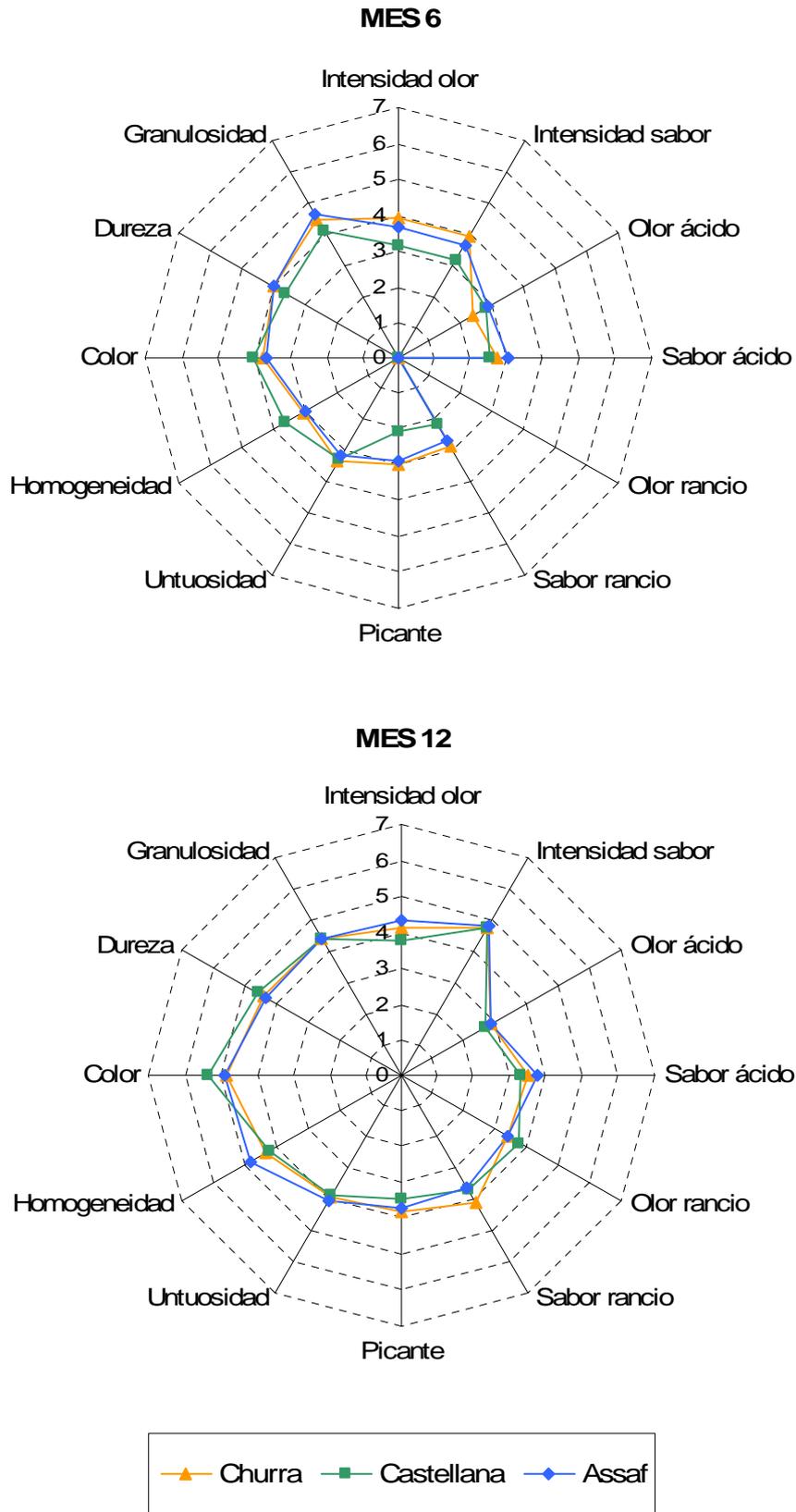


Figura 132. Gráfica de araña en la que se representan las puntuaciones otorgadas por los jueces para determinados atributos durante el año 2 según la raza.

11.6. PRUEBAS AFECTIVAS

11.6.1. Preferencias

Las pruebas afectivas de preferencias se realizaron durante el año 1 sobre los quesos de 6 y 12 meses de maduración. Durante el mes 6 (Figura 133), se encontraron diferencias significativas entre las preferencias de los consumidores. Así, el queso de mayor preferencia fue el de raza Churra con RCS altos, mientras que el de menor preferencia fue el de raza Assaf con RCS medios.

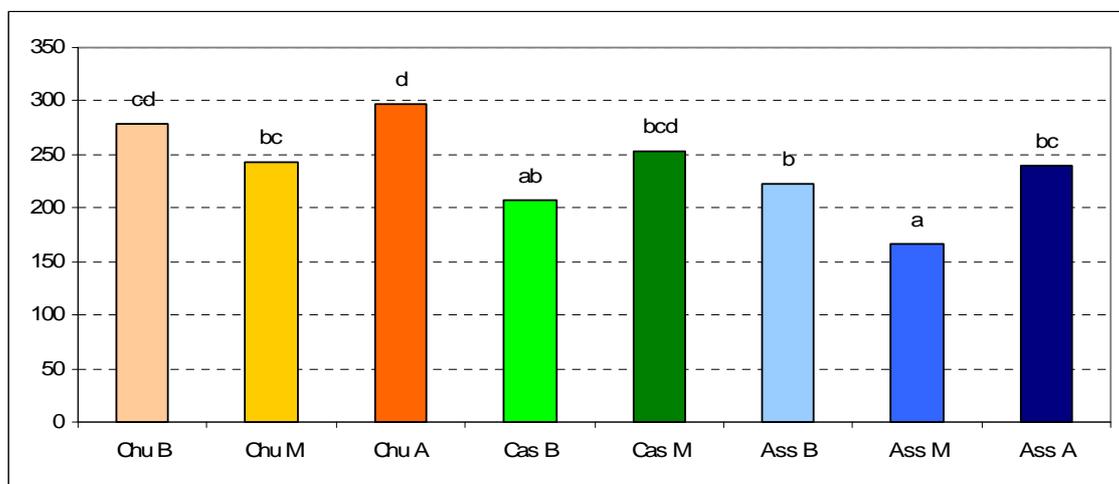


Figura 133. Ordenación por preferencias realizada por 53 consumidores sobre los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

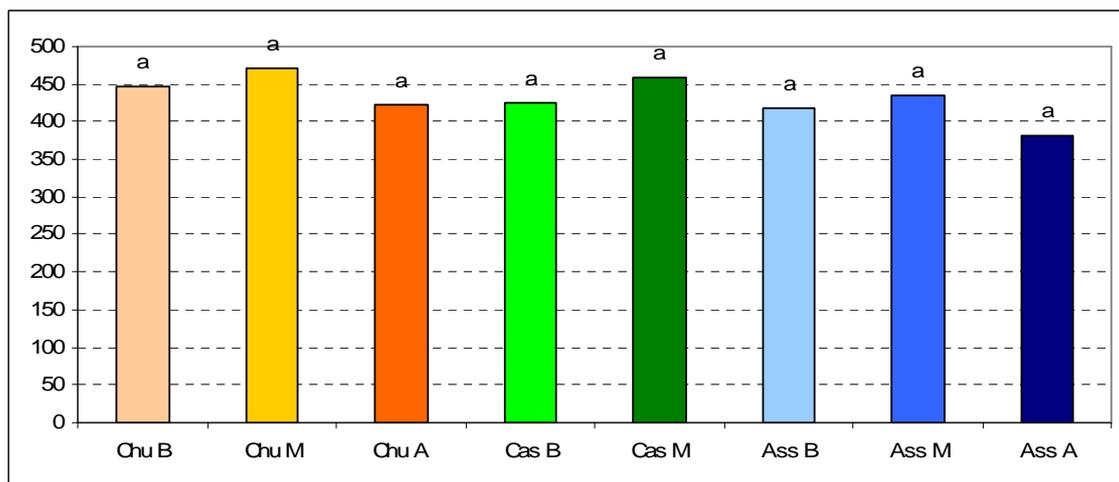


Figura 134. Ordenación por preferencias realizada por 96 consumidores sobre los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1.

Con respecto a los RCS, los quesos con mayores puntuaciones en esta prueba fueron los de RCS altos en las razas Churra y Assaf y los de RCS medios en la raza Castellana,

debido quizá a que eran quesos fuertes. En cuanto a la raza, los consumidores prefirieron en general los quesos de raza Churra, seguidos por los de raza Castellana, acogidas ambas a la Denominación de Origen Queso Zamorano.

En el mes 12 (Figura 134), a diferencia de lo observado durante el mes 6, los consumidores prefirieron los ocho quesos por igual, a pesar de las diferencias que encontraron entre ellos con respecto a color, intensidad de sabor, sensación picante y dureza. Para tratar de entender los resultados obtenidos, se estudiaron detenidamente las evaluaciones realizadas y los comentarios recogidos en los cuestionarios de modo que se observó la existencia de dos grupos de consumidores con preferencias opuestas o al menos muy diferentes: uno que prefirió los quesos más suaves y otro al que le gustaron más los quesos fuertes. Esto hizo que las puntuaciones se compensaran entre sí de manera que finalmente no se observaron diferencias significativas. Así, por ejemplo en el caso de la muestra de raza Churra con RCS bajos, 24 consumidores lo situaron entre los dos quesos menos preferidos, mientras que otros 24 lo eligieron como uno de los dos quesos más preferidos. Esto, que se repitió en prácticamente todas las muestras, fue observado previamente por otros autores como Bárcenas et al. (2001) quienes encontraron también dos grupos diferentes entre los consumidores de queso Idiazábal.

11.6.2. Nivel de agrado

Los resultados obtenidos tras la prueba de nivel de agrado se muestran en la Figura 135. Como se puede apreciar, no existieron diferencias significativas entre ellos, lo que indica que todos los quesos gustaron por igual. Esto confirma los resultados obtenidos en la prueba de ordenación por preferencias. La calificación media estuvo comprendida entre “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta moderadamente”, con puntuaciones desde 4,4 para el queso de raza Castellana con RCS medios hasta 4,7 que se le otorgó al queso de raza Churra con RCS medios.

Estos resultados difieren de los encontrados por Revilla et al., (2007) en quesos de 3 meses de maduración pertenecientes a las mismas razas y RCS, que mostraron que los consumidores prefirieron las muestras de RCS medios, seguidas de las de RCS bajos y por último las de RCS altos.

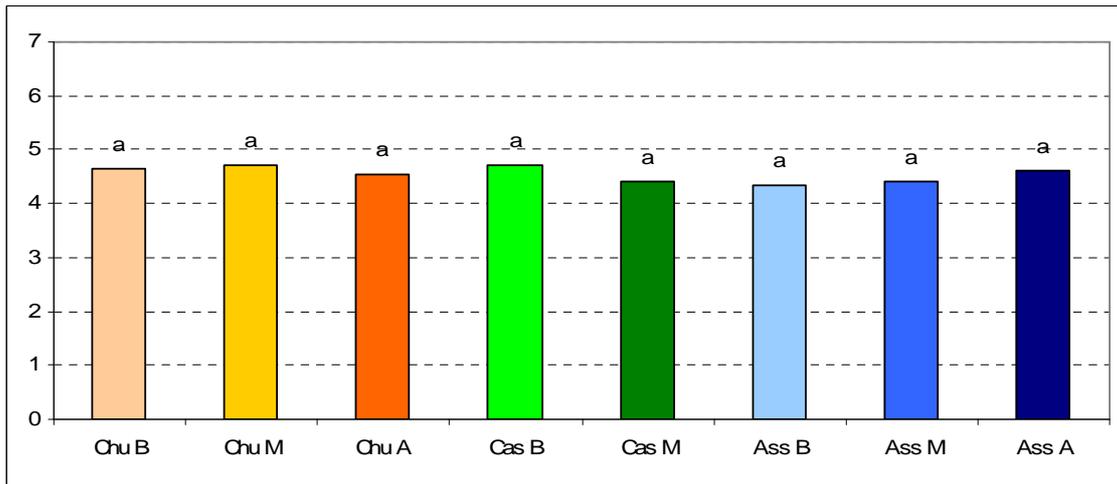


Figura 135. Nivel de agrado de los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1, determinado por 92 consumidores.

Según los comentarios recogidos en los cuestionarios, algunos consumidores advirtieron en las muestras que fueron consideradas menos fuertes, es decir, las de raza Castellana y también las de Assaf con RCS bajos, un sabor que asociaron a caramelo toffe, vainilla, azúcar tostado o mantequilla, lo que coincide con los resultados encontrados por otros autores (Di Cagno et al., 2003; Barron et al., 2005). Estos sabores se relacionan con la presencia de diacetilo (2,3-butanodiona) (Molimard y Spinnler, 1996) y otros compuestos volátiles como 3-hidroxi-2-butanona, ácido acético (Arctander, 1994, Arora et al., 1995, Barron et al., 2007), 2-butanona, 3-buten-2-ona y acetaldehído (Barron et al., 2007), procedentes algunos de ellos del metabolismo de lactosa y citrato por parte de *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* bv. *diacetylactis* (Curic et al., 1999; Barron et al., 2007). Estas notas aromáticas fueron encontradas previamente por Barron et al. (2005) como características propias del queso Zamorano con 6 meses de maduración frente a otros tres quesos de oveja: Idiazábal, Roncal y Manchego. En el presente trabajo se cuantificaron acetaldehído y 2-butanona, de modo que esta última se encontró en elevadas concentraciones en los quesos de Castellana con RCS bajos (especialmente en el mes 6) y en los quesos de Assaf con RCS bajos y RCS medios. La elevada concentración de esta cetona podría explicar los sabores suaves encontrados en las muestras de RCS bajos de estas dos razas, mientras que en las de RCS medios, dichos sabores podrían haberse visto enmascarados por los aromas fuertes formados como consecuencia de una lipólisis más intensa.

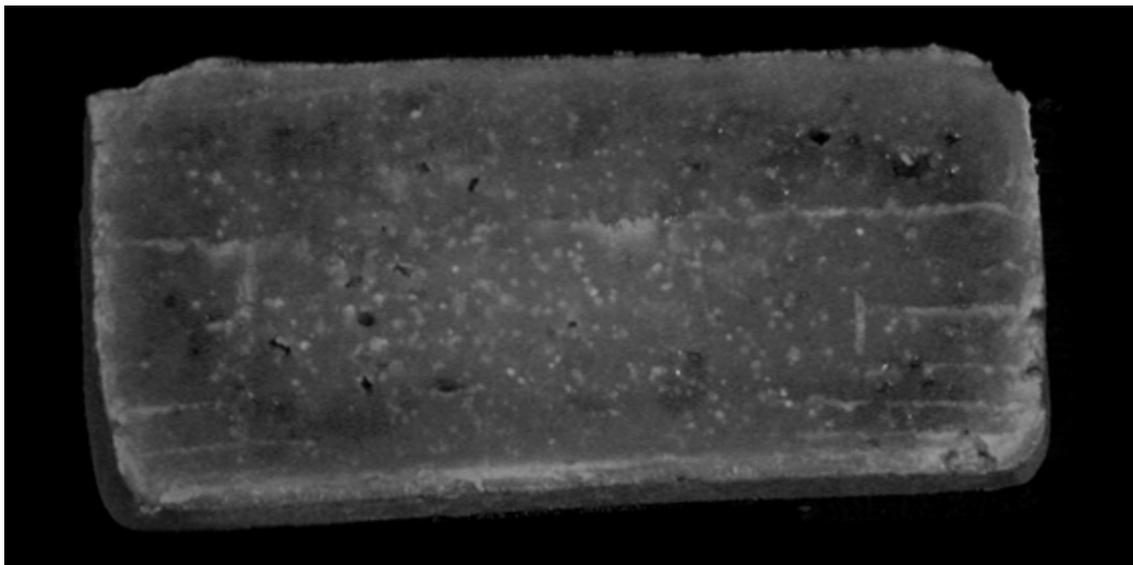


Figura 136. Muestra de queso de raza Castellana con RCS medios con 12 meses de maduración perteneciente al año 2, en la que se pueden apreciar los cristales de lactato cálcico en forma de puntos blancos. La imagen muestra el canal azul de la fotografía (sistema RGB).

Otros comentarios apuntaron la presencia de pequeños cristales en los quesos de razas Assaf y Churra con RCS bajos y de raza Castellana con RCS medios, que fueron percibidos de forma visual (lo que los consumidores llamaron “puntos blancos”) (Figura 136) y también en la boca como diminutos “granos duros”. Estos cristales, que fueron encontrados también en los estudios de Jaeggi et al., (2003), son característicos de algunos quesos madurados y podrían estar formados por lactato cálcico o más probablemente por tirosina. Los cristales de lactato cálcico se forman al principio de la maduración a partir del lactato procedente de la lactosa y del calcio procedente de las caseínas en condiciones de sobresaturación. Los cristales de tirosina suelen estar presentes en quesos madurados, ya que se forman a lo largo de la maduración a partir de los fenómenos de proteólisis. La tirosina es poco soluble en agua y cristaliza en forma dispersa, dando lugar a la formación de los cristales.

Por otra parte, algunos consumidores notaron un sabor amargo en los quesos de raza Assaf con RCS altos, lo que podría deberse a una mayor concentración de péptidos y aminoácidos como consecuencia de una proteólisis más intensa, concretamente de una mayor hidrólisis de β -CN (Sousa et al., 2001; Jaeggi et al., 2003; Revilla et al., 2007). Algunos péptidos hidrófobos y aminoácidos, como triptófano, fenilalanina, leucina, isoleucina, arginina, lisina y tirosina, se relacionan con el sabor amargo (Roudot-Algaron, 1996; Molina et al., 1999; Sousa et al., 2001).

En el estudio realizado por Hernández et al. (2009) sobre queso Idiazábal con lipasas añadidas, los jueces encontraron también sabores amargos y aromas tostados y a mantequilla, que se vieron influidos de forma significativa por la concentración de lipasas, por el tiempo de maduración y/o por la interacción de ambos factores.

En general, lo más destacable es que, según los consumidores, todas las muestras presentaron en mayor o menor medida sabores intensos, rancios y picantes y en definitiva un sabor fuerte.

12. ANÁLISIS GLOBAL DE DATOS

Una vez analizados de forma independiente los resultados obtenidos, se trataron todos los datos de forma conjunta mediante análisis multivariante, con el objeto de conocer las correlaciones entre los parámetros estudiados, su evolución a lo largo de la maduración y la influencia del RCS y de la raza.

Dichos análisis multivariantes se llevaron a cabo en el mes 6 y en el mes 12, de modo que en cada uno de estos puntos de maduración se realizaron dos matrices de correlación, una para cada uno de los años estudiados, por lo que finalmente se obtuvieron cuatro matrices. Del mismo modo, posteriormente se realizaron cuatro análisis de componentes principales, uno para cada uno de los años y puntos de maduración mencionados. El análisis estadístico se hizo así debido a que el número de datos paramétricos del año 1 fue menor que el del año 2, en el que se dispuso de los datos obtenidos tras el análisis sensorial.

Así, tanto en el análisis del año 1 como en el del año 2 se incluyeron los siguientes parámetros: parámetros físico-químicos (pH, ES, a_w , cenizas, índice de acidez de la grasa, grasa, proteínas, L, a^* , b^* , fuerza de corte), compuestos volátiles (aldehídos, cetonas, alcoholes y ésteres) y ácidos grasos (saturados de cadena corta, saturados de cadena media y larga, monoinsaturados y poliinsaturados). Para el año 2 se incluyeron además los atributos sensoriales: (mes 6: homogeneidad de color, color, intensidad de olor, olor ácido, intensidad de sabor, sabor ácido, sabor rancio, picante, untuosidad, dureza y granulosidad; mes 12: homogeneidad de color, color, intensidad de olor, olor ácido, olor rancio, intensidad de sabor, sabor ácido, sabor rancio, picante, duración del sabor, sensación retronasal, untuosidad, dureza, granulosidad y fracturabilidad). De este modo, en el año 1 el análisis se hizo con 19 parámetros, mientras que en el año 2 se hizo con 30 parámetros en el mes 6 y con 34 en el mes 12.

12.1. MATRIZ DE CORRELACIÓN

12.1.1. Mes 6

En la Tabla 44 y en la Tabla 45 se muestran las matrices de correlación correspondientes a los quesos con 6 meses de maduración de años 1 y 2, respectivamente. De entre todas las correlaciones significativas que se observaron en el año 1 (53) y en el año 2 (63), solamente 24 fueron estadísticamente significativas en ambos. A continuación se comentarán las más importantes.

La correlación existente entre el pH y la fuerza de corte, de signo negativo, se debió probablemente al efecto de la proteólisis. Este fenómeno provoca una degradación de las proteínas, que tiene como consecuencia por una parte el aumento de la concentración de grupos carboxilo y amino, relacionados con un aumento del pH, y por otra parte un deterioro de la estructura del queso con la consiguiente disminución de la fuerza de corte.

El pH se correlacionó también de forma negativa con la grasa, lo que podría obedecer a la influencia del RCS ya que, como se vio en el Apartado IV.6., los quesos con elevados RCS presentaron menores concentraciones de grasa y valores de pH más elevados. Esta correlación entre el pH y la grasa explicaría la existente entre el pH y el ES, también de signo negativo, ya que la grasa y el ES se correlacionaron de forma positiva y muy significativa, al igual que en la leche de partida, dado que la grasa es el principal componente del ES. Así mismo, la correlación de signo positivo entre pH y a_w , se explicaría por el hecho de que ES y a_w se correlacionaron de forma inversa. Esta correlación era previsible, ya que los quesos con mayor concentración de ES presentaron menor contenido en humedad, factor relacionado estrechamente con la a_w .

Por otra parte, el ES se correlacionó de forma positiva con la luminosidad, lo que indicaría que los quesos con mayor concentración de ES presentaron un color más claro. Según varios autores, el color está relacionado con el contenido de sólidos totales, materia grasa y aminoácidos (Rohm y Jaros 1997; Frau et al, 1999; Saldo et al., 2002; Jaramillo, 2008), lo que explicaría también las correlaciones negativas de a_w con la luminosidad y con el parámetro a^* . Por otra parte quizá influyó de forma más decisiva

sobre estas correlaciones la estructura del queso, factor que como se vio en el Apartado IV.11.1., podría estar relacionado con el color.

El ES se correlacionó de forma directa con la fuerza de corte, algo que ya se apuntaba en el Apartado IV.8., donde los resultados indicaron que una mayor fuerza de corte podría explicarse por una concentración de ES más elevada.

En definitiva, la correlación negativa entre a_w y ES explicaría las correlaciones de a_w con pH, con grasa y con fuerza de corte, parámetros que como se acaba de ver, se correlacionaron con el ES con coeficientes de signo opuesto a los de a_w .

Se observó una correlación muy alta y de signo negativo entre grasa y proteínas, lo que indicaría que los quesos más grasos fueron los que presentaron la menor concentración de proteínas y viceversa. Esta correlación, de signo opuesto a la encontrada en la leche, podría obedecer a la influencia de los RCS, ya que en general la concentración de grasa disminuyó al aumentar los RCS, mientras que la concentración de proteínas no varió de forma significativa. Este factor podría explicar también la correlación negativa existente entre la grasa y los AGSC, ya que en las muestras con elevados RCS se observaron menores concentraciones de grasa y valores más altos de AGCS.

La correlación positiva entre la grasa y la fuerza de corte se explicaría debido a la existente entre la grasa y el ES, también de signo positivo, ya que como se acaba de mencionar, el ES está relacionado con la estructura del queso y por lo tanto con la fuerza de corte.

Los parámetros de color a^* y b^* se correlacionaron de forma directa, lo que indica que los quesos con mayores valores de b^* , es decir de tonos amarillos, presentaron también mayores valores de a^* , lo que se traduce en tonos menos verdes y más cercanos al rojo, en definitiva, más anaranjados. Como se acaba de mencionar, dicha correlación podría estar relacionada con la estructura del queso, que estaría influida principalmente por los fenómenos de proteolisis. Estos fenómenos podrían explicar también la correlación de signo positivo existente entre la luminosidad y los aldehídos, de manera que los quesos en los que la proteolisis fue más intensa se observaron mayores valores de luminosidad, por lo tanto colores más claros, lo que podría obedecer a una estructura del queso más

abierta; y por otra parte, mayores concentraciones de aldehídos, ya que estos compuestos volátiles se sintetizan a partir de aminoácidos formados como resultado de dicho fenómeno.

Los fenómenos enzimáticos podrían explicar las correlaciones observadas entre el resto de los compuestos volátiles, como la existente entre las cetonas y los AGPI, de signo negativo, que podría estar especialmente influida por los RCS, ya que los enzimas asociados a las células somáticas provocarían por una parte una mayor formación de cetonas a partir de AGL y por otra parte una disminución de AGPI, como consecuencia de la oxidación llevada a cabo por la catalasa. Este fenómeno junto con la proteólisis podría explicar también la correlación positiva observada entre alcoholes y ésteres, ya que ambos compuestos se forman a partir de ácidos grasos libres y aminoácidos. De hecho, esta correlación fue una de las más altas que se encontraron, lo que podría deberse a que los ésteres se forman a partir de los alcoholes.

Con respecto a los ácidos grasos, se observaron correlaciones negativas de los AGSC con AGMI y con AGSL. Este resultado era previsible, ya que los ácidos grasos se calcularon de forma relativa, de modo que lo que cabe destacar es el hecho de que los AGPI no se correlacionaran de forma significativa con ninguno de los otros grupos de ácidos grasos.

Por otra parte, se observó una correlación negativa entre grasa y AGSC, que ya se ha comentado, y otra entre proteínas y AGMI, lo que indicaría que los quesos más grasos presentaron las menores concentraciones de AGSC, y los más proteicos los menores valores de AGMI. Finalmente la correlación positiva entre ES y AGSL, indica que los quesos con más ES presentaron los mayores valores de estos ácidos grasos.

Entre los atributos sensoriales, que solamente se determinaron en el año 2 (Tabla 45) se encontraron numerosas correlaciones significativas, especialmente entre los relacionados con el flavor. Así, la intensidad de olor se correlacionó de forma positiva con la intensidad de sabor y con el sabor rancio, mientras que la sensación picante se correlacionó también de forma positiva con intensidad de sabor, sabor ácido y sabor rancio. Estas correlaciones se pueden explicar por la influencia de los fenómenos de proteólisis y lipólisis, a partir de los cuales se forman compuestos que intervienen en el

flavor, como compuestos volátiles, ácidos grasos libres, péptidos y aminoácidos. Estos dos fenómenos podrían explicar también la correlación de signo negativo entre la homogeneidad de color y la intensidad de sabor, ya que una proteólisis más intensa se asociaría con una estructura del queso más abierta, lo que parece estar relacionado con un color más homogéneo.

La influencia de la proteólisis sobre la estructura del queso explicaría además las correlaciones observadas para los atributos sensoriales relacionados con la textura, es decir dureza y granulosidad. Estos dos parámetros se correlacionaron entre sí de forma positiva y ambos se correlacionaron, también de forma positiva, con el color, lo que confirma las correlaciones observadas entre a^* y fuerza de corte, así como la relación entre la estructura y el color del queso.

La dureza se correlacionó de forma inversa con el olor ácido y de forma directa con la intensidad de olor. Como ya se ha mencionado anteriormente, la proteólisis provoca una degradación de las proteínas y, como consecuencia de ello, un debilitamiento la estructura del queso, por lo que en principio debería disminuir la dureza. Otra consecuencia de la proteólisis es la formación de compuestos neutros y alcalinos, como grupos carboxilo y amino, y también la formación de aminoácidos libres a partir de los cuales se sintetizan muchos de los compuestos volátiles presentes en el queso. En definitiva, la proteólisis debería provocar una disminución de la dureza y de la intensidad de olor ácido y un aumento de la intensidad de olor, por lo que las correlaciones anteriores deberían ser de signo opuesto al observado. Sin embargo, la proteólisis, al igual que el resto de las reacciones que tienen lugar en el queso a lo largo de la maduración, no son fenómenos aislados, por lo que hay que tener en cuenta que otros factores como la lipólisis, el contenido de sólidos totales, la concentración de compuestos volátiles y ácidos grasos quizá influyeron de manera más notable sobre estas correlaciones. Esto se puede aplicar también a la correlación positiva existente entre granulosidad y sabor rancio, donde el primer parámetro está influido principalmente por la proteólisis, favorecida por el elevado valor de RCS, la composición cuantitativa y cualitativa de la grasa y el contenido de humedad, mientras que el segundo parámetro depende principalmente de la concentración de AGSC, y por tanto de la lipólisis, que también se ve favorecida por los elevados RCS.

Por otra parte, todos los atributos sensoriales, excepto la granulosis se correlacionaron además con el resto de los grupos de parámetros estudiados (físico-químicos, compuestos volátiles y ácidos grasos). En primer lugar, entre los parámetros físico-químicos se observó una correlación negativa entre el pH y el sabor ácido, lo que estaría relacionado directamente con la cantidad de ácidos presentes en el queso y en último término con los fenómenos de proteolisis y sobre todo de lipólisis, de modo que los quesos con mayor concentración ácidos grasos libres presentarían un sabor más ácido y un menor pH. El pH se correlacionó también de forma directa con la dureza, correlación que debería tener signo negativo al igual que en el caso de la fuerza de corte, ya que como se acaba de mencionar, la proteolisis provocaría un aumento del pH y una disminución tanto de la fuerza de corte como de la dureza. Esto demuestra que los resultados obtenidos en el análisis sensorial no siempre coinciden con los resultados instrumentales, lo que se confirma al observar que la correlación entre la dureza y la fuerza de corte no fue significativa.

El ES se correlacionó de forma positiva tanto con el olor ácido como con el sabor ácido, lo que podría estar relacionado con la lipólisis y con la concentración de grasa, con la que el ES se correlacionó de forma directa.

Las cenizas se correlacionaron de forma directa con el color y con la dureza, y de forma inversa con la homogeneidad de color. Estas correlaciones podrían deberse a la influencia del RCS, que causa un aumento de la concentración de algunos minerales en la leche de partida y, por otra parte, provoca fenómenos de lipólisis y proteolisis más intensos, ambos estrechamente relacionados con el color y la dureza del queso. Los fenómenos enzimáticos que tienen lugar durante la maduración se asocian con cambios en el equilibrio de los minerales en el queso. Más concretamente, los fenómenos de proteolisis en quesos con mohos superficiales se asocian con una migración de calcio y fósforo que afecta a la textura (Karahadian y Lindsay, 1987; Guinee y McSweeney, 2006).

El índice de acidez de la grasa, parámetro cuyo valor aumenta con la lipólisis, se correlacionó de forma directa con intensidad de olor, intensidad de sabor y sensación picante, atributos que fueron también más intensos debido a este fenómeno. A tenor de los resultados observados en la determinación del índice de acidez de la grasa (Apartado

IV.6.4.) y en el análisis sensorial (Apartado IV.11.), estas correlaciones se vieron influidas especialmente por el RCS. Este factor podría explicar también la correlación negativa entre la grasa y la intensidad de olor, ya que las muestras con mayores RCS presentaron en general una menor concentración de grasa y un olor más intenso.

Por otra parte, las proteínas se correlacionaron de forma directa con intensidad de olor, intensidad de sabor, sabor ácido, sabor rancio y sensación picante, lo que estaría relacionado directamente con la proteólisis y la formación de compuestos volátiles.

Los parámetros del color L, a* y b* se correlacionaron con algunos de los atributos de flavor, lo que se debió probablemente a los fenómenos de proteólisis y lipólisis. Así, la luminosidad se correlacionó de forma directa con intensidad de sabor y sabor ácido, el parámetro a* se correlacionó también de forma directa con el olor ácido, mientras que b* se correlacionó de forma inversa con la intensidad de sabor.

Tabla 44. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 1. Se muestran solamente las correlaciones con $P \leq 0,05$.

	pH	ES	aw	Ceniz	Ac gr	Grasa	Prots	L	a*	b*	F. cor	Aldh	Cet	Alc	Ést	AGMI	AGPI	AGSC	AGSL
pH	1																		
ES	-0,408	1																	
aw	0,593	-0,755	1																
Ceniz	-0,528	0,642	-0,839	1															
Ac g				0,352	1														
Grasa	-0,500	0,437	-0,674	0,582		1													
Prots						-0,755	1												
L		0,593	-0,427	0,416				1											
a*	-0,463		-0,398						1										
b*	-0,610	0,442	-0,760	0,625		0,708	-0,477		0,389	1									
F cor	-0,578	0,742	-0,822	0,666		0,747		0,376		0,619	1								
Aldh									-0,406			1							
Cet		0,432											1						
Alc									-0,451					1					
Est								-0,332						0,651	1				
AGMI			-0,390		0,344	0,686	-0,503			0,525	0,390		0,418			1			
AGPI					-0,513							0,328	-0,446			-0,616	1		
AGSC	0,521	-0,573	0,450			-0,526				-0,377	-0,571		-0,694			-0,576		1	
AGSL		0,400					0,375					-0,364	0,618					-0,650	1

Nivel de significación: $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$

Abreviaturas:

- Parámetros físico-químicos: pH; ES, extracto seco; aw, actividad de agua; Ceniz, cenizas; Ac gr, índice de acidez de la grasa; Grasa; Prots, proteínas; L; a*; b*; F. cor, fuerza de corte
- Compuestos volátiles: Aldh, aldehídos; Cet, cetonas; Alc, alcoholes; Est, ésteres
- Ácidos grasos: AGMI, monoinsaturados; AGPI, poliinsaturados; AGSC, saturados de cadena corta (C4-C12); AGSL, saturados de cadena media y larga.

Tabla 45. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 2. Se muestran solamente las correlaciones con $P \leq 0,05$.

	pH	ES	aw	Ceniz	Ac gr	Grasa	Prots	L	a*	b*	F.C.	Aldh	Cetn	Alcoh	Ester	AGMI	AGPI	AGSC	AGSL	Homg	Color	Int ol	Ol ác	Int. sab	Sb ác	Sb ran	Picant	Untuos	Dureza	Gran.
pH	1																													
ES	-0,555	1																												
aw	0,454	-0,813	1																											
Ceniz				1																										
Ac gr					1																									
Grasa	-0,506	0,775	-0,515	-0,385	-0,481	1																								
Prots					0,442	-0,573	1																							
L	-0,392	0,594	-0,499				0,407	1																						
a*		0,399	-0,503	0,431					1																					
b*								-0,389	0,379	1																				
F.C.	-0,370	0,359	-0,384			0,511	-0,459		0,394		1																			
Aldh								0,373				1																		
Cetn									-0,381			0,401	1																	
Alcoh	-0,567					0,408				-0,415		0,465		1																
Ester	-0,657	0,552	-0,356	-0,358		0,599		0,455						0,928	1															
AGMI		-0,373	0,552				-0,470	-0,585	-0,425							1														
AGPI	-0,414	0,554	-0,418			0,630	0,627		0,468		0,664		-0,417		0,447		1													
AGSC				0,610	0,490	-0,592									-0,359	-0,471		1												
AGSL		0,378		-0,557				0,612								-0,427	-0,453		1											
Homg				-0,403					-0,426								0,393	-0,534		1										
Color				0,450					0,494					-0,541	-0,583						1									
Int ol				0,446	0,391	-0,571	0,520							-0,361	-0,382	-0,457						1								
Ol ác		0,381							0,447				-0,521										1							
Int. sabor					0,362		0,545	0,485		-0,431						-0,482		0,422		-0,367		0,613		1						
Sb ác	-0,469	0,549	-0,489				0,497	0,486						0,383	0,490										1					
Sb ran							0,514															0,386				1				
Picant					0,522		0,464																	0,395	0,351	0,753	1			
Untuos.																	-0,356										1			
Dureza	0,454			0,507										-0,442	-0,500	-0,433		0,540			0,585	0,360	-0,350					1		
Gran.																					0,360				0,380				0,520	1

Nivel de significación: $P \leq 0,0500$; $P \leq 0,0100$; $P \leq 0,0010$.

Abreviaturas:

- Parámetros físico-químicos: pH; ES, extracto seco; aw, actividad de agua; Ceniz, cenizas; Ac gr, índice de acidez de la grasa; grasa; Prot, proteínas; L; a*; b*; F.C., fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: Aldh, aldehídos; Cetn, cetonas; Alcoh., alcoholes; Ester, ésteres.
- Ácidos grasos: AGMI, monoinsaturados; AGPI, poliinsaturados; AGSC, saturados de cadena corta (C4-12); AGSL, saturados de cadena media y larga.
- Atributos sensoriales: Homg, homogeneidad de color; color; Int ol, intensidad de olor; Ol ác, olor ácido; Dureza, dureza; Gran, granulosidad; Int. sab, intensidad de sabor; Sb ác, sabor ácido; Sb ran, sabor rancio; Picant, picante; Untuos., untuosidad

Con respecto al color, las únicas correlaciones significativas entre los datos instrumentales y los datos sensoriales fueron las del parámetro a^* con la homogeneidad de color (de signo negativo) y con el color (de signo positivo). Esto confirmaría que el parámetro a^* fue el que tuvo más importancia sobre el color de los quesos, como ya se apuntó en el Apartado IV.7.4.

En cuanto a los compuestos volátiles, se observó una correlación de signo negativo entre las cetonas y el olor ácido, algo que probablemente se debió a que las cetonas se forman a partir de ácidos grasos libres, principales responsables del olor ácido. Sin embargo, otros compuestos que se forman a partir de AGL, como son alcoholes y ésteres, se correlacionaron de forma directa con el sabor ácido, lo podría explicarse por el hecho de que ambos se sintetizan además a partir de aminoácidos libres. Por lo tanto dichas correlaciones se deberían tanto a los fenómenos de lipólisis, que provocan la formación de AGL, como a los de proteólisis, que provocan la formación de aminoácidos libres. Además, la proteólisis sería la principal responsable de las correlaciones negativas de estos dos compuestos con el color y la dureza.

En lo que respecta a los ácidos grasos, los AGSC se correlacionaron de forma directa y muy significativa con numerosos atributos sensoriales, especialmente con aquellos relacionados con el flavor como intensidad de olor, intensidad de sabor, sabor rancio y sensación picante. Estas correlaciones, que ya fueron observadas previamente por otros autores como Jaeggi et al. (2003), confirman los resultados obtenidos tras el análisis sensorial (Apartado IV.11.), de manera que en general los quesos que sufrieron fenómenos de lipólisis más intensos, que fueron debidos a un mayor RCS, presentaron mayores concentraciones de AGSC y un flavor más intenso.

Los AGPI se correlacionaron de forma inversa con la untuosidad lo que se debió probablemente a que estos ácidos grasos tienen menor temperatura de fusión que los saturados. Debido a ello, en principio los ácidos grasos saturados deberían ser los principales responsables de la untuosidad, aunque no se observaron correlaciones estadísticamente significativas entre dicho atributo y AGSC o AGSL.

12.1.2. Mes 12

En la Tabla 46 y en la Tabla 47 se muestran las correlaciones estadísticamente significativas para los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes a los años 1 y 2 respectivamente.

En el mes 12 se mantuvo la correlación de signo negativo entre el pH y la fuerza de corte que se había encontrado en el mes 6. Este fenómeno podría explicar también la correlación de signo positivo existente entre pH y aldehídos, ya que la proteólisis provoca la degradación de proteínas con la consiguiente formación de compuestos neutros y alcalinos a partir de los cuales se forman estos compuestos volátiles.

La correlación de signo negativo entre el pH y el parámetro b^* , podría obedecer a los fenómenos de proteólisis y lipólisis. Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, el color está relacionado con estos dos fenómenos, con el contenido en sólidos totales y en definitiva con la estructura del queso, como confirman las correlaciones de b^* con ES (de signo positivo) y con a_w (de signo negativo). Por otra parte, la evolución a lo largo de la maduración tanto del color como de a_w queda reflejada en el hecho de que en el mes 6 la a_w se correlacionó de forma inversa con a^* , mientras que en el mes 12 a_w se correlacionó de forma inversa con b^* .

A pesar de estos y otros cambios sufridos por el queso durante la maduración, la correlación de signo positivo entre el ES y la grasa que ya se encontró en el mes 6, se mantuvo en el mes 12. Algo lógico por otra parte, ya que dicha correlación se debió a que la grasa fue el principal componente del ES a lo largo de todo el proceso de maduración.

Por otra parte, la correlación existente entre la a_w y las cenizas (de signo negativo) confirma lo que ya se apuntaba en el Apartado IV.6.7., es decir, que la a_w depende de la concentración de minerales.

Con respecto a las cenizas, éstas se correlacionaron además con la fuerza de corte, en este caso de forma directa. Ambos parámetros se relacionan con la estructura del queso, de modo que esta correlación podría deberse a la proteólisis, como se ha explicado

anteriormente. Este fenómeno podría explicar también la correlación de signo negativo observada entre las cenizas y las cetonas.

La correlación inversa existente entre índice de acidez de la grasa y AGPI se debe a los fenómenos de lipólisis y, teniendo en cuenta los resultados obtenidos tras sus respectivos análisis (Apartado IV.6.4. y Apartado IV.9.2.2.), se vio influida especialmente por los RCS. Dichos fenómenos conducen a la formación de ácidos grasos libres, con el consiguiente aumento del índice de acidez, y a la degradación de los AGPI, que es el grupo más susceptible de sufrir transformaciones por el hecho de tener enlaces dobles.

La grasa se correlacionó de forma negativa y muy significativa con las proteínas, algo que ya se observó entre los quesos de 6 meses de maduración y que podría deberse a la influencia de los RCS. Por otra parte, en el mes 12 se mantuvo la correlación de signo negativo entre grasa y AGSC que ya se observó en el mes 6 y que podría deberse también a la influencia de los RCS. Este factor podría explicar además la correlación directa entre proteínas y AGSC, que podría deberse a la correlación negativa entre grasa y proteínas determinada por los RCS.

En cuanto al color, se observaron correlaciones significativas entre los tres parámetros. Por una parte, se mantuvo la correlación positiva a^* y b^* que ya se observó en el mes 6, mientras que por otra parte se observaron correlaciones negativas entre estos dos parámetros y la luminosidad. Esto significa que los quesos con tonos más cercanos al amarillo presentaron tonos más cercanos al rojo y una menor luminosidad, lo que en principio se traduciría en un color más oscuro. Como se ha mencionado en numerosas ocasiones, estas correlaciones podrían estar relacionadas con la estructura del queso y su relación con el contenido en sólidos totales y con los fenómenos de proteólisis y lipólisis; más incluso que en el mes 6, ya que en este caso las correlaciones fueron significativas entre los tres parámetros del color, lo que podría deberse a que dichos fenómenos estaban en el mes 12 en una fase más avanzada.

Tanto a^* como b^* se correlacionaron además con la fuerza de corte, lo que de nuevo podría estar relacionado con la estructura del queso. Ambas correlaciones fueron positivas, lo que significaría que las muestras con una estructura más cerrada

presentarían una mayor fuerza de corte y un color más intenso, con tonos más cercanos al amarillo y al rojo (anaranjados), y viceversa. Por otra parte, el parámetro a^* se correlacionó de forma negativa con los AGSC, lo que podría estar relacionado con los RCS y su influencia sobre los fenómenos enzimáticos.

En el mes 12 se mantuvo la correlación positiva entre alcoholes y ésteres que ya se había observado en el mes 6. Sin embargo, en esta fase de la maduración se observó una correlación positiva entre los alcoholes y los AGPI, a diferencia del mes 6 donde la correlación se dio entre cetonas y AGPI. Esto mostraría la evolución de los compuestos a lo largo de la maduración, ya que a partir de los ácidos grasos libres se forman las cetonas y a partir de ellas se forman los alcoholes. Tanto alcoholes como cetonas se correlacionaron en el mes 12 con la fuerza de corte, presentando coeficientes de signo negativo, algo que podría deberse de nuevo a los fenómenos de proteólisis y lipólisis, que favorecen la formación de alcoholes y cetonas, y una menor dureza del queso.

Otras correlaciones observadas en el mes 12 que ya se dieron en el mes 6 fueron las existentes entre los grupos de ácidos grasos. De nuevo todos los grupos se correlacionaron entre sí de forma negativa, a excepción de AGPI que no se correlacionó con ninguno de ellos.

A continuación se comentarán las correlaciones correspondientes a los atributos sensoriales, que como ya se ha mencionado, se refieren únicamente a los datos recogidos en el año 2 (Tabla 47).

Como se puede apreciar, en el mes 12 las correlaciones entre los atributos relacionados con el flavor fueron mucho más numerosas que en el mes 6, no sólo porque en el mes 12 el número de atributos analizado fue mayor, sino también porque en esta fase los compuestos formados a partir de los fenómenos de lipólisis y proteólisis estaban en mayor número y cantidad debido a que se fueron acumulando a lo largo de la maduración, especialmente en las etapas finales. Así, se observaron numerosas correlaciones significativas entre los atributos relacionados con el flavor, que presentaron en todos los casos coeficientes de signo positivo. Esto confirma los resultados encontrados tras el análisis sensorial (Apartado IV.11.), de modo que entre los quesos estudiados existieron algunos que se podrían denominar “de aroma fuerte” o

“fuertes” que presentaron elevados valores de todos estos atributos. Todas estas correlaciones, que se debieron principalmente a la composición cuantitativa y cualitativa de muchos de los compuestos formados como consecuencia de la proteólisis y de la lipólisis, como compuestos volátiles, AGSC, péptidos y aminoácidos, fueron las siguientes: en primer lugar, la intensidad de olor se correlacionó con la intensidad de sabor, con la duración de sabor y con la sensación retronasal; el olor ácido con el sabor ácido; el olor rancio con la intensidad de sabor, el sabor ácido, el picante y la sensación retronasal; la intensidad de sabor con el sabor rancio y con el picante; el sabor rancio con el picante y la sensación retronasal; el picante con la duración del sabor y con la sensación retronasal; la duración del sabor con la sensación retronasal. Como ya se vio en el Apartado IV.11., todas estas correlaciones estuvieron influidas además por el RCS.

La homogeneidad de color y el color se correlacionaron de forma inversa, algo que ya se comentó con anterioridad (Apartado IV.11.1.). Además, la homogeneidad de color se correlacionó, también de forma inversa con la dureza, lo que podría deberse al efecto de la proteólisis. Este fenómeno podría explicar también la correlación positiva y muy alta entre el color y la dureza, ya que ambos están relacionados con la estructura del queso. Esta correlación confirma además las encontradas entre la fuerza de corte y los parámetros L, a* y b*, de manera que los quesos más duros presentaron un color más intenso, algo que ya se observó en el mes 6. Por otra parte, el color se correlacionó además con el olor y el sabor ácido, presentando coeficientes de signo negativo. Esto podría deberse a que las muestras de color menos intenso, que en muchos casos fueron las que sufrieron una proteólisis más intensa, sufrieron también una lipólisis intensa, que se asocia a una mayor intensidad de olor y sabor ácido.

Con respecto a los atributos sensoriales relacionados con la textura, curiosamente sólo se encontró una correlación significativa entre ellos: la existente entre untuosidad y fracturabilidad, de signo positivo y que se debió probablemente a la influencia del RCS y en definitiva a los fenómenos de proteólisis y lipólisis. Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, elevados RCS provocan una proteólisis más intensa y como consecuencia de ello la estructura del queso es más débil y fracturable. En quesos de elevados RCS también tiene lugar una lipólisis más intensa, y como consecuencia de ello, la proporción de AGSC aumenta mientras que la de AGPI disminuye (Apartado

IV.9.2.). Los AGSC tienen una temperatura de fusión elevada con respecto a la de la boca, mientras que los AGPI tienen una temperatura de fusión más baja; lo que provoca un aumento de la sensación grasa o untuosidad en la boca.

Por otra parte, se observaron numerosas correlaciones entre los atributos de textura (principalmente dureza y fracturabilidad) y los atributos relacionados con el flavor. La dureza se correlacionó de forma positiva con intensidad de olor, olor rancio, sabor rancio y sensación picante, mientras que la fracturabilidad se correlacionó, también de forma positiva, con intensidad de olor, duración del sabor y sensación retronasal. Finalmente se observó una correlación también positiva entre la granulosidad y la sensación picante. Todas estas correlaciones seguramente debieron en gran medida al efecto de la lipólisis y de la proteólisis. Ambos fenómenos suelen estar relacionados, de modo que cuando uno es intenso el otro también lo es, y más en este caso debido a la influencia del RCS. Así, por una parte, la proteólisis provoca una mayor debilidad de la estructura de la matriz proteica y por lo tanto una mayor fracturabilidad y granulosidad del queso. Por otra parte, la proteólisis y la lipólisis provocan la formación de aminoácidos libres y AGL, respectivamente, a partir de los cuales se forman otros compuestos volátiles también responsables del flavor.

Al igual que en el mes 6, en esta etapa de maduración se observaron numerosas correlaciones entre los atributos sensoriales y el resto de los parámetros estudiados (físico-químicos, compuestos volátiles y ácidos grasos).

A este respecto, el mayor número de correlaciones se dio entre los atributos sensoriales y los parámetros físico-químicos. Así, el pH se correlacionó de forma negativa con la dureza, algo que seguramente se debió al efecto de la proteólisis y que confirma la correlación existente entre el pH y la fuerza de corte tanto en el mes 6 como en el mes 12. El pH se correlacionó también de forma negativa con el color, lo que de nuevo confirma otra correlación observada con anterioridad, en este caso la existente entre el pH y el parámetro b^* . Finalmente el pH se correlacionó de forma negativa con el olor rancio, lo que podría deberse a la concentración de ácidos grasos libres saturados de cadena corta en el queso, de modo que una mayor concentración provocaría una disminución del pH y una mayor intensidad del olor rancio.

Tabla 46. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 1. Se muestran solamente las correlaciones con $P \leq 0,05$.

	pH	ES	aw	Ceniz	Ac gr	Grasa	Prots	L	a*	b*	F. cor	Aldh	Cet	Alc	Est	AGMI	AGPI	AGSC	AGSL
pH	1																		
ES	-0,565	1																	
aw	0,353		1																
Ceniz			-0,814	1															
Ac g					1														
Grasa	-0,479	0,458				1													
Prots						-0,675	1												
L		0,482					0,243	1											
a*						0,456	-0,500	-0,138	1										
b*	-0,436	0,436	-0,651	0,391		0,590	-0,386		0,427	1									
F cor	-0,445	0,545	-0,777	0,581		0,363		0,218	0,218	0,609	1								
Aldh	0,587	-0,416	0,432			-0,518	0,257		-0,492	-0,501	-0,358	1							
Cet				-0,354			0,254	-0,363	0,150		-0,187		1						
Alc			0,498			-0,596	0,744		-0,658	-0,353	-0,248	0,377		1					
Est	0,476						0,222		-0,236	-0,245		0,428		0,474	1				
AGMI	-0,401	0,374				0,752	-0,491			0,573	0,381	-0,149		-0,298	-0,192	1			
AGPI					-0,421	-0,481	0,418		-0,284	-0,232	-0,306	-0,135	-0,237	0,470		-0,682	1		
AGSC		-0,527				-0,638	0,306		-0,174	-0,661	-0,648	0,473	0,270		0,160	-0,644	0,274	1	
AGSL								0,172	0,354	0,300	0,599	-0,364	-0,232				-0,149	-0,686	1

Nivel de significación: $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$

Abreviaturas:

- Parámetros físico-químicos: pH; ES, extracto seco; aw, actividad de agua; Ceniz, cenizas; Ac gr, índice de acidez de la grasa; Grasa; Prots, proteínas; L; a*; b*; F. cor, fuerza de corte
- Compuestos volátiles: Aldh, aldehídos; Cet, cetonas; Alc, alcoholes; Est, ésteres
- Ácidos grasos: AGMI, monoinsaturados; AGPI, poliinsaturados; AGSC, saturados de cadena corta (C4-C12); AGSL, saturados de cadena media y larga.

Tabla 47. Matriz de correlación de los datos correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración del año 2. Solamente se muestran las correlaciones con $P \leq 0,05$.

	pH	ES	aw	Ceniz	Ac gr.	Grasa	Prot	L	a*	b*	F.C.	Aldh	Cetn.	Alcoh	Éster	AGMI	AGPI	AGSC	AGSL	Homg	Color	Int ol	OI ác	OI ran	Int sab	Sb ác	Sb ran	Picant	Durac	Retr	Untuo	Durza	Gran	Fract			
pH	1																																				
ES		1																																			
aw		-0,408	1																																		
Ceniz			-0,670	1																																	
Ac gr			-0,425		1																																
Grasa			0,607		-0,690	1																															
Prot			-0,505	0,558	0,511	-0,808	1																														
L	0,480			-0,363				1																													
a*	-0,447			-0,519	0,592			-0,745	1																												
b*	-0,686	0,517	-0,528					-0,413	0,636	1																											
F.C.	-0,502			0,582				-0,685	0,767	0,351	1																										
Aldh	0,412											1																									
Cetn				-0,582	-0,482	0,472			-0,425		-0,443		1																								
Alcoh		0,353		-0,384		0,456			-0,381		-0,372		0,778	1																							
Éster												-0,352		0,602	0,848	1																					
AGMI			0,522													1																					
AGPI		0,637			-0,478	0,570	-0,359							0,491	0,414		1																				
AGSC			-0,521	0,679	0,500	-0,593	0,423		-0,394				-0,515	-0,358				1																			
AGSL				-0,521				0,666				-0,581	0,366					-0,422	1																		
Homg								0,670	-0,616		-0,505	0,452	0,419								1																
Color	-0,392			0,428				-0,552	0,651		0,634		-0,409	-0,484								-0,612	1														
Int ol							0,450																1														
OI ác							-0,352				-0,418	0,479	0,632	0,444	-0,379			-0,351				-0,471		1													
OI ran	-0,459			0,386		-0,450	0,587								-0,374			0,352							1												
Int sab						-0,369	0,445															0,350		0,491	1												
Sb ác							-0,417															-0,354	0,350	0,523		1											
Sb ran		-0,485		0,582		-0,765	0,598					-0,434	-0,506	-0,476		-0,492	0,616							0,490		1											
Picant				0,427		-0,414	0,474										0,430							0,421	0,492		0,492	1									
Durac			-0,416	0,552	0,437	-0,583	0,472									-0,355	0,491					0,424			0,421	0,492		0,492	1								
Retr				0,426		-0,540	0,453										0,500					0,383		0,429		0,441	0,653	0,811	1								
Untuo							0,437	-0,380	-0,423	-0,379								0,441					0,400				0,441				1						
Durza	-0,383		-0,399	0,545			0,416	-0,520	0,672		0,728										-0,388	0,621	0,357		0,428		0,444	0,502				1					
Gran																											0,424								1		
Fract			-0,456		0,360		0,428	0,597						0,354		-0,490			0,515				0,585							0,556	0,434	0,378			1		

Nivel de significación: $P \leq 0,0500$; $P \leq 0,0100$; $P \leq 0,0010$.

Abreviaturas:

- Parámetros físico-químicos: pH; ES, extracto seco; aw, actividad de agua; Ceniz, cenizas; Ac gr, índice de acidez de la grasa; grasa; Prot, proteínas; L; a*; b*; F.C., fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: Aldh, aldehídos; Cetn, cetonas; Alcoh., alcoholes; Ester, ésteres.
- Ácidos grasos: AGMI, monoinsaturados; AGPI, poliinsaturados; AGSC, saturados de cadena corta (C4-12); AGSL, saturados de cadena media y larga.
- Atributos sensoriales: Homg, homogeneidad de color; color; Int ol, intensidad de olor; OI ác, olor ácido; OI ran, olor rancio; Int sab, intensidad de sabor; Sb ác, sabor ácido; Sb ran, sabor rancio; Picant, picante; Durac, duración del sabor; Retr, sensación retronasal; Untuo., untuosidad; Durza, dureza; Gran, granulosis; Fract, fracturabilidad.

La a_w se correlacionó de forma negativa con la dureza y con la fracturabilidad, lo que podría deberse a la pérdida de humedad sufrida a lo largo de la maduración, de modo que los quesos con menor contenido de agua tendrían una estructura más dura y a la vez más frágil, es decir, aumentarían su dureza y su fracturabilidad. Esto confirma la correlación existente entre la a_w y la fuerza de corte que se observó en el mes 6, aunque por otra parte no se observaron correlaciones significativas entre ES y los parámetros sensoriales de textura.

Se encontraron otras dos correlaciones significativas relacionadas con la a_w , que mostraron que los quesos con menor a_w fueron los más picantes y los que presentaron una mayor duración del sabor, algo que podría deberse a una actividad proteolítica y lipolítica más intensa.

Las cenizas se correlacionaron con un buen número de atributos sensoriales, presentando en todos los casos coeficientes positivos. Las observadas con el color y la dureza probablemente se debieron a la proteólisis y la pérdida de humedad, fenómenos que afectan notablemente a la estructura del queso. Las correlaciones observadas con olor rancio, sabor rancio, sensación picante, duración del sabor y sensación retronasal, probablemente estuvieron relacionadas con la proteólisis y sobre todo con la lipólisis y la influencia de los RCS.

La lipólisis y la influencia de los RCS explicarían también la correlación de signo positivo existente entre el índice de acidez de la grasa y la duración del sabor, ambos asociados a la composición de AGL de cadena corta. El índice de acidez de grasa se correlacionó de forma positiva con la fracturabilidad, lo que significa que los quesos que sufrieron un mayor grado de lipólisis presentaron una estructura más fracturable. Esto mostraría que la fracturabilidad está relacionada con la lipólisis, algo que ya se apuntó al comentar las correlaciones de este atributo con los atributos de flavor y que fue señalado por Guinee y McSweeney (2006).

Las numerosas correlaciones negativas observadas entre la grasa y muchos de los atributos relacionados con el flavor, como olor rancio, intensidad de sabor, sabor rancio, sensación picante, duración del sabor y sensación retronasal, se debieron probablemente a la influencia de los RCS, ya que como se vio en apartados anteriores, al aumentar los

RCS disminuyó la concentración de grasa y aumentó la intensidad del flavor (Apartado IV.6.3. y Apartado IV.11.). Esto explicaría además la correlación negativa entre el ES y el sabor rancio, dado que ES y grasa se correlacionaron de forma directa.

El parámetro físico-químico que presentó el mayor número de correlaciones significativas con los atributos sensoriales fue la proteína total. Se correlacionó de forma positiva con todos los atributos de flavor excepto con olor ácido y sabor ácido, con los que se correlacionó de forma negativa. También se observaron correlaciones positivas entre las proteínas y dos de los atributos de textura: dureza y fracturabilidad. Todas estas correlaciones se debieron seguramente al efecto de la proteólisis, fenómeno asociado a la lipólisis, de modo que ambos probablemente fueron influidos por el RCS.

Con respecto al color, tanto L^* como a^* se correlacionaron con color y homogeneidad de color. Los coeficientes indicaron que los quesos de color más intenso presentaron menores valores de luminosidad y mayores valores de a^* , es decir tonos más rojos, mientras que para la homogeneidad de color ocurrió lo contrario. Estos resultados confirman los que se encontraron en el mes 6 y además indican que los datos obtenidos por los jueces en el análisis sensorial fueron similares a los que se obtuvieron mediante el análisis instrumental del color. Las correlaciones entre la evaluación sensorial del color y los parámetros L , a^* , b^* fueron encontradas previamente por otros autores en queso Cheddar y en queso Suizo (Riha y Wendorff, 1993) y también en otros alimentos (Hoke y Davis, 1970; Setser, 1984; Tyszkiewicz y Panasik, 1985; Stevenson et al., 1989).

La relación de la estructura del queso con el color y la textura, que ya se vio confirmada por las correlaciones entre algunos de los parámetros físico-químicos, como por ejemplo las de L^* , a^* y b^* con la fuerza de corte, se observó también entre algunos de los atributos sensoriales y los parámetros físico-químicos. Así, la untuosidad se correlacionó con L^* , a^* y b^* , mientras que la dureza se correlacionó con L^* y a^* , y finalmente la fracturabilidad se correlacionó con L^* . Por otra parte, la fuerza de corte se correlacionó con el color y la homogeneidad de color. En definitiva, estas correlaciones mostraron que los quesos más duros presentaron un color más intenso, algo que confirma los resultados obtenidos de forma instrumental y de nuevo indica que los datos obtenidos por los jueces en el análisis sensorial fueron similares a los obtenidos de

forma instrumental. Otra correlación que confirma esto fue la observada entre la fuerza de corte y la dureza, que además presentó uno de los coeficientes más altos.

Por otra parte, se observaron correlaciones entre alguno de los atributos sensoriales y tres de los cuatro grupos de compuestos volátiles, ya que los aldehídos no se correlacionaron con ninguno de ellos. Así, las correlaciones más importantes fueron las que relacionaron cetonas, alcoholes y ésteres con olor ácido (de forma directa) y con el sabor rancio (de forma inversa), y también la que relacionó ésteres con olor rancio (también de forma inversa). Muchos de los compuestos volátiles estudiados suavizan el aroma del queso cuando se encuentran en las concentraciones adecuadas (Curioni y Bosset, 2002), lo que explicaría las correlaciones negativas entre dichos compuestos y sabor y olor rancio.

Finalmente, los ácidos grasos también se correlacionaron de forma significativa con muchos de los atributos sensoriales, especialmente el grupo de AGSC, que se correlacionó de forma positiva con olor rancio, sabor rancio, sensación picante, sensación retronasal y duración del sabor, y de forma negativa con olor ácido. Esto confirma los resultados obtenidos anteriormente (Apartado IV.6.4. y Apartado IV.11.) y los encontrados por otros autores, quienes asociaron los AGSC con sabores y aromas intensos y rancios y en definitiva con quesos “fuertes”, algo que en este caso se vio además influido por el RCS. Otra correlación influida por este factor fue la observada entre AGPI y sabor rancio, de signo negativo, ya que los quesos con elevados RCS presentaron menores concentraciones de AGPI y un sabor más rancio.

12.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Como se mencionó al comienzo de este apartado, el análisis de componentes principales, al igual que la matriz de correlación, se realizó tanto para las muestras de 6 como para las de 12 meses de maduración, de modo que en cada uno de estos puntos se llevó a cabo un análisis para cada uno de los años estudiados. Así, en el año 1 se incluyeron los parámetros físico-químicos, compuestos volátiles y ácidos grasos, mientras que en el año 2 se incluyeron además los atributos sensoriales.

12.2.1. Mes 6

En el año 1, se obtuvieron 6 componentes principales con un autovalor superior a 1, explicando en conjunto el 85,84% de la variabilidad de las muestras (Tabla 48).

Tabla 48. Componentes principales correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 1. Se muestran solamente las componentes con un autovalor mayor a 1.

Componente	Autovalor	Porcentaje de la varianza	Porcentaje acumulado
1	6,33	33,30	33,30
2	2,59	13,64	46,94
3	2,34	12,32	59,26
4	1,98	10,42	69,68
5	1,70	8,97	78,65
6	1,37	7,19	85,84

La Tabla 49 muestra los coeficientes correspondientes a las variables estudiadas para cada uno de los seis primeros componentes.

En el componente 1, que explicó el 33,30% de la variabilidad de las muestras, los parámetros que tuvieron un mayor peso fueron ES, cenizas, grasa, b^* y fuerza de corte, que presentaron coeficientes negativos, y a_w , con coeficiente positivo.

En el componente 2, que explicó el 13,64% de la variabilidad, también se encontraron grasa y ES entre los parámetros más importantes, además de proteínas, luminosidad, AGSL y AGMI.

Cabe destacar que en el componente 3, con un 12,32% de la variabilidad, algunos de los parámetros con mayor peso fueron los ácidos grasos saturados y tres de los cuatro grupos de compuestos volátiles (cetonas, alcoholes y ésteres). Los compuestos volátiles también tuvieron importancia en el componente 6, aunque en este caso los grupos con más peso fueron aldehídos, cetonas y ésteres.

Finalmente, el componente 5, que explicó un 8,97% de la varianza, pareció estar asociado a los RCS, ya que los parámetros que tuvieron un mayor peso en esta

componente fueron aquellos en los que la influencia del RCS fue más significativa, según se ha observado a lo largo de este estudio. Dichos parámetros fueron: pH, índice de acidez de la grasa, proteínas, luminosidad, todos ellos con coeficientes positivos, y a^* , con coeficiente negativo.

Los resultados obtenidos mediante este análisis estadístico no hacen sino confirmar las correlaciones encontradas en las matrices de correlación. Esto se puede apreciar de forma más clara en la Figura 137, en la que se representan las variables en el plano formado por las componentes 1 y 2 según los coeficientes mostrados en la Tabla 48. Así, se puede observar por ejemplo la correlación directa entre ES y fuerza de corte o la correlación inversa entre grasa y acidez grasa o entre pH y fuerza de corte.

En la Figura 138 aparecen representadas las muestras de queso con 6 meses de maduración pertenecientes al año 1, en el plano formado por las componentes 1 y 2. Como se puede observar, las muestras no se agruparon claramente en función de la raza o el RCS, de modo que la mayor parte de ellas se situaron en torno al origen de coordenadas. Sí se observó una cierta separación entre dos de las tres razas estudiadas, de modo que la mayoría de las muestras de raza Castellana tomaron valores negativos en la componente 2 mientras que la mayoría de las muestras de raza Assaf tomaron valores positivos. También cabe destacar que las muestras de raza Assaf con RCS altos y las de raza Churra también de RCS altos se situaron en los cuadrantes 1 y 3 respectivamente, y por tanto en posiciones opuestas. Esto fue debido a que los quesos de raza Assaf con RCS altos presentaron elevados valores de proteínas y AGPI, y bajos valores de grasa, b^* , AGMI e índice de acidez de grasa, mientras que para los quesos de raza Churra con RCS altos se observó lo contrario.

Por otra parte, en la Figura 138, en la que se representaron las muestras de queso en el plano formado por la componente 1 y la componente 5, sí se apreciaron dos grupos en función de los RCS. El primer grupo, formado por todas las muestras de RCS altos y la mayoría de las muestras con RCS medios, ocupó los cuadrantes uno y cuatro, coincidiendo con valores positivos de la componente 5, mientras que las muestras con RCS bajos ocuparon los cuadrantes dos y tres, coincidiendo con valores negativos de dicha componente. Así, como se puede apreciar en la Figura 137, y según se mencionó

anteriormente, las variables más importantes para separar las muestras en función del RCS fueron pH, índice de acidez de la grasa, proteínas, luminosidad y a*.

Tabla 49. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración pertenecientes al año 1, en las siete primeras componentes principales. (Aparecen destacados los que supusieron más de un 7% sobre el total).

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
pH	0,272	-0,111	0,045	-0,038	0,414	0,061
ES	-0,301	0,284	0,034	0,124	0,256	-0,015
a _w	0,357	-0,047	0,114	-0,080	-0,089	0,217
Cenizas	-0,304	0,036	-0,250	0,120	0,153	-0,172
Ac. Grasa	-0,087	-0,182	-0,081	-0,231	0,577	-0,235
Grasa	-0,329	-0,256	0,018	0,136	-0,109	0,029
Prots.	0,139	0,469	0,061	-0,063	0,317	-0,025
L*	-0,133	0,342	-0,078	0,191	0,243	0,059
a*	-0,183	0,174	-0,169	-0,339	-0,275	-0,020
b*	-0,315	-0,176	-0,137	0,006	-0,139	-0,054
F. corte	-0,338	0,052	-0,016	0,221	-0,005	-0,125
Aldehídos	0,041	-0,016	-0,049	0,487	0,185	0,454
Cetonas	-0,194	0,103	0,398	-0,170	-0,018	0,386
Alcoholes	0,091	-0,147	0,434	0,365	-0,026	-0,129
Ésteres	0,061	-0,250	0,355	0,106	0,081	-0,548
AGMI	-0,240	-0,353	0,118	-0,021	0,180	0,332
AGPI	0,145	0,240	-0,091	0,493	-0,229	-0,161
AGSC	0,273	-0,055	-0,406	-0,009	0,014	-0,093
AGSL	-0,108	0,352	0,442	-0,179	-0,077	-0,154

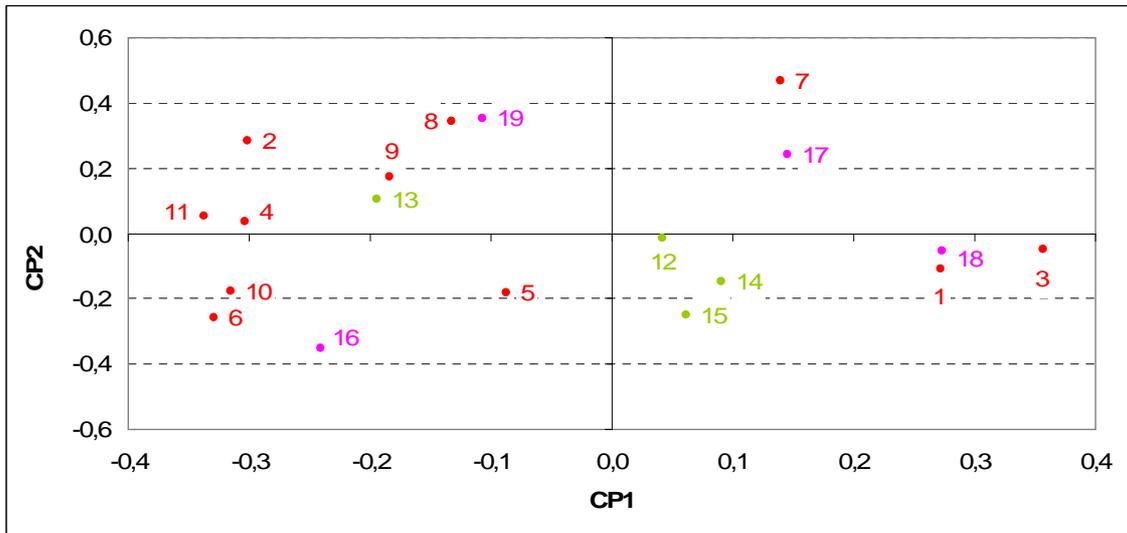


Figura 137. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración del año 1 en las componentes 1 y 2.

- Físico-químico: 1. pH, 2. ES, 3. a_w , 4. cenizas, 5. índice de acidez de la grasa, 6. grasa, 7. proteínas, 8. L, 9. a^* , 10. b^* , 11. fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: 12. aldehídos, 13. cetonas, 14. alcoholes, 15. ésteres
- Ácidos grasos: 16. AGMI, 17. AGPI, 18. AGSC, 19. AGSL

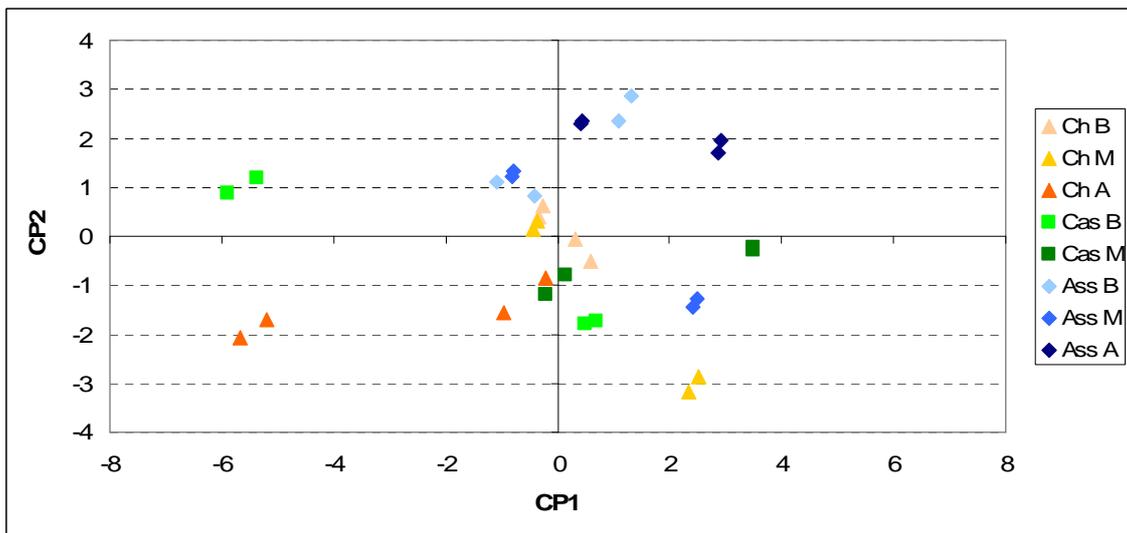


Figura 138. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 2.

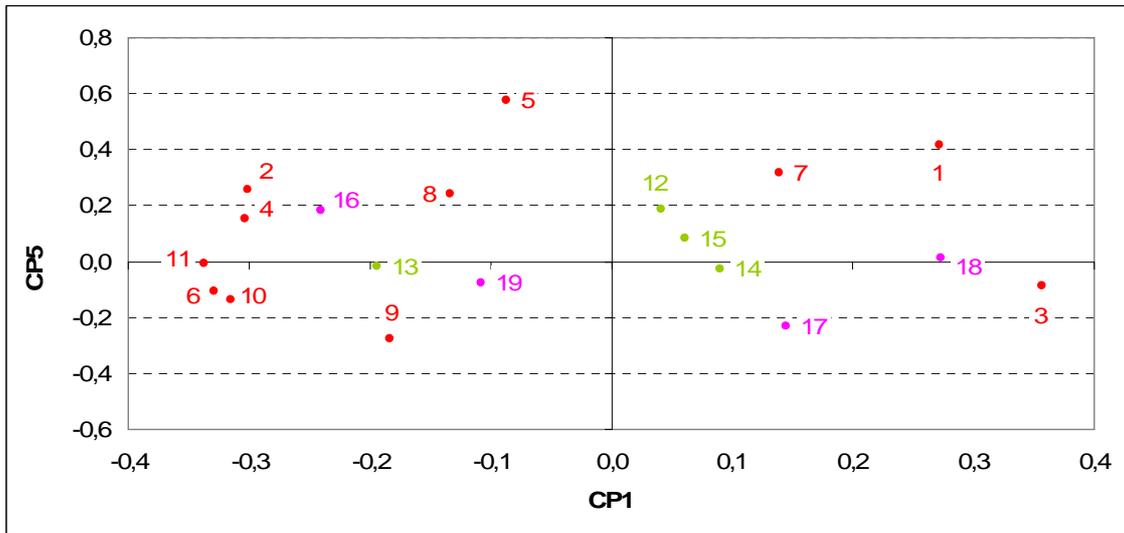


Figura 139. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración del año 1 en las componentes 1 y 5.

- Físico-químico: 1. pH, 2. ES, 3. a_w , 4. cenizas, 5. índice de acidez de la grasa, 6. grasa, 7. proteínas, 8. L, 9. a^* , 10. b^* , 11. fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: 12. aldehídos, 13. cetonas, 14. alcoholes, 15. ésteres
- Ácidos grasos: 16. AGMI, 17. AGPI, 18. AGSC, 19. AGSL

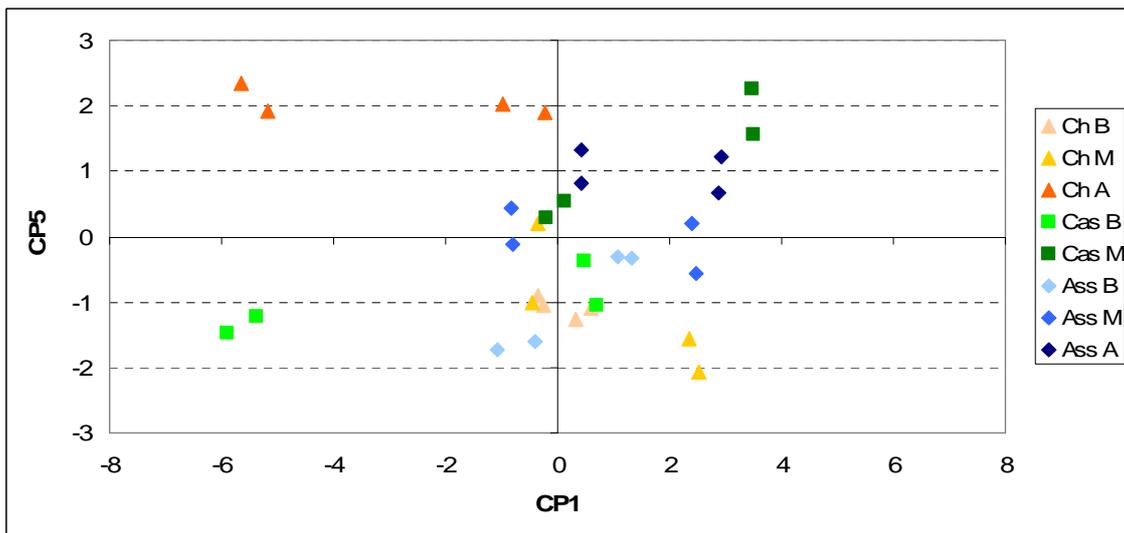


Figura 140. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 5.

En el año 2, el análisis de componentes principales se realizó con 30 parámetros, de modo que se obtuvieron 8 componentes principales con un autovalor superior a 1, explicando en conjunto el 84,53% de la variabilidad de las muestras (Tabla 50).

Tabla 50. Componentes principales correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2. Se muestran solamente las que presentaron un autovalor mayor de 1.

Componente	Autovalor	Porcentaje de la varianza	Porcentaje Acumulado
1	6,275	20,92	20,92
2	5,469	18,23	39,15
3	4,231	14,10	53,25
4	2,643	8,81	62,06
5	2,392	7,98	70,03
6	1,818	6,06	76,09
7	1,358	4,53	80,62
8	1,174	3,91	84,53

La Tabla 51 muestra los coeficientes correspondientes a las variables estudiadas para cada uno de estos ocho primeros componentes. En este caso las variables que tuvieron un mayor peso en la componente 1, que explicó el 20,92% de la variabilidad, fueron pH, cenizas, AGSC, intensidad de olor y dureza, con coeficientes de signo positivo, y ES, grasa, alcoholes y ésteres, con coeficientes de signo negativo.

En la componente 2, con un 18,23% de la variabilidad, los coeficientes más elevados fueron, con signo positivo, ES, L, a*, intensidad de sabor y sabor ácido y con signo negativo a_w y AGMI.

En este caso, la componente que pareció estar asociada a los RCS fue la componente 3, que explicó el 14,10% de la variabilidad. Las variables con más peso dentro de esta componente fueron a*, b*, fuerza de corte, AGPI y color, que presentaron coeficientes negativos, y sensación picante, con coeficiente positivo.

El diagrama de dispersión de las muestras en el plano formado por las componentes 1 y 2 (Figura 141) mostró cierta agrupación en función de la raza. Así, las muestras de raza Churra, que presentaron valores positivos en la componente 1, se agruparon entre el

primer y el segundo cuadrante debido principalmente a sus bajos valores de grasa. Dentro de este grupo, las muestras con RCS bajos se situaron en el primer cuadrante, prácticamente sobre el eje 'x', de manera que tras observar la Figura 142 se observa que esto fue debido a su altos valores de a^* , AGSC, dureza y cenizas y a su baja concentración de grasa. Del mismo modo, las muestras con RCS medios se situaron en el segundo cuadrante debido a sus elevados valores de pH y a_w , y a sus bajos valores de sabor ácido, grasa y ES, mientras que las muestras de RCS altos se situaron entre los dos cuadrantes.

Las muestras de raza Assaf, que presentaron valores positivos en la componente 2, se situaron entre el primer cuadrante y el cuarto, debido sobre todo a sus elevados valores de a^* , grasa y dureza y a sus bajos valores de a_w . Dentro de este grupo, las muestras de RCS medios se situaron sobre el cuarto cuadrante dados sus elevados valores de grasa, ES, L, fuerza de corte, alcoholes, ésteres y sabor ácido y sus bajos valores de pH y a_w , mientras que las muestras con RCS bajos, se situaron entre el segundo y el primer cuadrante debido a que, por un lado presentaron elevadas concentraciones de grasa y bajos valores de a_w , y por otro lado, presentaron elevados valores de dureza y bajas concentraciones de AGMI. Las muestras de RCS altos mostraron elevados valores de cenizas, a^* , ácidos saturados de cadena corta y dureza y bajas concentraciones de AGMI, motivo por el cual se situaron sobre el primer cuadrante. Por otra parte, dos de las muestras se situaron en el segundo cuadrante (aunque en posiciones cercanas al eje 'x'), lo que fue debido a sus altos valores de pH y sus bajas concentraciones de grasa.

Las muestras de raza Castellana, que presentaron valores negativos en la componente 2, se situaron sobre el segundo y el tercer cuadrante debido a sus elevados valores de a_w y sus bajos valores de sabor ácido. Las muestras de RCS bajos presentaron valores más negativos de CP2 debido a sus elevadas concentraciones de AGMI y bajos valores de L, a^* , AGSC, intensidad de olor, intensidad de sabor, mientras que las muestras con RCS medios presentaron altos valores de pH y aldehídos y bajas concentraciones de grasa.

Se observó además que las muestras de raza Castellana con RCS medios y alguna de raza Assaf con RCS altos se situaron en posiciones cercanas a las de la raza Churra debido a que todas ellas mostraron elevados valores de pH y a_w y bajas concentraciones de grasa.

Tabla 51. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las ocho primeras componentes principales. (Aparecen destacados los que supusieron más de un 5% sobre el total)

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
pH	0,248	-0,179	-0,029	0,106	0,021	-0,217	-0,227	-0,059
ES	-0,237	0,282	-0,094	-0,027	0,207	-0,006	-0,014	0,137
a _w	0,085	-0,337	0,099	0,167	-0,196	0,002	0,127	-0,005
Cenizas	0,249	0,080	-0,145	-0,251	-0,163	0,160	-0,128	-0,005
Ac. grasa	0,172	0,109	0,229	-0,060	-0,138	0,192	-0,259	-0,121
Grasa	-0,332	0,072	-0,190	-0,103	0,120	-0,062	-0,063	-0,034
Proteínas	0,188	0,224	0,226	0,197	0,085	0,069	0,113	0,246
L*	-0,140	0,283	0,155	0,195	0,019	-0,220	-0,009	0,106
a*	0,072	0,249	-0,253	-0,011	-0,036	0,232	-0,302	0,190
b*	0,047	0,009	-0,252	-0,137	0,428	0,107	-0,143	-0,185
F. corte	-0,113	0,102	-0,313	-0,256	-0,144	0,142	0,123	-0,176
Aldehídos	-0,007	-0,023	0,160	-0,284	-0,203	-0,140	-0,247	0,375
Cetonas	0,000	-0,088	0,216	-0,347	0,172	-0,282	-0,003	0,193
Alcoholes	-0,267	0,084	0,202	-0,224	-0,238	-0,105	-0,048	0,026
Ésteres	-0,320	0,131	0,136	-0,171	-0,140	-0,044	0,007	-0,085
AGMI	-0,077	-0,318	0,014	-0,153	-0,045	0,322	0,234	0,042
AGPI	-0,183	0,207	-0,268	0,008	-0,246	-0,089	0,024	-0,148
AGSC	0,312	0,199	0,071	-0,147	-0,010	-0,004	0,069	0,067
AGSL	-0,174	0,072	0,094	0,313	0,204	-0,285	-0,313	-0,164
Homg color	-0,106	-0,096	0,223	-0,021	0,406	0,192	0,159	0,130
Color	0,196	0,060	-0,276	-0,014	0,045	-0,008	0,028	0,413
Int. Olor	0,263	0,169	0,069	0,126	-0,056	-0,009	0,082	-0,221
Olor ácido	-0,080	0,145	-0,056	0,382	0,053	0,362	-0,044	0,116
Intens. sabor	0,093	0,276	0,122	0,132	-0,328	0,002	0,015	-0,091
Sabor ácido	-0,095	0,257	0,157	-0,056	0,036	0,204	0,149	0,317
Sabor rancio	0,178	0,191	0,150	-0,153	0,192	-0,023	0,157	-0,213
Picante	0,071	0,219	0,251	-0,166	0,061	0,089	0,162	-0,313
Untuosidad	0,037	0,026	0,184	-0,209	0,212	0,228	-0,412	-0,186
Dureza	0,259	0,071	-0,177	-0,125	0,098	-0,333	-0,074	0,089
Granulosidad	0,101	0,180	-0,168	-0,064	0,132	-0,252	0,447	-0,061

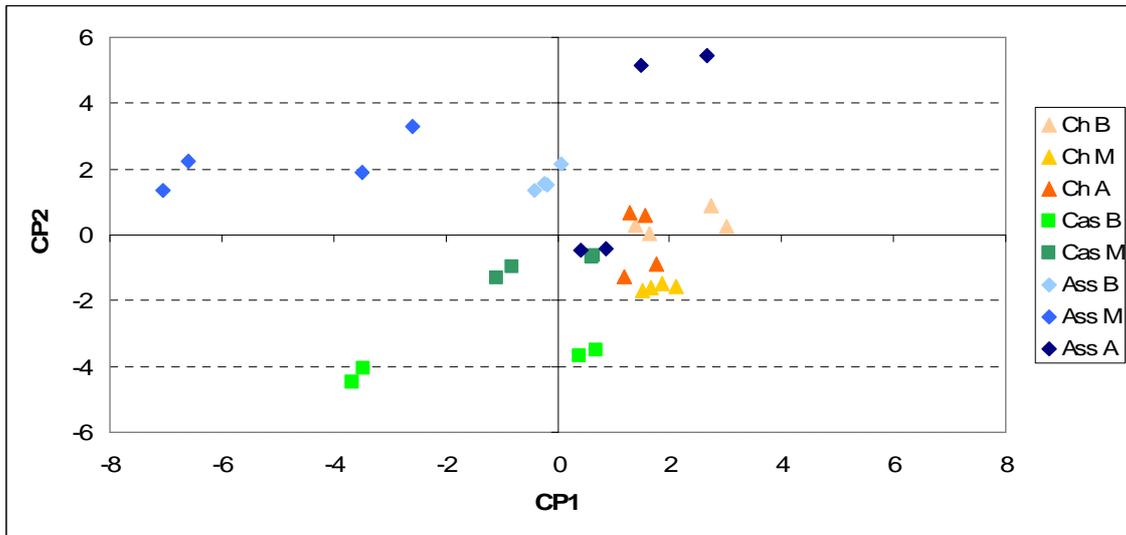


Figura 141. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2 en el plano formado por las componentes 1 y 2.

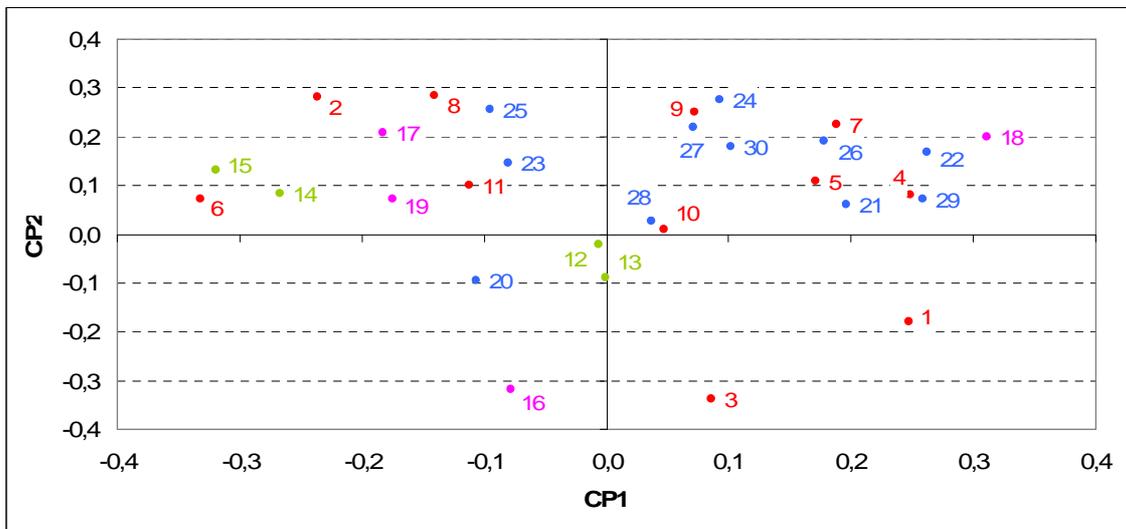


Figura 142. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las dos primeras componentes.

- Físico-químico: 1. pH, 2. ES, 3. a_w , 4. cenizas, 5. índice de acidez de la grasa, 6. grasa, 7. proteínas, 8. L, 9. a^* , 10. b^* , 11. fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: 12. aldehídos, 13. cetonas, 14. alcoholes, 15. ésteres
- Ácidos grasos: 16. AGMI, 17. AGPI, 18. AGSC, 19. AGSL
- Atributos sensoriales: 20. homogeneidad de color, 21. color, 22. intensidad de olor, 23. olor ácido, 24. intensidad de sabor, 25. sabor ácido, 26. sabor rancio, 27. picante, 28. untuosidad, 29. dureza, 30. granulosis.

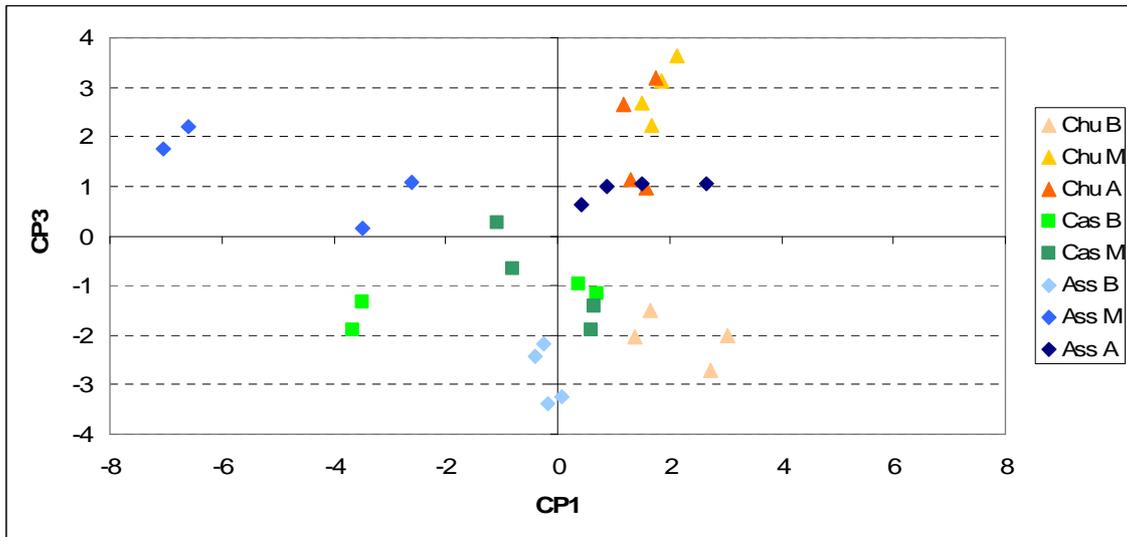


Figura 143. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2 en el plano formado por las componentes 1 y 3.

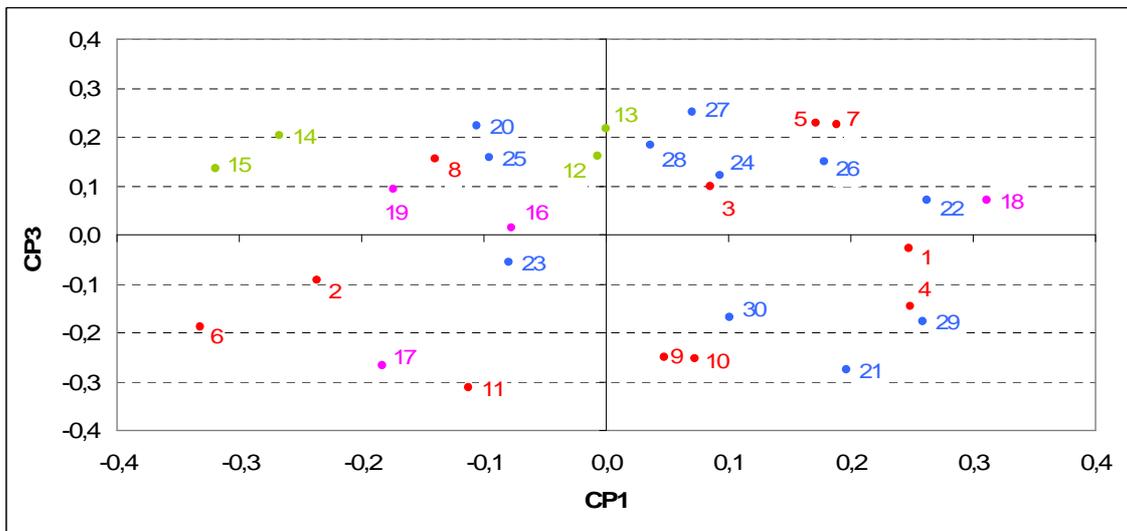


Figura 144. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 6 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las componentes 1 y 3.

- Físico-químico: 1. pH, 2. ES, 3. a_w , 4. cenizas, 5. índice de acidez de la grasa, 6. grasa, 7. proteínas, 8. L, 9. a^* , 10. b^* , 11. fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: 12. aldehídos, 13. cetonas, 14. alcoholes, 15. ésteres
- Ácidos grasos: 16. AGMI, 17. AGPI, 18. AGSC, 19. AGSL
- Atributos sensoriales: 20. homogeneidad de color, 21. color, 22. intensidad de olor, 23. olor ácido, 24. intensidad de sabor, 25. sabor ácido, 26. sabor rancio, 27. picante, 28. untuosidad, 29. dureza, 30. granulosidad.

En la Figura 143, en la que se representan las muestras de queso en el plano formado por las componentes 1 y 3, se observó cierta separación en función del RCS, de modo que en los cuadrantes 1 y 4 se situaron las muestras de RCS medios y RCS altos, tomando valores positivos de la componente 3, mientras que en los cuadrantes dos y tres se situaron las muestras de RCS bajos y las de raza Castellana con RCS medios. Cabe destacar además que las muestras de raza Churra con RCS altos se situaron en el primer cuadrante junto con las de raza Assaf de RCS altos, coincidiendo con la posición de a_w , índice de acidez de la grasa, proteínas, AGSC, intensidad de olor, intensidad de sabor, sabor ácido, sabor rancio y sensación picante, algo que confirma los resultados observados a lo largo de todo el estudio.

Teniendo en cuenta el peso de las variables en las componentes 1 y 3, las más importantes para separar las muestras en grupos de RCS fueron a^* , b^* , fuerza de corte, AGPI, color y sensación picante. Los atributos relacionados con el color se encontraron entre los más importantes tanto en el año 1, donde destacaron luminosidad y a^* , como en el año 2, donde destacaron a^* , b^* y color.

12.2.2. Mes 12

El análisis estadístico de los datos correspondientes a los quesos con 12 meses de maduración pertenecientes al año 1 arrojó como resultado un total de 7 componentes principales con un autovalor superior a 1, explicando en conjunto el 89,21% de la variabilidad (Tabla 52).

Como muestra la Tabla 53, las variables más importantes en la componente 1, que explicó el 32,79% de la variabilidad, fueron grasa, b^* , fuerza de corte, AGSC y a_w . En la componente 2 (14,19% de la variabilidad), las variables con más peso fueron ES, índice de acidez de la grasa, proteínas, luminosidad, alcoholes, AGPI y AGSL. Por su parte, en la componente 3 (12,17% de la variabilidad) las variables más importantes fueron pH, ES, a_w , cenizas, cetonas y AGMI. Cabe destacar que en la componente 7, que explicó un 5,54% de la variabilidad, tres de las variables con mayor peso fueron las relacionadas con el color: L, a^* y b^* .

Algunas de las variables con más peso en CP1 y CP2 coincidieron con las que también fueron importantes en estas componentes en los quesos de 6 meses de maduración del

mismo año, como ES, grasa, proteínas, b*, fuerza de corte, luminosidad y AGSL. Otras variables que no se asociaron a estas componentes durante el mes 6, sí que dan cuenta de la mayor proporción de la varianza en el mes 12, como AGSC, índice de acidez de grasa, AGPI y alcoholes, debido seguramente a las transformaciones sufridas como consecuencia de la lipólisis y a la posible influencia de los RCS.

Tabla 52. Componentes principales correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 1. Se muestran solamente las componentes con un autovalor mayor a 1.

Componente	Autovalor	Porcentaje de la varianza	Porcentaje acumulado
1	6,23	32,79	32,79
2	2,70	14,19	46,98
3	2,31	12,17	59,15
4	1,94	10,19	69,34
5	1,51	7,97	77,31
6	1,21	6,36	83,67
7	1,05	5,54	89,21

Como se muestra en la Figura 145, en la que se representan las muestras en el plano formado por las componentes 1 y 2, no se observó una separación clara en función del RCS o la raza. Solamente se agruparon las muestras de raza Assaf con RCS medios situándose en el segundo cuadrante, algo que, como muestra la Figura 146, coincidió con la posición de proteínas, alcoholes y AGPI. Por otra parte también se agruparon las muestras de raza Castellana con RCS bajos, que se situaron en el tercer cuadrante coincidiendo con la posición de b* y fuerza de corte y, en menor medida, con la de luminosidad y AGSL.

En la Figura 147, en la que se representan las muestras de queso con 12 meses de maduración pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 3, se observó la existencia de dos grupos separados por la diagonal que corta los cuadrantes 2 y 4. El primero de los grupos, formado por las muestras de raza Castellana con RCS bajos, y la mayoría de las muestras de raza Churra se situó principalmente en el tercer cuadrante, coincidiendo con la posición de grasa, ES y AGMI, como se puede apreciar en la (Figura 148). El segundo de los grupos, formado por el resto de las muestras se

situó a 180° del anterior, coincidiendo con la posición de pH, aldehídos, AGSC, proteínas y alcoholes.

Tabla 53. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración pertenecientes al año 1, en las siete primeras componentes principales. (Aparecen destacados los que supusieron más de un 7% sobre el total).

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
pH	0,246	0,089	0,285	0,126	0,324	-0,152	0,103
ES	-0,203	-0,361	-0,275	0,170	-0,222	-0,009	0,015
a _w	0,283	0,061	-0,365	-0,070	0,279	-0,060	0,119
Cenizas	-0,147	-0,010	0,563	-0,007	-0,142	-0,028	-0,231
Acidez gr	-0,061	0,270	0,145	0,482	-0,278	0,064	0,136
Grasa	-0,327	0,107	-0,215	0,021	0,199	0,177	0,081
Prots	0,225	-0,383	-0,126	0,100	-0,337	-0,166	-0,013
L*	-0,047	-0,312	-0,072	0,165	-0,109	0,595	0,397
a*	-0,224	0,204	0,054	-0,270	-0,108	-0,227	0,487
b*	-0,327	-0,038	0,058	0,040	-0,023	-0,120	-0,247
F. corte	-0,302	-0,230	0,183	0,183	-0,115	-0,125	-0,043
Aldehídos	0,258	0,151	0,058	0,427	0,067	0,012	0,005
Cetonas	0,044	0,199	-0,328	0,052	-0,428	-0,483	-0,013
Alcoholes	0,258	-0,361	-0,074	0,151	0,143	-0,183	-0,202
Ésteres	0,150	-0,089	0,190	0,398	0,129	-0,145	0,242
AGMI	-0,263	0,129	-0,252	0,295	0,233	0,032	-0,326
AGPI	0,193	-0,282	0,185	-0,337	-0,057	0,103	-0,171
AGSC	0,296	0,220	0,060	-0,074	-0,386	0,188	0,086
AGSL	-0,184	-0,298	0,106	-0,029	0,219	-0,373	0,444

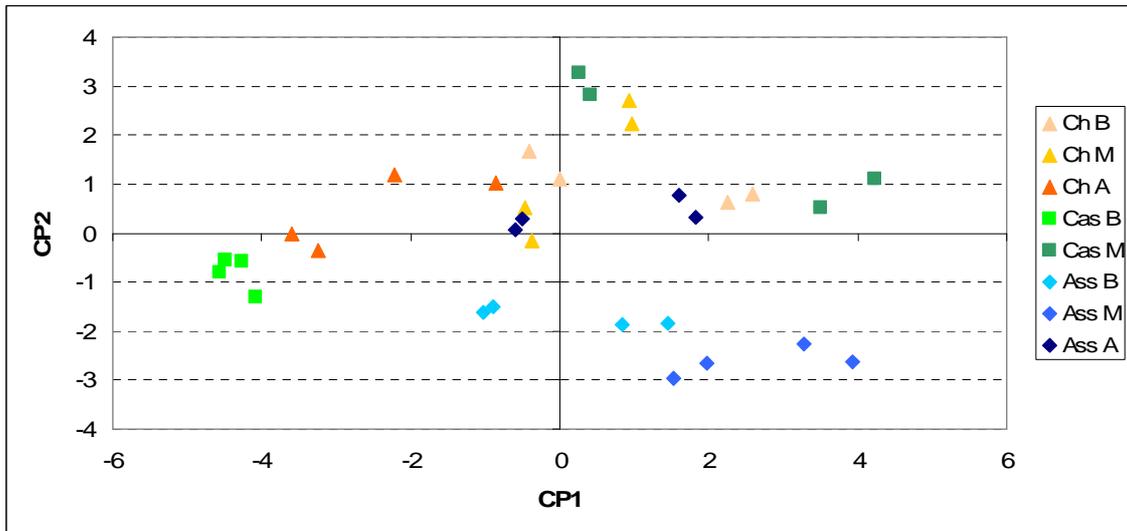


Figura 145. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 2.

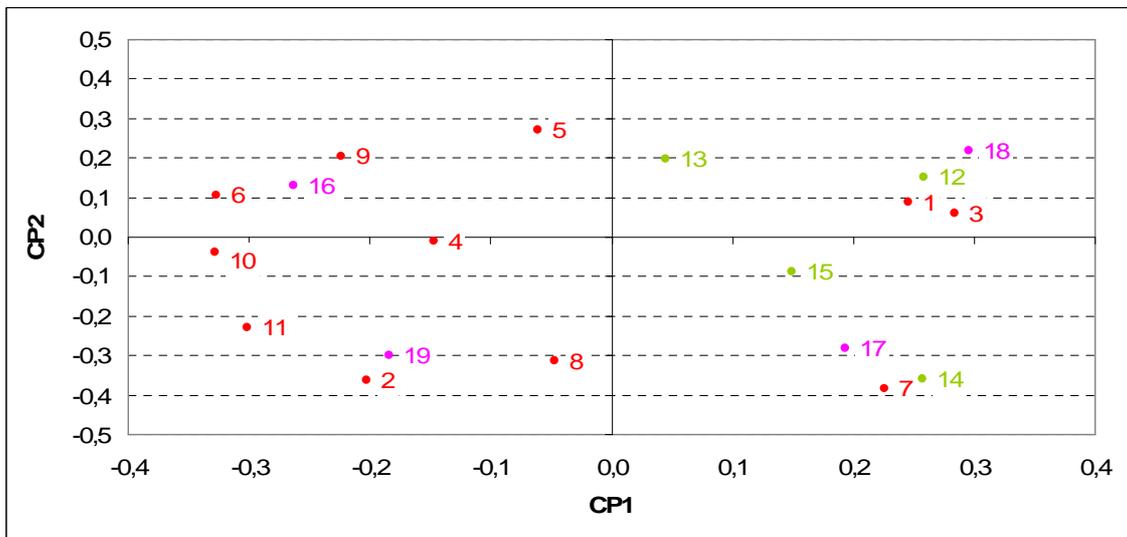


Figura 146. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1, en las componentes 1 y 2.

- Físico-químico: 1. pH, 2. ES, 3. a_w , 4. cenizas, 5. índice de acidez de la grasa, 6. grasa, 7. proteínas, 8. L, 9. a^* , 10. b^* , 11. fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: 12. aldehídos, 13. cetonas, 14. alcoholes, 15. ésteres
- Ácidos grasos: 16. AGMI, 17. AGPI, 18. AGSC, 19. AGSL

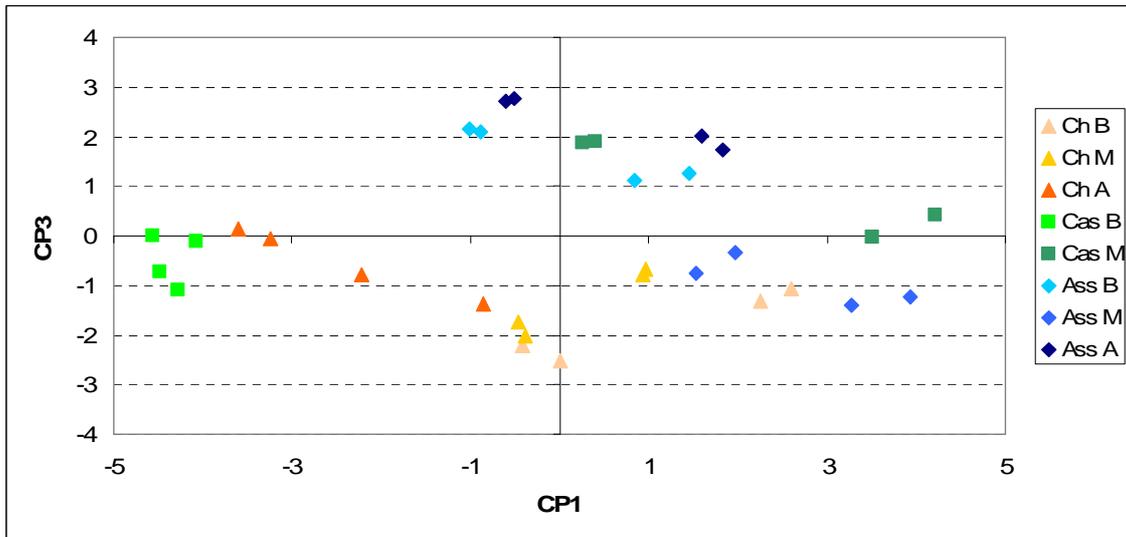


Figura 147. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1 en el plano formado por las componentes 1 y 3.

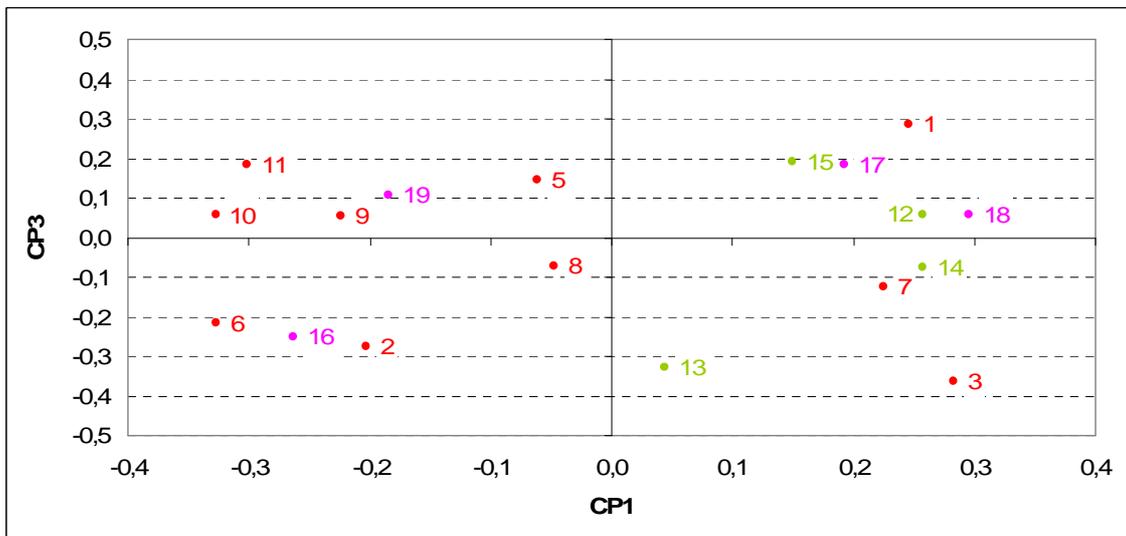


Figura 148. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 1, en las componentes 1 y 3.

- Físico-químico: 1. pH, 2. ES, 3. a_w , 4. cenizas, 5. índice de acidez de la grasa, 6. grasa, 7. proteínas, 8. L, 9. a^* , 10. b^* , 11. fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: 12. aldehídos, 13. cetonas, 14. alcoholes, 15. ésteres
- Ácidos grasos: 16. AGMI, 17. AGPI, 18. AGSC, 19. AGSL

En el año 2, tras realizar el análisis estadístico sobre los quesos de 12 meses de maduración, se obtuvieron 9 componentes principales con autovalores superiores a 1, explicando en conjunto el 85,21% de la variabilidad de todas las muestras (Tabla 54).

Tabla 54. Componentes principales correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración. Se muestran solamente las que presentaron un autovalor superior a 1.

Componente	Autovalor	Porcentaje de la varianza	Porcentaje Acumulado
1	8,595	25,28	25,28
2	6,306	18,55	43,83
3	3,699	10,88	54,71
4	2,451	7,21	61,92
5	2,107	6,20	68,11
6	1,681	4,95	73,06
7	1,644	4,84	77,89
8	1,457	4,28	82,18
9	1,032	3,04	85,21

En la componente 1, que explicó el 25,28% de la varianza total, los coeficientes con más peso fueron los de grasa, cetonas y alcoholes, con signo positivo, y cenizas, proteínas, a*, fuerza de corte, AGSC, dureza y sabor rancio, con signo negativo, mientras que en el componente 2, que explicó un 18,55% de la varianza, las variables más importantes fueron pH, L, y untuosidad, con coeficientes positivos, y a* y fuerza de corte, con componentes negativos. En el componente 3, con un 10,88% de la varianza, los coeficientes más elevados fueron los de ES, alcoholes, ésteres, AGPI, intensidad de olor y dureza, de signo positivo, y aw, con signo negativo (Tabla 55).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el año 2, algunas variables que tuvieron importancia en las componentes 1 y 2 durante el mes 6, fueron también importantes en estas dos componentes durante el mes 12, como pH, grasa, cenizas, alcoholes, AGSC, luminosidad, a* y dureza sensorial. Cabe destacar el hecho de que en el mes 6 tuvo gran peso el sabor ácido en la CP2, mientras que en el mes 12 fue muy importante el sabor rancio en la CP1, algo que fue debido probablemente al efecto de la lipólisis.

Tabla 55. Coeficientes de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración en los 9 primeros componentes principales. (Aparecen destacados los que supusieron más de un 4% sobre el total).

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9
pH	0,119	0,227	-0,093	0,353	0,083	0,011	-0,037	-0,211	0,002
ES	0,073	-0,147	0,403	-0,095	-0,197	-0,082	0,007	-0,059	-0,129
a _w	0,191	-0,050	-0,329	-0,078	0,260	0,013	0,160	-0,151	0,022
Cenizas	-0,293	0,021	0,079	0,184	0,031	0,001	-0,120	0,123	0,054
Acidez grasa	-0,156	0,175	-0,132	0,206	-0,106	-0,312	-0,086	0,100	0,035
Grasa	0,254	-0,190	0,146	-0,009	-0,079	0,162	0,082	0,095	-0,041
Proteínas	-0,230	0,171	0,072	-0,140	-0,057	-0,295	-0,081	-0,221	-0,064
L*	0,124	0,299	-0,037	-0,117	-0,266	-0,073	-0,046	-0,116	0,128
a*	-0,214	-0,220	0,185	0,144	-0,016	0,003	0,104	0,009	-0,121
b*	-0,115	-0,207	0,188	-0,211	-0,249	-0,064	-0,087	0,193	-0,101
Fuerza corte	-0,215	-0,225	0,078	0,078	0,136	0,029	0,080	-0,005	0,270
Aldehídos	0,098	0,067	0,015	0,115	0,102	0,133	-0,208	-0,431	-0,443
Cetonas	0,227	0,050	0,193	-0,182	0,226	-0,008	-0,091	-0,070	-0,171
Alcoholes	0,221	0,098	0,290	0,051	0,227	-0,048	-0,105	0,065	0,061
Ésteres	0,182	0,081	0,257	0,160	0,200	-0,190	-0,047	-0,029	0,130
AGMI	0,043	-0,160	-0,166	-0,279	0,375	-0,277	-0,067	0,161	0,033
AGPI	0,099	-0,145	0,344	0,208	0,016	0,190	-0,023	-0,165	0,130
AGSC	-0,231	0,114	-0,050	0,209	-0,093	0,218	-0,267	0,044	-0,070
AGSL	0,169	0,169	0,091	-0,073	-0,311	-0,016	0,318	-0,182	0,021
Homog color	0,137	0,164	0,085	-0,313	-0,113	-0,019	-0,374	0,076	0,167
Color	-0,205	-0,170	0,066	0,038	0,023	0,024	0,268	-0,230	-0,074
Intens olor	-0,076	0,183	0,208	0,082	0,129	-0,277	0,245	-0,034	0,286
Olor ácido	0,171	0,144	0,110	0,033	0,270	0,022	0,168	0,395	-0,157
Olor rancio	-0,198	0,088	0,058	-0,289	-0,011	0,073	0,095	0,025	-0,419
Intens sabor	-0,128	0,169	0,060	-0,262	0,052	0,132	0,209	-0,021	0,152
Sabor ácido	0,099	0,114	0,004	0,061	-0,129	0,524	0,098	0,283	0,212
Sabor rancio	-0,257	0,121	-0,130	-0,112	0,042	0,085	0,046	0,001	0,123
Picante	-0,172	0,146	0,177	-0,217	0,157	0,182	-0,209	0,103	0,002
Duración	-0,148	0,264	0,097	0,164	0,118	0,075	-0,041	0,077	-0,067
Sens retron	-0,141	0,265	0,098	0,040	0,225	0,121	-0,050	0,092	-0,183
Untuosidad	0,020	0,239	-0,098	-0,088	0,039	0,118	0,432	0,018	-0,181
Dureza	-0,235	-0,081	0,208	-0,074	0,242	0,045	0,163	-0,141	0,059
Granulosidad	-0,069	0,068	0,043	-0,264	0,115	0,260	-0,128	-0,407	0,339
Fracturab	-0,014	0,287	0,230	0,027	-0,166	-0,190	0,164	0,063	-0,012

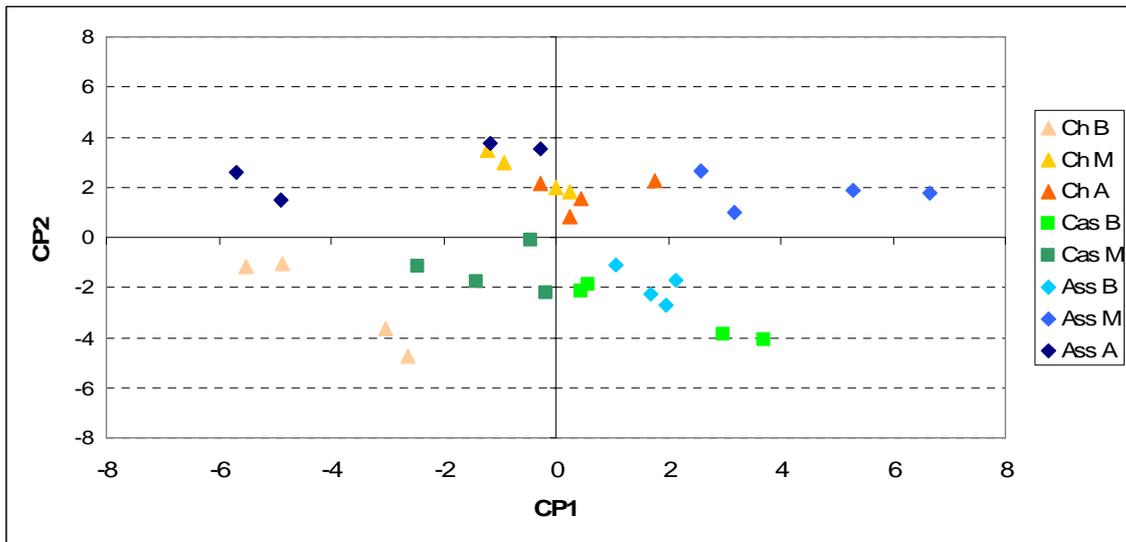


Figura 149. Diagrama de dispersión de las muestras de queso de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2 en el plano formado por las componentes 1 y 2.

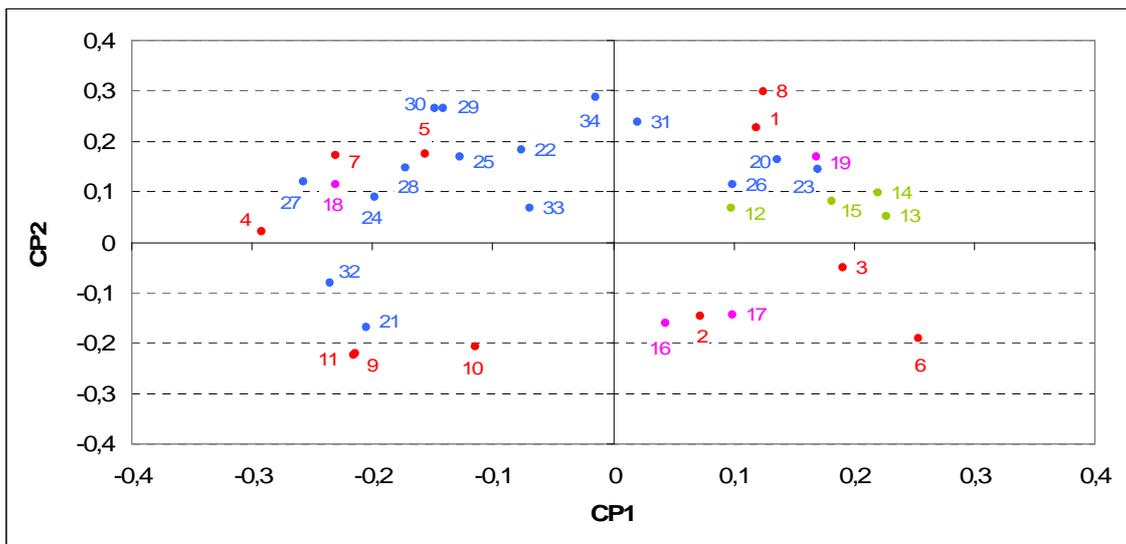


Figura 150. Peso de las variables correspondientes a los quesos de 12 meses de maduración, pertenecientes al año 2, en las dos primeras componentes.

- Físico-químico: 1. pH, 2. ES, 3. a_w , 4. cenizas, 5. índice de acidez de la grasa, 6. grasa, 7. proteínas, 8. L, 9. a^* , 10. b^* , 11. fuerza de corte.
- Compuestos volátiles: 12. aldehídos, 13. cetonas, 14. alcoholes, 15. ésteres
- Ácidos grasos: 16. AGMI, 17. AGPI, 18. AGSC, 19. AGSL
- Atributos sensoriales: 20. homogeneidad de color, 21. color, 22. intensidad de olor, 23. olor ácido, 24. olor rancio, 25. intensidad de sabor, 26. sabor ácido, 27. sabor rancio, 28. picante, 29. duración del sabor, 30. sensación retronasal, 31. untuosidad, 32. dureza, 33. granulosidad, 34. fracturabilidad.

La Figura 149, que representa las muestras de queso de 12 meses de maduración pertenecientes al año 2 en el plano formado por las componentes 1 y 2, mostró dos grupos en función de los RCS. El primero de ellos estuvo formado por las muestras de RCS altos y RCS medios, a excepción de las muestras de raza Castellana que, como se ha visto a lo largo de todo el estudio, presentaron en muchas ocasiones valores más similares a las de las muestras con RCS bajos. Este primer grupo presentó valores positivos en la componente 2 y por lo tanto ocupó los cuadrantes 1 y 4. El segundo grupo, formado por las muestras de RCS bajos y por las de raza Castellana con RCS medios, presentó valores negativos en la componente 2, ocupando los cuadrantes dos y tres. Como se puede apreciar en la Figura 150, la posición de las muestras del primer grupo coincidió con la de la mayoría de los atributos sensoriales. Esto fue debido a que las muestras de elevados RCS presentaron los mayores valores para casi todos estos atributos, especialmente para los relacionados con el flavor, como ya se vio en el Apartado IV.11. Los únicos atributos sensoriales que no se situaron en estos cuadrantes fueron dureza y color, ya que como también se vio en dicho apartado, los quesos con elevados RCS presentaron los menores valores para ambas variables. Estos resultados indicarían que los atributos sensoriales tuvieron gran importancia a la hora de establecer grupos en función de los RCS y además confirmaría algo que ya se mencionó con anterioridad y es que existió un grupo de quesos “fuertes”, formado por las muestras de RCS altos y por las de raza Churra con RCS medios y Assaf con RCS medios, y por otra parte un grupo de quesos “suaves”, formado por las muestras de RCS bajos y las de raza Castellana con RCS medios. Sin embargo los atributos sensoriales no fueron los únicos implicados en la agrupación de las muestras, ya que otras variables situadas en los cuadrantes 1 y 4 también caracterizaron a los quesos de elevados RCS, como índice de acidez de la grasa, proteínas, pH, AGSC, luminosidad y los cuatro grupos de compuestos volátiles estudiados.

Teniendo en cuenta el valor de los coeficientes de la componente 2, que fue la más importante a la hora de establecer los grupos en función del RCS, las variables con más peso fueron pH, fuerza de corte, untuosidad y por último luminosidad y a^* . Esto confirma de nuevo el hecho de que el color fue uno de los atributos más importantes a la hora de establecer grupos en función del RCS.

V. CONCLUSIONES

Tanto el RCS como la raza influyeron de forma significativa sobre algunas características de la leche y del queso elaborado a partir de ella. En el caso de la leche el factor más influyente fue la raza, mientras que en el queso el RCS influyó de manera más notable, especialmente a medida que avanzó la maduración.

LECHE

La raza fue el factor más influyente sobre la composición de la leche, encontrándose numerosas diferencias significativas entre la raza Assaf y las razas autóctonas Churra y Castellana. Así, la leche de raza Assaf presentó menor valor de pH, menor concentración de grasa y de ES y mayor concentración de lactosa y de AGPI que las razas autóctonas. A la vista de estos resultados, la leche de las razas Churra y Castellana es más adecuada para la elaboración de queso, dada su mayor concentración de materia grasa y ES y su menor concentración de AGPI. Esta afirmación se basa en dos premisas: en primer lugar, la materia grasa y el ES son parámetros directamente relacionados con la calidad del queso y el rendimiento quesero; en segundo lugar, los AGPI, a pesar de que son beneficiosos desde el punto de vista nutricional, son desfavorables en la leche destinada a la elaboración de queso por su mayor susceptibilidad al enranciamiento. Por otra parte, la leche de raza Churra presentó mayores concentraciones de AGSC que la leche de las razas Castellana y Assaf.

Teniendo en cuenta los resultados observados previamente por otros autores, a priori se esperaba encontrar una mayor influencia del RCS sobre la composición de la leche. Con respecto a la composición físico-química, el resultado más destacable fue el aumento del pH con los RCS. En general, el efecto más notable del RCS se observó en la fracción grasa, donde la concentración de AGSC aumentó con los RCS mientras que la concentración de AGPI disminuyó, algo que fue debido seguramente al efecto de diversos enzimas asociados a las células somáticas.

QUESO

El proceso de elaboración apenas se vio afectado por el efecto de la raza o del RCS, de modo prácticamente no se observaron diferencias significativas en el tiempo de coagulación ni en el rendimiento quesero. Esto podría deberse, respectivamente, a la

estandarización del pH y a una mayor retención de agua en los quesos al aumentar los RCS. La única influencia destacable se observó en la raza Churra, para la cual aumentó el tiempo de coagulación con los RCS, algo que debería ser tenido en cuenta por el productor.

A medida que aumentaron los RCS la lipólisis fue más intensa, como se desprende de los resultados obtenidos a partir de la determinación de la acidez de la grasa. Como consecuencia de este aumento de la intensidad de lipólisis, probablemente aumentó la concentración de AGL, lo que explicaría el aumento de la concentración de algunos de los compuestos volátiles formados a partir de ellos, como aldehídos y cetonas. Todo ello repercutió sobre las características sensoriales, de modo que el queso presentó sabores y olores más intensos al aumentar los RCS.

El posible aumento de la concentración de AGL no se vio reflejado en la concentración de ácidos grasos totales, de modo que los valores obtenidos para estos últimos fueron, a lo largo de todo el proceso de maduración, similares a los que se observaron en la leche de partida. Esto indica que la composición de la grasa de la leche determina de forma directa la composición de la grasa del queso elaborado a partir de ella. Por otra parte, el análisis de ácidos grasos totales no se reveló como un método útil para determinar el efecto de los RCS sobre el queso y su relación con la lipólisis, por lo que sería conveniente llevar a cabo un análisis de AGL en estudios posteriores.

El aumento de los RCS repercutió de forma negativa sobre la textura del queso, de manera que las muestras fueron más fracturables y en general más blandas, algo que podría deberse a un incremento de la proteólisis con los RCS.

La influencia más notable del factor raza se observó en los atributos sensoriales, de modo que los quesos de las razas Churra y Assaf presentaron sabores y aromas más fuertes que los quesos de raza Castellana. Esto fue debido a que ambos tenían mayores concentraciones de AGSC. Además, los quesos de raza Assaf presentaron mayores concentraciones de AGPI, aldehídos, alcoholes y ésteres, mientras que los quesos de raza Churra presentaron las mayores concentraciones de cetonas.

A medida que avanzó la maduración, tanto el sabor como el aroma del queso fueron más intensos, debido al aumento de la concentración de compuestos formados a partir de los fenómenos de lipólisis, como compuestos volátiles y probablemente AGL. También se observó una degradación de la textura como consecuencia de los fenómenos de proteólisis y de la pérdida de humedad, de modo que aumentó la dureza y la fracturabilidad de los quesos. Por último, aumentó la intensidad de color, pasando de amarillo claro a amarillo pardo, cambios asociados principalmente al parámetro a^* .

A pesar de todas las diferencias observadas, los consumidores prefirieron todos los quesos por igual. Esto se debió a que en algunos casos los resultados se compensaron entre sí, ya que unos consumidores prefieren los quesos de aromas suaves, es decir de RCS bajos y de raza Castellana, mientras que otros prefieren los quesos de aromas fuertes, es decir, de raza Churra y Assaf y de RCS medios y RCS altos. Esta información podría ser útil para el quesero ya que podría dirigir su producción hacia un público determinado.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Acero, P., Cedrún, N. y Pando, V. (2003a). Análisis de factores que influyen en la proteína de raza Churra. Producción Ovina y Caprina. En *XXVIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia* (pp.61–64), septiembre 2003, Badajoz, España.

Acero, P., Cedrún, N. y Pando, V. (2003b). Recuentos celulares en leche de rebaños de raza Churra. Producción Ovina y Caprina. En *XXVIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia* (pp. 65–68), septiembre 2003, Badajoz, España.

Adda J., Gripon J.C. y Vassal L. (1982). The chemistry of flavour and texture generation in cheese. *Food Chemistry*, 9, 115–129.

Addis, M., Cabiddu, A., Pinna, G., Decandia, M., Piredda, G., Pirisi, A. y Molle, G. (2005). Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Journal of Dairy Science*, 88, 3443–3454.

Addis, M., Pinna, G., Molle, G., Fiori, M., Spada, S., Decandia, M., Scintu, M.F., Piredda, G. y Pirisi, A. (2006). The inclusion of a daisy plant (*Chrysanthemum coronarium*) in dairy sheep diet. Part 2: effect on the volatile fraction of milk and cheese. *Livestock Science*, 101, 68–80.

Albenzio, M., Caroprese, M., Santillo, A., Marino, R., Muscio, A. y Sevi, A. (2005). Proteolytic patterns and plasmin activity in ewe's milk as affected by somatic cell count and stage of lactation. *Journal of Dairy Research*, 72, 86–92.

Albenzio, M., Caroprese, M., Santillo, A., Marino, R., Taili, L. y Sevi, A. (2004). Effects of somatic cell count and stage of lactation on the plasmin activity and cheese making properties of ewe milk. *Journal of Dairy Science*, 87, 533–542.

Albenzio, M., Corbo, M.R., Rehman, S.U., Fox, P.F., De Angelis, M., Corsetti, A., Sevi, A. y Gobetti, M. (2001). Microbiological and biochemical characteristics of Canestrato Pugliese cheese made from raw milk, pasteurized milk or by heating the curd in hot whey. *International Journal of Food Microbiology*, 67, 35–48.

Albenzio, M., Taibi, L., Caroprese, M., De Rosa, G., Muscio, A. y Sevi, A. (2003). Immune response, udder health and productive traits of machine milked and suckling ewes. *Small Ruminant Research*, 48, 189–200.

Albenzio, M., Taibi, L., Muscio, A. y Sevi, A. (2002). Prevalence and ethiology of subclinical mastitis in intensively managed flocks and related changes in the yield and quality of ewe milk. *Small Ruminant Research*, 43, 219–226.

Aldanzúa-Morales, A. (1994) *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Ed. Acribia.

Alonso Alonso, E., González Rodríguez, M. C. y Redondo Cardeña, P. A. (2001). Análisis del manejo de la oveja de raza Castellana. *Archivos de Zootecnia*, 50, 375–378.

Amárta, F., de la Plaza, M., Fernández de Palencia, P., Requena, T. y Peláez, C. (2006). Cooperation between wild lactococcal strains for cheese aroma formation. *Food Chemistry*, 94, 240–246.

Ameh, J.A. y Tari, I.S. (1999). Observations on the prevalence of caprine mastitis in relation to predisposing factors in Maiduguri. *Small Ruminant Research*, 35, 1–5.

Amerine, M. A., Pangborn, R. M. y Roessler, E. B. (1965). *Principles of sensory evaluation of foods*. New York, EEUU: Academic Press.

Anifantakis, E. (1986). Comparison of the physico-chemical properties of ewe's and cow's milk. *International Dairy Federation*, 202, 42–53

Anifantakis, E. (1991). Greek Cheeses. *National Dairy Commission of Greece*, Atenas, Grecia.

Anifantakis, E.M. y Rosakis, P.S. (1983). Alkaline phosphatase activity of sheep's milk and some factors affecting it. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 11, 173–182.

Antongiovanni, M., Mele, M., Buccioni, A., Petacchi, F., Serra, A., Mellis, M.P., Cordeddu, L., Banni, S. y Secchiari, P.J. (2004). Effect of forage/concentrate ratio and oil supplementation on C 18:1 and CLA isomers in milk fat from Sarda ewes. *Animal Feed Science*, 13 (1), 669–672.

Antoniou, K. D., Petridis, D., Raphaelides, S., Omar, Z. B. y Kesteloot, R. (2000). Texture assessment of French cheeses. *Journal of Food Science*, 65, 168–172.

Arctander, S. (1994). *Perfume and Flavour Chemicals (Aroma Chemicals)*, Vol. I. Illinois, EEUU: Carol Stream, Allured Publishing Corporation.

Arenas, R., Fernández, González, J., Tornadijo, M. E. y Fresno, J. M. (2004). Grado de proteólisis y lipólisis del queso Zamorano con D.O.P. durante la maduración: influencia del tratamiento térmico y del tipo de leche de oveja. *Actas del III Congreso Español de Ingeniería de los Alimentos*, 15-17 septiembre 2004, Pamplona, España.

Ariznabarreta, A., Gonzalo, C. y San Primitivo, F. (2002). Microbiological quality and somatic cell count of ewe milk with special reference to staphylococci. *Journal of Dairy Science*, 85, 1370–1375.

Arora, G., Cormier, F. y Lee, B. (1995). Analysis of odour-active volatiles in Cheddar cheese headspace by multidimensional GC/MS sniffing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 748–752.

Aston J.W. y Douglas K. (1983). The production of volatile sulphur compounds in Cheddar cheeses during accelerated ripening. *Australian Journal of Dairy Technology*, 38, 66–70.

Attaie, R. (2009). Quantification of volatile compounds in goat milk Jack cheese using static headspace gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, 92, 2435–2443.

Auldist, M. J. y Hubble, I. B. (1998). Effects of mastitis on raw milk and dairy products. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 53, 28–36.

Auldist, M. J., Coats, S. Sutherlands, B. J. Mayes, J. J. McDowell, G. H. y Rogers Graeme L. (1996). Effects of somatic cell count and stage of lactation on raw milk composition and the yield and quality of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*, 63, 269–280.

Awad, S. (2006). Texture and flavour development in Ras cheese made from raw and pasteurised milk. *Food Chemistry*, 97, 394–400.

Azzara, C. D. y Dimick, P. S. (1985b). Lipoprotein lipase activity of milk from cows with prolonged subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 68, 3171–3175.

Azzara, C.D. y Dimick, P.S. (1985a). Lipolytic enzyme activity of macrophages in bovine mammary gland secretions. *Journal of Dairy Science*, 68, 1804–1812.

Azzara, C.D. y Dimick, P.S. (1989). Paracellular leakage of lipoprotein lipase across the mammary epithelium of the goat. *Journal of Dairy Science*, 72(5), 1159.

Bachmann, M. (1961). Das Problem der Ranzigkeit in Milch und Käse. *Schweiz. Milchztg*, 87, 629–635.

Baggiolini, M., Bretz, U. y Dewald, B. (1978). Subcellular localisation of granulocyte enzymes. En: Havemann, K. y Janoff, A. (Eds.), *Neutral proteases of human polymorphonuclear leucocytes* (pp. 3–17) Baltimore, MD, EEUU: Urban and Schwarzenburg Inc.

Baldi, A., Savoini, G., Cheli, F., Fantuz, F., Senatore, E., Bertocchi, L. y Politis, I. (1996). Changes in plasmin-plasminogen-plasminogen activator system in milk from Italian Friesian herds. *International Dairy Journal*, 6, 1045–1053.

Banks, J. M., Muir, D. D., Brechany, E. Y. y Law, A. J. R. (1992). The production of low-fat hard ripened cheese. En: Cogan, T.M., Fox, P.F. y Ross, P. (Eds.), *Proceedings of the third cheese symposium* (pp. 67–80). Cork, Ireland: National Dairy Products Research Centre, Fermoy, Co.

Barbano, D. M., Rasmussen, R. R. y Lynch, J. M. (1991). Influence of milk somatic cell count and milk age on cheese yield. *Journal of Dairy Science*, 74, 369–388.

Barber, M. C., Clegg, R. A., Travers, M. T. y Vernon, R. G. (1997). Lipid metabolism in the lactating mammary gland. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1347, 101–126.

Bárceñas, P., Pérez de San Roman, R., Pérez Elortondo, F.J. y Albisu, M. (2001). Consumer preference structures for traditional Spanish cheeses and their relationship with sensory properties. *Food Quality and Preference*, 12, 269–279.

Barlow, I., Lloyd, G. T., Ramshaw, E. H., Miller, A. J., McCabe, G. P. y McCabe, L. (1989). Correlations and changes in flavour and chemical parameters of Cheddar cheeses during maturation. *Australian Journal of Dairy Technology*, 44, 7–18.

Baro, J.A., Carriedo, J.A. y San Primitivo, F. (1994). Genetic parameters of test day measures for somatic cell count, milk yield and protein percentage of milking ewes. *Journal of Dairy Science*, 77, 2658–2662.

Barron, L.J.R., Fernández de Labastida, E., Perea, S., Chávarri, F., de Vega, C., Vicente, M.S., Torres, M.I., Nájera, A.I., Virto, M., Santisteban, A., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Salmerón, J., Mendía, C., Torre, P., Ibañez, F.C. y de Renobales, M. (2001). Seasonal changes in the composition of bulk raw ewe's milk used for Idiazabal cheese manufacture. *International Dairy Journal*, 11, 771–778.

Barron, L.J.R., Redondo, Y., Aramburu, M., Gil, P., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Nájera, A.I., de Renobales, M. y Fernández-García. (2007). Volatile composition and sensory properties of industrially produced Idiazabal cheese. *International Dairy Journal*, 17, 1401–1414.

Barron, L.J.R., Redondo, Y., Flanagan, C.E., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Nájera, A.I., de Renobales, M. y Fernández-García, E. (2005). Comparison of the volatile composition and sensory characteristics of Spanish PDO cheeses manufactured from ewes' raw milk and animal rennet. *International Dairy Journal*, 15, 371–382.

Bauman, D.E. y Lock, A.L. (2006). Conjugated linoleic acid: biosynthesis and nutritional significance. En: Fox, P.F. y McSweeney, P.L.H. *Advanced Dairy Chemistry Volume 2. Lipids*. 3ª ed. (pp. 93–137). Nueva York, EEUU: Springer.

Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A. y Grinari, J.M. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. Disponible en: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf>

Bauman, D.E., Corl, B.A. y Peterson, D.G. (2003). The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. En: Sebedio, J.L., Christie, W.W. y Adlof, R.O. (Eds.), *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, vol. 2. (pp. 146–173). Champaign, Illinois, EEUU: AOCS Press.

Bencini, R. y Pulina, G. (1997). The quality of sheep milk: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37, 485–504.

Bengtsson-Olivecrona, G. y Olivecrona, T. (1991). Phospholipase activity of milk lipoprotein lipase. En: Dennis, E.A. (ed.). *Methods in Enzymology*, Vol. 197 (pp. 345–356). Nueva York, EEUU: Academic Press, Inc.

Bergonier, D. y Berthelot, X. (2003). New advances in Epizootiology and control of ewe mastitis. *Livestock Production Science*, 79, 1–16.

Bergonier, D., De Crémoux, Rupp, R., Lagriffoul, G. y Berthelot, X. (2003). Mastitis dairy small ruminants. *Veterinary Research*, 34, 689–716.

Berthelot, X., Lagriffoul, G., Concordet, D., Barillet, F. y Bergonier, D. (2006). Physiological and pathological thresholds of somatic cell counts in ewe milk. *Small Ruminant Research*, 62, 27–31.

Bianchi, L., Bolla, A., Budelli, E., Caroli, A., Casoli, C., Pauselli, M. y Duranti, E. (2004). Effect of udder health status and lactation phase on the characteristics of Sardinian ewe milk. *Journal of Dairy Science*, 87, 2401–2418.

Bills, D. D., y Day, E. A. (1964). Determination of the major free fatty acids of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 47, 733–738.

Biondi, L., Valvo, M.A., Di Gloria, M., Scinaro Tenghi, E., Galofaro, V. y Priolo, A. (2008). Changes in ewe milk fatty acids following turning out pasture. *Small Ruminant Research*, 75 (1), 17–23.

BOE n 120 (1993). Orden de 6 de mayo de 1993 por la que se aprueba el “Reglamento de la Denominación de Origen Queso Zamorano y de su Consejo Regulador”, Boletín Oficial del Estado de 20 de mayo de 1993, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.

BOE n 292 (1985). Orden de 29 de noviembre de 1985 por la que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos destinados al mercado interior, Boletín Oficial del Estado de 6 de diciembre de 1985, Presidencia del Gobierno, Madrid, España.

Bor, A., Winkler, M. y Gootwine, E. (1989). Non-clinical intramammary infection in lactating ewes and its association with clinical mastitis. *British Veterinary Journal*, 145, 178–184.

Bosset J.O. y Gauch R. (1993). Comparison of the volatile flavour compounds of six European ‘AOC’ cheeses by using a new dynamic headspace GC-MS method. *International Dairy Journal*, 3, 359–377.

Bosset, J. O. y Liardon, R. (1984). The aroma composition of Swiss Gruyère cheese. II. The neutral volatile components. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 17, 359–362.

Bosset, J. O. y Liardon, R. (1985). The aroma composition of Swiss Gruyère cheese. III. Relative changes in the content of alkaline and neutral volatile components during ripening. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 18, 178–185.

Boyazoglu, J. (2000). Products of origin. *Journal of Animal Production*. Greece.

Boyazoglu, J. y Morand-Fehr, P. (2001). Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review. *Small Ruminant Research*, 40, 1–11.

Brule, G. y Lenoir, J. (1990). La coagulación de la leche. En: Eck, A., (ed.) *El queso* (pp. 3–20). Barcelona, España: Omega S.A.

Bufano, G., Dario, C., Laudario, V. (1996). The characterisation of Leccese sheep: variations of chemical composition and lactodynamographic parameters in milk as related to somatic cell counts. En: *Somatic Cells and Milk of Small Ruminants*. EAAP Publ. No. 77 (pp. 301–304). Wageningen, Países Bajos: Wageningen Pers.

Bugaud, C., Buchin, S., Hauwuy, A. y Coulon, J. B. (2001). Relationships between flavour and chemical composition of Abondance cheese derived from different types of pastures. *Le Lait*, 81, 757–773.

Caballero, J.R., Peña, García del Río, F.D. (2001) Análisis cualitativo de la producción de leche en oveja Merina. *XXVI Jornadas Científicas y V Internacionales de Ovinotecnia y Caprinotecnia*. Sevilla, España.

Cabezas, L., Sánchez, I., Poveda, J.M., Seseña, S. y Palop, M.LL. (2007). Comparison of microflora, chemical and sensory characteristics of artisanal Manchego cheeses from two dairies. *Food Control*, 18, 11–17.

Calavas, D., Bugnard, F., Ducrot, C. y Sulpice, P. (1998). Classification of the clinical types of udder disease affecting nursing ewes. *Small Ruminant Research*, 29, 21–31.

Cañeque, V., Pérez, C., Velasco, S., Díaz, M. T., Lauzurica, S., Álvarez, I., Ruiz de Huidobro, F., Onega, E. y De la Fuente, J. (2004) Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. *Meat Science*, 67, 595–605.

Carbonell, M., Núñez, M. y Fernández-García, E. (2002). Seasonal variation of volatile compounds in ewe raw milk La Serena cheese. *Lait*, 82, 699–711.

Carr, I. (1973). Introduction: the free macrophage. En: *The Macrophage, a review of ultrastructure and function* (pp. 7–8). Nueva York, EEUU: Academic Press.

Chalier, P., y Crouzet, J. (1993). Production of volatile components by *Penicillium roqueforti* cultivated in the presence of soya bean oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 8, 43–49.

Chávarri, F. (1999) Lipólisis en el queso Idiazabal: efecto de la época de elaboración, del cultivo iniciador, de la pasteurización y del tipo de cuajo. *Tesis Doctoral n° 35*, Universidad del País Vasco. Vitoria-Gasteiz, España.

Chávarri, F., Bustamante, M.A., Santisteban, A., Virto, M., Barrón, L.J.R. y Renobales, M. (1999). Changes in free fatty acids during ripening of Idiazabal cheese manufactured at different times of the year. *Journal of Dairy Science*, 82, 885–890.

Chich, J.F., Marchesseau, K. y Gripon, J.C. (1997). Intracellular esterase from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* NCDO 763: Purification and characterization. *International Dairy Journal*, 7, 169–174.

Choisy, C., Desmazeaud, M., Gripon, J.C., Lamberet, G., Lenoir, J. y Tourneur, C. (1990). Los fenómenos microbiológicos y enzimáticos y la bioquímica del afinado. En: Eck, A. (ed.) *El queso*, (pp. 57–91), Barcelona, España: Omega, S.A.

Christie, W.W. (1995). Composition and structure of milk lipids. En: Fox, P.F. (ed.), *Advanced Dairy Chemistry, Vol. 2: Lipids*. Londres, Inglaterra: Chapman and Hall.

Cogan T.M. y Hill C. (1993) Cheese starter cultures. En: Fox P.F. (ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2ª ed. (pp. 193–255). Londres, Inglaterra: Chapman & Hall.

Cogan, T.M. y Daly, C. (1987). Cheese starter cultures. En: Fox, P.F. (ed.), *Cheese: chemistry, physics and microbiology, Vol. 1: General aspects* (pp. 179–249). Essex, Inglaterra: Elsevier Applied Science Publishers.

Cohn, Z. A. (1975). The role of proteases in macrophage physiology. En: Reich, E., Rifkin, D.B. y Shaw, E. (eds.), *Proteases and biological* (pp. 483–491). New York, EEUU: Cold Spring Harbour Laboratory.

Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H. y Wilkinson, M.G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 11, 841–866.

Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H. y Wilkinson, M.G. (2004). Lipolysis and catabolism of fatty acids in cheese. En: Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M. y Guinee, T.P. (eds.), *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 1, General Aspects* 3ª ed. (pp. 373–389), Amsterdam, Países Bajos: Ed. Elsevier Academic Press.

Considine T., Healy A., Kelly A.L. y McSweeney, P.L.H. (1999). Proteolytic specificity of elastase on bovine β -casein. *Food Chemistry*, 66, 463–470.

Considine, T., Heali, A., Kelly, A. L. y McSweeney, P. L. H. (2000). Proteolytic specificity of elastase on bovine α ₁-casein. *Food Chemistry*, 69, 19–26.

Considine, T., Healy, A., Kelly, A. L. y McSweeney, P. L. H. (2004). Hydrolysis of bovine caseins by cathepsin D, a cysteine proteinase indigenous to milk. *International Dairy Journal*, 14, 117–124.

Creamer L.K., Lawrence R.C. y Gilles J. (1985). Effect of acidification of cheese milk on the resultant Cheddar cheese. *New Zealand Journal of Dairy Science Technology*, 20, 185–203.

Creamer, L. K. (1970). Protein breakdown in Gouda cheese. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 5, 152–154.

Creamer, L. K., y Olson, N. (1982). Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 47, 631–636, 646.

Curic, M., de Richelieu, M. y Henriksen, C. M. (1999). Glucose/citrate cometabolism in *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *Diacetylactis* with impaired α -acetolactate decarboxylase. *Metabolic Engineering*, 1, 291–298.

Curioni, P.M.G. y Bosset, J.O. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal*, 12, 959–984.

Dalgleish, D.G. (1993). The enzymatic coagulation of milk. En: Fox, P.F. (ed.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (pp.69-100). Londres, Inglaterra: Chapman and Hall.

Dario, C. y Bufano, G. (1991). Investigation of mastitis occurrence in purebred and crossbred ewes. En: Owen, J.B. y Axford, R.F.E. (ed.), *Breeding for disease resistance in farm animals*. (pp. 479–480), Wallingford, Inglaterra: Ed. CAB International.

De Jong, L. (1976). Protein breakdown in soft cheese and its relations to consistency. I. Proteolysis and consistency of noordhollandic Meshanger cheese. *Netherlands Milk Dairy Journal*, 30, 242–253.

De la Cruz, M., Serrano, E., Montoro, V., Marco, J. C., Romeo, M., Baselga, R., Albizu, I. y Amorena, B. (1994). Etiology and prevalence of subclinical mastitis in the Manchega sheep at mid-late lactation. *Small Ruminant Research*, 14, 175–180.

De la Fuente, L. F., San Primitivo, F., Fuertes, J.A. y Gonzalo, C. (1997b). Daily and between-milking variations and repeatabilities in milk yield, somatic cell count, fat, and protein of dairy ewes. *Small Ruminant Research*, 24, 133–139.

De la Fuente, L.F., Barbosa, E., Carriedo, J.A., Gonzalo, C., Arenas, R., Fresno, J.M. y San Primitivo, F. (2009) Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk. *Journal of Dairy Science*, 92, 3791–3799.

De la Fuente, L.F., Baró, J.A. y San Primitivo, F. (1995). Breeding programme for the Spanish Churra sheep breed. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 11, 165–172.

De la Fuente, L.F., Merino, E., López, T. y San Primitivo, F. (1996). Problemática del programa de selección de la raza Churra. *ITEA*, 92A, 31–43.

De la Fuente, L.F., San Primitivo, F., López, T. y Merino, E. (1997a). Aspectos problemáticos en el programa de selección de la raza Churra. *Feagas*, 10, 46–48.

De La Fuente, M.A., Fontecha, J. y Juárez, M. (1993). Fatty acid composition of the triglyceride and free fatty acid fractions in different cows-, ewes- and goats-milk cheeses. *Z. Lebensmitteluntersuchung Forsch.*, 196, 155–158.

Deckelbaum, R. J., Hamilton, J. A., Moser, A., Bengtsson-Olivecrona, G., Butbul, E., Carpentier, Y. A., Gutman, A. y Olivecrona, T. (1990). Medium-chain versus long chain triacylglycerol emulsion hydrolysis by lipoprotein lipase and hepatic lipase: Implications for the mechanisms of lipase action. *Biochemistry*, 29, 1136–1142.

Deeth, H. C. y Fitz-Gerald, C. H. (1978). Effects of mechanical agitation of raw milk on the milk-fat globule in relation to the level of induced lipolysis. *Journal of Dairy Research*, 45, 373–380.

Deeth, H.C. (2006). Lipoprotein lipase and lipolysis in milk. *International Dairy Journal*, 16, 555–562.

Deeth, H.C. y Fitz-Gerald (2006). Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity. En: Fox, P.F. y McSweeney, P.L.H. (ed.), *Advanced Dairy Chemistry Volume 2. Lipids*. 3ª ed. (pp. 481–557). Nueva York, EEUU: Springer.

Deeth, H.C. y Touch, V. (2000). Methods for detecting lipase activity in milk and milk products. *Australian Journal of Dairy Science and Technology*, 55, 153–168.

Dekkers, J.C.M. (1995). Genetic improvement of dairy cattle for profitability. *Animal Science Research and Development: Moving toward a new century. Agricultural Agri-Food* (pp. 307–327). Ottawa, Canadá.

Delahunty, C.M. y Piggot, J.R. (1995). Current methods to evaluate contribution and interactions of components to flavour of solid foods using hard cheese as an example. *International Journal of Food Science and Technology*, 30, 555–570.

Department of Health (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on health and social subjects No. 46. HMSO. Londres, Inglaterra.

Díaz, J. R., Muelas, R., Segura, C. y Molina, P. (1996) Effect of mastitis on milk composition in Manchega ewes preliminary results. En: *Somatic Cells and Milk of Small Ruminants* (pp. 305–306). Wageningen, Países Bajos: Wageningen Pers.

DiCagno, R., Banks, J., Sheehan, L., Fox, P.F., Brechany, E.Y., Corsetti, A. y Gobetti, M. (2003). Comparison of the microbiological, compositional, biochemical, colatile profile and sensory characteristics of three Italian PDO ewes' milk cheeses. *International Dairy Journal*, 13, 961–972.

DiMarzo, S., DiMonaco, R., Cavela, S., Romano, R., Borriello, I. y Masi, P. (2006). Correlation between sensory and instrumental properties of Canestrato Pugliese slices packed in biodegradable films. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 169–176.

Donnelly, W. J., Barry, J. G. y Buchheim, W. (1984). Casein micelle composition and syneretic properties of late lactation milk. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 8, 121–130.

Dufossé, L., Latrassé, A., y Spinnler, H. E. (1994). Importance des lactones dans les arômes alimentaires: Structures, distribution, propriétés sensorielles et biosynthèse. *Science Alimentaire*, 14, 17–50.

Dulin, A. M., Paape, M. J., Schultze, W. D., Weinland, B. T. (1983). Effect of parity, stage of lactation and intramammary infection on concentration of somatic cells and cytoplasmic particles in goat milk. *Journal of Dairy Science*, 66, 2426–2433.

Dumont, J.P. y Adda, J. (1978). Flavour formation in dairy products. En: Land, D.G. y Nursten, H.E. (ed.), *Progress in Flavour Research* (pp.254–255). Londres, Inglaterra: Applied Science Publ. Ltd.

Duncan, S.E., Christen, G.L. y Penfield, M.P. (1991). Rancid flavor of milk: relationship of acid degree value, free fatty acids and sensory perception. *Journal of Food Science*, 56, 394–397.

Dunn, H. C. y Lindsay, R. C. (1985). Comparison of methods for the analysis of higher boiling flavour compounds in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 68, 2853–2858.

Duranti, E. y Casoli, C. (1991). Variazione della composizione azotata e dei parametri lattodinamografici del latte di pecora in funzione del contenuto di cellule somatiche. *Zoot. Nutr. Animal*, 17, 99–105.

Duranti, E. y Casoli, C., 1988. Sheep milk production in the Sarda, Comisana and Massese breeds in the Umbria region. En: *Proceedings of the VIII National Congress of SIPAOC* (pp. 41–74). 13–15 Octubre 1988, Viterbo, Italia.

Early, R. (1998). *Tecnología de los productos lácteos*. Zaragoza, España: Ed. Acribia.

Egelrud, T. y Olivecrona, T. (1972). The purification of a lipoprotein lipase from a bovine skim milk. *Journal of Biological Chemistry*, 247 (19), 6212–6217.

El-Masannat, E. T. S. (1987). Ovine mastitis with special reference to mastitis caused by *Pasteurella haemolytica*. Tesis Doctoral The Royal Veterinary College. University of London. Londres, Inglaterra.

El-Saied, U.M., Carriedo, J.A., De la Fuente, L.F. y San Primitivo, F. (1999) Genetic parameters of lactation cell counts and milk and protein yields in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 82, 639–644.

El-Soda, M. y Pandian, S. (1991). Recent developments in accelerated cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 74, 2317–2335.

Emery, R.S. (1988). Milk fat depression and the influence of diet on milk composition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 4, 289–305.

Engels, W. J. M., Dekker, R., de Jong, C., Neeter, R. y Visser, S. (1997). A comparative study of volatile compounds in the watersoluble fraction of various types of ripened cheese. *International Dairy Journal*, 7, 255–263.

Eriksen, S. (1976). Flavours of milk and milk products. I. The role of lactones. *Milchwissenschaft*, 31, 549–550.

Etayo, I., Pérez Elortondo, F.J., Gila, P.F., Albisu, M., Virto, M., Conde, S., Rodríguez Barrón, L.J., Nájera, A.I., Gómez-Hidalgo, M.E., Delgado, C., Guerra, A. y De Renobales, M. (2006). Hygienic quality, lipolysis and sensory properties of Spanish Protected Designation of Origin ewe's milk cheeses manufactured with lamb rennet paste. *Lait*, 86, 415–434.

Fagan, C. C., Leedy, M. Castillo, M., Payne, F.A., O'Donnell, C.P. y O'Callaghan, D.J. (2007). Development of a light scatter sensor technology for on-line monitoring of milk coagulation and whey separation. *Journal of Food Engineering*, 83(1), 61–67.

FAO (2009). Food and Agriculture Organization. Consulta on line: <http://www.fao.org/corp/statistics/es/>. Consultado: 24 de diciembre de 2009.

Farkye N.Y. y Fox P.F. (1992). Contribution of plasmin to Cheddar cheese ripening: effect of added plasmin. *Journal of Dairy Research*, 59, 209–216.

Farkye, N.Y. (1995). Contribution of milk-clotting enzymes and plasmin to cheese ripening. *Chemistry of Structure-Function Relationship in Cheese*, 195–207.

Farkye, N.Y. y C.F. Landkammer (1992). Milk plasmin activity influence on Cheddar cheese quality during ripening. *Journal of Food Science*, 57, 622–624.

Fennema, O. R. (2000) *Química de los alimentos*. 2ª edición. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Fernández-García E. (1996) Use of headspace sampling in the quantitative analysis of artisanal Spanish cheese aroma. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44, 1833–1839.

Fernández-García, E., Carbonell, M. y Núñez, M. (2002). Volatile fraction and sensory characteristics of Manchego cheese. 1. Comparison of raw and pasteurized milk cheese. *Journal of Dairy Research*, 69(4), 579–593.

Fernández-García, E., Carbonell, M., Gaya, P. y Núñez (2004a). Evolution of the volatile components of ewes raw milk Zamorano cheese. Seasonal variation. *International Dairy Journal*, 14, 701–711.

Fernández-García, E., Gaya, P., Medina, M., y Nuñez, M. (2004b). Evolution of the volatile components of raw ewes' milk Castellano cheese. Seasonal variation. *International Dairy Journal*, 14, 39–46.

Fernández-García, E., López Fandino, R., Alonsa, L. y Ramos, M. (1994). The use of lipolytic and proteolytic enzymes in the manufacture of Manchego type cheese. *Journal of Dairy Science*, 77, 2139–2149.

Ferrazza, R.E., Fresno, J.M., Ribeiro, J.I., Tornadijo, M.E. y Mansur Furtado, M. (2004). Changes in the microbial flora of Zamorano cheese (P.D.O.) by accelerated ripening process. *Food Research International*, 37, 149–155.

Ferreira, I.M.P.L.V.O., Pinho, O. y Sampaio, P. (2009). Volatile fraction of DOP “Castelo Branco” cheese: influence of breed. *Food Chemistry*, 112, 1053–1059.

Fitz-Gerald, C. H., Deeth, H. C. y Kitchen, B. J. (1981). The relationship between the levels of free fatty acids, lipoprotein lipase, carboxylesterase, *N*-acetyl- β -*D*-glucosaminidase, somatic cell count and other mastitis indices in bovine milk. *Journal of Dairy Research*, 48, 253–265.

Fortin, J. y Desplancke, C. (2000) *Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores*. Zaragoza: España: Ed. Acribia.

Fox P. F. y Law, B. A. (1991) Enzymology of cheese ripening. *Food Biotechnology*, 5, 239–262.

Fox P.F. (1989). Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *Journal of Dairy Science*, 72, 1379–1400.

Fox P.F. y McSweeney P.L.H. (1996). Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International*, 12 (4), 457–509.

Fox P.F. y Wallace J.M. (1997). Formation of flavour compounds. *Advances in Applied Microbiology*, 45, 17–85.

Fox P.F., Singh T.K. y McSweeney P.L.H. (1995). Biogenesis of flavour compounds in cheese. En: Malin E.L. y Tunick M.H. (eds.), *Chemistry of Structure-Function Relationships in Cheese* (pp. 59–98), Nueva York, EEUU: Plenum Press.

Fox, P.F y McSweeney, P.L.H. (2006) *Advanced dairy chemistry. Volume 2. Lipids*. 3ª ed. Nueva York, EEUU: Springer.

Fox, P.F, McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M, Guinee, T.P. (2000) *Fundamentals of Cheese Science*. Gaithersburg, MD, EEUU: Aspen Publishers Inc.

Fox, P.F, McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M. y Guinee, T.P. (2004) *Cheese. Chemistry, physics and microbiology. Volume 1. General Aspects*. 3 ed. Londres, Inglaterra: Ed. Elsevier Academic Press.

Fox, P.F. (1992). Indigenous enzymes in milk: proteinases. En: Fox, P.F. (ed.) *Advanced Dairy Chemistry-1-Proteins* (pp. 219–269) Londres, Inglaterra: Elsevier Applied Science.

Fox, P.F. y Kelly, A.L. (2006). Indigenous enzymes in milk: overview and historical aspects-Part 1. *International Dairy Journal*, 16, 500–516.

Fox, P.F.; O'Connor, T.P. y McSweeney, P.L.H. (1996). Cheese: physical, biochemical and nutritional aspects. *Advances in Food and Nutrition Research*, 39, 163–328.

Franco, I., Prieto, B., Bernardo, A., González Prieto J. y Carballo J. (2003). Biochemical changes throughout the ripening of a traditional Spanish goat cheese variety (Babia-Laciana). *International Dairy Journal*, 13, 221–230.

Franco, I., Prieto, B., Urdiales, R., Fresno, JM. y Carballo, J. (2001). Study of the biochemical changes during ripening of Ahumado de Ávila cheese: a Spanish traditional variety. *Food Chemistry*, 74, 463–469.

Frau, M., Simal, S., Femenia, A., San Juan, E. y Rosseló, C. (1999). Use of principal component analysis to evaluate the physical properties of Mahon cheese. *European Food Research and Technology*, 210, 73–76.

Freitas, A.C. y Malcata, F.X. (1998). Lipolysis in Picante cheese: influence of milk type and ripening time on free fatty acid profile. *Lait*, 78, 251–258.

Freitas, C. y Malcata, F.X. (2000). Microbiology and biochemistry of cheeses with Appellation d'Origine Protégée and manufactured in the Iberian Peninsula from ovine and caprine milks. *Journal of Dairy Science*, 83, 584–602.

Fruganti, G., Ranucci, S., Tessei, B. y Valente, C. (1985). Valutazione dello stato sanitario della mammella di pecore durante un intero ciclo di lattazione. *Clinica Veterinaria*, 108, 286.

Fthenakis y Jones (1990). The effect of experimentally induced subclinical mastitis on milk yield of ewes and on the growth of lambs. *British Veterinary Journal*, 146, 43–49.

Fthenakis, G. C., El Masannat, E. T., Booth, J. M. y Jones, J. E. T. (1991). Somatic cell count of ewes' milk. *British Veterinary Journal*, 147, 575–581.

Fthenakis, G.C. (1996). Somatic cell counts in milk of Welsh-Mountain, Dorset-Horn and Chios ewes throughout lactation. *Small Ruminant Research*, 20, 155–162.

Fthenakis, G.C., El Masannat, E.T., Booth, J.M. y Jones, J.E.T. (1991). Somatic cell count of ewes' milk. *British Veterinary Journal*, 147, 575–581.

Gaffney, P.J. y Harper, W.J. (1965). Lipase activity in somatic cells from a separator slime. *Journal of Dairy Science*, 48, 613–615.

Galina, M.A., Morales, R., López, B. y Carmona, M.A. (1996). Effect of somatic cell count on lactation and soft cheese yield by dairy goats. *Small Ruminant Research*, 21, 251–257.

Gallois, A. y Langlois, D. (1990). New results in the volatile odorous compounds of French cheese. *Le Lait*, 70, 89–106.

García, F., Martínez, P.; Montilla, J.M., Gasca, A. (1997) Recuentos celulares en leche de ovejas Merinas. *Mundo ganadero*, 87, 51–52.

Garde, S., Gaya, P., Fernández-García, E., Medina, M. y Núñez, M. (2003). Proteolysis, volatile compounds, and sensory evaluation in Hispánico cheese manufactured with the addition of a thermophilic adjunct culture, nisin, and calcium alginate-nisin microparticles. *Journal of Dairy Science*, 86, 3038–3047.

Gargouri, A., Hamed, H. y ElFeki, A. (2008). Total and differential bulk cow milk somatic cell counts and their relation with lipolysis. *Livestock Science*, 113, 274–279.

Georgala, A., Moschpoulou, E., Aktypis, A., Massouras, T., Zoidou, E., Kandarakis, I. y Anifantakis, E. (2005). Evolution of lipolysis during the ripening of traditional Feta cheese. *Food Chemistry*, 93, 73–80.

Givens, D.I. y Moss, A.R. (1994). Effect of breed, age and bodyweight of sheep on the measurement of apparent digestibility of dried grass. *Animal Feed Science and Technology*, 46, 152–162.

Glass, R.L., Troolin, H.A. y Genes, R. (1967). Comparative biochemical studies of milk-IV. Constituent fatty acids of milk fats. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 22, 415–425.

Gobbetti, M., Corsetti, A., Smacchi, E., De Angelis, M. y Rossi, J. (1997). Microbiology and biochemistry of Pecorino Umbro cheese during ripening. *Italian Journal of Food Science*, 2 (9), 111–126.

Godinho, M. y Fox, P.F. (1981). Ripening of Blue Cheese. Influence of salting rate on lipolysis and carbonyl formation. *Milchwissenschaft*, 36(8), 476–478.

Gómez, M.J., Gallego, R., Hernández, D., Tavera, J.M., Pérez-Guzman, M.D., Montoro, V. (1997) Primeros resultados de la aplicación del programa de control de mamitis subclínicas en ovino de raza Manchega. *ITEA*, 2, 691–693.

Gómez-Ruiz, J.A., Ballesteros, C., González Viñas, M.A., Cabezas, L. y Martínez-Castro, I. (2002). Relationships between volatile compounds and odour in Machego cheese: comparison between artisanal and industrial cheeses at different ripening times. *Lait*, 82, 613–628.

González, C., De la Fuente, L.F. y San Primitivo, F. (2001). Situación actual de la raza ovina Castellana. *Archivos de Zootecnia*, 50, 21–25.

González-Rodríguez, M.C., Gonzalo, C., San Primitivo, F. y Cármenes (1995) Relationship between somatic cell count and intramammary infection of the half udder in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 78, 2753–2759.

Gonzalo C., Tardáguila A., Ariznabarreta A., Romeo M., Monitoro V., Pérez-Guzmán M.D. y Marco, Y.J.C. (2000). Recuentos de células somáticas en el ganado ovino lechero y estrategias de control. Situación en España. *Ovis*, 66, 21–27.

Gonzalo, C., Ariznabarreta, A., Carriedo, J.A. y San Primitivo, F. (2002). Mammary pathogens and their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 85, 1460–1467.

Gonzalo, C., Carriedo, Gómez, J.D., Gómez, L.D. y San Primitivo, F. (1994b). Diurnal variation in the somatic cell count of ewe milk. *Journal of Dairy Science*, 77, 1537–1542.

Gonzalo, C., Carriedo, J.A., Baro, J.A. y San Primitivo, F. (1994a). Factors influencing variation of test day milk yield, somatic cell count, fat, and protein in dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 77, 1537–1542.

Gonzalo, C., Carriedo, J.A., Blanco, M.A., Beneitez, E., Juárez, M.T., De la Fuente, L.F. y San Primitivo, F. (2005). Factors of variation influencing bulk tank somatic cell count in dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 88, 969–974.

Gonzalo, C., Martínez, J. R. y San Primitivo, F. (1998). Significación y métodos de valoración del recuento celular en la leche de oveja. *Ovis*, 56.

Grandison, A. S. y Ford, D. (1986) Effects of variations in somatic cell counts on rennet coagulation properties of milk and on the yield, composition and quality of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*, 53, 645–655.

Green, T. J. (1984). Use of somatic cell counts for detection of subclinical mastitis in ewes. *The Veterinary Record*, 114, 43.

Gripon J.C. (1993). Mould-ripened cheeses. En: Fox P.F. (ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2 (pp. 111–136). Londres, Inglaterra: Chapman and Hall.

Gripon, J. C., Monnet, V., Lamberet, G. y Desmazeaud, M. J. (1991). Microbial enzymes in cheese ripening. En: Fox, P.F. (ed.), *Food enzymology* (pp. 131–168). Nueva York, EEUU: Elsevier Science Publishing Co., Inc.

Grufferty, M. B. y Fox, P. F. (1988a). Milk alkaline proteinase. *Journal of Dairy Research*, 55, 609–630.

Grufferty, M. B. y Fox, P. F. (1988b). Functional properties of casein hydrolysed by alkaline milk proteinase. *N. Z. Journal of Dairy Science and Technology*, 23, 95–108.

Gudding, R. (1982) Increased free fatty acid concentrations in mastitic milk. *Journal of Food Protection*, 45, 1143.

Guinard, J. X. y Mazzucchelli, R. (1996). The sensory perception of texture and mouthfeel. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 213–219.

Guinee, T.P. y McSweeney, P.L.H. (2006). Significance of milk fat in cheese. En: Fox, P.F y McSweeney, P.L.H. (ed.), *Advanced dairy chemistry. Volume 2. Lipids*. 3ª ed. Nueva York, EEUU: Springer.

Haenlein, G.F.W. (2002). Relationships of somatic cell counts in goat milk to mastitis and productivity. *Small Ruminant Research*, 45, 163–178.

Haenlein, G.F.W., Schultz, L.H. y Zikakis, J.P. (1973) Composition of proteins in milk with varying leucocyte contents. *Journal of Dairy Science*, 56, 1017–1024.

Hamann, J. (2000). Teat tissue resistance mechanisms with special regard to machine milking. En: Zecconi, A. (ed.), *Proceedings of the International Symposium on Immunology of Ruminant Mammary Gland* (pp. 102–111), 11–14 Junio 2000. Stresa, Italia.

Harmon, J., Burvenich, C., Mayntz, M., Osteras y O., Haider, W. (1994). Machine induced changes in the status of the bovine teat with respect to the new infection risk. *Bulletin no. 297, International Dairy Federation* (pp. 13–22). Bruselas, Bélgica.

Hassouna, M., Nafti, A. y Ghrir, R. (1996). Láffinage d'un fromage à pate molle et à croute fleurie de type camembert au lait cru de brebis: aspects microbiologiques et physico-chimiques. *Science des Aliments*, 16 (2), 187–203.

Hawke, J.C. y Taylor, M.W. (1995). Influence of nutritional factors on the yield, composition and physical properties of milk fat. En: Fox, P.F. (ed.), *Advanced Dairy Chemistry. 2: Lipids*. 2ª ed. (pp. 37-88). Londres, Inglaterra: Chapman and Hall.

Heegaard, C. W., Christensen, T., Rasmussen, M.D., Benfeldt, C., Jensen, N.E., Sejrsen, K., Petersen, T.E. y Andreasen, P.A. (1994). Plasminogen activators in bovine-milk during mastitis, an inflammatory disease. *Fibrinolysis*, 8, 22–30.

Heredia, P. B. e Iturritza, G. (1998). Recuento de células somáticas en leche de oveja Laxta. II. Determinación del umbral fisiológico. *Medical Veterinary*, 5, 33–38.

Hernández, I., Barrón, L.J.R., Virto, M., Pérez-Elortondo, F.J., Flanagan, C., Rozas, U., Nájera, A.I., Albisu, M., Vicente, M.S. y de Renobales, M. (2009). Lipolysis, proteolysis and sensory properties of ewe's raw milk cheese (Idiazabal) made with lipase addition *Food Chemistry*, 116, 158–166.

Hoke, K.E. y Davis, C.E. (1970). Lighting conditions for evaluation of beef marbling and color. *Food Technology*, 24, 283.

Holmes, D. G., Duersch, J. W. y Ernstrom, C. A. (1977). Distribution of milk clotting enzymes between curd and whey and their survival during cheddar cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 60, 262–269.

Horne, J., Carpino, S. Tuminello, L., Rapisarda, T., Corallo, L. Y Licitra, G. (2005). Differences in volatiles, and chemical, microbial and sensory characteristics between artisanal and industrial Piacentinu Ennese cheeses. *International Dairy Journal*, 15, 605-617.

Horwood, J.F., Lloyd, G.T. y Stark, W. (1981). Some flavour components of Feta cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 36, 34–37.

Hurley, M.J., Larsen, L.B., Kelly, A. L. y McSweeney, P.L.H. (2000). The milk acid proteinase, cathepsin D: A review. *International Dairy Journal*, 10, 673–681.

IDF (International Dairy Federation) (1969) Milkfat products and butter. Determination of fat acidity. *IDF (IDF Standard 6A)*. Bruselas.

IDF (International Dairy Federation) (1958) Determinación de la material seca del queso y del queso fundido. *FIL-IDF 4:1958*.

IDF (International Dairy Federation) (1962) Determinación del contenido total en nitrógeno de la leche por el método Kjeldahl. *FIL-IDF 20:1962*

IDF (International Dairy Federation) (1962) Determinación del contenido en sólidos totales de la leche. *FIL-IDF* 21:1962.

IDF (International Dairy Federation) (1964) Determinación del contenido en lactosa de la leche. *FIL-IDF* 28:1964

IDF (International Dairy Federation) (1964) Determinación del contenido en cenizas del queso. *FIL - IDF* 27:1964.

IDF (International Dairy Federation) (1965) Extracción de la grasa del queso. *FIL - IDF* 32:1965.

IDF (International Dairy Federation) (1967) Determinación del contenido en lactosa del queso y de los quesos fundidos. *FIL-IDF* 43:1967.

IDF (International Dairy Federation) (1969) Determinación del contenido en materia grasa del queso y de los quesos fundidos (método de referencia). Código de Principios referente a la leche y a los Productos Lácteos. Norma B-3. *FIL-IDF* 5A: 1969.

IDF (International Dairy Federation) (1981) Leche. Determinación del contenido en grasa. Butirómetros Gerber. *FIL - IDF* 105:1981.

INE (2009), Instituto Nacional de Estadística, España. Consulta on line: <http://www.ine.es/>. Consultado: 24 de diciembre de 2009.

Irigoyen, A., Izco, J.M., Ibáñez, F.C. y Torre, P. (2001). Influence of rennet milk-clotting activity on the proteolytic and sensory characteristics of an ovine cheese. *Food Chemistry*, 72, 137–144.

Irigoyen, A., Ortigosa, M., Juansaras, I., Oneca, M. y Torre, P. (2007). Influence of an adjunct culture of *Lactobacillus* on the free amino acids and volatile compounds in a Roncal-type ewe's-milk cheese. *Food Chemistry*, 100, 71–80.

ISO (International Organization for Standardization), (2001). Standard 14156. Milk and milk products. En: *Extraction Methods for Lipids and Liposoluble Compounds*. ISO. Génova, Suiza.

Izco, J.M. y Torre, P. (2000). Characterisation of volatile flavour compounds in Roncal cheese extracted by the purge and trap method and analysed by GC-MS. *Food Chemistry*, 70, 409–417.

Jaeggi, J.J., Govindasamy-Lucey, S., Berger, Y.M., Johnson, M.E., McKusick, B.C., Thomas, D.L. y Wendorff, W.L. (2003). Hard ewe's milk cheese manufactured from milk of three different groups of somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 86, 3082–3089.

Jaramillo, D.P., Zamora, A., Guamis, B., Rodríguez, M. y Trujillo, A.J. (2008). Cheesemaking aptitude of two Spanish dairy ewe breeds: Changes during lactation and relationship between physico-chemical and technological properties. *Small Ruminant Research*, 78, 48–55.

Jasper, D.E. (1980). Prevalence of mycoplasmal mastitis in the western states. *California Veterinary*, 43, 24–26.

Jenkins, T.C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76, 3851–3863.

Jensen, R.G., Quinn, J.G., Carpenter, D.L. y Sampugna, J. (1967). Gas liquid chromatographic analysis of milk fatty acids: A review. *Journal of Dairy Science*, 50, 119–126.

Junta de Castilla y León (2009). Consulta on line: http://www.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla66y33_100/1131977261144/_/_/. Consultado: 24 de diciembre de 2009.

Jurczak, M. E. y Sciubisz, A. (1981). Studies on the lipolytic changes in milk from cows with mastitis. *Milchwissenschaft*, 36, 217–219.

Kalantzopoulos, G. (1994). Influence of somatic cells on milk and dairy products quality. En: *Proceedings of the International Symposium on Somatic Cells and Milk of Small Ruminants* (pp. 281–290), 25–27 Septiembre 1994. Bella, Italia.

Karahadian, C. y Lindsay, R.C. (1987). Integrated roles of lactate, ammonia and calcium in texture development of mould surface-ripened cheese. *Journal of Dairy Science*, 70, 909–918.

Keব্য, K. M. K., Khader, A. E., Zedan, A. N. y Mahmoud, S. F. (1996). Accelerated ripening of low fat Ras cheese by attenuated lactobacilli cells. *Food Research International*, 29, 705–713.

Keen, A. R., Walker, N. J. y Pederby, M. F. (1974). The formation of 2-butanone and 2-butanol in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*, 41(2), 249–257.

Keeney, M. y Day, E.A. (1957). Probable role of Strecker degradation of amino acids in development of cheese flavor. *Journal of Dairy Science*, 40, 874–875.

Kehrli, J. M. E. y Schuster, D. E. (1994). Factors affecting milk somatic cells and their role in health of the bovine mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 77, 619–627.

Keisler, D.H., Andrews, M.L. y Moffatt, R.J. (1992) Subclinical mastitis in ewes and its effect on lamb performance. *Journal of Animal Science*, 70, 1677–1681.

Kelly, A.L., Reid, S., Joyce, P., Meaney, W.J. y Foley, J. (1998). Effect of decreased milking frequency of cow in late lactation on milk somatic cell count, polymorphonuclear leukocyte numbers, composition and proteolytic activity. *Journal of Dairy Research*, 65, 365–373.

Kinsella, J. E., y Hwang, D. H. (1976a). Enzymes of *Penicillium roqueforti* involved in the biosynthesis of cheese flavour. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 8, 191–228.

Kinsella, J.E. y Hwang, D.H. (1976b). Biosynthesis of flavours by *Penicillium roqueforti*. *Biotechnical Biogenesis*, 18, 927–938.

Kitchen, B.J., Taylor, G.C. y White, I.C. (1970). Milk enzymes: their distribution and activity. *Journal of Dairy Research*, 37, 279–288.

Klei, L., Yun, J., Sapru, A., Lynch, J., Barbano, D., Sears, P. y Galton, D. (1998). Effects of milk somatic cell count on cottage cheese yield and quality. *Journal of Dairy Science*, 81, 1205–1213.

Kosikowski, F.V. y Mocquot, G. (1958). Le mode de formation de la saveur du fromage. En: *Progrès de la technologie du fromage. Etudes agricoles de la FAO, n° 38*, (pp. 151–167). Organisation des Nations Unies par l'Alimentation et l'Agriculture, Roma, Italia.

Krishna, G. A. y Prabhakar, J.V. (1992). Effect of water activity on secondary products formation in autoxidizing methyl linoleate. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 69, 178–183.

Kubícková, J. y W. Grosch. (1997). Evaluation of potent odorants of Camembert cheese by dilution and concentration techniques. *International Dairy Journal*, 7, 65–70.

Kuksis, A., Marai, L. y Myher, J.J. (1973). Triglyceride structure of milk fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 50, 193–201

Kuzdzal-Savoie, S. (1975) Is there a correlation between organoleptic and chemical procedures for the assessment of lypolisis? *International Dairy Federation*, 86, 165-170.

Labussiere, J. (1983). Study on the milking ability of the main sheep breeds of the Mediterranean basin. M4FAO project En: *Proceedings 3^{er} Symposium Internacional de Ordeño Mecánico en Pequeños Rumiantes*, (pp. 730-792).Comité Español, Valladolid, España.

Larmond, E. (1977) Laboratory methods for sensory evaluation of foods. *Canadian Department of Agriculture*, Publication n° 1637

- Laurinaviciute, V., Siugzdaite, J. y Urbienne, D. (2004). Quality and composition of milk with different somatic cell count of two breeds of dairy goats. *Medycyna Weter*, 60 (11), 1137–1248.
- Law, B.A. (1981). The formation of aroma and flavour compounds in fermented dairy products. *Dairy Science Abstracts*, 43(3), 143–154.
- Lawless H., T. y Heymann H., (1998). *Sensory Evaluation of Food Principles and practices*, (pp. 406–450). Nueva York, EEUU: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Lawlor, J. B., Delahunty, C. M., Wilkinson, M. G. y Sheehan, J. (2002). Relationships between the gross, non-volatile and volatile compositions and the sensory attributes of eight hard-type cheeses. *International Dairy Journal*, 12, 493–509.
- Lawlor, J. B., Delahunty, C. M., Wilkinson, M. G. y Sheehan, J. (2003). Swiss-type and Swiss–Cheddar hybrid-type cheeses: Effects of manufacture on sensory character and relationships between sensory attributes and volatile compounds and gross compositional constituents. *International Journal of Dairy Technology*, 56, 39–51.
- Lawrence, R. C. (1966). The oxidation of fatty acids by spores of *Penicillium roqueforti*. *Journal of General Microbiology*, 44, 393–405.
- Lawrence, R. C., Creamer, L. K. y Gilles, J. (1987). Texture development during cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 70, 1748–1760.
- Le Roux, Y., Colin, D. y Laurent, F. (1995). Proteolysis in samples of quarter milk with varying somatic cell counts. 1. Comparison of some indicators of indigenous proteolysis in milk. *Journal of Dairy Science*, 78, 1289–1297.
- Lebecque, A., Laguet, A., Devaux, M.F. y Dufour, E. (2001). Delineation of the texture of Salers cheese by sensory analysis and physical methods. *Lait*, 81, 609–623.
- Legrottaglie R., Martini M., Barsotti G. y Agrimi P. (1999). The effects of ovine lentivirus infection on some productive aspects in a Sardinian sheep flock from Italy. *Veterinary Research Communications*, 23, 123–131.
- Leitner, G., Chaffer, M., Caraso, Y., Ezra, E., Kababea, D., Winkler, M., Glickman, A. y Saran, A. (2003). Udder infection and milk somatic cell count, NAGase activity and milk composition—fat, protein and lactose—in Israeli-Assaf and Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, 49, 157–164.
- 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. *Journal of Dairy Science*, 87, 46–52.

Leitner, G., Chaffer, M., Zamir, S., Mor, T., Glickman, A., Winkler, M., Weisblit, L. y Saran, A. (2001). Udder disease etiology, milk somatic cell counts and NAGase activity in Israeli Assaf sheep throughout lactation. *Small Ruminant Research*, 39, 107–112.

Lemieux, L. y Simard, R. E. (1992). Bitter flavour in dairy products II. A review of bitter peptides from caseins: their formation, isolation and identification, structuremasking and inhibition. *Le Lait*, 154, 67–72.

Lindmark-Månsson, H., Svensson, U., Paulsson, M., Aldén, G., Frank, B. y Johnsson, G. (2000). Influence of milk components, somatic cells and supplemental zinc on milk processability. *International Dairy Journal*, 10, 423–433.

Liu, S.Q., Asmundson, R.V., Gopal, P.K., Holland, R. y Crow, V.L. (1998). Influence of reduced water activity on lactose metabolism by *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* at different pH values. *Applied and environmental microbiology*, 64 (6), 2111–2116.

Lucey, J. A., M. E. Johnson y D. S. Horne. (2003). Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 2725–2743.

Luna, P., Fontecha, J., Juárez, M. y de la Fuente, M.A. (2005). Changes in the milk and cheese fat composition of ewes fed commercial supplements containing linseed with special reference to the CLA content and isomer composition. *Lipids*, 40, 445–454.

Luquet, F. M. (1991) *Leche y productos lácteos: vaca, oveja, cabra. La leche: de la mama a la lechería*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Lurueña-Martínez, M.A., Palacios, C., Vivar-Quintana, A.M. y Revilla, I. (2010). Effect of the addition of calcium soap to ewes' diet on fatty acid composition of ewe milk and subcutaneous fat of suckling lambs reared on ewe milk. *Meat Science*, 84, 677–683.

Lurueña-Martínez, M.A., Vivar-Quintana, A.V. y Revilla, I. (2004). Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat Science*, 68, 383–389.

Ma, Y., Barbano, D.M. y Santos, M. (2003). Effect of CO₂ addition to raw milk on proteolysis and lipolysis at 4 °C. *Journal of Dairy Science*, 86, 1616–1631.

Ma, Y., Ryan, C., Barbano, D.M., Galton, D.M., Rudan, M.A. y Boor, K.J. (2000). Effects of somatic cell count on quality and shelf-life of pasteurized fluid milk. *Journal of Dairy Science*, 83, 264–274.

Maarse, H., Visscher, C. A., Willemsens, L. C. y Boelens, M. H. (1989). Volatile compounds in foods: qualitative and quantitative data. 6th edition. *TNO-CIVO Food Analysis Institute*, Zeist, Países Bajos.

- Macedo, A.C. y Malcata, F.X. (1997). Changes of mineral concentrations in Serra cheese during ripening and throughout the cheesemaking season. *Journal of Science and Food Agriculture*, 74, 409–415.
- MacGibbon, A.K.H. y Taylor, M.W. (2006). Composition and structure of bovine milk lipids. En: Fox, P.F. y McSweeney, P.L.H. (ed.). *Advanced Dairy Chemistry Volume 2. Lipids*. 3ª ed. (pp. 1–43). Nueva York, EEUU: Springer.
- Mackie, D.P. y Rodgers, S.P. (1986). Mastitis and cell content in milk from Scottish Blackface ewes. *The Veterinary Record*, 118, 20–21.
- Magboul, A.A.A., Larsen, L.B., McSweeney, P.L.H. y Kelly, A.L. (2001). Cysteine protease activity in bovine milk. *International Dairy Journal*, 11, 865–872.
- Maisi, P., Junttila, J., Seppanen, J. (1987). Detection of subclinical mastitis in ewes. *British Veterinary Journal*, 143, 402–409.
- Mallatou, H., Pappa, E. y Massouras, T. (2003). Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk. *International Dairy Journal*, 13, 211–219.
- Mallia, S., Fernández-García, E. y Bosset, J.O. (2005). Comparison of purge and trap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *International Dairy Journal*, 15, 741–758.
- Manning, D.J. (1974). Sulphur compounds in relation to Cheddar cheese flavour. *Journal of Dairy Research*, 41, 81–87.
- Mara, O., Roupie, C., Duffy, A. y Kelly, A.L. (1998). The curd-forming properties of milk as affected by the action of plasmin. *International Dairy Journal*, 8, 807–812.
- Marco, J.C., Aduriz, J.J., Romeo, M., Salazar, L. M. (1992a). Diagnóstico. *Ovis*, 21, 75–89.
- Marco, J.C., Romeo, L., Romeo, M. (1992b). Etiología. *Ovis*, 21, 25–43.
- Marcos, A. y Esteban, M.A. (1991). Estimation of water activity in mould ripened cheese from chemical composition. *International Dairy Journal*, 1, 137–145.
- Margalith, P.Z. (1981). *Flavour microbiology*. Springfield, Illinois, EEUU: CC Thomas.
- Mariaca, R.G., Berger, T.F.H., Gauch, R., Imhof, M.I., Jeangros, B. y Bosset, J.O. (1997). Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45, 4423–4434.

Marilley, L. y Casey, M.G. (2004) Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*, 90, 139–159.

Marino, R., Considine, T., Sevi, A., McSweeney, P.L.H. y Kelly, A.L. (2005). Contribution of proteolytic activity associate with somatic cells in milk to cheese ripening. *International Dairy Journal*, 15, 1026–1033.

MARM (2009). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Consulta on line: <http://www.mapa.es/es/estadistica/infoestad.html>. Consultado: 24 de diciembre de 2009.

Marshall, V. M. y Cole, W. M. (1983). Threonine aldolase and alcohol dehydrogenase activities in *Lactobacillus bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus* and their contribution to flavour production in fermented milks. *Journal of Dairy Research*, 50, 375–379.

Marshall, V.M.E. y Tamime, A.Y. (1997) Physiology and biochemistry of fermented milks. En: Law, B.A. (ed.) *Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk*. 2ª ed. Londres, Inglaterra: Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall.

Martí de Olives, A. y Molina Pons, P. (1998) Mamitis y calidad de la leche de oveja. *OVIS*, 59, 11–25

Martínez, F., Ruiz, A., Chico, M.D., Anel, L., Álvarez, M.M., Jurado, J.J., Díaz, C., Pérez, J. y Aparicio, N. (1999). Antecedentes históricos y bases de un programa de mejora genética y selección de la raza Assaf española. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, pp. 37.

Massaoui, F., Michelutti, I., LeRoux, Y. y Laurent, F. (2002). Mechanisms involved in milk endogenous proteolysis induced by a lipopolysaccharide experimental mastitis. *Journal of Dairy Science*, 85, 2562–2570.

Mavrogenis, A. P., Koumas, A. y Gavrielidis, G. (1999). The inheritance of somatic cell counts (index of mastitis) in Chios sheep. En: Barillet, F., Zervas, N.P. (ed.), *Proceedings of the Conference on Milking and Milk Production of Dairy Sheep and Goats* (pp. 389–392). Wageningen, Países Bajos: EAAP Publication, Wageningen Pers.

McGuire, M. y McGuire, M.K. (2000). Conjugated linoleic acid (CLA): a ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Proceedings of the American Society of Animal Science*, 1999. Artículo disponible en: <http://www.asas.org/symposia/9899proc/0938.pdf>

McSweeney P.L.H. y Fox, P.F. (1997). Indices of Cheddar cheese ripening. *Proceedings of the 5th Cheese Symposium*, (pp. 73–89), 11–13 Marzo 1997. Moorepark, Fermoy, Cork, Irlanda.

McSweeney P.L.H., Fox P.F. y Olson N.F. (1995). Proteolysis of bovine caseins by cathepsin D: preliminary observations and comparison with chymosin, *International Dairy Journal*, 5, 321–336.

McSweeney, P.L.H. y Fox, P.F. (1993). Cheese: Methods of chemical analysis. En: Fox, P.F. (ed.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2ª ed. Volume 1. *General Aspects*. (pp. 341–388). Londres, Inglaterra: Chapman and Hall.

McSweeney, P.L.H. y Sousa, M.J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80, 293–324.

McSweeney, P.L.H., Nursten, H.E. y Urbach, G. (1997). Flavours and off-flavours in milk and dairy products. En: Fox, P.F. (Ed.), *Advanced Dairy Chemistry*, 2ª ed., vol. 3, (pp. 403–468). Londres, Inglaterra: Chapman and Hall.

Medina, M., Gaya, P. y Núñez, M. (1992). Gredos goat's milk cheese: microbiological and chemical changes throughout ripening. *Journal of Dairy Research*, 59, 563–566.

Meilgaard, M., Civille, G.V. y Carr, B. T. (2007). *Sensory evaluation techniques*. 4th ed. Florida, EEUU: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Mel'uchová, B., Blaško, J., Kubinec, R., Górová, R., Dubravská, J., Margetín, M. y Soják, L. (2008). Seasonal variations in fatty acid composition of pasture forage plants and CLA content in ewe milk fat. *Small Ruminant Research*, 78, 56–65.

Menzies, P.I. (2000). Mastitis of sheep. Overview of recent literature. *6th Great Lakes Dairy Sheep Symposium*. 2-4 Noviembre 2000. Gelfh, Ontario, Canadá.

Mocquot, G. (1971). Occurrence and role of microorganisms in cheese. *Proceedings of the International Symposium on Conversion and Manufacture of Foodstuff by Microorganisms*, (pp. 191–197), 5-9 Diciembre 1971, Kyoto, Japón.

Moio, L., Dekimpe, J., Etievant, P. y Addeo, F. (1993). Neutral volatile compounds in the raw milks from different species. *Journal of Dairy Research*, 60, 199–213.

Molimard, P. y Spinnler, H. E. (1996). Review: Compounds involved in the flavour of surface mould-ripened cheeses: Origins and properties. *Journal of Dairy Science*, 79, 169–184.

Molimard, P. y Spinnler, H.E. (1996). Review: Compounds involved in the flavour of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *Journal of Dairy Science*, 79, 169–184.

Molina, E., Ramos, M., Alonso, L., López-Fadiño, R. (1999). Contribution of low molecular weight water soluble compounds to the taste of cheeses made of cows', ewes' and goats' milk. *International Dairy Journal*, 9, 613–621.

- Moore, J.H. y Christie, W.W. (1979). Lipid metabolism in the mammary gland of ruminant animals. *Progress in Lipid Research*, 17, 347–395.
- Morales, P., Fernandez-García, E., Gaya, P. y Nuñez, M. (2003). Formation of volatile compounds by wild *Lactococcus lactis* strains isolated from raw ewes' milk cheese. *International Dairy Journal*, 13, 201–209.
- Moreno Rojas, R., Pozo Lora, R., Zurera Cosano, G. y Amaro Lopez, M.A. (1994). Calcium, magnesium, manganese, sodium and potassium variations in Manchego-type cheese during ripening. *Food Chemistry*, 50, 373–378.
- Morgan, F. y Gaspard, C.E. (1999). Influence des cellules somatiques sur les qualités technologiques du lait de chèvre et sur les caractéristiques des fromages de chèvre. *Rencontre Recherche Ruminants*, 6, 317.
- Morley, N. y Kuksis, A. (1977). Lack of fatty acid specificity in the lipolysis of oligo- and polyunsaturated triacylglycerols by milk lipoprotein lipase. *Biochimica et Biophysica Acta*, 487, 332–342.
- Morrison, W.R. (1968). The distribution of phospholipids in some mammalian milks. *Lipids*, 3, 101–103.
- Mrode, R.A. y Swanson, G.J.T. (1996). Genetic and statistical properties of somatic cell count and its suitability as an indirect means of reducing the incidence of mastitis in dairy cattle. *Animal Breeding Abstracts*, 64, 847–857.
- Muir, D.D., Banks, J.M. y Hunter, E.A. (1996). Sensory properties of Cheddar cheese: effect of starter type and adjunct. *International Dairy Journal*, 6, 407–423.
- Mulder, H. (1952). Taste and flavour forming substances in cheese. *Netherlands Milk Dairy Journal*, 6, 157–68.
- Mulet, A., Escriche, I., Rossello, C. y Tarrazó, J. (1999). Changes in volatile fraction during ripening of Mahón cheese. *Food Chemistry*, 65, 219–225.
- Muñoz, A.M. (1998). Consumer perceptions of meat: Understanding these results through descriptive analysis. *Meat Science*, 49, S287–S295.
- Murphy, S.C., Cranker, K., Senyk, G.F., Barbano, D.M., Saeman, A.I. y Galton, D.M. (1989). Influence of bovine mastitis on lipolysis and proteolysis in milk. *Journal of Dairy Science*, 72, 620–626.
- Murray, J.M.; Delahunty, C.M. y Baxter, I. A. (2001). Descriptive sensory analysis: Present and Future. *Food Research International*, 34, 461–471.

Murrieta, C.M., Hess, B.W. y Rule, D.C. (2003) Comparison of acidic and alkaline catalysts for preparation of fatty acid methyl ester from ovine muscle with emphasis on conjugated linoleic acid. *Meat Science*, 65, 523–529.

Nasanovsky, M., Garijo, R., Kimmich, R. (2003) *Lechería*. EEUU: Ed. Fondo Educativo Interamericano.

Newbould, F.H.S. (1974). Microbial diseases of the mammary gland. En: Larson, L. y Smith, V.R. (Ed.), *Lactation, a comprehensive treatise* (vol. 2) (pp. 269–316). New York, EEUU: Academic Press.

Nilsson-Elhe, P., Egelrud, T., Belfrage, P., Olivecrona, T. y Borgström, B. (1973). Positional specificity of purified milk lipoprotein lipase. *Journal of Biological Chemistry*, 248 (19), 6734–6737.

Noble, R.C. (1978). Digestion, absorption and transport of lipids in ruminant animals. *Progress in Lipids Research*, 17, 55–91.

Nogueira, M.C.L., Lubachevsky, G. y Rankin, S.A. (2005). A study of the volatile composition of Minas cheese. *LWT*, 38, 555–563.

Nudda, A., Feligini, M., Battacone, G., Macciotta, N.P.P. y Pulina, G. (2003). Effects of lactation stage, parity, β -lactoglobulin genotype and milk SCC on whey protein composition in Sarda dairy ewes. *Italian Journal of Animal Science*, 2, 29–39.

Nudda, A., Feligini, M., Battacone, G., Murgia, P. y Pulina, G. (2001). Relationship between somatic cells count, whey protein and coagulation properties in sheep milk. En: *Proceedings of the ASPA XIV Congress*, (pp. 511–513), 12–15 Junio 2001, Florencia, Italia,

O'Connor, T.P. y O'Brien, N.M. (2006). Lipid oxidation. En: Fox, P.F y McSweeney, P.L.H. (ed.) *Advanced dairy chemistry. Volume 2. Lipids. 3er ed.* Nueva York, EEUU: Springer.

O'Farrell, I.P., Sheehan, J.J., Wilkinson, M.G., Harrington, D. y Kelly, A.L. (2002). Influence of addition of plasmin or mastitic milk to cheesemilk on quality of smear-ripened cheese. *Lait*, 82, 305–316.

O'Mahony, M. (2005). Apuntes del curso: *Nuevas Estrategias metodológicas en la evaluación sensorial de alimentos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Olivecrona, T. y Bengtsson, G. (1984) Lipases in milk. En: Borgström, B. y Brockman, H.L. (ed.), *Lipases*, (pp. 205–261), Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier.

Olivecrona, T. y Bengtsson-Olivecrona, G. (1987) Lipoprotein lipase. En: Boresztajn, J. (ed.) *Lipoprotein lipase*, (pp. 15–58). Chicago, EEUU: Evener Press.

Olivecrona, T., Vilaro, S. y Bengtsson-Olivecrona, G. (1992). Indigenous enzymes in milk. II. Lipases in milk. En: Fox, P.F. (ed.), *Advanced dairy chemistry. 1. Proteins* (pp. 292–310). Londres, Inglaterra: Elsevier Applied Science.

Olson, N., y Johnson, M. E. (1990). Light cheese products: Characteristics and economics. *Food Technology*, 44, 93–96.

Ortigosa, M. Torre, P. e Izco, J.M. (2001). Effect of pasteurization of ewe's milk and use of a native starter culture on the volatile components and sensory characteristics of Roncal cheese. *Journal of Dairy Science*, 84, 1320–1330.

Osorio, M.T., Zumalacárregui, J.M., Figueira, A. y Mateo, J. (2007). Fatty acid composition in subcutaneous, intermuscular and intramuscular fat deposits of suckling lamb meat: effect of milk source. *Small Ruminant Research*, 73, 127–134.

Othmane, M.H., De la Fuente, L.F., Carriedo, J.A. y San Primitivo, F. (2002). Heritability and genetic correlations of test day milk yield and composition, individual laboratory cheese yield, and somatic cell count for dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 85, 2692–2698.

Paape, M. J., Mehrzad, J., Zhao, X., Detilleux, J. y Burvenich, C. (2002). Defense of the bovine mammary gland by polymorphonuclear neutrophil leucocytes. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 7, 109–121.

Paape, M.J., Bannerman, D.D., Zhao, X. y Lee, J.W. (2003). The bovine neutrophil: Structure and function in blood and milk. *Veterinary Research*, 34, 597–627.

Paape, M.J., Wiggans, G.R., Bannerman, D.D., Thomas, D.L., Sanders, A.H. Contreras, A., Moroni, P. y Miller, R.H. (2007). Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. *Small Ruminant Research*, 68, 114–125.

Paccard, P. y Lagriffoul, G. (2006a). Synthèse bibliographique sur la composition du lait de brebis en composés d'intérêt nutritionnel. *Personal communication*, 28 pp.

Paccard, P. y Lagriffoul, G. (2006b). Synthèse bibliographique sur la composition des fromages de brebis en composés d'intérêt nutritionnel. *Personal communication*, 24 pp.

Palacios, C. (2008). La influencia de las células somáticas en la producción de leche. En: Vivar-Quintana, A.M. (ed.). *Influencia de la leche de oveja en la elaboración de queso Zamorano*, (pp. 95-112). Zamora, España: Fundación Científica Caja Rural.

Panfilì, G., Manzi, P. y Pizzoferrato, L. (1994). High-performance liquid chromatographic method for the simultaneous determination of tocopherols, carotenes, and retinol and its geometric isomers in Italian cheeses. *Analyst*, 119, 1161–1165.

Panreac Química S.A. (1999) *Analíticos en alimentaria. Métodos oficiales de análisis. Leche y productos lácteos*. Barcelona, España: Ed. Panreac Química S.A.

Park, Y.W. (2001). Proteolysis and lipolysis of goat milk cheese. *Journal of Dairy Science*, 84(E. Suppl.), 84–92.

Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M. y Haenlein, G.F.W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 88–113.

Parodi, P. W. (1971). Detection of synthetic and adulterated butterfat 3. Triacylglycerol and fatty acid analysis. *Australian Journal of Dairy Technology*, 26, 155–158.

Parodi, P.W. (1982). Positional distribution of fatty acids in the triglyceride classes of milk fat. *Journal of Dairy Research*, 49, 73–81.

Pavia, M. Trujillo, A.J., Sendra, E., Guamis, B. y Ferragut, V. (2000). Free fatty acid content of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation. *International Dairy Journal*, 32, 49–68.

Pavia, M., Guamis, B., Trujillo, A.J., Capellas, M. y Ferragut, V. (1999) Changes in microstructural, textural and colour characteristics during ripening of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation. *International Dairy Journal*, 9, 91–98.

Pellegrini, O., Aurel, M. R., Lagriffoul, G., Marie, C., Remeuf, F., Rivemale, M. y Barillet, F. (1994). Relations entre les comptages des cellules somatiques, les caractéristiques physico-chimiques et l'aptitude à la coagulation par la prèssure de laits individuels de brevis de race Lacaune, *Proceedings of the International symposium on somatic cells and milk of small ruminants*, 25–27 Septiembre 1994, Bella, Italia: EAAP Publication.

Pellegrini, O., Remeuf, F., Rivemalle, M. y Barillet, F. (1997). Renneting properties of milk from individual ewes: influence of genetic and non-genetic variables, and relationship with physico-chemical characteristics. *Journal of Dairy Research*, 64, 355–366.

Pengov, A. (2001). The role of coagulase-negative *Staphylococcus* spp. and associated somatic cell counts in the ovine mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 84, 572–574.

Pérez Alba, L. M., De Souza Cavalcanti, S., Pérez Hernández, M., Martínez Marín, A. y Fernández Marín, G. (1997). Calcium soaps of olive fatty acids in the diets of Manchega dairy ewes: effects on digestibility and production. *Journal of Dairy Science*, 80, 3316–3324.

Pérez-Elortondo, F.J. (1996). Influencia de los procesos de salado y ahumado tradicional sobre las características microbiológicas y organolépticas del queso Idiazábal. *Tesis Doctorales N° 28*. Departamento de Industria, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. País Vasco, España.

Pérez-Rodrigo, J.L. (2006). Influencia de los recuentos de células somáticas sobre la calidad de la leche de oveja. *Proyecto de Fin de Carrera*. Universidad de Salamanca. Zamora, España.

Pillonel L., Badertscher, R. Butikofer, U., Casey, M., Dalla Torre, M., Lavanchy, P., Meyer, J., Tabacchi, R. y Bosset, J.O. (2002). Analytical methods for the determination of the geographic origin of Emmental cheese. Main framework of the project: Chemical, biochemical, microbiological, color and sensory analyses. *European Food Research and Technology*, 215, 260–267.

Pinho, O., Mendes, E., Alves, M.M. y Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2004). Chemical, physical and sensorial characteristics of “Terrincho” ewe cheese: changes during ripening and intravarietal comparison. *Journal of Dairy Science*, 87, 249–257.

Pirisi, A., Lauret, A. y Dubeuf, J.P. (2007). Basic incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small Ruminant Research*, 68, 167–178.

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. 6th Great Lakes Dairy Sheep Symposium. Gelfh, Ontario, Canada, 2-4 November 2000.

Pirisi, A., Piredda, G., Podda, F., Pintus, S. (1996) Effect of somatic cell count on sheep milk composition and cheese making properties. En: Rubino, R. (ed.), *Somatic Cells and Milk of Small Ruminants*. EAAP Pubblication N°. 77, (pp. 245–251), Wageningen, Países Bajos: Wageningen Pers.

Pirisi, A., Scano, B., Pes, M. y Fadda, A. (2008). Effect of ripening on the fate of some pathogenic bacteria in PDO Pecorino Romano cheese. En: *Safety Issues of Raw Milk Cheese*. SAFE/Agroscope Symposium. 11–12 Diciembre 2008, Bruselas, Bélgica.

Politis, I. y Ng-Kwai-Hang, K.F. (1988). Association between somatic cell count and cheese-yielding capacity. *Journal of Dairy Science*, 71, 1720–1727.

Portolano, B., Spatafora, F., Bono, G., Margiotta, S., Todaro, M., Ortoleva, V. y Leto, G. (1996) Application of the Wood model to lactation curves of Comisana sheep. *Small Ruminant Research*, 24, 7–13.

Poveda, J.M., Pérez-Coello, M.S. y Cabezas, L. (2000). Seasonal variations in the free fatty acid composition of Manchego cheese and changes during ripening. *European Food Research and Technology*, 210, 314–317.

Preininger, M. y Grosch, W. (1994). Evaluation of key odorants of the neutral volatiles of Emmentaler cheese by the calculation of odour activity values. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 27, 237–244.

- Prentice, J. H. (1991). Cheese rheology. En: Hui, Y.H. (ed.), *Encyclopedia of Food Science and Technology*. Vol. 1, (pp. 348–369), Nueva York, EEUU: John Wiley & Sons, Inc.
- Prieto, B., Franco, I., González Prieto, J., Bernardo, A. y Carballo, J. (2002). Compositional and physico-chemical modifications during the manufacture and ripening of León raw cow's milk cheese. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 725–735.
- Priolo, A., Lanza, M., Barbagallo, D., Finocchiaro, L. Y Biondi, L. (2003). Can the reflectance spectrum be used to trace grass feeding in ewe milk?. *Small Ruminant Research*, 48(2), 103–107.
- Pugliese, C., Acciaioli, A., Rapaccini, S., Parisi, G. y Franci, O. (2000). Evolution of chemical composition, somatic cell count and renneting properties of the milk of Massese ewes. *Small Ruminant Research*, 35, 71–80.
- Pulina, G., Nudda, A., Battacone, G. y Cannas, A. (2006). Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 255–291.
- Ramos, M. y Juarez, M. (2003). Sheep milk. En: Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences*, vol. 4. (pp. 2539–2545), Amsterdam, Países Bajos: Academic Press.
- Ranilla, M.J., Carro, M.D., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R. y González, J.S. (2000). Comparison of rumen fermentation patterns and in situ degradation of grazed herbage in Churra and Merino sheep. *Livestock Production Science*, 62, 193–204.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoulb, G. Paccardb, P. Guillet, I. y Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79, 57–72.
- Raynal-Ljutovac, K., Pirisi, A., de Crémoux, R. y Gonzalo, C. (2007) Somatic cells of goat and sheep milk: Analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Ruminant Research*, 68, 126–144.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W, Dalla Rizza, M. y De Mattos, D. (2004) Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66, 567–577.
- Reps, A. (1993). Bacterial surface-ripened cheeses. En: Fox P.F. (ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2ª ed., vol. 2, (pp. 137–172), Londres, Inglaterra: Chapman & Hall.

Revilla, I., González-Martín, I., Hernández-Hierro, J.M., Vivar-Quintana, A., González-Pérez, C., Lurueña-Martínez, M.A. (2009). Texture evaluation in cheeses by NIRS technology employig a fibre-optic probe. *Journal of Food Engineering*, 92, 24–28.

Revilla, I., Rodríguez-Nogales, J.M. y Vivar-Quintana, A.M. (2007). Proteolysis and texture of hard ewes' milk cheese during ripening as affected by somatic cell counts. *Journal of Dairy Research*, 74, 1–10.

Riha, W.E. y Wendorff, W.L. (1993). Evaluation of color in smoked cheese by sensory and objective methods. *Journal of Dairy Science*, 76, 1491-1497.

Rodríguez-Nogales, J.M., Vivar-Quintana, A.M. y Revilla, I. (2007). Influence of somatic cell count and breed on capillary electrophoretic protein profiles of ewe's milk: a chemometric study. *Journal of Dairy Science*, 90, 3187–3196.

Rogers, S. A., y Mitchell, G. E. (1994). The relationship between somatic cell count, composition and manufacturing properties of bulk milk 6. cheddar cheese and skim milk yoghurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 49, 70–74.

Rohm, H. y Jaros, D. Colour of hard cheese (1997). 2. Factors of influence and relation to compositional parameters. *European Food Research and Technology*, 204, 259–264.

Romeo, M., Esnal, A., González, L. y Marco, J. C. (1993). Ovine mastitis: relation between its composition. *Proceedings of the British Sheep Veterinary Society*, 17, 227-228.

Romeo, M., Ziluaga, I. y Marco, J. C. (1998). Diagnóstico in situ de la infección mamaria mediante palpación, California mastitis test y su seguimiento mediante recuento de células somáticas. *Ovis*, 59, 61–77.

Rota A.M., Gonzalo C., Rodriguez P.L., Rojas A.I., Martin L. y Tovar J.J. (1993). Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata goats and algebraic models of their lactation curves, *Small Ruminant Research*, 12, 211–219.

Rothe G.A.L., Harboe M.K. y Mactiny S.C. (1977). Quantification of milk-clotting enzymes in 40 commercial bovine rennets, comparing rocket immunoelectrophoresis with an activity ratio assay. *Journal of Dairy Research*, 44, 73–77.

Roudot-Algaron, F. (1996). Le goût des acides aminés, des peptides et des protéines: exemple de peptides sapides dans les hydrolysats de caséines. *Le Lait*, 76, 313–348.

Rupp, R. y Boichard, D. (1999). Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits and milking ease in first lactation Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 82, 2198–2204.

Sablé S. y Cottenceau G. (1999). Current knowledge of soft cheeses flavor and related compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 4825–4836.

Sakul, H. y Boylan, W.J. (1992). Evaluation of US sheep breeds for milk production and milk composition. *Small Ruminant Research*, 7, 195–201.

Saldo, J., Sendra, B. y Guamis, B. (2002). Colour changes during ripening of high pressure treated hard caprine cheese. *High Pressure Research*, 22, 659–663.

Salih, A.M.A. y Anderson, M. (1978). Milk free fatty acids and high cell counts. *Proceedings of the 20th International Dairy Congress* (E, 32–33), París, Francia.

San Primitivo, F. y De la Fuente, L.F. (2000) Situación actual de la oveja de raza Churra. *Archivos de Zootecnia*, 49, 161–165.

Sánchez Belda, A. y Sánchez Trujillano, C. (1979). *Razas ovinas españolas*. Ministerio de Agricultura. Madrid.

Sánchez Rodríguez, M. [en línea] Documento .pdf. Universidad de Córdoba. Disponible en web: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/08_13_44_Tema_27_2.pdf Consultado: 18 de abril de 2009

Santos, M.V., Ma, Y. y Barbano, D.M. (2003). Effect of somatic cell count on proteolysis and lipolysis in pasteurized fluid milk during shelf-life storage. *Journal of Dairy Science*, 86, 2491–2503

Saratsis, Ph., Alexopoulos, C., Tzora, A. y Fthenakis, G.C. (1999). The effect of experimentally induced subclinical mastitis on the milk yield of dairy ewes. *Small Ruminant Research*, 32, 205–209.

Schaar, J. (1985). Plasmin activity and proteose-peptone content of individual milks. *Journal of Dairy Research*, 52, 369–378.

Schultz, L.H. (1977). Somatic cells in milk: physiological aspects and relationship to amount and composition of milk. *Journal of Food Protection*, 400, 125–131.

Serrano Moyano, B., Garzón Sigler, A.I., González Álvarez de Lara, M.E., Oliver Avilés, F., Figueroa Sánchez, A. y Martínez Hens, J. (1998) Efectos del pH y del recuento de células somáticas sobre las características químicas y de producción de leche de oveja merina. *XXIV Jornadas Científicas de Ovinotecnia y Caprinotecnia*. Soria, España.

Serrano, M., Pérez-Guzman, M. D., Montoro, V. y Jurado, J. J. (2003). Genetic analysis of somatic cell count and milk traits in Manchega ewes. Mean lactation and test-day approaches. *Livestock production Science*, 84, 1–10.

Servicio Agrario de Caja Duero (2010). Caja Duero, España. Disponible en: <http://4w.cajaduero.es/agro/public/Cap3ov2.htm>. Consultado: 21 de enero de 2010.

Setser, C.S. (1984). Color: reflections and transmissions. *Journal of Food Quality*, 6, 183.

Severiano Pérez, P. (2002) Desarrollo de la metodología de análisis sensorial e instrumental para la evaluación de la textura: aplicación en salchichas cocidas. *Tesis Doctoral*. Universidad de Burgos. Burgos, España.

Sevi, A. Taibi, L., Albenzio, M., Muscio, A. y Annicchiarico, G. (2000). Effect of parity on milk yield, composition, somatic cell count, renneting parameters and bacteria counts of Comisana ewes. *Small Ruminant Research*, 37, 99-107.

Sevi, A., Albenzio, M., Marino, R., Santillo y Muscio, A. (2004). Effects of lambing season and stage of lactation on ewe milk quality. *Small Ruminant Research*, 51, 251–259.

Shamay, A., Shapiro, F. Leitner, G. y Silanikove, N. (2003). Infusion of casein hydrolyzates into the mammary gland disrupt tight junction integrity and induce involution in cows. *Journal of Dairy Science*, 86, 1250–1258.

Shamay, A., Shapiro, F., Barash, H., Bruckental, I. y Silanikove, N. (2000). Effect of dexamethasone on milk yield and composition in dairy cows. *Annales de Zootechnie*, 49, 343–352.

Shipe, W. F. y G. F. Senyk. (1981). Effects of processing conditions on lipolysis in milk. *Journal of Dairy Science*, 64, 2146.

Signorelli, F., Contarini, G., Annicchiarico, G., Napolitano, F., Orrù, L., Catillo, G, Haenlein, G.F.W. y Moioli, B. (2008). Breed differences in sheep milk fatty acid profiles: opportunities for sustainable use of animal genetic resources. *Small Ruminant Research*, 78, 24–31.

Silanikove, N., Shamay, A., Sinder, D. y Moran, A. (2000). Stress down regulates milk yield in cows by plasmin induced β -casein product that blocks K⁺ channels on the apical membranes. *Life Science*, 67, 2201–2212.

Sinapis, E., Diamantopoulos, K., Abas, Z. y Vlachos, I. (2006). Effect of vacuum level on milking efficiency, somatic cell counts (SCC) and teat end wall thickness in ewes of Greek mountain Boutsiko breed. *Livestock Science*, 104, 128–134.

Somerharju, P., Kuusi, T., Paltauf, F. y Kinnunen, P. K. J. (1978). Stereospecificity of lipoprotein lipase is an intrinsic property of the active site of the enzyme protein. *FEBS Letters*, 96, 170–172.

Sousa, M. J., Ardö, Y. y McSweeney, P. L. H. (2001). Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11, 327–345.

Srinivasan, M. y J. A. Lucey. (2002). Effects of added plasmin on the formation and rheological properties of rennet-induced skim milk gels. *Journal of Dairy Science*, 5, 1070–1078.

Stefanakis, A., Boskos, C., Alexopoulos, C. y Samartzi, F. (1995). Frequency of subclinical mastitis and observations on somatic cell counts in ewe's milk in northern Greece. *Animal Science*, 61, 69–76.

Stevenson, J.M., Sman, D.L., Weatherall, I.L. y Littlejohn, R.P. (1989). Evaluation of venison color by an objective method using CIELAB values. *Journal of Food Science*, 54, 1661.

Stone, H.; Sidel, J.; Oliver, S.; Woolsey, A. y Singlenton, R. (1974) Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. *Food Technology*. Noviembre 1974, pp. 24–34.

Tallamy, P.T. y Randolph (1969). Influence of mastitis on properties of milk. IV. Hydrolytic rancidity. *Journal of Dairy Science*, 52, 1569.

Tarassuk, N.P. y Yaguchi, M. (1958). Effects of mastitis on susceptibility of milk to lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 41, 1482.

Tavaria, F.K., Tavares, T.G., Silva-Ferreira, A.C. y Malcata, F.X. (2006). Contribution of coagulant and native microflora to the volatile-free fatty acid profile of an artisanal cheese. *International Dairy Journal*, 16, 886–894.

Ten Hag, J. (2002). Somatic cell count basics for dairy sheep. *Milk Quality Assurance Program Lead, OMAF*.

Tomasini, A., Bustillo, G., y Lebeault, J. M. (1993). Fat lipolyzed with a commercial lipase for the production of Blue cheese flavour. *International Dairy Journal*, 3, 117–127.

Travnicek, M., Petrik, P., Fedrick, F. y Balascak, J. (1978). Cell contents in ewes' milk in relation to diagnosis of mastitis. *Veterinarstvi*, 28, 459–460.

Tyszkiewicz, S. y Panasik, M. (1985). Formation of surface color of sausages in the process of high temperature smoking. En: *Proceedings of the 31st European Meeting of Meat Research Workers*. Institute of Meat Industry, Sofia, Bulgaria.

Ugarte, E., Ruiz, R., Gabiña, D. y Beltrán de Heredia (2001). Impact of high-yielding foreign breeds on the Spanish dairy sheep industry. *Livestock Production Science*, 71, 3–10.

UNE 34.100. Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. España.

Urbach, G. (1993). Relations between cheese flavour and chemical composition. *International Dairy Journal*, 3, 389–422.

Urbach, G. (1995). Contribution of lactic acid bacteria to flavour compound formation in dairy products. *International Dairy Journal*, 5, 877–903.

Urbach, G. (1997). The flavour of milk and dairy products: II. Cheese: Contribution of volatile compounds. *International Journal of Dairy Technology*, 50, 79–89.

Valla, A., Cartier, D., Valla, B., Le Guillou, R., Andriamialisoa, Z., Labia, R., Breithaupt, D. E., Savy, S. M., Bidet, A. y Dufossé, L. H. (2003) New syntheses of natural carotene isorenieratene (ϕ,ϕ -carotene) and its 3,3'-dimethoxy analog. *Helvetica Chimica Acta*, 86, 3314–3319.

Verdi R.J. y Barbano D.M. (1991). Effects of coagulants, somatic cell enzymes and extracellular bacterial enzymes on plasminogen activation. *Journal of Dairy Science*, 74, 772–782.

Vitkov, M. y Vitanov, S. (1980). Cell content of ewes' milk in machine milking. *Veterinary Medical Nauki*, 17, 53–58.

Vivar-Quintana, A.M., Beneitez de la Mano, E., Revilla, I. (2006). Relationship between somatic cell counts and the properties of yogurt made from ewe's milk. *International Dairy Journal*, 16, 262–267.

Walstra, P., Wouters, J.T.M. y Geurts, T.J. (2006). *Dairy Science and Technology*. 2^a ed. Boca Raton, Florida, EEUU: Ed. CRC Press. Taylor & Francis Group.

Wendin, K., Langton, M., Caous, L., Hall, C. (2000) Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. *Food Chemistry*, 71, 363–378.

White, E.C. y Hinckley, L.S. (1999). Prevalence of mastitis pathogens in goat milk. *Small Ruminant Research*, 33, 117–121.

Wilkinson, M.G. y Kilcawley, K.N (2005). Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 15, 817–830.

Wilson, T.A., Nicolosi, R.J., Crysam, M. y Kritchevsky, D. (2000) Conjugated linoleic acid reduces early aortic atherosclerosis greater than linoleic acid in hypercholesterolemic hamsters. *Nutrition Research*, 20, 1795–1805.

Woo, A. H., Kollodge, S., Lindsay, R. C. (1984) Quantification of major free fatty acids in several cheese varieties. *Journal of Dairy Science*, 67, 874–878.

Wood, P.D.P. (1967) Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216, 164–165.

Yanes, J.E. (2008). La Churra y la Castellana, dos razas emblemáticas y todo un proceso. En: Vivar-Quintana, A.M. (ed.). *Influencia de la leche de oveja en la elaboración de queso Zamorano*, (pp. 53–94). Zamora, España: Fundación Científica Caja Rural.

Yvon, M. y Rijnen, L. (2001). Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal* 11, 185–201.

Zeng, S.S., Escobar, E.N. y Popham, T. (1997). Daily variations in somatic cell count, composition, and production of Alpine goat milk. *Small Ruminant Research*, 26, 253–260.

Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C. y Sagredos, A. (2002). CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. *Food Chemistry*, 78, 471-477.

VII. ANEXOS

- ANEXO 1. RELACIÓN DE QUESOS.

Tabla 56. Relación de quesos mencionados en este trabajo.

Nombre	Animal	Pasteurización	Maduración	Origen	DOP?	Descripción
Burgos	Oveja	Sí	No	Burgos, España	No	Queso fresco. Sabor suave.
Camembert	Vaca	No	3 semanas	Normandía, Francia	Sí	Pasta cremosa. Moho blanco externo.
Canestrato Pugliese	Oveja	No	2-10 meses	Apulia, Italia	Sí	Pasta dura.
Castellano	Oveja	No	5-9 meses	Castilla y León, España	No	De raza Churra y/o Castellana. Pasta dura.
Cheddar	Vaca	Sí	3-30 meses	Somerset, Inglaterra	No	Color paja-naranja. Duro, prensado.
Emmental	Vaca	No	2-12 meses	Valle del Emme, Suiza	No	Grandes ojos: Sabor nuez.
Feta	Oveja, cabra o vaca	Depende de var.	3 meses	Grecia	Sí	Sin corteza. Cremoso. Blanco.
Fiore Sardo	Oveja	No	3-6 meses	Cerdeña, Italia	Sí	Duro, granuloso, sabor dulce, olor agrio.
Gorgonzola	Vaca	Sí	3-4 meses	Gorgonzola, Italia	Sí	Queso azul, puede ser dulce o picante.
Grana Padano	Vaca	No	8-24 meses	Llanura del Po, Italia	Sí	Textura granulosa. Sabor intenso y picante.
Graviera	Oveja	No	5 meses	Creta, Grecia	Sí	Sabor a caramelo quemado.
Gruyere	Vaca	No	6-12 meses	Gruyère, Suiza	Sí	Pasta prensada cocida, peso mín. 20kg.
Hispánico	Oveja (30%)/Vaca (50%)	Opcional	60 días	España	No	Textura compacta, blanco amarillento.
Idiazabal	Oveja	No	2 meses	Guipúzcoa, España	Sí	Prensado pasta dura
La Serena	Oveja	No	8 semanas	Extremadura, España	Sí	Cuajo vegetal. Pasta muy blanda, untosa.
Mahón	Vaca	Opcional	60 días	Menorca, España	Sí	Pasta prensada. Textura firme, ojos.
Manchego	Oveja	Depende	30 días-2 años	Castilla La Mancha, España	Sí	Pasta prensada. Sabor ácido, fuerte, picante.
Minas	Vaca	Depende var.	Depende var.	Minas Gerais, Brasil	No	Textura semi dura.
Mozzarella	Vaca o búfala	Sí/No	No	Campania, Italia	Sí	Pastoso (fresco). Fibroso (maduro). Blanco.

Tabla 56 (continuación). Relación de quesos mencionados en este trabajo.

Nombre	Animal	Pasteurización	Maduración	Origen	DOP?	Descripción
Pecorino Romano	Oveja	Sí/No	6 meses	Cerdeña, Lazio, Italia	Sí	Sabor fuerte, salado.
Pecorino Sardo	Oveja	Opcional	20 días	Cerdeña, Italia	Sí	Fiore Sardo. Pasta blanca-amarilla. Ácido.
Piacentinu Ennese	Oveja	No	60 días-1 año	Sicilia, Italia	No	Pasta prensada, se añade pimienta negra
Picante	Oveja o cabra	No	6-9 meses	Beira Baixa, Portugal	Sí	Pasta dura, blanco. Sabor fuerte.
Ragusano	Vaca	No	6 meses	Ragusa, Sicilia, Italia	Sí	Pasta suave, compacta. Sabor intenso
Ras	Vaca/Búfala	Sí	2 meses	Egipto	No	Pasta dura
Roncal	Oveja	No	4 meses	Navarra, España	Sí	Pasta dura. Sabor intenso, picante.
Roquefort	Oveja	No	3 meses	Causses del Aveyron, Francia	Sí	Queso azul. Sabor y olor muy intensos.
Serra da Estrela	Oveja	No	60 días	Serra da Estrela, Portugal	Sí	Mantecoso, untuoso, sabor suave, ácido.
Villalón	Oveja	Sí	No	Valladolid, España	No	Queso fresco similar al queso de Burgos

- ANEXO 2. ANÁLISIS SENSORIAL

A.2.1. ENCUESTA GENERAL PARA LA SELECCIÓN DE MIEMBROS DE UN PANEL DE CONSUMIDORES HABITUALES

Por favor, conteste sinceramente a las preguntas que se le presentan a continuación:

1. DATOS PERSONALES

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____

Fecha: _____ Teléfono o lugar de contacto: _____

¿Ha realizado algún curso de análisis sensorial? NO ___ SI ___

2. HÁBITOS DE CONSUMO

Horario habitual de comidas:

Desayuno: _____ Comida: _____ Cena: _____

¿Fuma? NO ___ SI ___ ¿Cuántos cigarrillos al día? _____

CONSUMO DE QUESO

¿Le gusta el queso? NO ___ SI ___ ¿Lo consume habitualmente? NO ___ SI ___

¿Qué tipo de queso consume?

De oveja _____ Curado _____ Semicurado _____

De mezcla _____ Curado _____ Semicurado _____

Otros _____ Curado _____ Semicurado _____

De los quesos que consume, ¿Con qué frecuencia lo hace? (Indique tipo y marca):

Diario	Diario	Diario
3 veces por semana _____	3 veces por semana _____	3 veces por semana _____
1 vez por semana _____	1 vez por semana _____	1 vez por semana _____
1 vez por quincena _____	1 vez por quincena _____	1 vez por quincena _____
1 vez por mes _____	1 vez por mes _____	1 vez por mes _____
Otra _____	Otra _____	Otra _____

¿Tiene en cuenta la procedencia del queso cuando lo compra? (Denominación de Origen, de una zona concreta) NO ___ SI ___ ¿Cuál? _____

¿Tiene en cuenta el precio? NO ___ SI ___

3. SALUD

¿Padece alguna enfermedad que pueda afectar a los sentidos como resfriados, anosmia (pérdida de olfato), agüensia (no percibe sabores) o daltonismo? NO ___ SI ___

¿Cuál(es) y con qué frecuencia? _____

¿Tiene dentadura postiza o algún defecto dental destacable? _____

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.2. CUESTIONARIO PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___

FECHA _____

CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Pruebe la muestra y señale la casilla correspondiente a su impresión, gracias

- Me disgusta muchísimo
- Me disgusta mucho
- Me disgusta ligeramente
- Ni me gusta ni me disgusta
- Me gusta ligeramente
- Me gusta mucho
- Me gusta muchísimo

COMENTARIOS _____

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.3. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR PREFERENCIAS.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___

FECHA _____

CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según su preferencia de la que menos le ha gustado a la que más le ha gustado. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:

Muestra que menos me gusta → Muestra que más me gusta

--	--	--	--	--	--	--	--

COMENTARIOS _____

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

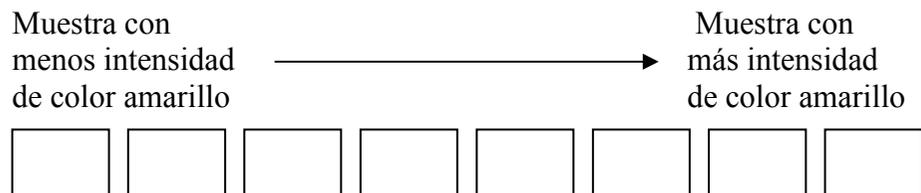
A.2.4. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR ATRIBUTOS PARA COLOR AMARILLO.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___

FECHA _____

CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso. Pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según la **intensidad de color amarillo**. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:



COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

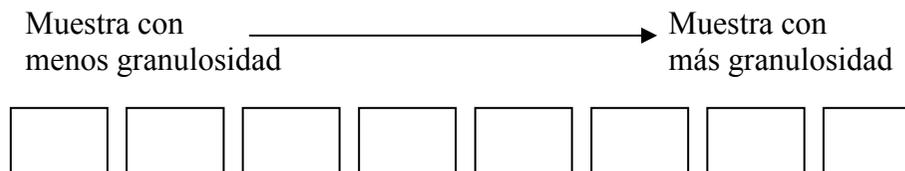
A.2.5. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR ATRIBUTOS PARA GRANULOSIDAD.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___

FECHA _____

CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso. Pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según la **granulosidad**. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:



COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

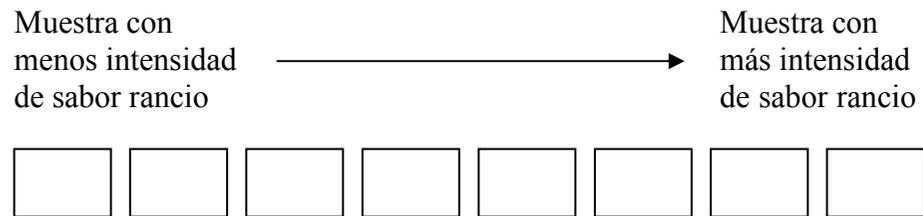
A.2.6. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR ATRIBUTOS PARA INTENSIDAD DE SABOR RANCIO.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___

FECHA _____

CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso. Pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según la **intensidad de sabor rancio**. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:



COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

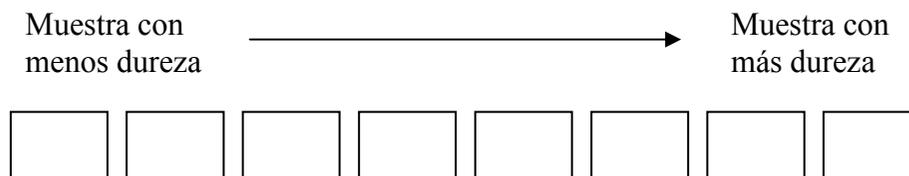
A.2.7. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR ATRIBUTOS PARA DUREZA.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___

FECHA _____

CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso. Pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según la **dureza**. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:



COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.8. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR ATRIBUTOS PARA UNTUOSIDAD.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___
FECHA _____
CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso. Pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según la **untuosidad**. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:

Muestra con menos untuosidad \longrightarrow Muestra con más untuosidad

--	--	--	--	--	--	--	--

COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.9. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR ATRIBUTOS PARA INTENSIDAD DE SABOR.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___
FECHA _____
CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso. Pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según la **intensidad de sabor**. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:

Muestra con menos intensidad de sabor \longrightarrow Muestra con más intensidad de sabor

--	--	--	--	--	--	--	--

COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.10. CUESTIONARIO PRUEBA DE ORDENACIÓN POR ATRIBUTOS PARA PICANTE.

NOMBRE _____ SEXO ___ EDAD ___

FECHA _____

CÓDIGO DEL PRODUCTO _____

Delante de usted tiene ocho muestras de queso. Pruébelas de izquierda a derecha. Cuando las haya probado **todas** ordénelas según la **intensidad de picante**. Escriba los códigos de las muestras en dicho orden:

Muestra con menos intensidad de picante  Muestra con más intensidad de picante

<input type="text"/>							
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.11. ENCUESTA GENERAL PARA LA SELECCIÓN DE MIEMBROS DE UN PANEL DE JUECES ENTRENADOS

Por favor, conteste sinceramente a las preguntas que se le presentan a continuación:

1. DATOS PERSONALES

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____

Fecha: _____ Teléfono o lugar de contacto: _____

Correo electrónico _____ Ocupación: _____

¿Ha realizado algún curso de análisis sensorial? NO ___ SI ___

2. HÁBITOS DE CONSUMO

Horario habitual de comidas:

Desayuno: _____ Comida: _____ Cena: _____

¿Fuma? NO ___ SI ___ ¿Cuántos cigarrillos al día? _____

CONSUMO DE QUESO

¿Le gusta el queso? NO ___ SI ___ ¿Lo consume habitualmente? NO ___ SI ___

¿Qué tipo de queso consume?

De oveja _____ Curado _____ Semicurado _____

De mezcla _____ Curado _____ Semicurado _____

Otros _____ Curado _____ Semicurado _____

De los quesos que consume, ¿Con qué frecuencia lo hace? (Indique tipo y marca):

Diario _____ Diario _____ Diario _____

3 veces por semana _____ 3 veces por semana _____ 3 veces por semana _____

1 vez por semana _____ 1 vez por semana _____ 1 vez por semana _____

1 vez por quincena _____ 1 vez por quincena _____ 1 vez por quincena _____

1 vez por mes _____ 1 vez por mes _____ 1 vez por mes _____

Otra _____ Otra _____ Otra _____

¿Tiene en cuenta la procedencia del queso cuando lo compra? (Denominación de Origen, de una zona concreta) NO ___ SI ___

¿Tiene en cuenta el precio? NO ___ SI ___

3. SALUD

¿Padece alguna enfermedad que pueda afectar a los sentidos como resfriados, anosmia (pérdida de olfato), agusia (no percibe sabores) o daltonismo? NO ___ SI ___

¿Cuál(es) y con qué frecuencia? _____

¿Tiene dentadura postiza o algún defecto dental destacable? _____

¿Es alérgico a algún alimento? NO ___ SI ___ ¿Cuáles? _____

¿Es alérgico a algún medicamento? NO ___ SI ___ ¿Cuáles? _____

¿Es alérgico a otras cosas? NO ___ SI ___ ¿Cuáles? _____

Marque con una cruz el día y el horario en el que podría asistir a las catas:

Día	Horario	Día	Horario	Día	Horario
Martes	11:00-12:00	Miércoles	11:00-12:00	Jueves	11:00-12:00
Martes	12:00-13:00	Miércoles	12:00-13:00	Jueves	12:00-13:00
Martes	13:00-14:00	Miércoles	13:00-14:00	Jueves	13:00-14:00

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.12. EVALUACIÓN DE DESCRIPTORES EN QUESO

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Instrucciones: A continuación se le presenta una muestra de queso, evalúe la presencia de los atributos, marcando con una cruz sobre la escala la intensidad correspondiente.

Clave _____

Clave _____

Clave _____

ASPECTOHomogeneidad de Color

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Color

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Corte limpio

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Puntos blancos

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Agujeros

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

OLORIntensidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Rancio

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Ácido

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Leche

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Tostado

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Anòmalo (_____)

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

TEXTURA

Dureza

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Fracturabilidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Masticabilidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Granuloso

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Arenoso

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Adhesividad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Sensación grasa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Textura anómala (_____)

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

SABOR

Intensidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Leche

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Ácida

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Grasa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Rancio

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Salado

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Duración

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Anómalo

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

OTRAS SENSACIONESPicante

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Sensación retronasal

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Residuo en garganta

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

A.2.13. PERFIL SENSORIAL DE QUESO

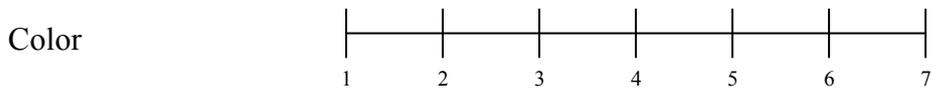
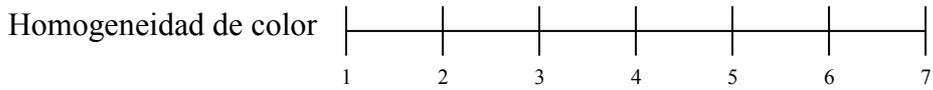
Nombre:

Fecha:

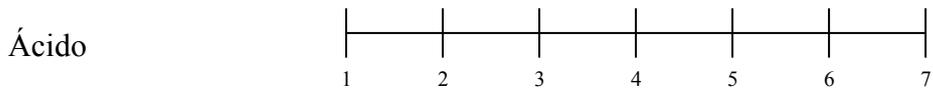
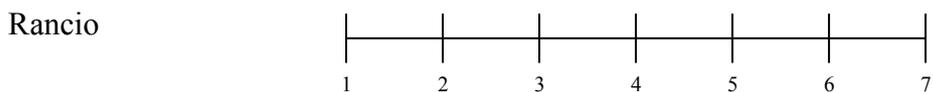
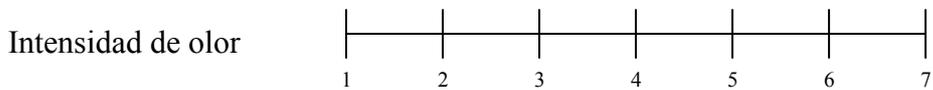
Instrucciones: Frente a usted tiene una muestra de queso marque con una línea sobre la escala la intensidad de los atributos de apariencia y olor.

CLAVE: _____ CLAVE: _____ CLAVE: _____

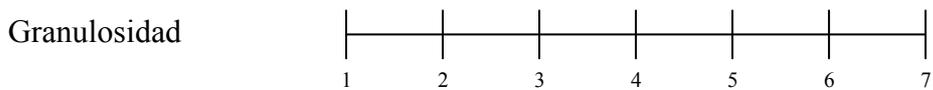
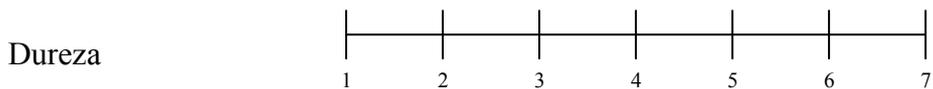
APARIENCIA



OLOR

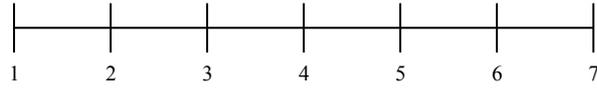


TEXTURA

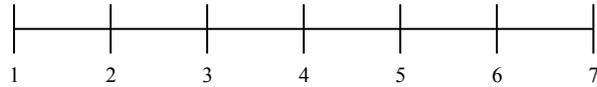


SABOR

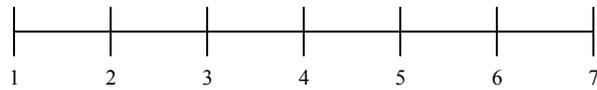
Intensidad



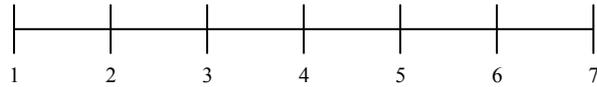
Ácido



Rancio



Picante



Indicar atributos anómalos encontrados

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

A.2.14. ESTÁNDARES EMPLEADOS EN EL ENTRENAMIENTO DE JUECES

A.2.14.1. Estándares generales utilizados en el entrenamiento



Figura 154. Quesitos El Caserío.



Figura 154. Yogur natural sin azúcar Eroski.



Figura 154. Nata para cocinar Central Lechera Asturiana.



Figura 154. Queso fresco Burgo de Arias.



Figura 155. Queso viejo de oveja Flor de Esgueva.



Figura 156. Queso viejo de oveja Marcos Conde.



Figura 157. Queso Roncal Opakua.

A.2.14.2. Estándares específicos utilizados en el entrenamiento y en la evaluación

Estándares de aspecto:

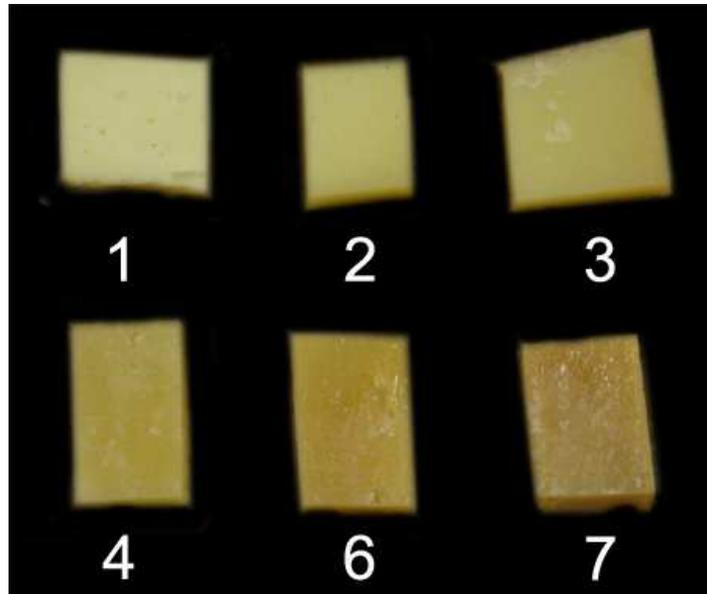


Figura 158. Estándares de color.

Color: 1-Tierno vaca-oveja-cabra; 2-Curado vaca-oveja-cabra; 3-Montelarreina Gran Reserva; 4-Castellana RCS medios 12 meses; 6-Churra RCS bajos 12 meses; 7-Castellana RCS bajos 2 años.

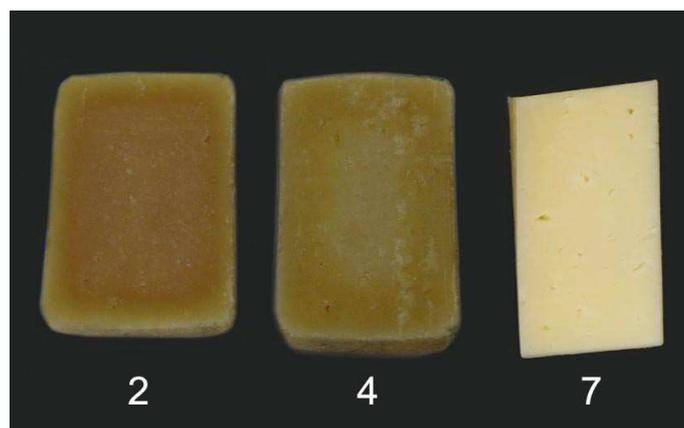


Figura 159. Estándares de homogeneidad de color.

Homogeneidad de color: 2-Churra RCS bajos 12 meses; 4 Churra RCS medios 12 meses; 7-Tierno de vaca-oveja-cabra Eroski.

Estándares de sabor:

Intensidad de sabor: 1-Burgo de Arias; 2-Tierno vaca-oveja-cabra; 3-Montelarreina; 5-Castellana RCS bajos 12 meses y Churra RCS altos 12 meses; 7-Castellana RCS bajos 2 años

Sabor ácido: 2-Castellana RCS bajos 2 años; 3- Castellana RCS medios 12 meses; 4-Montelarreina; 5-Los Vivales

Sabor rancio: 1-Tierno vaca-oveja-cabra; 2- Montelarreina; 3-Castellana RCS bajos 12 meses; 4-Castellana RCS medios 12 meses; 5- Churra RCS altos 12 meses; 6-Churra RCS bajos 12 meses; 7-Castellana RCS bajos 2 años

Picante: 1-Tierno vaca-oveja-cabra y Montelarreina; 2-Castellana RCS bajos 12 meses y Castellana RCS medios 12 meses; 3- Churra RCS altos 12 meses; 6- Castellana RCS altos 2 años

Duración del sabor: 1-Tierno vaca-oveja-cabra; 2- Montelarreina; 3-Castellana RCS bajos 12 meses; 4-Castellana RCS medios 12 meses; 5- Churra RCS altos 12 meses; 6-Churra RCS bajos 12 meses; 7-Castellana RCS bajos 2 años

Estándares de olor:

Intensidad de olor: 1-Burgo de Arias; 4-Churra RCS altos 12 meses; 5-Assaf RCS altos 12 meses; 7-Castellana RCS bajos 2 años

Olor ácido: 2- Assaf RCS bajos 12 meses; 3-Los Vivales; 7-Yogur natural

Olor rancio: 1-Burgo de Arias; 3-Assaf RCS bajos de 12 meses; 7-Castellana RCS bajos 2 años

Estándares de textura:

Dureza: 1-Tierno vaca-oveja-cabra; 2-Montelarreina; 4-Churra RCS altos 12 meses; 5-Castellana RCS medios 12 meses y Assaf RCS altos 12 meses; 6- Castellana RCS bajos 2 años

Granulosidad: 1-Burgo de Arias; 3-Los Vivales y Montelarreina; 4-Castellana RCS bajos 12 meses y Castellana RCS medios 12 meses; 5-El Pastor curado; 7-Castellana RCS bajos 2 años

Untuosidad: 3-Tierno vaca-oveja-cabra; 4-Montelarreina, Churra RCS altos 12 meses y Castellana RCS medios 12 meses; 5-Nata líquida La Asturiana; 7-Quesitos El Caserío

Fracturabilidad: 1-Burgo de Arias; 3-Los Viales y Montelarreina; 4-Castellana RCS bajos 12 meses y Castellana RCS medios 12 meses; 5-El Pastor curado; 7-Castellana RCS bajos 2 años



Figura 160. Queso de oveja Señorío de Montelarreina Gran Reserva



Figura 161. Queso de oveja curado Pago Los Viales etiqueta negra



Figura 162. Queso de oveja curado El Pastor de Santa Cristina



Figura 163. Queso tierno de vaca-oveja-cabra Eroski.



Figura 164. Queso semicurado de vaca-oveja-cabra Eroski.



Figura 165. Queso curado de vaca-oveja-cabra Eroski.



Figura 166. Queso de oveja Gran Capitán.

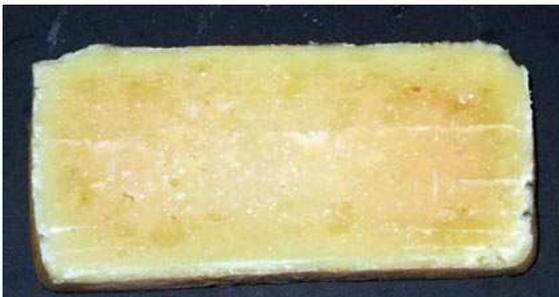


Figura 168. Queso Churra RCS bajos de 12 meses de maduración.



Figura 168. Queso Churra RCS medios de 12 meses de maduración.



Figura 170. Queso Castellana RCS medios de 12 meses de maduración



Figura 170. Queso Castellana RCS bajos de 12 meses de maduración.



Figura 172. Queso Assaf RCS altos de 12 meses de maduración



Figura 172. Queso Assaf RCS bajos de 12 meses de maduración.



Figura 173. Queso Castellana RCS bajos de 2 años de maduración.

A.2.15. DEFINICIONES DE ATRIBUTOS Y MODO DE EVALUACIÓN

Aspecto (VER ESTÁNDARES)

- *Homogeneidad de color:* Observar la superficie del queso y evaluar las diferencias de color. Cuantos más tonos de color amarillo aparezcan en el queso, menos homogéneo es. Observar los estándares.
- *Color:* Observar la superficie del queso y evaluar el color en la zona intermedia de la cuña.
- *Corte limpio:* Observar la superficie del queso y evaluar si el corte es limpio (superficie lisa) o no (superficie escamada, fracturada, no lisa, etc.)
- *Presencia de agujeros:* Observar la superficie del queso y evaluar la presencia de agujeros.

Olor (UTILIZAR ESTÁNDARES)

- *Intensidad de olor:* Acercarse el queso a la nariz y oler. Esperar 30 segundos antes de oler de nuevo para no saturar el olfato. Si no se percibe olor se pueden hacer tres breves inspiraciones continuas para facilitar la percepción.
- *Olor rancio:* Determinar si el queso tiene olor rancio, comparando con estándares.
- *Olor ácido:* Determinar si el queso tiene olor ácido, comparando con estándares.
- *Olor a leche:* Determinar si el queso tiene olor a leche, comparando con estándares.

Textura (UTILIZAR ESTÁNDARES)

- *Dureza:* Para determinar la dureza, colocar la muestra de queso entre los incisivos y morder una vez.
- *Fracturable, Quebradizo:* Colocar la muestra de queso entre los incisivos y morder una vez. Un queso muy quebradizo se desmorona (ejemplo: hojaldre), un queso poco quebradizo mantiene su estructura (ejemplo: manzana)
- *Masticabilidad:* Número de veces que es necesario masticar la muestra para poder tragarla. Un queso muy masticable hay que masticarlo muchas veces.
- *Granuloso:* Para determinar la granulosis, mover el queso con la lengua dentro de la boca mientras se mastica. Un queso muy granuloso tiene muchos granos de tamaño considerable. Si son de muy pequeño tamaño, entonces es arenoso.
- *Sensación grasa:* Para determinar la sensación grasa hay que observar la sensación que queda en la boca después de tragar el queso.

Sabor (UTILIZAR ESTÁNDARES)

- *Intensidad de sabor:* Indicar la intensidad del sabor independientemente de que sea esperado o no.
- *Sabor ácido:* Determinar si el queso presenta sabor ácido
- *Sabor a grasa:* Determinar si el queso presenta sabor a grasa
- *Sabor rancio:* Determinar si el queso presenta sabor rancio
- *Duración del sabor:* Observar la permanencia del sabor después de haber tragado el queso

Otras sensaciones (UTILIZAR ESTÁNDARES)

- *Intensidad de sabor picante:* Determinar la intensidad de sabor picante del queso.
- *Sensación retronasal:* Después de tragar el queso, expulsar aire por la nariz.
- *Residuo en la garganta:* Observar la cantidad de residuo que queda en la garganta una vez se ha tragado el queso.
- *Anómalo:* Cuantificar la presencia de algún atributo anómalo de apariencia, olor, textura o sabor. Indicar qué anomalía se encontró.

- ANEXO 3. COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA LECHE DE ZAMORA

Tabla 57. Composición (%) de la leche de las razas Churra, Castellana y Assaf de la provincia de Zamora a lo largo de un año (Fuente: ASOVINO)

	GRASA			PROTEÍNAS			EXTRACTO SECO		
	Churra	Cast.	Assaf	Churra	Cast.	Assaf	Churra	Cast.	Assaf
Ene	7,07	7,42	7,16	5,54	5,91	5,51	18,34	18,93	18,30
Febr	7,14	7,37	7,07	5,55	5,89	5,44	18,44	18,87	18,19
Mar	6,96	7,25	6,68	5,53	5,71	5,23	18,19	18,62	17,62
Abr	6,70	6,84	6,54	5,40	5,60	5,14	17,86	18,12	17,45
May	6,87	6,54	6,65	5,48	5,46	5,20	18,05	17,64	17,58
Jun	7,20	7,75	6,95	5,47	5,71	5,17	18,21	19,05	17,76
Jul	7,43	7,74	7,08	5,61	5,81	5,29	18,43	18,92	17,81
Ago	6,99	7,19	6,80	5,34	5,60	5,23	17,92	18,30	17,58
Sept	7,42	7,56	7,38	5,59	5,94	5,56	18,60	19,10	18,48
Oct	7,97	8,08	7,77	5,90	6,16	5,80	19,32	19,66	18,97
Nov	7,91	8,51	7,83	5,89	6,28	5,90	19,25	20,11	19,11
Dic	7,52	7,86	7,36	5,79	6,01	5,62	18,90	19,39	18,56
MED	7,27^b	7,51^c	7,10^a	5,59^b	5,84^c	5,42^a	18,46^b	18,89^c	18,12^a

^{a,b,c} diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre razas, horizontal

Tabla 58. Recuento de células somáticas ($\times 10^3$ células/mililitro) recogido en la leche de las razas Churra, Castellana y Assaf de la provincia de Zamora a lo largo de un año (Fuente: ASOVINO).

	Churra	Castellana	Assaf
Enero	790,12 ⁱ	530,94 ⁱ	681,88 ⁱ
Febrero	1017,25 ⁱ	729,82 ⁱ	1014,30 ⁱ
Marzo	1230,24 ^j	700,39 ⁱ	1042,87 ^j
Abril	1300,91 ^j	697,08 ⁱ	1045,31 ^j
Mayo	1254,48 ^j	873,96 ^j	1037,88 ^j
Junio	1214,28 ^j	748,83 ⁱ	1014,23 ^j
Julio	1168,41 ⁱ	860,98 ⁱ	1093,58 ^j
Agosto	1247,89 ^j	809,61 ⁱ	1095,73 ^j
Septiembre	1050,37 ⁱ	642,32 ⁱ	985,46 ^j
Octubre	1093,56 ⁱ	631,85 ⁱ	966,80 ^j
Noviembre	1207,18 ⁱ	792,13 ⁱ	1110,09 ^j
Diciembre	1268,74 ^j	874,83 ^j	1122,25 ^j
MEDIA	1153,62^c	741,06^a	1017,53^b

^{a,b,c} diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre razas, horizontal

^{ij} diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre meses, vertical

Tabla 59. Composición química (%) de la leche de tres grupos de RCS recogida en la provincia de Zamora a lo largo de un año (Fuente: ASOVINO).

	GRASA			PROTEÍNAS			EXTRACTO SECO		
	Bajos	Medios	Altos	Bajos	Medios	Altos	Bajos	Medios	Altos
Ene	6,95 ^b	6,50 ^a	6,53 ^a	5,50 ^b	5,40 ^a	5,48 ^{ab}	18,10 ^a	17,54 ^b	17,52 ^b
Feb	6,79 ^b	6,60 ^a	6,73 ^{ab}	5,35 ^a	5,33 ^a	5,49 ^b	17,87 ^b	17,61 ^a	17,72 ^{ab}
Mar	6,52 ^{ab}	6,49 ^a	6,66 ^b	5,18 ^a	5,20 ^a	5,34 ^b	17,45 ^a	17,39 ^a	17,59 ^a
Abr	6,32 ^a	6,40 ^a	6,58 ^b	5,10 ^a	5,18 ^b	5,35 ^c	17,23 ^a	17,34 ^a	17,60 ^b
May	6,39 ^a	6,47 ^a	6,64 ^b	5,20 ^a	5,23 ^a	5,33 ^b	17,36 ^a	17,42 ^{ab}	17,58 ^b
Jun	6,67 ^a	6,73 ^a	6,95 ^b	5,19 ^a	5,20 ^a	5,33 ^b	17,53 ^a	17,56 ^a	17,73 ^a
Jul	7,01 ^a	6,98 ^a	7,25 ^b	5,41 ^a	5,40 ^a	5,59 ^b	17,92 ^a	17,82 ^a	18,02 ^a
Ago	6,81 ^a	6,91 ^a	6,74 ^a	5,35 ^a	5,39 ^{ab}	5,50 ^b	17,77 ^b	17,83 ^b	17,39 ^a
Sept	7,37 ^a	7,41 ^a	7,26 ^a	5,65 ^a	5,74 ^{ab}	5,85 ^b	18,64 ^b	18,64 ^b	18,13 ^a
Oct	7,65 ^a	7,66 ^a	7,47 ^a	5,82 ^a	5,92 ^b	6,02 ^b	18,94 ^b	18,87 ^b	18,45 ^a
Nov	7,45 ^a	7,45 ^a	7,40 ^a	5,71 ^a	5,84 ^b	6,02 ^c	18,68 ^a	18,66 ^a	18,47 ^a
Dic	6,96 ^a	7,12 ^a	7,11 ^a	5,49 ^a	5,63 ^b	5,87 ^c	18,14 ^a	18,31 ^a	18,28 ^a
ME	6,91^a	6,89^a	6,94^b	5,41^a	5,45^b	5,60^c	17,97^a	17,92^a	17,87^a

^{a,b,c} diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre RCS

- ANEXO 4. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL QUESO

A.4.1. MES 0

Tabla 60. Valores medios de pH en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,54±0,03 ^{a,j}	5,44±0,17 ^{a,i}	5,45±0,06 ^{a,i}
	Castellana	5,38±0,03 ^{a,i}	5,53±0,03 ^{b,i}	---
	Assaf	5,56±0,02 ^{b,j}	5,58±0,01 ^{c,i}	5,52±0,01 ^{a,j}
Año 2	Churra	5,62±0,02 ^{c,k}	5,58±0,04 ^{b,i}	5,47±0,02 ^{a,i}
	Castellana	5,55±0,01 ^{b,j}	5,38±0,14 ^{a,i}	---
	Assaf	5,41±0,04 ^{a,i}	5,45±0,18 ^{a,i}	5,73±0,06 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 61. Valores medios de lactosa (%) en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	0,70±0,15 ^{b,i}	0,87±0,17 ^{b,j}	0,37±0,22 ^{a,i}
	Castellana	0,65±0,06 ^{a,i}	0,64±0,17 ^{a,i}	---
	Assaf	0,94±0,16 ^{a,j}	0,76±0,18 ^{a,ij}	0,78±0,27 ^{a,j}
Año 2	Churra	0,71±0,10 ^{b,j}	0,85±0,21 ^{b,j}	0,56±0,22 ^{a,i}
	Castellana	0,64±0,05 ^{a,i}	0,60±0,21 ^{a,i}	---
	Assaf	0,92±0,16 ^{b,k}	0,73±0,19 ^{a,ij}	0,71±0,18 ^{a,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 62. Valores medios de grasa (%/ES) en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	52,53±0,53 ^{a,i}	50,98±1,57 ^{a,i}	50,87±0,76 ^{a,i}
	Castellana	54,70±0,99 ^{b,i}	51,32±0,66 ^{a,i}	---
	Assaf	51,36±2,77 ^{a,i}	50,94±1,13 ^{a,i}	50,30±1,04 ^{a,i}
Año 2	Churra	55,45±0,75 ^{c,i}	53,52±0,17 ^{b,j}	52,36±0,28 ^{a,i}
	Castellana	55,94±2,09 ^{b,i}	52,30±0,44 ^{a,i}	---
	Assaf	55,41±0,88 ^{a,i}	56,69±1,13 ^{a,k}	52,56±2,31 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 63. Valores medios de proteínas (%/ES) en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	40,26±0,12 ^{a,k}	40,62±0,21 ^{a,i}	42,11±0,34 ^{b,j}
	Castellana	36,86±0,34 ^{a,i}	39,96±0,54 ^{b,i}	---
	Assaf	39,18±0,35 ^{a,j}	40,57±0,29 ^{b,i}	39,49±0,48 ^{a,i}
Año 2	Churra	36,76±0,46 ^{a,j}	38,46±0,85 ^{b,j}	40,10±0,27 ^{c,j}
	Castellana	35,91±0,92 ^{a,i}	39,37±0,82 ^{b,k}	---
	Assaf	37,10±0,93 ^{b,j}	35,53±0,73 ^{a,i}	38,77±0,16 ^{c,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 64. Valores medios de extracto seco en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	63,64±1,29 ^{b,j}	60,55±2,43 ^{a,i}	62,44±1,47 ^{ab,j}
	Castellana	60,95±0,55 ^{a,i}	61,47±0,70 ^{a,i}	---
	Assaf	60,12±1,13 ^{a,i}	59,09±0,64 ^{a,i}	58,21±2,16 ^{a,i}
Año 2	Churra	61,15±0,41 ^{a,j}	59,03±3,07 ^{a,i}	60,06±1,14 ^{a,i}
	Castellana	58,78±0,27 ^{b,i}	55,71±2,12 ^{a,i}	---
	Assaf	58,43±2,39 ^{a,i}	58,45±0,27 ^{a,i}	56,66±2,77 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 65. Valores medios de actividad de agua ($\times 10^{-1}$) en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	9,69±0,04 ^{a,i}	9,72±0,02 ^{a,i}	9,72±0,16 ^{a,j}
	Castellana	9,54±0,27 ^{a,i}	9,51±0,12 ^{a,i}	---
	Assaf	9,50±0,01 ^{a,i}	9,65±0,23 ^{a,i}	9,53±0,12 ^{a,i}
Año 2	Churra	9,79±0,05 ^{b,i}	9,76±0,04 ^{ab,i}	9,71±0,04 ^{a,i}
	Castellana	9,78±0,02 ^{a,i}	9,77±0,07 ^{a,i}	---
	Assaf	9,79±0,04 ^{a,i}	9,79±0,10 ^{a,i}	9,75±0,05 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 66. Valores medios de cenizas (%/ES) en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,16±1,16 ^{a,i}	7,01±0,08 ^{a,i}	6,43±1,23 ^{a,i}
	Castellana	7,39±1,50 ^{a,i}	7,69±0,82 ^{a,i}	---
	Assaf	7,93±0,37 ^{a,i}	7,20±1,29 ^{a,i}	8,84±0,48 ^{a,j}
Año 2	Churra	7,01±0,59 ^{a,i}	6,54±0,15 ^{a,i}	6,92±0,32 ^{a,i}
	Castellana	7,05±0,34 ^{a,i}	7,17±0,37 ^{a,i}	---
	Assaf	5,90±0,95 ^{a,i}	6,47±0,94 ^{a,i}	7,27±1,40 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 67. Valores medios de acidez de grasa (mg KOH/MG) en los quesos del mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	0,54±0,00 ^{a,i}	0,69±0,29 ^{a,i}	1,43±0,75 ^{b,i}
	Castellana	0,53±0,01 ^{a,i}	0,74±0,14 ^{a,i}	---
	Assaf	0,62±0,01 ^{a,j}	0,62±0,12 ^{a,i}	1,35±0,02 ^{b,i}
Año 2	Churra	0,72±0,46 ^{a,i}	0,94±0,09 ^{a,j}	0,81±0,08 ^{a,i}
	Castellana	0,44±0,14 ^{a,i}	0,57±0,06 ^{a,i}	---
	Assaf	0,66±0,11 ^{a,i}	0,56±0,04 ^{a,i}	0,84±0,13 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.4.2. MES 1

Tabla 68. Valores medios de pH en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,16±0,08 ^{a,i}	5,26±0,02 ^{b,i}	5,20±0,06 ^{ab,i}
	Castellana	5,37±0,17 ^{a,j}	5,39±0,02 ^{a,j}	---
	Assaf	5,44±0,04 ^{a,j}	5,40±0,02 ^{a,j}	5,50±0,13 ^{a,j}
Año 2	Churra	5,45±0,06 ^{b,j}	5,36±0,11 ^{ab,j}	5,32±0,08 ^{a,j}
	Castellana	5,36±0,04 ^{a,i}	5,40±0,03 ^{a,j}	---
	Assaf	5,47±0,03 ^{b,j}	5,19±0,11 ^{a,i}	5,18±0,03 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 69. Valores medios de lactosa (%) en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	0,16±0,19 ^{ab,i}	0,24±0,21 ^{a,i}	0,25±0,01 ^{b,j}
	Castellana	0,43±0,23 ^{b,i}	0,38±0,23 ^{a,i}	---
	Assaf	0,37±0,22 ^{ab,j}	0,15±0,29 ^{b,i}	0,41±0,05 ^{a,i}
Año 2	Churra	0,10±0,18 ^{a,i}	0,21±0,04 ^{a,j}	0,25±0,09 ^{a,i}
	Castellana	0,27±0,11 ^{b,j}	0,30±0,09 ^{a,i}	---
	Assaf	0,37±0,09 ^{ab,j}	0,16±0,14 ^{b,j}	0,43±0,08 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 70. Valores medios de grasa (%/ES) en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	53,21±2,30 ^{ab,j}	51,41±0,52 ^{a,i}	55,00±0,97 ^{b,j}
	Castellana	53,10±0,71 ^{b,j}	51,44±0,32 ^{a,i}	---
	Assaf	50,22±1,31 ^{abi}	52,04±1,42 ^{b,i}	49,19±1,40 ^{a,i}
Año 2	Churra	52,75±1,93 ^{a,i}	55,03±1,38 ^{a,j}	53,66±1,56 ^{a,i}
	Castellana	56,52±0,69 ^{b,j}	53,09±0,29 ^{a,i}	---
	Assaf	54,78±0,75 ^{ab,j}	56,00±0,39 ^{b,j}	52,63±1,41 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 71. Valores medios de proteínas (%/ES) en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	40,01±0,25 ^{b,i}	41,00±0,63 ^{b,i}	37,73±0,25 ^{a,i}
	Castellana	39,45±0,92 ^{a,i}	40,66±0,23 ^{a,i}	---
	Assaf	42,23±0,62 ^{b,j}	40,74±1,02 ^{a,i}	42,67±1,53 ^{b,j}
Año 2	Churra	39,83±0,34 ^{b,j}	37,26±0,62 ^{b,i}	39,44±0,25 ^{a,i}
	Castellana	36,03±0,32 ^{a,i}	39,59±0,62 ^{b,j}	---
	Assaf	38,71±0,62 ^{ab,ij}	37,60±0,62 ^{a,i}	39,34±0,22 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 72. Valores medios de extracto seco (%) en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	68,55±1,29 ^{a,i}	66,43±2,43 ^{a,i}	68,27±1,47 ^{a,j}
	Castellana	69,30±1,43 ^{a,i}	67,35±0,82 ^{a,i}	---
	Assaf	67,82±0,52 ^{b,i}	70,78±1,45 ^{c,j}	66,11±0,42 ^{a,i}
Año 2	Churra	68,71±1,03 ^{b,i}	64,43±0,51 ^{a,i}	68,87±1,45 ^{b,i}
	Castellana	69,37±1,61 ^{a,i}	70,74±1,32 ^{a,j}	---
	Assaf	74,56±2,47 ^{b,j}	69,65±3,85 ^{a,j}	67,02±2,28 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 73. Valores medios de actividad de agua ($\times 10^{-1}$) en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	9,40±0,07 ^{a,j}	9,38±0,18 ^{a,i}	9,44±0,04 ^{a,i}
	Castellana	9,34±0,01 ^{a,i}	9,37±0,07 ^{a,i}	---
	Assaf	9,43±0,03 ^{b,j}	9,35±0,08 ^{a,i}	9,41±0,01 ^{b,i}
Año 2	Churra	9,45±0,03 ^{a,j}	9,47±0,05 ^{a,i}	9,48±0,11 ^{a,j}
	Castellana	9,33±0,01 ^{a,i}	9,32±0,07 ^{a,i}	---
	Assaf	9,27±0,03 ^{a,i}	9,39±0,08 ^{a,i}	9,35±0,01 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 74. Valores medios de cenizas (%/ES) en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,58±0,16 ^{a,i}	7,21±0,27 ^{b,i}	6,92±0,12 ^{b,i}
	Castellana	6,84±0,03 ^{a,j}	7,34±0,23 ^{b,i}	---
	Assaf	7,01±0,11 ^{a,j}	7,04±0,61 ^{a,i}	7,53±0,08 ^{a,j}
Año 2	Churra	7,46±0,57 ^{b,j}	7,33±0,25 ^{b,k}	6,57±0,27 ^{a,i}
	Castellana	6,84±0,83 ^{a,i,j}	6,78±0,21 ^{a,j}	---
	Assaf	6,04±0,11 ^{a,i}	6,18±0,02 ^{a,i}	7,39±0,14 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 75. Valores medios de acidez de grasa (mg KOH/g MG) en los quesos del mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	1,10±0,45 ^a	1,31±0,04 ^{a,j}	1,70±0,24 ^{a,i}
	Castellana	0,89±0,01 ^{a,i}	0,99±0,14 ^{a,i,j}	---
	Assaf	0,74±0,07 ^{a,i}	0,80±0,14 ^{a,j}	1,35±0,06 ^{b,i}
Año 2	Churra	0,85±0,30 ^{a,j}	1,28±0,21 ^{a,i}	1,22±0,30 ^{a,i}
	Castellana	0,74±0,04 ^{a,i}	0,80±0,11 ^{a,i}	---
	Assaf	0,89±0,02 ^{a,j}	0,97±0,25 ^{a,i}	1,46±0,09 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.4.3. MES 2

Tabla 76. Valores medios de pH en los quesos del mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,30±0,01 ^{a,j}	5,33±0,02 ^{a,i}	5,32±0,04 ^{a,i}
	Castellana	5,24±0,10 ^{a,i}	5,42±0,07 ^{b,j}	---
	Assaf	5,45±0,01 ^{a,i}	5,43±0,06 ^{a,j}	5,37±0,12 ^{a,i}
Año 2	Churra	5,42±0,03 ^{c,j}	5,33±0,03 ^{b,i}	5,24±0,02 ^{a,i}
	Castellana	5,36±0,05 ^{a,i}	5,39±0,03 ^{a,i}	---
	Assaf	5,40±0,01 ^{a,i,j}	5,48±0,09 ^{a,j}	5,40±0,05 ^{a,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 77. Valores medios de grasa (%/ES) en los quesos del mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	54,75±2,12 ^{b,i}	50,52±0,62 ^{a,i}	53,90±0,42 ^{b,j}
	Castellana	53,28±1,75 ^{a,i}	51,43±2,16 ^{a,i}	---
	Assaf	51,15±2,16 ^{a,i}	50,56±1,56 ^{a,i}	50,75±1,20 ^{a,i}
Año 2	Churra	54,78±2,28 ^{a,i}	54,45±0,64 ^{a,i}	53,69±0,30 ^{a,i}
	Castellana	55,55±2,62 ^{a,i}	54,75±0,85 ^{a,i}	---
	Assaf	55,26±0,30 ^{a,i}	57,69±0,36 ^{a,j}	52,44±0,74 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 78. Valores medios de proteínas (%/ES) en los quesos del mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	38,46±0,64 ^{a,i}	42,25±0,36 ^{b,i}	39,03±0,63 ^{ab,i}
	Castellana	39,68±0,62 ^{a,ij}	41,76±0,62 ^{b,i}	---
	Assaf	41,67±0,73 ^{a,j}	42,37±0,92 ^{a,i}	41,98±0,22 ^{a,j}
Año 2	Churra	37,60±0,67 ^{a,i}	38,56±0,72 ^{ab,j}	39,79±0,22 ^{b,i}
	Castellana	37,55±0,71 ^{a,i}	38,36±0,62 ^{a,j}	---
	Assaf	38,39±0,22 ^{b,i}	36,27±0,62 ^{a,i}	40,30±0,71 ^{c,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 79. Valores medios de extracto seco (%) en los quesos del mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	72,88±0,25 ^{ab,i}	71,71±2,11 ^{a,i}	75,20±1,58 ^{b,j}
	Castellana	75,57±0,31 ^{b,k}	71,28±2,06 ^{a,i}	---
	Assaf	73,74±0,48 ^{a,j}	75,41±1,39 ^{b,j}	72,93±0,56 ^{a,i}
Año 2	Churra	72,81±0,08 ^{b,i}	71,01±1,46 ^{a,i}	73,22±0,35 ^{b,i}
	Castellana	71,98±2,62 ^{a,i}	74,80±0,93 ^{a,j}	---
	Assaf	76,85±2,05 ^{b,j}	74,70±2,33 ^{ab,j}	72,50±0,55 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 80. Valores medios de actividad de agua ($\times 10^{-1}$) en los quesos del mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	9,08±0,04 ^{a,j}	8,99±0,017 ^{a,i}	8,87±0,30 ^{a,i}
	Castellana	8,93±0,07 ^{a,i}	9,22±0,09 ^{b,j}	---
	Assaf	9,11±0,05 ^{a,j}	9,04±0,19 ^{a,ij}	9,16±0,07 ^{a,j}
Año 2	Churra	9,24±0,05 ^{b,j}	9,18±0,03 ^{a,j}	9,21±0,01 ^{ab,i}
	Castellana	9,18±0,04 ^{b,j}	9,03±0,10 ^{a,i}	---
	Assaf	9,01±0,14 ^{a,i}	9,18±0,04 ^{a,j}	9,51±0,30 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 81. Valores medios de cenizas (%/ES) en los quesos del mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,78±0,03 ^{a,i}	7,23±0,31 ^{a,i}	7,06±0,28 ^{a,i}
	Castellana	7,04±0,05 ^{a,j}	6,87±0,78 ^{a,i}	---
	Assaf	7,17±0,15 ^{a,j}	7,08±0,34 ^{a,i}	7,28±0,27 ^{a,i}
Año 2	Churra	7,93±1,06 ^{b,j}	6,99±0,15 ^{ab,j}	6,52±0,37 ^{a,i}
	Castellana	6,84±0,31 ^{a,i}	6,90±0,04 ^{a,j}	---
	Assaf	6,36±0,09 ^{b,i}	6,05±0,03 ^{a,i}	7,26±0,18 ^{c,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 82. Valores medios de acidez de grasa (mg KOH/g MG) en los quesos del mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	1,41±0,38 ^{a,i}	1,79±0,30 ^{a,i}	3,31±0,29 ^{b,i}
	Castellana	0,95±0,01 ^{a,i}	1,59±0,07 ^{b,i}	---
	Assaf	1,22±0,25 ^{a,i}	1,24±0,27 ^{a,i}	2,64±0,15 ^{b,i}
Año 2	Churra	1,16±0,28 ^{a,j}	1,26±0,51 ^{a,i}	1,84±0,25 ^{a,i}
	Castellana	1,01±0,43 ^{a,i}	0,97±0,12 ^{a,i}	---
	Assaf	0,96±0,29 ^{a,i}	0,89±0,07 ^{a,i}	1,59±0,02 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.4.4. MES 3

Tabla 83. Valores medios de pH en los quesos del mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,29±0,02 ^{b,i}	5,26±0,04 ^{a,i}	5,35±0,01 ^{c,i}
	Castellana	5,30±0,07 ^{a,i}	5,44±0,01 ^{b,k}	---
	Assaf	5,40±0,02 ^{a,j}	5,40±0,01 ^{a,j}	5,43±0,04 ^{a,j}
Año 2	Churra	5,29±0,06 ^{a,i}	5,46±0,18 ^{a,j}	5,26±0,16 ^{a,i}
	Castellana	5,28±0,04 ^{a,i}	5,46±0,06 ^{b,j}	---
	Assaf	5,43±0,05 ^{b,j}	5,29±0,01 ^{a,i}	5,49±0,08 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 84. Valores medios de grasa (%/ES) en los quesos del mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	52,70±2,89 ^{a,i}	50,98±1,57 ^{a,i}	54,46±0,77 ^{a,i}
	Castellana	52,60±1,71 ^{a,i}	52,32±2,09 ^{a,i}	---
	Assaf	49,70±0,84 ^{a,i}	50,56±0,77 ^{a,i}	52,47±0,35 ^{b,i}
Año 2	Churra	52,66±2,26 ^{a,i}	54,92±1,30 ^{a,i}	53,86±0,24 ^{a,i}
	Castellana	57,33±3,06 ^{a,i}	54,41±1,97 ^{a,i}	---
	Assaf	54,78±0,61 ^{a,i}	54,97±1,76 ^{a,i}	52,93±0,67 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 85. Valores medios de proteínas (%/ES) en los quesos del mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	40,74±0,51 ^{b,i}	42,13±0,77 ^{c,j}	38,88±0,72 ^{a,i}
	Castellana	40,72±0,52 ^{a,i}	40,49±0,55 ^{a,i}	---
	Assaf	43,56±0,22 ^{b,j}	42,58±0,62 ^{b,j}	40,06±0,52 ^{a,j}
Año 2	Churra	40,15±0,62 ^{b,k}	37,80±0,72 ^{a,i}	39,59±0,71 ^{b,i}
	Castellana	36,00±0,88 ^{a,i}	38,81±0,92 ^{b,i}	---
	Assaf	38,97±0,88 ^{a,j}	38,72±0,92 ^{a,i}	39,87±0,62 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 86. Valores medios de extracto seco (%) en los quesos del mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	78,62±0,49 ^{b,i}	75,67±1,98 ^{a,i}	77,79±0,79 ^{b,i}
	Castellana	79,98±1,42 ^{b,i}	76,42±0,13 ^{a,i}	---
	Assaf	78,84±0,35 ^{b,i}	80,37±0,82 ^{b,j}	76,66±1,61 ^{a,i}
Año 2	Churra	78,61±0,62 ^{c,k}	71,85±0,62 ^{a,i}	74,84±1,06 ^{b,i}
	Castellana	75,06±0,27 ^{a,i}	75,64±2,02 ^{a,j}	---
	Assaf	80,11±0,37 ^{c,j}	77,57±0,61 ^{b,j}	75,24±1,61 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 87. Valores medios de actividad de agua ($\times 10^{-1}$) en los quesos del mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	8,80±0,14 ^{a,i}	8,89±0,14 ^{a,i}	8,86±0,22 ^{a,i}
	Castellana	8,75±0,13 ^{a,i}	8,83±0,31 ^{a,i}	---
	Assaf	8,99±0,09 ^{b,j}	8,69±0,12 ^{a,i}	8,78±0,19 ^{a,i}
Año 2	Churra	8,98±0,21 ^{a,j}	9,09±0,12 ^{a,i}	9,05±0,01 ^{a,j}
	Castellana	9,07±0,02 ^{b,j}	8,96±0,02 ^{a,i}	---
	Assaf	8,80±0,10 ^{a,i}	9,04±0,12 ^{b,i}	8,90±0,02 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 88. Valores medios de cenizas (%/ES) en los quesos del mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,57±0,32 ^{a,i}	6,91±0,44 ^{a,i}	6,65±0,28 ^{a,i}
	Castellana	6,69±0,20 ^{a,i}	7,19±0,95 ^{a,i}	---
	Assaf	6,74±0,11 ^{a,i}	6,86±0,61 ^{a,i}	7,47±0,08 ^{b,j}
Año 2	Churra	7,67±0,27 ^{a,j}	7,27±0,31 ^{b,j}	6,56±0,29 ^{b,i}
	Castellana	6,84±0,45 ^{a,i}	6,90±0,38 ^{a,j}	---
	Assaf	6,25±0,30 ^{a,i}	6,33±0,03 ^{a,i}	7,21±0,18 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 89. Valores medios de acidez de grasa (mg KOH/g MG) en los quesos del mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	4,13±0,11 ^{a,j}	5,29±0,07 ^{a,j}	7,52±1,75 ^{a,i}
	Castellana	2,28±0,19 ^{a,i}	4,39±0,23 ^{b,j}	---
	Assaf	2,69±0,10 ^{a,i}	3,30±0,46 ^{a,i}	5,44±1,05 ^{b,i}
Año 2	Churra	1,80±0,02 ^{a,j}	2,27±0,16 ^{a,i}	2,36±0,44 ^{a,i}
	Castellana	1,02±0,06 ^{a,i}	1,13±0,22 ^{a,i}	---
	Assaf	1,80±0,11 ^{a,j}	1,72±0,76 ^{a,i}	3,98±1,13 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.4.5. MES 6

Tabla 90. Valores medios de pH en los quesos del mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,30±0,03 ^{a,i}	5,29±0,04 ^{a,i}	5,33±0,01 ^{a,i}
	Castellana	5,25±0,07 ^{a,i}	5,46±0,01 ^{b,k}	---
	Assaf	5,31±0,02 ^{a,i}	5,38±0,01 ^{b,j}	5,41±0,04 ^{c,j}
Año 2	Churra	5,34±0,03 ^{a,i}	5,38±0,03 ^{b,k}	5,40±0,03 ^{b,i}
	Castellana	5,37±0,04 ^{b,i}	5,26±0,09 ^{a,j}	---
	Assaf	5,36±0,05 ^{b,i}	5,18±0,04 ^{a,i}	5,35±0,11 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 91. Valores medios de grasa (%/ES) en los quesos del mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	52,89±0,40 ^{a,ij}	53,20±0,32 ^{ab,ij}	55,11±0,90 ^{b,j}
	Castellana	54,00±0,50 ^{a,j}	54,51±0,42 ^{a,j}	---
	Assaf	50,96±1,20 ^{a,i}	52,15±0,89 ^{b,i}	50,89±0,97 ^{a,i}
Año 2	Churra	53,68±0,49 ^{b,i}	52,11±0,89 ^{a,i}	51,70±0,90 ^{a,i}
	Castellana	56,44±1,16 ^{b,j}	53,78±0,37 ^{a,j}	---
	Assaf	55,24±0,28 ^{b,ij}	56,74±0,35 ^{b,k}	52,22±0,47 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 92. Valores medios de proteínas (%/ES) en los quesos del mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	40,02±0,61 ^{c,j}	38,27±0,77 ^{b,i}	36,94±0,64 ^{a,i}
	Castellana	39,00±0,71 ^{a,i}	41,31±0,58 ^{b,j}	---
	Assaf	41,63±0,88 ^{a,j}	41,25±0,73 ^{a,j}	42,26±0,33 ^{a,j}
Año 2	Churra	38,70±0,32 ^{a,j}	40,79±0,15 ^{b,j}	41,52±0,73 ^{c,i}
	Castellana	36,91±0,94 ^{a,i}	39,31±0,21 ^{b,j}	---
	Assaf	38,23±0,12 ^{b,j}	36,95±0,22 ^{a,i}	40,97±0,43 ^{c,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 93. Valores medios de extracto seco (%) en los quesos del mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	81,31±0,62 ^{b,i}	78,92±0,50 ^{a,i}	81,03±0,42 ^{b,i}
	Castellana	82,29±0,63 ^{b,i}	80,15±0,32 ^{a,ij}	---
	Assaf	82,12±0,71 ^{b,i}	82,21±0,24 ^{b,j}	80,01±1,76 ^{a,i}
Año 2	Churra	80,22±0,78 ^{b,i}	78,80±0,45 ^{a,i}	80,66±0,39 ^{b,i}
	Castellana	81,17±0,63 ^{a,i}	80,60±0,20 ^{a,j}	---
	Assaf	82,51±0,77 ^{a,j}	83,97±0,19 ^{a,k}	82,20±2,08 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 94. Valores medios de actividad de agua ($\times 10^{-1}$) en los quesos del mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	8,30±0,21 ^{a,i}	8,50±0,01 ^{b,j}	8,48±0,11 ^{b,i}
	Castellana	8,48±0,01 ^{a,j}	8,43±0,10 ^{a,ij}	---
	Assaf	8,31±0,07 ^{a,i}	8,34±0,07 ^{a,i}	8,39±0,08 ^{a,i}
Año 2	Churra	8,35±0,11 ^{a,i}	8,57±0,15 ^{b,j}	8,53±0,13 ^{b,i}
	Castellana	8,46±0,01 ^{a,j}	8,46±0,10 ^{a,j}	---
	Assaf	8,26±0,07 ^{a,i}	8,11±0,11 ^{a,i}	8,17±0,42 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 95. Valores medios de cenizas (%/ES) en los quesos del mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,59±0,25 ^{a,i}	7,01±0,30 ^{b,i}	7,22±0,50 ^{b,i}
	Castellana	6,81±0,30 ^{a,j}	7,15±0,42 ^{a,i}	---
	Assaf	7,01±0,20 ^{a,j}	6,87±0,30 ^{a,i}	7,25±0,14 ^{a,i}
Año 2	Churra	7,63±0,27 ^{b,j}	7,09±0,29 ^{a,j}	6,78±0,40 ^{a,i}
	Castellana	6,64±0,25 ^{a,i}	6,91±0,36 ^{a,ij}	---
	Assaf	6,53±0,09 ^{a,i}	6,32±0,24 ^{a,i}	6,82±0,07 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 96. Valores medios de acidez de grasa (mg KOH/g MG) en los quesos del mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,80±0,54 ^{a,j}	8,21±0,34 ^{b,j}	13,43±0,40 ^{c,j}
	Castellana	4,92±0,76 ^{a,i}	7,30±0,97 ^{b,i,j}	---
	Assaf	4,65±0,21 ^{a,i}	5,10±0,56 ^{a,i}	9,10±0,43 ^{b,i}
Año 2	Churra	3,36±0,57 ^{a,i}	5,74±0,31 ^{b,i}	5,67±0,30 ^{b,i}
	Castellana	2,23±0,29 ^{a,i}	2,73±0,07 ^{a,i}	---
	Assaf	2,13±0,15 ^{a,i}	3,95±0,22 ^{a,i}	7,37±0,72 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.4.6. MES 9

Tabla 97. Valores medios de pH en los quesos del mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,30±0,03 ^{a,j}	5,31±0,02 ^{a,i}	5,31±0,05 ^{a,i}
	Castellana	5,19±0,11 ^{a,i}	5,48±0,16 ^{b,j}	---
	Assaf	5,22±0,03 ^{a,i}	5,37±0,08 ^{b,i,j}	5,38±0,02 ^{b,j}
Año 2	Churra	5,28±0,02 ^{b,i}	5,29±0,07 ^{b,i}	5,17±0,03 ^{a,i}
	Castellana	5,23±0,05 ^{a,i}	5,28±0,12 ^{a,i}	---
	Assaf	5,51±0,29 ^{b,j}	5,26±0,04 ^{a,i}	5,22±0,15 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 98. Valores medios de grasa (%/ES) en los quesos del mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	53,63±1,45 ^{a,i}	54,18±0,52 ^{a,i}	55,13±1,85 ^{a,j}
	Castellana	55,00±0,89 ^{b,i}	51,62±1,85 ^{a,i}	---
	Assaf	51,43±3,24 ^{b,i}	53,09±1,09 ^{b,i}	50,29±0,47 ^{a,i}
Año 2	Churra	53,15±0,92 ^{a,i}	53,82±0,50 ^{a,j}	54,80±1,42 ^{a,j}
	Castellana	56,50±1,16 ^{b,j}	52,63±0,37 ^{a,i}	---
	Assaf	56,09±0,37 ^{a,j}	57,46±0,10 ^{a,k}	52,11±1,00 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 99. Valores medios de proteínas (%/ES) en los quesos del mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	39,54±0,33 ^{b,j}	38,71±0,62 ^{ab,i}	37,42±0,62 ^{a,i}
	Castellana	37,90±0,25 ^{a,i}	41,33±0,62 ^{b,j}	---
	Assaf	41,48±0,73 ^{b,k}	40,03±0,66 ^{a,j}	43,30±0,62 ^{c,j}
Año 2	Churra	39,58±0,37 ^{a,j}	39,31±1,24 ^{a,j}	38,72±0,62 ^{a,i}
	Castellana	37,41±0,61 ^{a,i}	40,83±0,66 ^{b,j}	---
	Assaf	37,93±0,67 ^{a,i}	36,27±0,22 ^{a,i}	40,77±0,61 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 100. Valores medios de extracto seco (%) en los quesos del mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	82,22±1,65 ^{ab,i}	80,63±2,59 ^{a,i}	85,15±1,93 ^{b,i}
	Castellana	82,95±3,18 ^{a,i}	81,50±0,13 ^{a,i}	---
	Assaf	83,65±0,76 ^{a,i}	82,83±1,83 ^{a,i}	82,84±1,56 ^{a,i}
Año 2	Churra	83,17±0,96 ^{a,i}	83,13±0,19 ^{a,i}	84,35±0,57 ^{b,i}
	Castellana	84,72±0,14 ^{a,j}	85,20±0,49 ^{a,j}	---
	Assaf	84,74±0,21 ^{a,j}	85,33±0,48 ^{a,j}	84,71±1,30 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 101. Valores medios de actividad de agua ($\times 10^{-1}$) en los quesos del mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	8,03±0,16 ^{b,j}	8,13±0,39 ^{b,i}	7,47±0,58 ^{a,i}
	Castellana	7,68±0,22 ^{a,i}	8,22±0,34 ^{b,i}	---
	Assaf	7,96±0,17 ^{a,j}	8,07±0,24 ^{a,i}	8,00±0,23 ^{a,i}
Año 2	Churra	7,87±0,18 ^{a,i}	7,94±0,02 ^{a,i}	8,00±0,16 ^{a,j}
	Castellana	8,12±0,18 ^{b,i}	7,93±0,04 ^{a,i}	---
	Assaf	8,19±0,10 ^{b,i}	7,80±0,08 ^{ab,i}	7,49±0,54 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 102. Valores medios de cenizas (%/ES) en los quesos del mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,85±0,09 ^{a,i}	7,12±0,28 ^{ab,i}	7,41±0,19 ^{b,j}
	Castellana	7,07±0,09 ^{a,i}	7,05±0,78 ^{a,i}	---
	Assaf	7,12±0,35 ^{a,i}	6,89±0,36 ^{a,i}	6,94±0,04 ^{a,i}
Año 2	Churra	7,27±0,41 ^{b,j}	6,87±0,16 ^{ab,j}	6,47±0,13 ^{a,i}
	Castellana	6,08±0,45 ^{a,i}	6,54±0,38 ^{a,i,j}	---
	Assaf	5,97±0,6 ^{a,i}	6,26±0,41 ^{a,i}	7,13±0,16 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 103. Valores medios de acidez de grasa (mg KOH/g MG) en los quesos del mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	7,46±0,49 ^{a,i}	10,73±0,68 ^{a,i}	19,18±0,68 ^{a,i}
	Castellana	7,76±0,15 ^{a,i}	11,13±0,14 ^{a,i}	---
	Assaf	6,38±0,52 ^{a,i}	6,72±0,97 ^{a,i}	13,17±0,77 ^{b,i}
Año 2	Churra	4,52±0,68 ^{a,i}	12,04±0,74 ^{b,k}	10,75±1,08 ^{b,i}
	Castellana	4,28±0,81 ^{a,i}	3,80±0,11 ^{a,i}	---
	Assaf	3,05±0,54 ^{a,i}	6,61±0,90 ^{b,j}	11,74±0,78 ^{c,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.4.7. MES 12

Tabla 104. Valores medios de pH en los quesos del mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,26±0,06 ^{a,j}	5,12±0,20 ^{a,i}	5,19±0,08 ^{a,i}
	Castellana	5,12±0,02 ^{a,i}	5,31±0,02 ^{b,j}	---
	Assaf	5,25±0,03 ^{a,j}	5,29±0,03 ^{b,j}	5,36±0,02 ^{b,j}
Año 2	Churra	5,21±0,03 ^{b,i}	5,38±0,05 ^{b,j}	5,31±0,10 ^{a,i}
	Castellana	5,14±0,05 ^{a,i}	5,16±0,12 ^{a,i}	---
	Assaf	5,28±0,06 ^{b,j}	5,31±0,10 ^{a,j}	5,28±0,12 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 105. Valores medios de grasa (%/ES) en los quesos del mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	53,90±3,20 ^{a,j}	51,23±1,11 ^{a,i}	53,32±0,75 ^{a,j}
	Castellana	54,51±1,33 ^{a,j}	51,31±2,68 ^{a,i}	---
	Assaf	51,43±1,39 ^{a,i}	53,09±0,74 ^{a,i}	50,29±1,34 ^{a,i}
Año 2	Churra	53,66±1,83 ^{a,i}	54,03±0,48 ^{a,i}	53,87±0,27 ^{a,j}
	Castellana	56,90±1,75 ^{a,j}	54,58±1,30 ^{a,i}	---
	Assaf	56,91±1,27 ^{b,j}	57,07±0,50 ^{b,j}	52,27±0,84 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 106. Valores medios de proteínas (%/ES) en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	39,27±0,44 ^{a,j}	41,55±0,66 ^{b,i}	39,11±0,62 ^{a,i}
	Castellana	37,87±0,62 ^{a,i}	41,30±0,88 ^{b,i}	---
	Assaf	41,74±0,94 ^{a,k}	42,65±0,48 ^{a,i}	40,77±0,66 ^{a,i}
Año 2	Churra	39,16±0,61 ^{a,j}	39,50±0,77 ^{a,j}	39,82±0,57 ^{a,i}
	Castellana	37,32±0,64 ^{a,i}	39,31±0,44 ^{b,j}	---
	Assaf	37,08±0,55 ^{a,i}	37,19±0,56 ^{a,i}	41,08±0,65 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 107. Valores medios de extracto seco (%) en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	82,85±0,44 ^{a,i}	83,27±1,36 ^{a,j}	85,24±0,29 ^{b,j}
	Castellana	84,58±0,32 ^{b,j}	81,53±1,59 ^{a,i}	---
	Assaf	83,80±0,53 ^{ab,i}	84,23±0,44 ^{b,j}	82,19±1,22 ^{a,i}
Año 2	Churra	85,25±0,06 ^{c,i}	83,57±0,28 ^{a,i}	84,51±0,37 ^{b,i}
	Castellana	85,90±1,00 ^{a,i}	85,36±0,28 ^{a,j}	---
	Assaf	85,98±0,21 ^{a,i}	86,28±0,48 ^{a,k}	85,80±1,30 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 108. Valores medios de actividad de agua ($\times 10^{-1}$) en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	8,03±0,05 ^{c,j}	7,62±0,14 ^{b,i}	7,26±0,25 ^{a,i}
	Castellana	7,39±0,14 ^{b,i}	7,68±0,22 ^{a,i}	---
	Assaf	7,34±0,26 ^{a,i}	7,87±0,20 ^{b,i}	7,41±0,18 ^{a,i}
Año 2	Churra	7,64±0,20 ^{a,i}	7,99±0,08 ^{b,j}	8,09±0,06 ^{b,j}
	Castellana	8,08±0,04 ^{b,l}	8,13±0,04 ^{a,k}	---
	Assaf	7,91±0,10 ^{b,j}	7,89±0,08 ^{ab,i}	7,48±0,54 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 109. Valores medios de cenizas (%/ES) en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,83±0,30 ^{a,i}	7,24±0,20 ^{ab,i}	7,56±0,31 ^{b,i}
	Castellana	7,61±0,38 ^{a,j}	8,17±0,47 ^{a,j}	---
	Assaf	8,25±0,23 ^{b,k}	6,86±0,50 ^{a,i}	8,13±0,24 ^{b,j}
Año 2	Churra	7,18±0,41 ^{b,j}	6,47±0,14 ^{a,k}	6,31±0,39 ^{a,i}
	Castellana	5,76±0,45 ^{a,i}	6,11±0,11 ^{a,j}	---
	Assaf	6,00±0,22 ^{a,i}	5,73±0,03 ^{a,i}	6,65±0,32 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 110. Valores medios de acidez de grasa (mg KOH/g MG) en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	9,10±0,93 ^{a,i}	11,28±0,67 ^{a,j}	19,88±1,02 ^{b,i}
	Castellana	7,99±2,45 ^{a,i}	12,40±2,10 ^{b,j}	---
	Assaf	6,75±0,77 ^{a,i}	7,49±0,20 ^{a,i}	17,42±3,09 ^{b,i}
Año 2	Churra	5,76±0,10 ^{a,i}	12,60±0,69 ^{b,j}	10,74±2,94 ^{b,i}
	Castellana	5,53±0,54 ^{a,i}	5,21±1,00 ^{a,i}	---
	Assaf	4,04±0,25 ^{a,i}	7,83±0,56 ^{a,i}	13,56±0,60 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

- ANEXO 5. COLOR

A.5.1. MES 0

Tabla 111. Valores medios de luminosidad en el mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	91,50±0,32 ^{a,i}	91,58±0,23 ^{a,i}	91,83±0,20 ^{a,i}
	Castellana	92,58±0,42 ^{a,j}	92,86±0,11 ^{a,j}	---
	Assaf	92,47±0,22 ^{a,j}	93,05±0,21 ^{a,k}	92,58±0,20 ^{a,j}
Año 2	Churra	91,48±0,29 ^{a,i}	91,60±1,02 ^{a,i}	91,84±0,73 ^{a,i}
	Castellana	92,60±0,27 ^{a,j}	92,86±0,51 ^{a,j}	---
	Assaf	92,48±0,44 ^{a,j}	93,07±0,31 ^{a,j}	92,60±0,96 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 112. Valores medios de a* en el mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	-0,02±0,13 ^{a,i}	-0,17±0,11 ^{a,i}	-0,07±0,10 ^{a,i}
	Castellana	-0,25±0,21 ^{a,i}	-0,36±0,23 ^{a,i}	---
	Assaf	0,12±0,14 ^{a,i}	-0,01±0,14 ^{a,i}	-0,20±0,12 ^{a,i}
Año 2	Churra	-0,03±0,15 ^{a,j}	-0,17±0,20 ^{a,j}	-0,08±0,15 ^{a,i}
	Castellana	-0,26±0,20 ^{a,i}	-0,35±0,14 ^{a,i}	---
	Assaf	0,13±0,14 ^{b,j}	-0,01±0,14 ^{b,j}	-0,19±0,09 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 113. Valores medios de b* en el mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	11,80±0,91 ^{a,i}	12,37±0,94 ^{a,j}	11,13±1,01 ^{a,i}
	Castellana	13,00±0,88 ^{a,i}	12,00±0,76 ^{a,j}	---
	Assaf	10,48±0,82 ^{a,i}	10,72±0,73 ^{a,i}	11,39±0,87 ^{a,i}
Año 2	Churra	11,81±1,05 ^{a,j}	12,38±1,60 ^{a,i}	11,12±1,27 ^{a,i}
	Castellana	13,01±1,27 ^{a,j}	11,99±0,76 ^{a,i}	---
	Assaf	10,44±0,81 ^{a,i}	10,75±0,67 ^{a,i}	11,40±1,51 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.5.2. MES 1

Tabla 114. Valores medios de luminosidad en el mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	88,87±0,18 ^{a,i}	87,24±0,29 ^{a,i}	87,11±3,10 ^{a,i}
	Castellana	88,16±1,61 ^{a,i}	85,71±1,69 ^{a,i}	---
	Assaf	87,60±2,45 ^{a,i}	85,86±1,55 ^{a,i}	86,69±3,20 ^{a,i}
Año 2	Churra	83,83±1,57 ^{a,i}	88,48±1,03 ^{b,j}	85,61±1,76 ^{a,i}
	Castellana	87,99±1,10 ^{b,j}	84,02±1,21 ^{a,i}	---
	Assaf	84,39±3,72 ^{a,i}	89,57±1,67 ^{b,j}	88,36±2,69 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 115. Valores medios de a* en el mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	-1,25±0,23 ^{a,i,j}	-1,62±0,25 ^{a,i}	-1,02±0,43 ^{a,i}
	Castellana	-1,73±0,61 ^{a,i}	-1,40±0,34 ^{a,i}	---
	Assaf	-0,73±0,20 ^{a,j}	-0,56±0,23 ^{a,j}	-0,79±0,16 ^{a,i}
Año 2	Churra	-0,21±0,28 ^{c,j}	-1,05±0,20 ^{a,i}	-0,51±0,14 ^{b,i}
	Castellana	-0,94±0,33 ^{a,i}	-0,78±0,24 ^{a,j}	---
	Assaf	-0,03±0,37 ^{b,j}	-0,26±0,18 ^{b,k}	-0,66±0,24 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 116. Valores medios de b* en el mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	13,94±0,94 ^{a,i}	16,80±1,43 ^{b,i}	15,26±1,67 ^{ab,i}
	Castellana	18,33±2,42 ^{a,j}	16,75±1,50 ^{a,i}	---
	Assaf	15,72±1,14 ^{a,i,j}	16,33±1,68 ^{a,i}	14,57±1,61 ^{a,i}
Año 2	Churra	16,72±0,65 ^{a,i}	16,18±1,12 ^{a,j}	15,52±0,94 ^{a,i}
	Castellana	18,14±0,95 ^{a,i}	19,15±1,33 ^{a,k}	---
	Assaf	16,32±2,87 ^{b,i}	13,04±0,39 ^{a,i}	15,45±0,60 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.5.3. MES 2

Tabla 117. Valores medios de luminosidad en el mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	83,98±4,74 ^{a,i}	86,81±0,36 ^{a,i}	84,88±3,92 ^{a,i}
	Castellana	87,98±0,81 ^{a,i}	85,15±2,22 ^{a,i}	---
	Assaf	84,09±1,75 ^{a,i}	86,09±0,59 ^{a,i}	86,23±3,99 ^{a,i}
Año 2	Churra	79,72±1,37 ^{a,i}	86,40±1,66 ^{c,j}	84,46±1,16 ^{b,i}
	Castellana	85,39±2,07 ^{b,k}	81,20±1,25 ^{a,i}	---
	Assaf	82,22±1,31 ^{a,j}	85,82±2,14 ^{b,j}	84,78±2,33 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 118. Valores medios de a* en el mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	-1,51±0,20 ^{a,j}	-1,81±0,26 ^{a,i}	-1,58±0,48 ^{a,i}
	Castellana	-1,93±0,17 ^{a,i}	-1,94±0,26 ^{a,i}	---
	Assaf	-1,35±0,18 ^{a,j}	-1,02±0,28 ^{a,j}	-1,12±0,55 ^{a,i}
Año 2	Churra	-0,74±0,81 ^{a,i}	-1,27±0,41 ^{a,i}	-0,93±0,19 ^{a,i}
	Castellana	-1,25±0,21 ^{a,i}	-1,05±0,44 ^{a,i}	---
	Assaf	-0,78±0,44 ^{a,i}	-0,30±0,11 ^{a,j}	-0,71±0,68 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 119. Valores medios de b* en el mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	17,75±2,34 ^{a,i}	17,63±1,10 ^{a,i}	16,19±1,12 ^{a,i}
	Castellana	16,95±1,66 ^{a,i}	17,24±1,35 ^{a,i}	---
	Assaf	17,40±0,56 ^{a,i}	15,97±1,50 ^{a,i}	16,04±0,64 ^{a,i}
Año 2	Churra	19,58±1,48 ^{b,i}	17,05±1,09 ^{a,j}	16,09±0,76 ^{a,i}
	Castellana	20,06±1,61 ^{a,i}	19,69±1,05 ^{a,k}	---
	Assaf	18,52±1,01 ^{b,i}	15,41±1,26 ^{a,i}	16,23±0,67 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.5.4. MES 3

Tabla 120. Valores medios de luminosidad en el mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	85,01±2,38 ^{a,i,j}	86,24±0,23 ^{a,j}	83,90±3,27 ^{a,i}
	Castellana	86,84±0,56 ^{a,j}	83,34±1,76 ^{a,i}	---
	Assaf	82,72±2,28 ^{a,i}	84,04±1,20 ^{a,i}	85,03±1,37 ^{a,i}
Año 2	Churra	76,85±1,47 ^{a,i}	84,46±1,00 ^{c,j}	81,64±2,75 ^{b,i}
	Castellana	80,51±1,02 ^{a,j}	76,44±4,43 ^{a,i}	---
	Assaf	78,51±1,51 ^{a,i}	84,45±2,99 ^{b,j}	81,20±3,26 ^{ab,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 121. Valores medios de a* en el mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	-1,60±0,30 ^{a,i}	-1,92±0,15 ^{a,i}	-1,62±0,50 ^{a,i}
	Castellana	-2,24±0,16 ^{a,i}	-2,05±0,19 ^{a,i}	---
	Assaf	-1,69±0,53 ^{a,i}	-1,51±0,15 ^{a,j}	-1,35±0,64 ^{a,i}
Año 2	Churra	-1,25±0,19 ^{a,j}	-1,53±0,38 ^{a,i}	-1,25±0,14 ^{a,i}
	Castellana	-1,72±0,32 ^{a,i}	-1,52±0,32 ^{a,i}	---
	Assaf	-1,15±0,16 ^{a,j}	-0,87±0,27 ^{a,j}	-1,08±0,36 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 122. Valores medios de b* en el mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	18,44±1,24 ^{b,i}	18,31±0,52 ^{b,i}	16,41±1,26 ^{a,i}
	Castellana	17,26±1,32 ^{a,i}	19,06±2,13 ^{a,i}	---
	Assaf	18,15±0,74 ^{a,i}	16,53±0,85 ^{a,i}	17,22±0,99 ^{a,i}
Año 2	Churra	18,62±1,19 ^{b,i,j}	16,95±0,78 ^{a,j}	16,62±0,42 ^{a,i}
	Castellana	19,79±0,80 ^{a,j}	19,59±0,84 ^{a,k}	---
	Assaf	18,30±0,91 ^{b,i}	15,50±0,98 ^{a,i}	17,33±1,50 ^{b,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.5.5. MES 6

Tabla 123. Valores medios de luminosidad en el mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	79,00±1,12 ^{a,i}	77,50±1,42 ^{a,i}	78,60±1,11 ^{a,i}
	Castellana	78,70±1,63 ^{a,i}	79,10±1,63 ^{a,j}	---
	Assaf	78,71±1,96 ^{a,i}	79,62±0,81 ^{a,j}	80,04±1,04 ^{a,i}
Año 2	Churra	69,10±1,11 ^{a,i}	72,76±1,38 ^{b,i}	73,42±1,83 ^{b,i}
	Castellana	69,04±1,63 ^{a,i}	71,82±1,76 ^{b,i}	---
	Assaf	75,50±1,92 ^{a,j}	76,92±0,80 ^{a,j}	75,84±2,13 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 124. Valores medios de a* en el mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	-0,70±0,78 ^{a,i}	-1,35±0,76 ^{b,i}	-1,57±0,42 ^{b,i}
	Castellana	-1,70±0,51 ^{a,ij}	-1,90±0,77 ^{a,ij}	---
	Assaf	-2,05±0,61 ^{b,j}	-2,25±0,61 ^{b,j}	-1,52±0,42 ^{a,i}
Año 2	Churra	0,14±0,81 ^{c,j}	-2,88±0,70 ^{a,i}	-1,66±0,60 ^{b,i}
	Castellana	-2,35±0,74 ^{a,i}	-1,15±1,27 ^{a,j}	---
	Assaf	-0,40±0,90 ^{a,j}	-1,45±0,79 ^{a,j}	-0,24±1,26 ^{a,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 125. Valores medios de acidez de b* en el mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	19,92±2,11 ^{a,i}	20,19±1,42 ^{a,i}	20,19±1,92 ^{a,i}
	Castellana	20,38±2,34 ^{a,i}	19,64±1,21 ^{a,i}	---
	Assaf	19,00±2,11 ^{a,i}	17,90±1,22 ^{a,i}	17,45±1,72 ^{a,i}
Año 2	Churra	20,07±2,57 ^{b,i}	18,89±1,27 ^{ab,i}	17,26±0,53 ^{a,i}
	Castellana	23,25±2,63 ^{b,i}	19,66±1,66 ^{a,i}	---
	Assaf	21,55±2,80 ^{a,i}	17,68±1,90 ^{a,i}	20,31±4,22 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.5.6. MES 9

Tabla 126. Valores medios de luminosidad en el mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	76,47±2,20 ^{a,i}	69,79±7,98 ^{a,i}	75,36±2,48 ^{a,i}
	Castellana	73,77±2,59 ^{a,i}	75,84±1,12 ^{a,i}	---
	Assaf	75,93±1,46 ^{a,i}	76,10±1,70 ^{a,i}	76,13±1,75 ^{a,i}
Año 2	Churra	63,27±1,73 ^{a,i}	68,95±1,58 ^{b,i}	71,33±1,30 ^{c,i}
	Castellana	65,90±2,18 ^{a,j}	66,11±4,22 ^{a,i}	---
	Assaf	71,29±1,74 ^{a,k}	72,90±0,50 ^{a,j}	70,94±3,30 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 127. Valores medios de a* en el mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	2,29±0,90 ^{b,j}	0,44±1,29 ^{a,i}	-0,78±0,81 ^{a,i}
	Castellana	0,24±2,38 ^{a,ij}	-0,98±0,98 ^{a,i}	---
	Assaf	-0,82±0,56 ^{b,i}	-1,64±1,04 ^{ab,i}	0,20±0,88 ^{a,i}
Año 2	Churra	5,46±2,10 ^{b,j}	-0,75±0,92 ^{a,i}	-0,59±1,15 ^{a,i}
	Castellana	-0,40±1,48 ^{a,i}	3,59±2,01 ^{b,j}	---
	Assaf	0,63±1,80 ^{ab,i}	-0,67±0,85 ^{a,i}	2,67±2,91 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 128. Valores medios de acidez de b* en el mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	22,77±2,39 ^{a,i}	23,21±1,03 ^{a,i}	25,42±4,43 ^{a,i}
	Castellana	25,75±1,99 ^{a,i}	21,24±3,80 ^{a,i}	---
	Assaf	22,47±1,53 ^{a,i}	21,12±2,08 ^{a,i}	19,79±3,77 ^{a,i}
Año 2	Churra	24,88±3,26 ^{a,i}	24,35±1,05 ^{a,i}	22,05±2,33 ^{a,i}
	Castellana	26,42±4,11 ^{a,i}	24,80±3,16 ^{a,i}	---
	Assaf	22,63±2,28 ^{a,i}	23,60±6,77 ^{a,i}	25,80±4,93 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

A.5.7. MES 12

Tabla 129. Valores medios de luminosidad en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	75,36±1,09 ^{a,i}	71,54±3,97 ^{a,i}	74,69±2,91 ^{a,i}
	Castellana	73,39±0,84 ^{b,i}	70,59±1,50 ^{a,i}	---
	Assaf	73,16±2,05 ^{a,i}	75,58±0,65 ^{a,j}	75,30±0,81 ^{a,i}
Año 2	Churra	69,87±1,70 ^{a,i}	67,95±0,84 ^{b,j}	72,66±0,59 ^{b,i}
	Castellana	69,87±0,76 ^{a,j}	67,95±3,01 ^{a,i}	---
	Assaf	71,74±2,70 ^{a,j}	73,21±1,04 ^{a,j}	73,93±1,93 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 130. Valores medios de a* en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	2,15±1,47 ^{a,i}	3,44±0,73 ^{a,j}	0,92±1,82 ^{a,i}
	Castellana	3,53±0,66 ^{b,i}	-0,02±2,24 ^{a,i}	---
	Assaf	1,51±0,94 ^{b,i}	-1,12±0,52 ^{a,i}	3,27±1,93 ^{b,i}
Año 2	Churra	7,26±2,03 ^{b,j}	-0,08±1,35 ^{a,i}	-0,36±0,83 ^{a,i}
	Castellana	1,29±2,66 ^{a,i}	3,45±2,45 ^{a,j}	---
	Assaf	2,70±2,29 ^{b,i}	-0,36±0,60 ^{a,i}	4,11±3,00 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 131. Valores medios de b* en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	21,41±1,09 ^{a,i}	23,42±0,87 ^{a,i}	27,94±3,56 ^{b,i}
	Castellana	27,91±1,52 ^{b,k}	22,29±3,62 ^{a,i}	---
	Assaf	25,17±1,85 ^{b,j}	22,09±3,26 ^{a,i}	22,16±3,32 ^{b,i}
Año 2	Churra	26,14±2,06 ^{b,i}	22,84±2,09 ^{a,i}	21,83±1,36 ^{a,i}
	Castellana	27,45±3,07 ^{a,i}	24,44±3,81 ^{a,i}	---
	Assaf	24,54±2,90 ^{a,i}	22,87±2,58 ^{a,i}	26,14±5,50 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

- ANEXO 6. TEXTURA

Tabla 132. Valores medios de fuerza de corte (N) en el mes 0.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	5,40±1,73 ^{b,i}	4,18±0,59 ^{a,i}	4,51±1,12 ^{a,i}
	Castellana	5,39±2,06 ^{a,i}	6,41±1,84 ^{a,j}	---
	Assaf	4,98±0,60 ^{a,i}	4,58±0,74 ^{a,i}	5,25±1,35 ^{a,i}
Año 2	Churra	7,06±0,76 ^{b,j}	5,43±0,81 ^{a,i}	6,54±0,70 ^{c,j}
	Castellana	5,36±0,99 ^{a,i}	5,49±1,04 ^{a,i}	---
	Assaf	5,31±1,04 ^{b,i}	4,79±0,57 ^{a,i}	6,09±0,36 ^{c,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 133. Valores medios de fuerza de corte (N) en el mes 1.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	6,70±1,90 ^{b,i}	5,34±1,07 ^{a,i}	5,44±0,87 ^{a,i}
	Castellana	8,51±2,60 ^{b,j}	5,94±1,07 ^{a,j}	---
	Assaf	7,13±2,18 ^{b,ij}	8,04±2,14 ^{b,ij}	5,11±0,60 ^{a,i}
Año 2	Churra	8,34±2,65 ^{b,j}	5,92±0,67 ^{a,i}	7,43±1,34 ^{b,i}
	Castellana	6,13±0,95 ^{a,i}	8,09±2,16 ^{b,j}	---
	Assaf	10,06±1,75 ^{b,k}	6,87±2,69 ^{a,j}	7,74±1,14 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 134. Valores medios de fuerza de corte (N) en el mes 2.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	12,13±2,82 ^{b,i}	9,08±2,42 ^{a,i}	9,36±1,83 ^{a,i}
	Castellana	12,55±2,02 ^{b,i}	8,66±1,04 ^{a,i}	---
	Assaf	10,80±2,71 ^{b,i}	13,91±3,74 ^{c,i}	9,01±0,81 ^{a,i}
Año 2	Churra	11,25±2,10 ^{b,i}	11,16±1,30 ^{b,ij}	9,63±2,79 ^{a,i}
	Castellana	11,46±1,93 ^{a,i}	12,38±1,96 ^{a,j}	---
	Assaf	12,27±3,95 ^{b,i}	10,27±2,17 ^{a,i}	12,34±1,95 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 135. Valores medios de fuerza de corte (N) en el mes 3.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	14,25±2,37 ^{b,i}	13,66±3,91 ^{b,ij}	9,93±2,11 ^{a,i}
	Castellana	18,90±7,40 ^{b,j}	12,11±1,88 ^{a,i}	---
	Assaf	13,73±2,88 ^{ab,i}	14,78±2,55 ^{b,j}	12,21±2,13 ^{a,j}
Año 2	Churra	18,72±3,89 ^{b,j}	13,08±1,81 ^{a,i}	14,49±2,63 ^{a,j}
	Castellana	14,59±2,23 ^{a,i}	15,70±4,09 ^{a,j}	---
	Assaf	18,29±3,29 ^{c,j}	15,81±1,92 ^{b,ij}	12,53±2,42 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 136. Valores medios de fuerza de corte (N) en el mes 6.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	23,70±4,11 ^{a,i}	20,71±4,21 ^{a,i}	28,83±2,31 ^{b,j}
	Castellana	30,01±3,22 ^{b,j}	20,05±4,21 ^{a,i}	---
	Assaf	29,83±2,14 ^{b,j}	25,71±3,11 ^{ab,j}	19,70±3,11 ^{a,i}
Año 2	Churra	37,62±7,56 ^{c,j}	19,22±3,52 ^{a,i}	23,19±4,78 ^{b,i}
	Castellana	27,95±4,22 ^{a,i}	30,44±5,33 ^{a,j}	---
	Assaf	31,28±5,86 ^{b,i}	34,06±4,14 ^{b,j}	23,51±2,89 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 137. Valores medios de fuerza de corte (N) en el mes 9.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	31,34±3,80 ^{a,i}	27,27±5,62 ^{a,ij}	44,15±18,84 ^{b,j}
	Castellana	38,68±12,43 ^{b,j}	25,74±4,12 ^{a,j}	---
	Assaf	40,76±12,54 ^{c,j}	32,32±7,96 ^{b,i}	25,84±2,72 ^{a,i}
Año 2	Churra	63,74±13,33 ^{b,j}	44,14±6,70 ^{a,i}	38,28±6,40 ^{a,i}
	Castellana	43,32±9,17 ^{a,i}	55,44±9,18 ^{b,j}	---
	Assaf	38,37±9,16 ^{a,i}	42,74±10,71 ^{a,i}	36,50±5,30 ^{a,i}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal
^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

Tabla 138. Valores medios de fuerza de corte (N) en el mes 12.

		RCS bajos	RCS medios	RCS altos
Año 1	Churra	29,46±4,61 ^{a,i}	35,10±9,82 ^{b,i}	52,93±4,91 ^{c,j}
	Castellana	59,91±8,00 ^{b,k}	36,95±5,08 ^{a,ij}	---
	Assaf	47,67±8,22 ^{b,j}	37,04±6,70 ^{a,k}	45,39±3,84 ^{a,i}
Año 2	Churra	80,07±10,87 ^{b,j}	49,16±9,78 ^{a,i}	44,92±10,80 ^{a,i}
	Castellana	54,41±8,00 ^{a,i}	61,65±10,17 ^{b,j}	---
	Assaf	58,11±8,85 ^{b,i}	46,25±8,79 ^{a,i}	56,40±9,61 ^{b,j}

^{a,b,c} muestran diferencias entre RCS ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en horizontal

^{i,j,k} muestran diferencias entre razas ($\alpha=0,05$) para cada año, se leen en vertical

