

Trabajo de Fin de Grado

Determinación de parámetros fisicoquímicos en leche

Sara Armas Alba

5º Grado en Farmacia

Curso 2016-2017

Tutores:

Javier Hernández Borges y Javier González Sálamo

Departamento de Química

Área de Química Analítica

Índice

Abstract.....	3
Resumen	4
I. INTRODUCCIÓN	5
I.1. Definición de leche.....	5
I.2. Composición química y valor nutritivo de la leche.....	5
I.3. Importancia de la caracterización fisicoquímica de la leche	6
II. OBJETIVO	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
III.1. Muestras analizadas	11
III.2. Programas informáticos	11
III.3. Procedimientos experimentales	12
III.3.1. Preparación de las muestras.....	12
III.3.2. Determinación del extracto seco y de la humedad	12
III.3.3. Determinación de la materia grasa	13
III.3.4. Determinación de la densidad.....	13
III.3.5. Determinación de la acidez.....	14
III.3.5.1. Estandarización de la disolución de NaOH.....	15
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN	21
VI. CONCLUSIONES	29
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

Abstract

Nowadays, milk is one of the most consumed foods around the world, being necessary to carry out strict controls to ensure its quality and safe consumption.

In order to determine and quantify the main physicochemical parameters in different milk samples commercialized in the island of Tenerife, the determination of the dry extract (and consequently the percentage of moisture), fat, density and acidity was carried out in 21 samples: 7 were from whole cow milk, 5 from semi-skimmed cow milk, one semi-skimmed goat milk, one sheep milk and 7 were from skimmed cow milk.

The determination of the dry extract was carried out in triplicate by the desiccation of the samples, while the determination of the fat was also performed in triplicate using the Gerber method. The acidity was determined by an acid-base titration with a previously standardized sodium hydroxide solution, but its pH was also determined by its direct measurement with a pH meter. Concerning the density, it was directly determined using a lactodensimeter.

The results obtained are within the levels established by the Spanish Food Code. In the case of whole milk, the average dry extract was 12.5%, average fat content was 3.6 g/100 mL, acidity was 0.1719 g lactic acid/100 mL (pH of 6.64) and the density 1.0302 g/mL. In the case of semi-skimmed milk, these values were the following: 11.1%, 1.6 g/100 mL, 0.1966 g lactic acid/100 mL (pH 6.59) and 1.0336 g/mL, respectively; while for skimmed milk they were: 9.2%, 0.2 g/100 mL, 0.1689 g lactic acid/100 mL (pH 6.66) and 1.0340 g/mL, respectively. In order to assess the differences and similarities of the results obtained for each analyzed sample in a clearer and more effective way, an analysis was carried out using box and whiskers diagrams.

Keywords: milk, physicochemical parameters, dry extract, fat content, acidity, density

Resumen

Hoy en día, la leche es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, siendo necesario llevar a cabo estrictos controles que aseguren su calidad y su consumo seguro.

Con la finalidad de determinar y cuantificar los principales parámetros fisicoquímicos en diferentes muestras de leche comercializadas en la isla de Tenerife, en este trabajo se llevó a cabo la determinación del extracto seco (y por consiguiente, el porcentaje de humedad), materia grasa, densidad y acidez en 21 muestras: 7 de leche entera de vaca, 6 de leche semidesnatada de vaca, una de leche semidesnatada de cabra y otra de oveja y 7 de leche desnatada de vaca.

La determinación del extracto seco se llevó a cabo por triplicado por desecación de las muestras, mientras que la determinación de la materia grasa se realizó también por triplicado utilizando el método Gerber. La acidez fue determinada mediante una valoración ácido-base con una disolución de hidróxido sódico previamente estandarizada, aunque también se determinó su pH mediante la medida directa con un pH-metro. En lo que respecta a la densidad, se determinó directamente utilizando un lactodensímetro.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los márgenes establecidos por el Código Alimentario Español. El caso de la leche entera, el promedio obtenido para el extracto seco fue del 12,5%, para la materia grasa de 3,6 g/100 mL, para la acidez de 0,1719 g ácido láctico/100 mL (pH de 6,64) y para la densidad de 1,0302 g/mL. En el caso de la leche semidesnatada dicho valores fueron 11,1%, 1,6 g/100 mL, 0,1966 g ácido láctico/100 mL (pH 6,59) y 1,0336 g/mL, respectivamente, mientras que para la leche desnatada fueron 9,2%, 0,2 g/100 mL, 0,1689 g ácido láctico/100 mL (pH 6,66) y de 1,0340 g/mL, respectivamente. Con el objetivo de apreciar de una manera más clara y efectiva las diferencias y similitudes entre los resultados obtenidos de las muestras analizadas, se llevó a cabo un análisis mediante diagramas de cajas y bigotes.

Palabras clave: leche, parámetros fisicoquímicos, extracto seco, materia grasa, acidez, densidad

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Definición de leche

El Código Alimentario Español (*1*) define la leche natural como el producto íntegro, no alterado ni adulterado y sin calostros, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas domésticas sanas y bien alimentadas. Con la denominación genérica de leche se comprende única y exclusivamente la leche natural de vaca. Las leches producidas por otras hembras de animales domésticos se deben designar indicando además el nombre de la especie correspondiente. Por su gran variedad de nutrientes, que se encuentran en proporciones equilibradas, se considera un alimento muy completo.

A partir de la leche se obtienen los derivados lácteos mediante técnicas de separación de nutrientes o modificaciones bioquímicas de alguno de ellos. En general, estos tienen características organolépticas, composición química y valor nutritivo diferentes a los de la leche de partida, dependiendo del proceso tecnológico que se realice (*2*).

Atendiendo al tratamiento que se aplique, las leches naturales se clasifican en: leches higienizadas, certificadas, especiales (concentradas, desnatadas, fermentadas o acidificadas, enriquecidas, con aromas y/o estimulantes añadidos) y conservadas (esterilizadas, evaporadas, condensadas y en polvo) (*1*).

La leche higienizada, es la leche natural sometida a un proceso tecnológico autorizado que asegure la total destrucción de los gérmenes patógenos y la casi totalidad de la flora banal, sin modificación sensible de su naturaleza fisicoquímica, características biológicas y cualidades nutritivas (*1*). Mientras que las leches especiales proceden de la leche natural al someterla a ciertas operaciones que modifican su composición característica. Entre ellas, destacan la leche semidesnatada o desnatada.

I.2. Composición química y valor nutritivo de la leche

La composición de la leche varía en función de factores como la especie y raza animal, la alimentación, el momento del ordeño y el periodo post-parto, entre otros. Se trata de un alimento líquido con un aporte energético considerable (65 kcal/100 g), cuyo componente mayoritario es el agua (86-88%) y en el que coexisten en equilibrio nutrientes

en estado de disolución, dispersión coloidal y emulsión.

La Tabla I.1. muestra los valores de referencia de diferentes parámetros fisicoquímicos de la leche entre los que destacan:

- **Hidratos de carbono.** La lactosa o azúcar de la leche es el hidrato de carbono mayoritario y su contenido se sitúa entre 4-5%.
- **Proteínas.** La leche de vaca contiene un 3-3,5% de proteínas, de las cuales la fracción caseínica es la mayoritaria, representando el 80%. Se caracteriza por precipitar o coagular a pH inferior a 4,6. El 20% restante estaría compuesto por proteínas solubles del lactosuero, entre las que se incluyen lactoalbúminas, lactoglobulinas, seroalbúminas e inmunoglobulinas.
- **Grasas.** La leche entera tiene un 3,5-4% de grasa, observándose mayores concentraciones en la leche de cabra, oveja y búfala. La grasa láctica se encuentra emulsionada constituyendo glóbulos lipídicos. Cuando esta emulsión se rompe, debido a su menor densidad, los glóbulos de grasa ascienden espontáneamente y se sitúan en la superficie, constituyendo la crema o nata.
- **Vitaminas.** En la leche se encuentran prácticamente todas las vitaminas hidró y liposolubles, destacando las vitaminas B1, B2, niacina, B12 y otras del complejo B, siendo pobre en vitamina C. Las vitaminas A y D están representadas en la grasa láctea.
- **Minerales y elementos traza.** La concentración de estos compuestos es bastante estable, situándose en torno al 0,75%. Hay que destacar el alto contenido en calcio (120 mg/100 g en leche de vaca). El fósforo también se encuentra en elevadas concentraciones. Sin embargo, los elementos traza, a excepción del zinc, están en muy baja proporción en la leche (2).

I.3. Importancia de la caracterización fisicoquímica de la leche

En la actualidad, más de 6.000 millones de personas consumen leche y productos lácteos en el mundo y la mayoría de ellas vive en los países desarrollados (3). De hecho, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), considerando el volumen, la leche líquida es el producto lácteo más consumido en todo el mundo en desarrollo (3). Tradicionalmente, la demanda de leche líquida es mayor en los centros urbanos y la de leche fermentada en las zonas rurales, pero los productos lácteos procesados están adquiriendo una creciente importancia en muchos países, siendo la leche de vaca la más consumida a nivel mundial (3).

Tabla I.1. Valores de referencia para los diferentes parámetros fisicoquímicos según el tipo de leche.

Fuente: Código Alimentario Español (1).

	Leche natural (vaca)	Leche natural (oveja)	Leche natural (cabra)	Leches especiales
Materia grasa	≥ 3% peso	≥ 7% peso	≥ 3,3% peso	Totalmente desnatada: ≤ 1% peso
				Semidesnatada: ≥ 1% peso
Lactosa	≥ 4,2% peso	≥ 4,6% peso	≥ 4% peso	Igual que leche natural
Extracto seco magro	≥ 8,2% peso	≥ 10,3% peso	≥ 8,4% peso	$E^*=8,45+0,92G^{**}$
Acidez (g ác. láctico/100 mL)	≤ 0,2 g/100 mL	≤ 0,3 g/100 mL	≤ 0,2 g/100 mL	≤ 0,19 g/100 mL
Proteínas	≥ 3,2% peso	≥ 4,7% peso	≥ 3,8% peso	Igual que la leche natural
Cenizas	≥ 0,65% peso	≥ 1% peso	-	Igual que la leche natural

*E es el tanto por ciento de extracto seco total en peso.

**G es el tanto por ciento de materia grasa en peso.

La calidad de la leche puede considerarse desde dos aspectos esenciales que no son independientes uno del otro (4): la calidad química, que corresponde a su composición, características organolépticas (aspecto, olor y sabor), fisicoquímicas y a su valor nutritivo; y la calidad higiénica, relacionada con la carga y tipo de microorganismos, con la flora inocua y la flora productora de enzimas termorresistentes. En el primer caso, la leche no puede tener color ni olor anormales, ni tampoco debe contener ningún tipo de sedimentos así como sustancias químicas exógenas como antibióticos o detergentes, mientras que en el segundo caso, el contenido en bacterias debe ser bajo, siendo necesario aplicar buenas prácticas de higiene a lo largo de toda la cadena láctea (3).

La FAO (5), como ejemplos de métodos de determinaciones analíticas para evaluar la calidad de la leche para los productores y procesadores de leche de pequeña escala en los países en desarrollo, recomienda llevar a cabo, entre otros, análisis organolépticos, la determinación de la densidad de la leche, de su acidez en términos del contenido en ácido láctico, así como la determinación del contenido en materia grasa mediante el método de Gerber. Estas determinaciones básicas, conjuntamente con la determinación de proteínas, son llevadas a cabo en cualquier industria láctea del mundo antes de la comercialización de la leche o de la transformación de la misma en sus derivados.

II. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es la determinación de los principales parámetros fisicoquímicos que contribuyen a definir la calidad química de la leche (extracto seco, grasa, acidez y densidad), en diferentes muestras comercializadas en la isla de Tenerife.

Dentro de este objetivo principal, también se han establecido los siguientes objetivos secundarios:

- Llevar a cabo una revisión bibliográfica de los diferentes parámetros fisicoquímicos de importancia en el análisis de la leche.
- Seleccionar los métodos analíticos más adecuados para su determinación.
- Presentar adecuadamente los datos obtenidos y realizar un análisis estadístico de los resultados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Muestras analizadas

Se analizaron un total de 21 muestras de leche, adquiridas en diversos supermercados de la isla de Tenerife (ver Tabla III.1).

Tabla III.1. Muestras de leche analizadas según marca comercial y tipo de leche.

	Leche entera (vaca)	Leche semidesnatada (vaca)	Leche desnatada (vaca)	Leche semidesnatada (cabra)	Leche semidesnatada (oveja)
MARCA COMERCIAL					
Hacendado	•	•	•	•	
Asturiana	•	•	•		
Dino	•	•	•		
Río	•	•	•		
President	•	•			
Pascual	•				
Emdfresh	•		•		
Feiraco			•		
Millac			•		
Gaza					•
Total muestras	7	5	7	1	1

III.2. Programas informáticos

Programa *SPSS Versión 18*® para el tratamiento estadístico y visualización gráfica de los datos obtenidos (6, 7).

Programa *Microsoft® Office Excel 2016* y *Power Point 2016* para el registro y tratamiento de los datos obtenidos y para la presentación gráfica de los datos, respectivamente.

III.3. Procedimientos experimentales

III.3.1. Preparación de las muestras

La toma y preparación de las muestras se realizó de la forma más rápida posible tras la apertura del envase y con las precauciones necesarias para evitar que el producto se alterara o contaminara. Se llevó a cabo a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ tras una cuidadosa homogeneización (8).

III.3.2. Determinación del extracto seco y de la humedad

El extracto seco es el residuo, expresado en porcentaje en peso, obtenido después de la desecación de la leche a 102°C (9), mientras que la humedad es la pérdida de peso, expresada en porcentaje en peso, obtenida por el mismo proceso (10).

Para su determinación, se pesó una cápsula de porcelana en una balanza analítica. Se añadieron 3 mL de muestra utilizando una bureta y se pesó de nuevo. La cápsula se colocó en un baño de agua a 100°C durante 30 minutos, posteriormente se introdujo en una estufa de desecación a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 2 horas y, finalmente, en el desecador. Una vez fría se pesó hasta pesada constante. La determinación se llevó a cabo por triplicado.



Figura III.1. Imagen del extracto seco obtenido tras la desecación de la leche a 102°C .

El cálculo del extracto seco se llevó a cabo de la siguiente forma:

$$\text{Contenido en extracto seco (\%)} = (P'/P) \cdot 100$$

P' = peso en gramos de la muestra después de la desecación.

P = peso en gramos de la muestra antes de la desecación.

III.3.3. Determinación de la materia grasa

La materia grasa es el porcentaje en masa de la grasa total liberada por centrifugación y posterior medida volumétrica de ésta (método de Gerber) (11).

Para su determinación, se colocan 10 mL de ácido sulfúrico al 90-91% en un butirómetro de Gerber y se agregan 11 mL de leche mediante una pipeta aforada lentamente para que no se mezclen. A continuación, se agrega 1 mL de alcohol isoamílico medido con una pipeta aforada y se cierra el butirómetro. Se agita enérgicamente hasta la total disolución de la fase proteica de la leche. Se sumerge en un baño de agua a 65°C durante 5 minutos para que la reacción sea lo más completa posible. Finalmente, se centrifuga durante 5 minutos y el resultado se lee directamente en la escala del butirómetro.

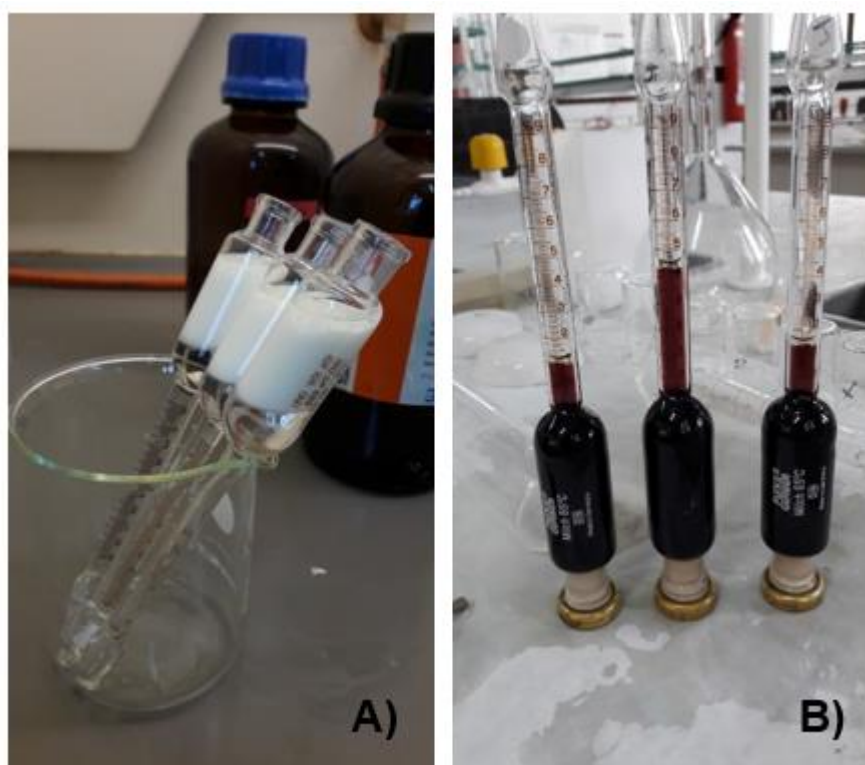


Figura III.2. A) Imagen de los butirómetros donde se aprecian tres capas antes de la agitación: ácida, láctica y alcohol isoamílico. B) Imagen de los butirómetros tras la centrifugación donde se aprecia la capa superior de grasa ya separada.

III.3.4. Determinación de la densidad

La densidad está directamente relacionada con la cantidad de grasa, sólidos no grasos y agua que contiene la leche. Para su determinación, se utilizó un lactodensímetro

así como un termómetro para medir la temperatura y realizar la correspondiente corrección de la lectura (12).

Se vierten 250 mL de leche en una probeta y se introduce el lactodensímetro. El resultado se lee: 1,0XY g/mL a 20°C siendo XY los valores del lactodensímetro, $\pm 0,0003$ por cada °C que difiera la temperatura de los 20°C.



Figura III.3. Imagen del lactodensímetro introducido en la probeta que contiene la muestra de leche.

III.3.5. Determinación de la acidez

La acidez de la leche es el contenido aparente en ácidos, expresado en gramos de ácido láctico por 100 ml de leche (13).

Para su determinación se tomaron 10 mL de leche y se valoraron con una disolución de NaOH 0,1 M previamente estandarizada utilizando fenolftaleína como indicador (disolución al 1% en etanol). Cada valoración se llevó a cabo por triplicado.

El pH de las muestras se determinó con un pH-metro previamente ajustado con disoluciones tampón de pH 4 y 7 (4).

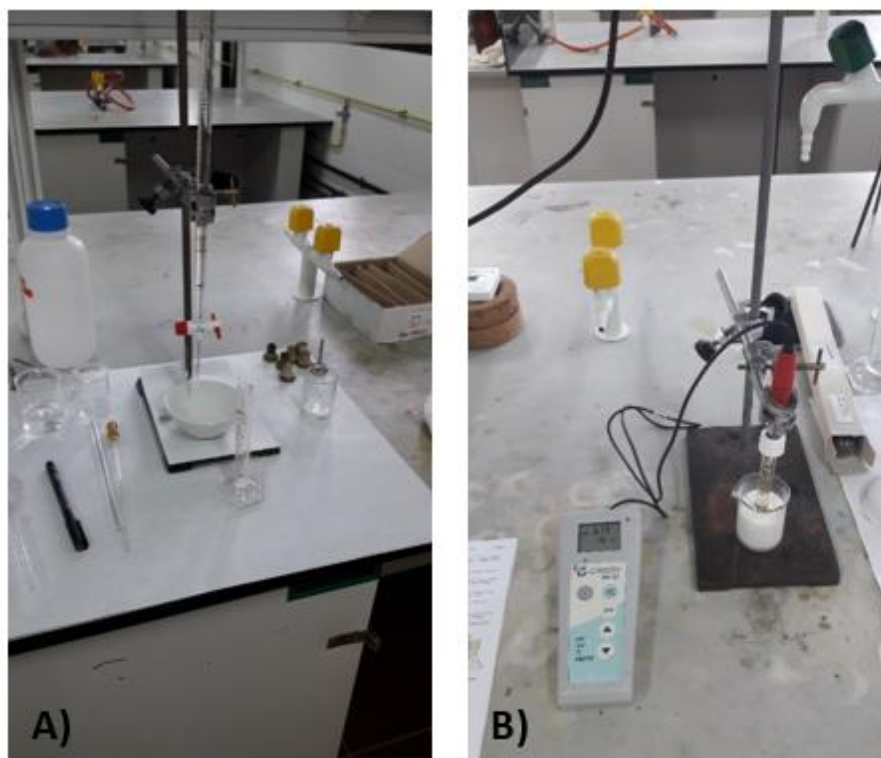


Figura III.4. A) Imagen de la valoración realizada con NaOH sobre la muestra de leche.
B) Imagen del pH-metro utilizado.

III.3.5.1. Estandarización de la disolución de NaOH

Se pesaron aproximadamente 4,0 g de NaOH y se disolvieron en agua destilada en un matraz de 1 L. Dicha disolución fue utilizada para valorar 0,31 g de ftalato ácido de potasio previamente secado durante 1 h a 100°C, conservado en desecador y disuelto en 100 mL de agua destilada. Se realizaron 3 valoraciones utilizando fenolftaleína como indicador (disolución al 1% en etanol).

IV. RESULTADOS

Tabla IV.1. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de las muestras de leche entera de vaca.

Leche entera de vaca								
Marca comercial	Muestra	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Grasa (g/100 mL)	Acidez ^{a)}	Acidez ^{b)}	Acidez (pH)	Densidad (g/mL)
Hacendado	1	12,5	87,5	3,6	1,85	0,1614	6,74	1,0301
	2	12,5	87,5	3,6	1,85			
	3	12,6	87,4	3,5	1,85			
	Media	12,5	87,5	3,57	1,85			
Asturiana	1	12,3	87,7	3,4	2,00	0,1719	6,65	1,0301
	2	12,4	87,6	3,5	1,95			
	3	12,4	87,6	3,4	1,95			
	Media	12,3	87,7	3,43	1,97			
President	1	12,5	87,5	3,6	1,95	0,1728	6,61	1,0304
	2	12,5	87,5	3,6	2,00			
	3	12,5	87,5	3,7	2,00			
	Media	12,5	87,5	3,63	1,98			
Pascual	1	12,7	87,3	3,7	1,80	0,1571	6,64	1,0305
	2	12,6	87,4	3,8	1,80			
	3	12,7	87,3	3,7	1,80			
	Media	12,7	87,3	3,73	1,80			
Emdfresh	1	12,5	87,5	3,6	2,00	0,1717	6,65	1,0308
	2	12,5	87,5	3,7	1,90			
	3	12,5	87,5	3,6	2,00			
	Media	12,5	87,5	3,63	1,97			
Dino	1	12,5	87,5	3,6	2,20	0,1856	6,57	1,0302
	2	12,5	87,5	3,6	2,10			
	3	12,2	87,8	3,7	2,10			
	Media	12,4	87,6	3,63	2,13			
Río	1	12,6	87,4	3,6	2,10	0,1830	6,65	1,029
	2	12,8	87,2	3,5	2,10			
	3	12,6	87,4	3,5	2,10			
	Media	12,7	87,3	3,53	2,10			

^{a)} mL NaOH consumidos. ^{b)} g ácido láctico/100 mL

Tabla IV.2. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de las muestras de leche semidesnatada de vaca.

Leche semidesnatada de vaca								
Marca comercial	Muestra	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Grasa (g/100 mL)	Acidez ^{a)}	Acidez ^{b)}	Acidez (pH)	Densidad (g/mL)
Hacendado	1	10,5	89,5	1,70	1,85	0,1614	6,60	1,0334
	2	10,4	89,6	1,60	1,85			
	3	10,6	89,4	1,60	1,85			
	Media	10,5	89,5	1,63	1,85			
Asturiana	1	10,6	89,4	1,60	1,85	0,1614	6,63	1,0324
	2	10,4	89,6	1,60	1,85			
	3	10,6	89,4	1,70	1,85			
	Media	10,5	89,5	1,63	1,85			
President	1	10,6	89,4	1,60	1,95	0,1726	6,62	1,0321
	2	10,6	89,4	1,60	2,00			
	3	10,5	89,5	1,60	2,00			
	Media	10,6	89,4	1,60	1,98			
Dino	1	10,4	89,6	1,50	2,15	0,1856	6,54	1,0323
	2	10,5	89,5	1,50	2,15			
	3	10,4	89,6	1,50	2,10			
	Media	10,4	89,6	1,50	2,13			
Río	1	10,7	89,3	1,50	2,55	0,2220	6,51	1,0321
	2	10,6	89,4	1,50	2,55			
	3	10,1	89,9	1,50	2,55			
	Media	10,5	89,5	1,50	2,55			

^{a)} mL NaOH consumidos. ^{b)} g ácido láctico/100 mL

Tabla IV.3. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de la muestra de leche semidesnatada de cabra.

Leche semidesnatada de cabra								
Marca comercial	Muestra	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Grasa (g/100 mL)	Acidez ^{a)}	Acidez ^{b)}	Acidez (pH)	Densidad (g/mL)
Hacendado	1	11,2	88,8	1,70	1,95	0,1702	6,64	1,0342
	2	11,2	88,8	1,70	1,95			
	3	11,2	88,8	1,70	1,95			
	Media	11,2	88,8	1,70	1,95			

^{a)} mL NaOH consumidos. ^{b)} g ácido láctico/100 mL

Tabla IV.4. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de la muestra de leche semidesnatada de oveja.

Leche semidesnatada de oveja								
Marca comercial	Muestra	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Grasa (g/100 mL)	Acidez ^{a)}	Acidez ^{b)}	Acidez (pH)	Densidad (g/mL)
Gaza	1	13,6	86,4	1,70	3,50	0,3033	6,62	1,0385
	2	13,8	86,2	1,80	3,45			
	3	13,8	86,2	1,70	3,50			
	Media	13,7	86,3	1,73	3,48			

^{a)} mL NaOH consumidos. ^{b)} g ácido láctico/100 mL

Tabla IV.5. Parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de las muestras de leche desnatada de vaca.

Leche desnatada de vaca								
Marca comercial	Muestra	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Grasa (g/100 mL)	Acidez ^{a)}	Acidez ^{b)}	Acidez (pH)	Densidad (g/mL)
Hacendado	1	9,4	90,6	0,20	1,85	0,1641	6,73	1,0345
	2	9,4	90,6	0,30	1,90			
	3	9,3	90,7	0,30	1,90			
	Media	9,4	90,6	0,27	1,90			
Asturiana	1	9,3	90,7	0,25	1,95	0,1719	6,65	1,0345
	2	9,5	90,5	0,25	1,95			
	3	9,2	90,8	0,20	1,95			
	Media	9,3	90,7	0,23	1,97			
Feiraco	1	9,1	90,9	0,05	1,95	0,1702	6,61	1,0348
	2	9,1	90,9	0,05	1,95			
	3	9,1	90,9	0,05	1,95			
	Media	9,1	90,9	0,05	1,95			
Dino	1	9,3	90,7	0,05	2,10	0,1833	6,59	1,0348
	2	9,3	90,7	0,05	2,10			
	3	9,3	90,7	0,05	2,10			
	Media	9,3	90,7	0,05	2,10			
Río	1	9,2	90,8	0,30	2,20	0,1946	6,60	1,0348
	2	9,1	90,9	0,30	2,30			
	3	9,0	91,0	0,25	2,20			
	Media	9,1	90,9	0,28	2,23			
Emdfresh	1	9,4	90,6	0,05	2,00	0,1743	6,64	1,0341
	2	9,4	90,6	0,05	2,00			
	3	9,4	90,6	0,05	2,00			
	Media	9,4	90,6	0,05	2,00			
Millac	1	9,0	91,0	0,40	1,40	0,1238	6,82	1,0314
	2	8,8	91,2	0,40	1,40			
	3	8,9	91,1	0,40	1,45			
	Media	8,9	91,1	0,40	1,42			

^{a)} mL NaOH consumidos. ^{b)} g ácido láctico/100 mL

V. DISCUSIÓN

Tabla V.1. Análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de las muestras de leche entera de vaca.

Marca comercial	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Acidez (pH)	Acidez (g ácido láctico/100 mL)	Densidad (g/mL)	Grasa (g/100 mL)
Hacendado	12,5	87,5	6,74	0,1614	1,0301	3,57
Asturiana	12,3	87,7	6,65	0,1719	1,0301	3,43
President	12,5	87,5	6,61	0,1728	1,0304	3,63
Pascual	12,7	87,3	6,64	0,1571	1,0305	3,73
Emdfresh	12,5	87,5	6,65	0,1717	1,0308	3,63
Dino	12,4	87,6	6,57	0,1856	1,0302	3,63
Río	12,7	87,3	6,65	0,1830	1,0290	3,53
Media	12,5	87,5	6,64	0,1719	1,0302	3,59
Desviación estándar	0,1	0,1	0,05	0,0103	0,0006	0,1
CV% (RSD%)	1,2	0,2	0,8	6,0	0,06	2,6
Media ± intervalo de confianza 95%	12,5 ± 0,1	87,5 ± 0,1	6,64 ± 0,05	0,1719 ± 0,0095	1,0302 ± 0,0006	3,6 ± 0,1

Tabla V.2. Análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de 5 muestras de leche semidesnatada de vaca, una muestra de leche semidesnatada de cabra y una muestra de leche semidesnatada de oveja.

Marca comercial	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Acidez (pH)	Acidez (g ácido láctico/100 mL)	Densidad (g/mL)	Grasa (g/100 mL)
Hacendado	10,5	89,5	6,60	0,1614	1,0334	1,63
Asturiana	10,5	89,5	6,63	0,1614	1,0324	1,63
President	10,6	89,4	6,62	0,1726	1,0321	1,60
Río	10,5	89,5	6,51	0,2220	1,0321	1,50
Dino	10,4	89,6	6,54	0,1856	1,0323	1,50
Hacendado (cabra)	11,2	88,8	6,64	0,1702	1,0342	1,70
Gaza (oveja)	13,7	86,3	6,62	0,3033	1,0385	1,73
Media	11,1	88,9	6,59	0,1966	1,0336	1,61
Desviación estándar	1,2	1,2	0,05	0,0515	0,0023	0,1
CV% (RSD%)	10,8	1,3	0,8	26,2	0,22	5,5
Media ± intervalo de confianza 95%	11,1 ± 1,2	88,9 ± 1,2	6,59 ± 0,05	0,1966 ± 0,0515	1,0336 ± 0,0023	1,6 ± 0,1

Tabla V.3. Análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos obtenidos tras los análisis de las muestras de leche desnatada de vaca.

Marca comercial	Extracto seco (%)	Humedad (%)	Acidez (pH)	Acidez (g ácido láctico/100 mL)	Densidad (g/mL)	Grasa (g/100 mL)
Hacendado	9,4	90,6	6,73	0,1641	1,0345	0,27
Asturiana	9,3	90,7	6,65	0,1719	1,0345	0,23
Feiraco	9,1	90,9	6,61	0,1702	1,0348	0,05
Dino	9,3	90,7	6,59	0,1833	1,0348	0,05
Río	9,1	90,9	6,60	0,1946	1,0341	0,28
Emdfresh	9,4	90,6	6,64	0,1743	1,0341	0,05
Millac	8,9	91,1	6,82	0,1238	1,0314	0,40
Media	9,2	90,8	6,66	0,1689	1,0340	0,19
Desviación estándar	0,2	0,2	0,08	0,0222	0,0012	0,1
CV% (RSD%)	2,0	0,2	1,3	13,2	0,12	74,1
Media ± intervalo de confianza 95%	9,2 ± 0,2	90,8 ± 0,2	6,66 ± 0,07	0,1689 ± 0,0206	1,0340 ± 0,0011	0,2 ± 0,1

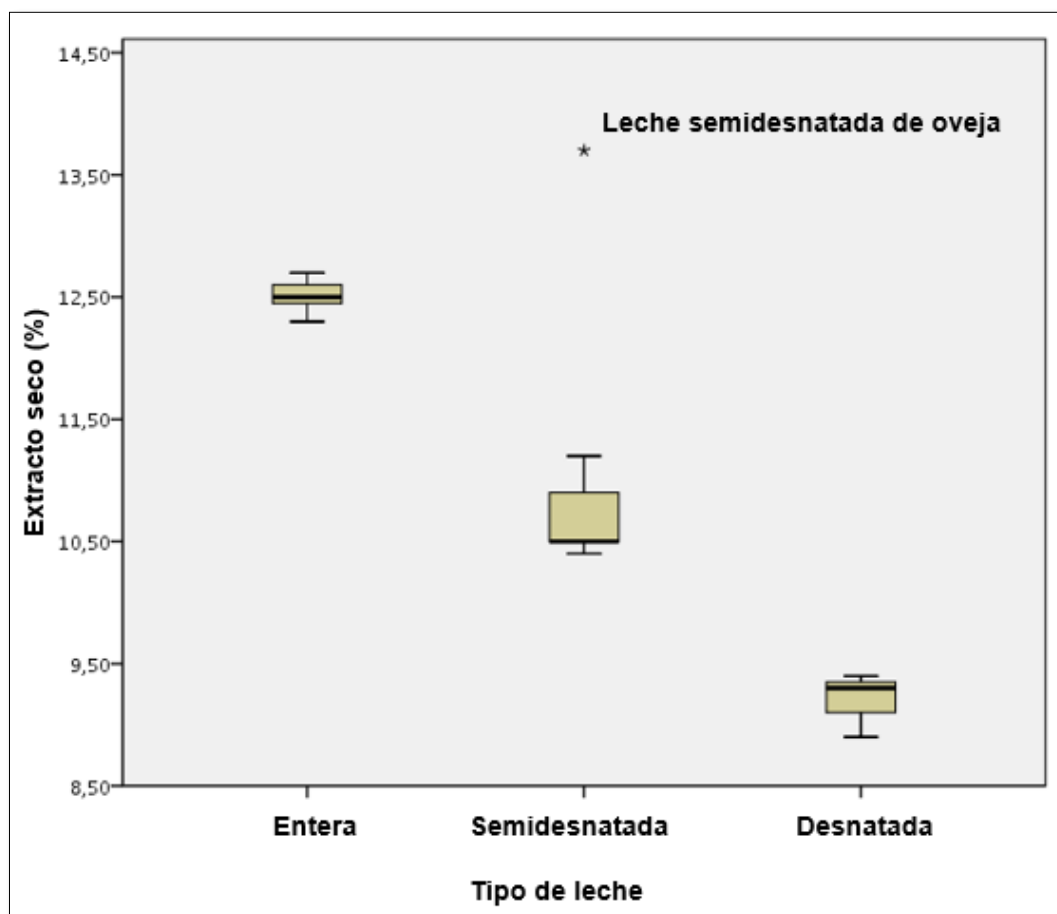


Figura V.1. Diagrama de cajas y bigotes del extracto seco (%) de los distintos tipos de leche.

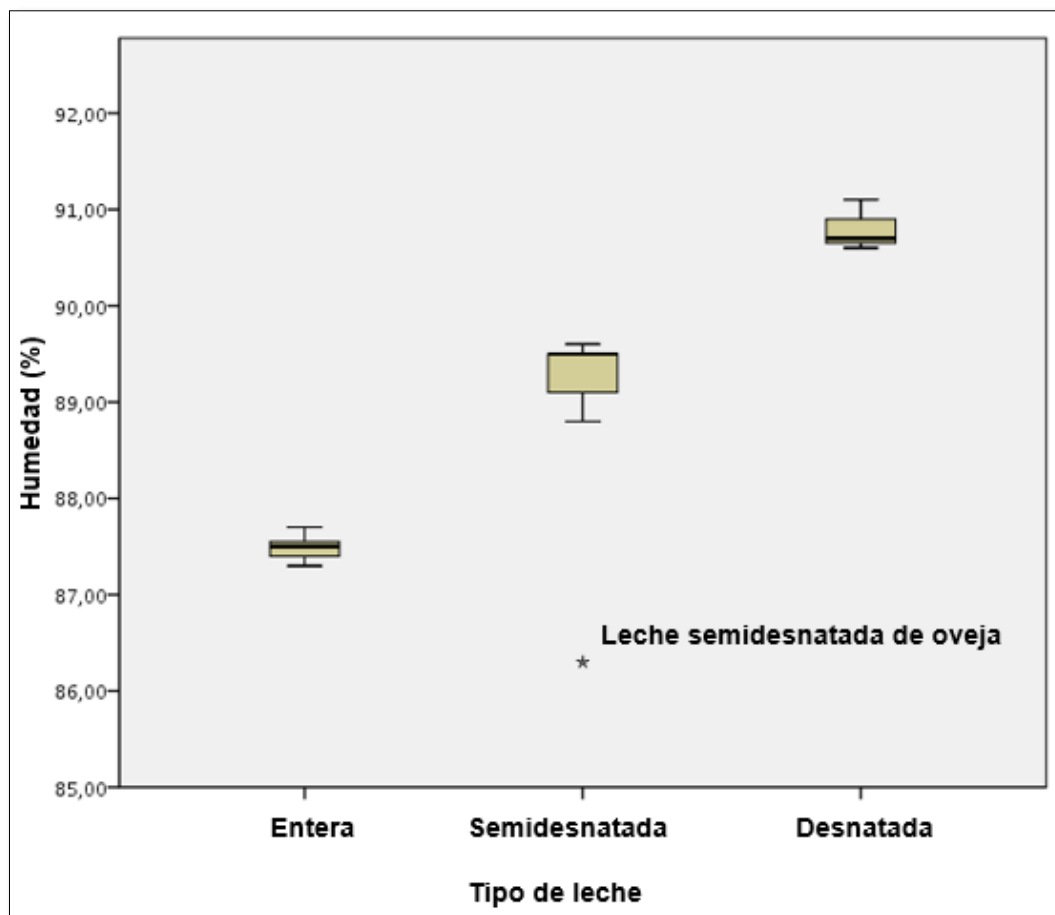


Figura V.2. Diagrama de cajas y bigotes de la humedad (%) de los distintos tipos de leche.

El Código Alimentario Español establece un mínimo de contenido en extracto seco del 8,2% para la leche entera de vaca (1). Todos los resultados obtenidos se encuentran por encima de este valor, con un mínimo de 12,3% (Asturiana) y un máximo de 12,7% (Pascual y Río), siendo la media de 12,5% y el coeficiente de variación de 1,2%. No se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las muestras.

Para las leches especiales se establece una fórmula para el cálculo del extracto seco en función de la materia grasa (1):

$$E = 8,45 + 0,92 \cdot G \quad (G = \text{materia grasa expresada en } \%)$$

Teniendo en cuenta el contenido graso de las leches especiales analizadas, el extracto seco debe ser superior al 9,89% para la leche semidesnatada de vaca y a 8,63% para la leche desnatada de vaca. En ambos casos, todos los resultados superan el mínimo establecido. En el gráfico de cajas y bigotes se puede apreciar que la leche desnatada de oveja presenta un valor atípico con respecto al resto, lo que resulta lógico al tratarse de una leche más densa que la de vaca como se verá posteriormente.

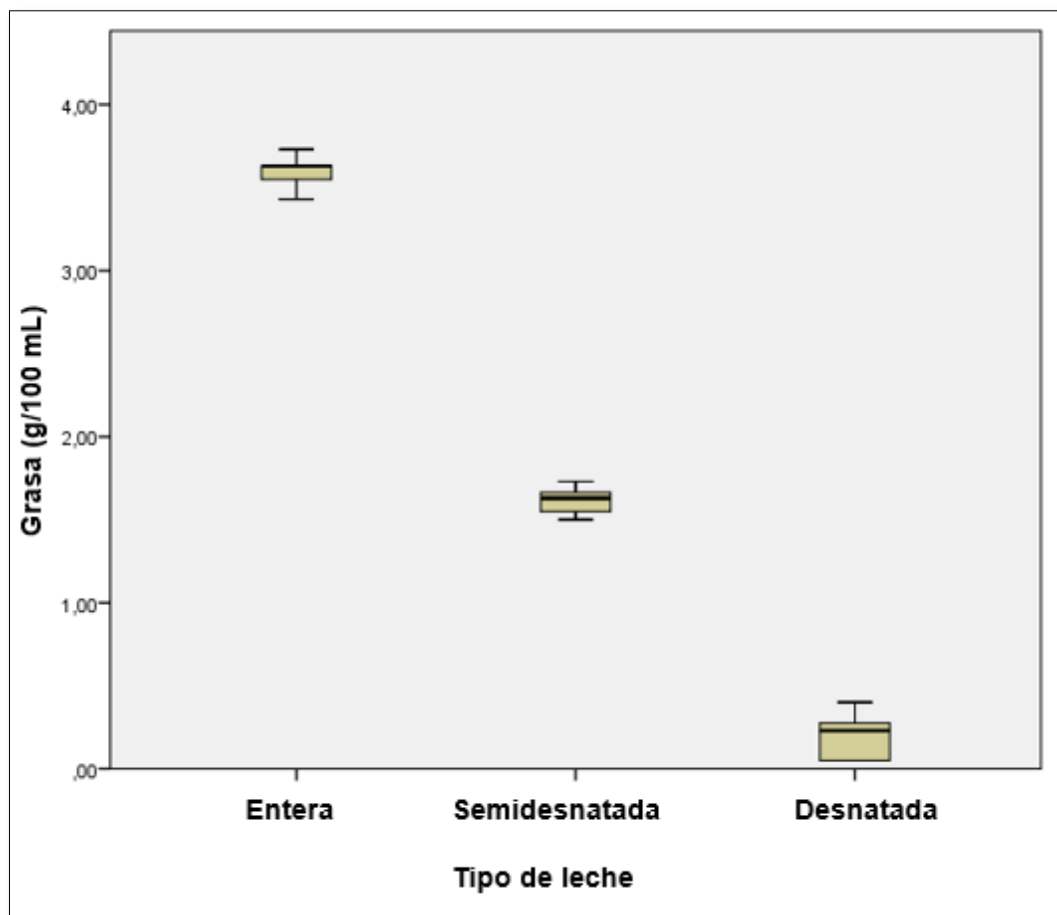


Figura V.3. Diagrama de cajas y bigotes de la grasa (g/100 mL) de los distintos tipos de leche.

El Código Alimentario Español establece un mínimo de contenido en materia grasa del 3% para la leche entera de vaca (*I*). Todos los resultados obtenidos se encuentran por encima de este valor, con un mínimo de 3,43% (Asturiana) y un máximo de 3,73% (Pascual). No se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las muestras.

En relación a la leche semidesnatada, el código establece un mínimo del 1%. Todos los resultados obtenidos se encuentran por encima de este valor, con un mínimo del 1,5% (Dino y Río) y un máximo de 1,73% (leche de oveja Gaza). No se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las muestras.

En relación a la leche desnatada, el código establece un máximo del 1%. Todos los resultados obtenidos se encuentran por debajo del valor de referencia, con un mínimo del 0,05% (Feiraco, Hiperdino, Emdfresh) y un máximo del 0,4% (Millac), siendo la media del 0,2% y el coeficiente de variación del 74,1%. En este caso, tampoco se encontraron valores atípicos.

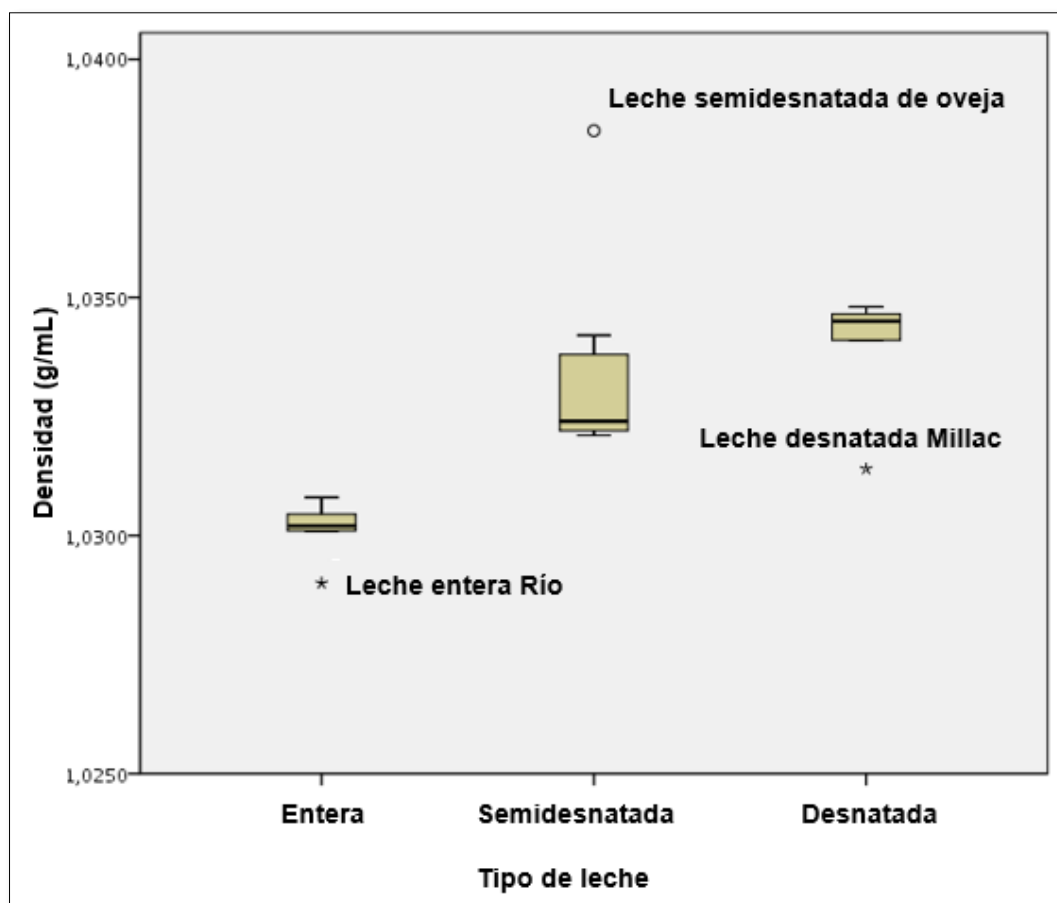


Figura V.4. Diagrama de cajas y bigotes de la densidad (g/mL) de los distintos tipos de leche.

La densidad de la leche es variable (4) y para la leche entera de vaca, los valores medios oscilan entre 1,030 g/mL y 1,033 g/mL. Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de este intervalo, a excepción de la leche entera Río cuyo valor es ligeramente inferior (1,029 g/mL) (4).

En relación a las leches especiales, la densidad será mayor debido al menor contenido en materia grasa, obteniéndose valores superiores a 1,032 g/mL.

En el caso de la leche semidesnatada, todos los resultados obtenidos superan el mínimo establecido, con un mínimo de 1,0321 g/mL (President, Río) y el máximo de 1,0385 g/mL (leche de oveja Gaza). En este caso, sí se encontraron diferencias entre las muestras, pues varía además en función de la especie, obteniéndose valores mayores en las muestras de cabra y oveja.

En el caso de la leche desnatada de vaca, todos los resultados obtenidos se encuentran próximos a 1,035 g/mL, valor de referencia (4), a excepción de la leche Millac

(1,0314 g/mL) debido a su mayor contenido en materia grasa (4). Cabe destacar que en este caso se trata de un preparado lácteo y no de leche natural.

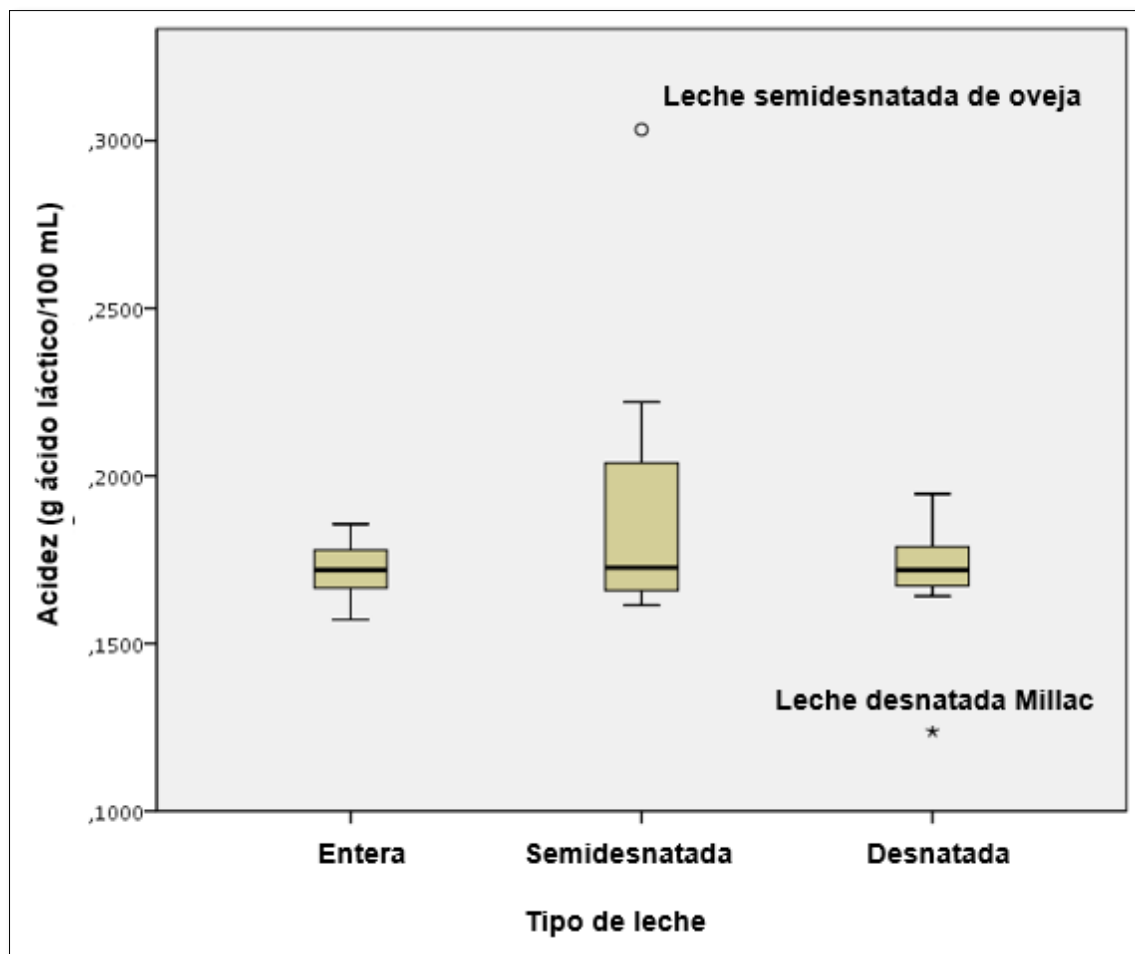


Figura V.5. Diagrama de cajas y bigotes de la acidez (g ácido láctico/100 mL) de los distintos tipos de leche.

El Código Alimentario establece un máximo de acidez de 0,2 y 0,19 g ácido láctico/100 mL para la leche entera y especiales de vaca, respectivamente.

En relación a la leche entera, todos los resultados obtenidos se encuentran por debajo de este valor, con un mínimo de 0,1571 g ácido láctico/100 mL (Pascual) y máximo de 0,1856 g ácido láctico/100 mL (Dino). No se encontraron diferencias entre las muestras.

En relación a las leches especiales de vaca, todos los resultados obtenidos se encuentran por debajo de este valor a excepción de la leche semidesnatada Río (0,2220 g ácido láctico/100 mL) y leche desnatada Río (0,1946 g ácido láctico/100 mL).

En el caso de la semidesnatada, el mínimo es de 0,1614 g ácido láctico/100 mL

(Hacendado, Asturiana) y el máximo de 0,2220 g ácido láctico/100 mL. Y, en la desnatada, el mínimo es de 0,1238 g ácido láctico/100 mL (Millac) y el máximo es de 0,1946 g ácido láctico/100 mL (Río). En este caso, la muestra de leche semidesnatada de oveja y la leche desnatada Millac (preparado lácteo) mostraron valores atípicos.

En relación a la leche semidesnatada de oveja y cabra, el Código Alimentario establece un máximo de 0,3 y 0,2 g ácido láctico/100 mL, respectivamente. En ambos casos los resultados se encuentran dentro del valor establecido.

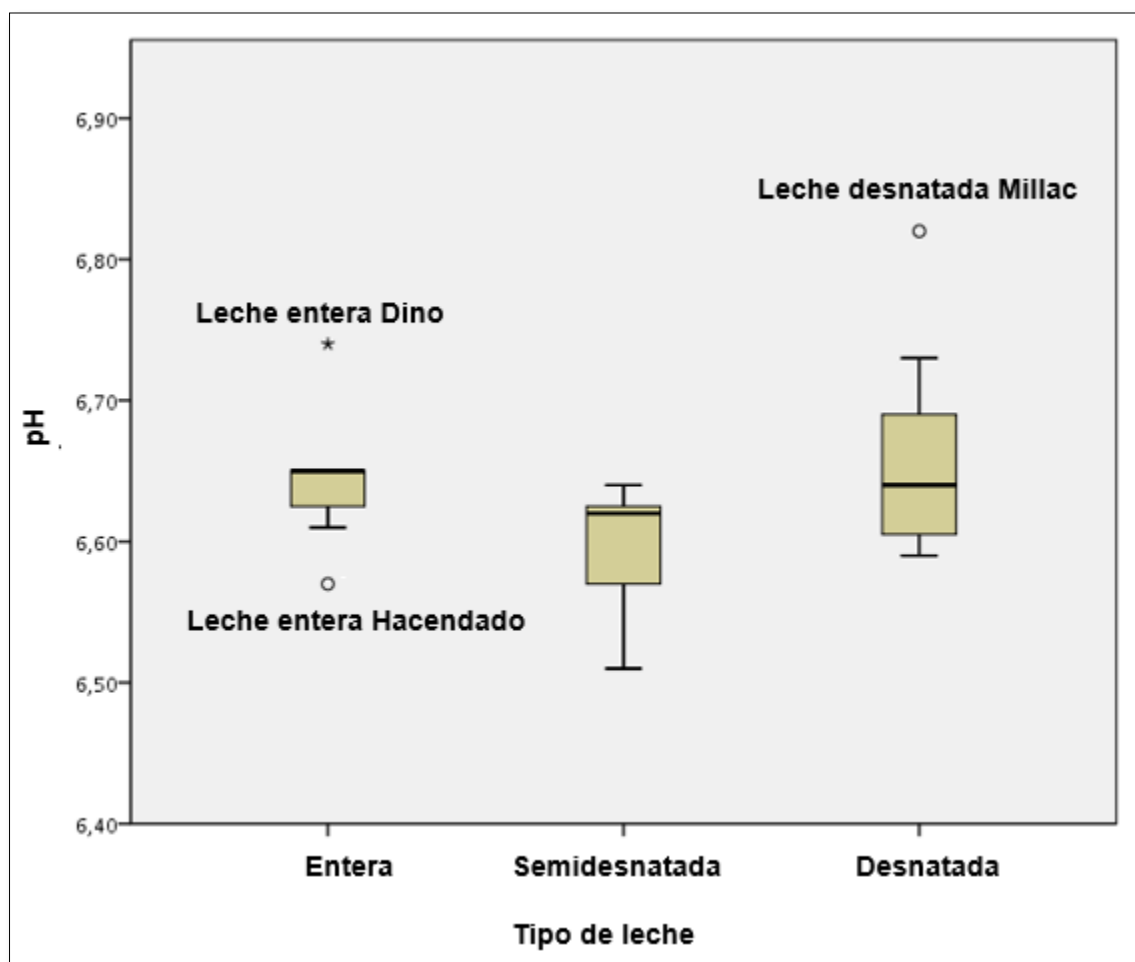


Figura V.6. Diagrama de cajas y bigotes del pH de los distintos tipos de leche.

En lo que respecta al pH, la leche de vaca es ligeramente ácida, con un pH comprendido entre 6,5 y 6,8 como consecuencia de la presencia de caseínas, aniones fosfórico y cítrico, principalmente (4, 14). Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro del intervalo, a excepción de la leche desnatada Millac (pH = 6,82).

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este Trabajo de Fin de Grado, permiten afirmar que los distintos parámetros fisicoquímicos analizados se encuentran dentro de los valores admitidos por el Código Alimentario Español, no encontrándose diferencias significativas entre ninguno de los parámetros analizados.

Tal y como cabe esperar, los diferentes parámetros fisicoquímicos varían en función de la especie y tipo de leche (entera, semidesnatada y desnatada), obteniéndose un contenido mayor en materia grasa y extracto seco en la leche entera que en el caso de la leche semidesnatada y desnatada. Mientras que los valores de la humedad y la densidad son inferiores en la leche entera, siendo superiores para los otros dos tipos de leche.

Asimismo, se observa el extracto seco obtenido para la leche semidesnatada de oveja destaca claramente frente al resto debido a su mayor densidad y menor contenido en agua en comparación con la leche de vaca.

Las distintas desviaciones observadas en la densidad son debidas a su variabilidad, obteniéndose valores superiores en leche de cabra y oveja, como es normal. En el caso de la leche desnatada Millac, también muestra un valor de densidad atípico al tratarse de un preparado lácteo con un mayor contenido en materia grasa.

En cuanto a la acidez (g ácido láctico/100 mL) de las distintas muestras, se observaron valores atípicos en el caso de la leche desnatada Millac (preparado lácteo) y de las leches de cabra y oveja. En estos últimos casos los valores establecidos por el Código Alimentario Español son superiores en relación a la leche de vaca, tal y como ocurrió en la práctica.

En lo que respecta al pH, la leche de vaca es ligeramente ácida, no observándose desviaciones importantes en los resultados obtenidos, a excepción de la leche desnatada Millac, cuyo valor es ligeramente superior al del resto de leches analizadas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español (Boletín Oficial del Estado, núm. 248, de 17 de octubre de 1967). BOE-A-1967-16485 Texto Consolidado. Última modificación 17 de diciembre de 2016. Consultado abril de 2017. Disponible en: <http://www.boe.es/buscar/pdf/1967/BOE-A-1967-16485-consolidado.pdf>
2. Díaz Romero C. Grupo de alimentos: alimentos de origen animal. Fundamentos de nutrición. 1ª ed. Tenerife: Servicio de Publicaciones Universidad de La Laguna; 2012. p. 430-434.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Leche y productos lácteos. Italia: FAO. Consultado mayo de 2017. Disponible en: http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/es/#.WUhQ0Wg1_IV
4. Alais, Ch. Física y fisicoquímica. Efectos de los tratamientos tecnológicos. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Barcelona: Reverté; 1985. p. 253-319.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Leche y productos lácteos. Calidad y evaluación. Italia: FAO. Consultado mayo de 2017. Disponible en: http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/calidad-y-evaluacion/es/#.WRA7KtI1_IV
6. Ramis Ramos G, García Álvarez-Coque MC. Estadística descriptiva. Quimiometría. 1ª ed. Madrid: Síntesis. p. 41.
7. Miller NJ, Miller JC. Tablas estadísticas. Estadística y Quimiometría para Química Analítica. 4ª ed. Madrid: Prentice Hall; 2002. p. 263.
8. Métodos oficiales de análisis. Leche y productos lácteos. Panreac Química S.A. Consultado febrero de 2017. Disponible en: <http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/leche.pdf>
9. Norma FIL-21:1962 de la Federación Internacional de Lechería.
10. Norma FIL-26:1964 de la Federación Internacional de Lechería.
11. Norma FIL-9A:1969 de la Federación Internacional de Lechería.

- 12.** A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15^a ed. Washington DC: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales; 1990.
- 13.** Norma UNE 34.100 del Instituto de Racionalización del Trabajo.
- 14.** Fox PF, McSweeney PLH. Dairy chemistry and biochemistry. Londres: Blackie Academic & Professional; 1998. p. 478.