



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MÁSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

ESTUDIO DE LA ADICIÓN DE CLORURO SÓDICO, SACAROSA Y LECHE EN POLVO A LA LECHE CRUDA DE CABRA PARA ENMASCARAR LA PRESENCIA DE AGUA AÑADIDA.

Trabajo Fin de Máster
Departamento de Ciencia Animal,
Valencia, 30 septiembre 2013

ALICIA MARTÍNEZ GALIANO

Director
CRISTÓFOL PERIS RIBERA
ELENA ESCOLAR SALVAL

RESUMEN

En un primer estudio se determinó la variabilidad de los parámetros de calidad de la leche cruda de cabra analizados habitualmente en un laboratorio interprofesional lechero. Para ello se dispuso de los resultados de 8097 muestras analizadas en el Laboratori d'Anàlisi de Llet de la UPV (LICOVAL), encontrándose que los parámetros con menor variabilidad fueron el punto de congelación (CV=2,9%) y la lactosa (CV=4%). Se consideró que las muestras con un punto de congelación superior a 580 –m°C o de lactosa superior a 5 % eran sospechosas de ser muestras alteradas. A continuación se estudió el efecto de la adición de cloruro sódico (Estudio 2), sacarosa (Estudio 3) y leche en polvo (Estudio 4), a distintas concentraciones, con objeto de enmascarar el aguado de la leche. Los resultados confirmaron que estas tres sustancias permitían enmascarar el agua añadida si se incorporaban a una concentración que permitiera obtener un punto de congelación entre 540-580 –m°C; no obstante, cuando se añadían en exceso el punto de congelación se situaba en niveles de muestra alterada (>580 –m°C). La adición de las tres sustancias señaladas anteriormente también afectó significativamente a los análisis de grasa, proteína, lactosa y extracto seco magro; sin embargo, no afectó al RCS ni al análisis de inhibidores (todos negativos). El estudio económico mostró que aplicando estas adulteraciones los ganaderos obtendrían un escaso (leche en polvo) o prácticamente nulo (cloruro sódico o sacarosa) incremento de ingresos, y existiría un riesgo de que fueran identificadas en el laboratorio como muestras alteradas.

RESUMEN

En un primer estudi es va determinar la variabilitat dels paràmetres de qualitat de la llet crua de cabra analitzats habitualment en un laboratori interprofessional lleter. Per a això es va disposar dels resultats de 8097 mostres analitzades al Laboratori d'Anàlisi de Llet de la UPV (LICOVAL), trobant-se que els paràmetres amb menor variabilitat van ser el punt de congelació (CV = 2,9%) i la lactosa (CV = 4%). Es va considerar que les mostres amb un punt de congelació superior a 580-m ° C o de lactosa superior a 5% eren sospitoses de ser mostres alterades. A continuació es va estudiar l'efecte de l'addició de clorur sòdic (Estudi 2), sacarosa (Estudi 3) i llet en pols (Estudi 4), a diferents concentracions, a fi d'emascarar l'aigüa afegida, si s'incorporaven a una concentració que permetés obtenir un punt de congelació entre 540-580-m ° C, no obstant això, quan s'afegien en excés el punt de congelació es situava en nivells de mostra alterada (> 580-m ° C). L'addició de les tres substàncies assenyalades anteriorment també va afectar significativament a les anàlisis de greix, proteïna, lactosa i extracte sec magre, però no va afectar la RCS ni l'anàlisi d'inhibidors (tots negatius). L'estudi

econòmic va mostrar que, aplicant aquestes adulteracions, els ramaders obtindrien un escàs (llet en pols) o pràcticament nul (clorur sòdic o sacarosa) increment de ingressos, i existiria un risc que foren identificades en el laboratori com mostres alterades.

ABSTRACT

In a first study we investigated the variability of the quality parameters of raw goat milk usually analyzed in a laboratory inter milkman. It was available for the results of samples tested in 8097 Laboratori Llet d'Anàlisi the UPV (LICOVAL), being that with less variability parameters were freezing ($CV = 2.9\%$) and lactose ($CV = 4\%$). It was considered that samples with a higher freezing point to $580\text{-m}^\circ\text{C}$ or more than 5% lactose were suspected to be altered samples. The following study the effect of addition of sodium chloride (Study 2), sucrose (Study 3), and powdered milk (Study 4), at different concentrations, in order to mask the milk watery. The results confirmed that these three substances mask allowed the water added, if incorporated in a concentration that allowed to obtain a freezing point between $540\text{-}580^\circ\text{C}$, however, when added in excess of the freezing point stood at levels altered sample ($> 580\text{-m}^\circ\text{C}$). The addition of the three substances mentioned above can also significantly affect the analysis of fat, protein, lactose and nonfat solids, but did not affect the RCS or the analysis of inhibitors (all negative). The economic study showed that by applying these adulterations, the farmers would get a little (milk powder) or virtually no (sodium chloride or sucrose) increased revenue, and there is a risk that were identified in the laboratory and altered samples.

INTRODUCCIÓN

En la última década las explotaciones españolas de caprino lechero se han ido especializando y tecnificando gradualmente. Según datos del MAGRAMA (2012), España se sitúa en segundo lugar en cuanto al censo caprino (2,2 millones de cabezas) y producción de leche de cabra de la Unión Europea. A pesar de que el 52,2% de los rebaños caprinos existentes están orientados a la producción de leche, llegando a los 488 millones de litros de leche producida al año, la producción de leche de cabra sólo representa un 2,2% de la renta total ganadera de España. El destino principal de la leche de cabra es la elaboración de queso.

Históricamente la leche de cabra se pagaba a los ganaderos en función de los litros producidos. En la actualidad la mayoría de industrias lácteas efectúan el pago de la leche de cabra en base a su calidad físico-química e higiénico-sanitaria. La normativa europea vigente (Real Decreto 1600/2011, de 4 de noviembre) establece la obligatoriedad de controlar la calidad de la leche cruda que los ganaderos proporcionan a la industria. Pérez-Baena et al. (2011) realizaron en el año 2010 un análisis socio-económico del sector quesero de la Comunitat Valenciana, encontrando que el 60% de las industrias queseras pagaban la leche en función de su calidad (grasa, proteína, recuento de células somáticas, bacteriología e inhibidores), mientras que el 24% de las queserías, las más pequeñas, afirmaban no tener en cuenta la calidad a la hora de establecer el precio de compra.

El modo comúnmente elegido para el pago de la leche por calidad es establecer un precio inicial en función de su porcentaje de extracto seco útil o extracto quesero, que se define como la suma del contenido en grasa y proteína, al cual se le añade posteriormente primas o penalizaciones en función de los otros parámetros de calidad (RCS, bacteriología, inhibidores, punto de congelación). Para determinar este precio inicial se parte del precio del hectogrado de extracto quesero (euros/Hgrado; 1 Hgdo=100 unidades de extracto quesero). En el año 2012 el precio de la leche de cabra osciló entre 6,87 y 7,84 euros/Hgdo, es decir, 0,0687 a 0,0784 euros/unidad de extracto quesero. Este precio tiene variaciones anuales y estacionales (menor en primavera-verano) y puede ser consultado en varias lonjas de España, siendo la de Albacete la que suele servir de referencia a las industrias y granjas valencianas.

De acuerdo al código alimentario español (CAE, 1967), se define la leche como el producto íntegro, no alterado ni adulterado, sin calostros, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de hembras mamíferas domésticas sanas y bien alimentadas. Además, la leche debería conservar sus propiedades desde su extracción del animal hasta su procesamiento. Después de que la leche sale de la cabra ya no se le puede cambiar su composición fisicoquímica, a no ser que en la industria se le realicen algunos ajustes permitidos que mejoren su aspecto (homogeneizar), disminuir algunos de sus componentes para hacerla más atractiva para el consumidor (extracción de

lactosa, descremar, etc) y para la preparación de derivados como queso, yogurt, suero, cremas y otros, todo ello mediante tecnologías permitidas y declaradas.

Para determinar la calidad de la leche cruda de cabra, los laboratorios interprofesionales realizan una serie de análisis que permiten su evaluación. Entre estos análisis están los fisicoquímicos para determinar su composición en grasa, proteína, lactosa y extracto seco magro y los análisis higiénico-sanitarios que determinan el recuento de células somáticas, los gérmenes totales y la presencia o ausencia de antibióticos. Además de estos análisis se determina el punto de congelación de la muestra para detectar posibles fraudes por adición de agua.

El contenido total en bacterias y en células somáticas son parámetros de la leche indicativos de su calidad higiénica y de la condición sanitaria del rebaño, respectivamente. En la leche de pequeños rumiantes, la Unión Europea ha establecido un límite máximo de colonias de gérmenes de 1.500.000 UFC/ml o de 500.000 UFC/ml para la leche cruda que va a ser tratada térmicamente o no va a ser tratada térmicamente en la industria, respectivamente (Reglamento –CE- 853/2004). Por el contrario, en lo relativo al recuento de células somáticas, en la actualidad no existe ningún límite legal para la leche de cabra y oveja en el marco de la Unión Europea. A pesar de ello se estima fundamental en todo tipo de rebaños caprinos conocer este parámetro, ya que es el mejor indicador de posibles problemas de mamitis subclínicas en el rebaño, permitiendo detectar a los animales afectados mediante los controles individuales de leche que se realizan en los controles lecheros (Martínez et al., 1999). En un trabajo realizado sobre la calidad higiénico-sanitaria de la leche de cabra en los rebaños de la asociación de ganaderos de caprino de raza murciano-granadina de la Comunitat Valenciana (AMURVAL), durante los años 1999 y 2001, se determinó una media geométrica del RCS de 1.039.000 céls/ml (Martínez-Navalón, 2000)

La leche de cabra puede sufrir adulteraciones y otras alteraciones, por contaminación de sustancias extrañas a la leche (pesticidas, antibióticos, micotoxinas, cobre, hierro etc..) o por modificación de los elementos normales de la leche (alteraciones de origen microbiano o enzimático), que pueden representar un fraude, alterar sus características organolépticas o incluso representar riesgos sanitarios para el consumidor. Afortunadamente en la actualidad se dispone de técnicas analíticas para detectar la práctica totalidad de las alteraciones conocidas de la leche (Casado, 1991; normas de la International Dairy Federation), si bien la mayor parte de estos análisis no se realizan en rutina por los laboratorios interprofesionales lecheros, por lo que algunas de estas alteraciones pueden no ser detectadas durante la comercialización de la leche.

Los fraudes que se pueden realizar para adulterar la leche cruda son muy amplios y variados, y pueden ser consultados en el trabajo de Veisseyre (1988). Se pueden adicionar conservantes químicos para neutralizar la acidez de la leche (bicarbonato sódico, carbonatos) o para disminuir la proliferación de microorganismos (agua oxigenada, formol, ácido bórico, hipocloritos, ácido salicílico, etc.). Otras adulteraciones pueden ser la adición de leche de otras especies que tengan menor precio

que la original, o añadir leche en polvo, con el fin de aumentar la composición y por tanto el valor de la leche cruda.

Pero la adulteración que tradicionalmente se ha realizado con mayor frecuencia ha sido la adición de agua a la leche para aumentar los litros de leche comercializados. Este fraude se detecta con el punto de congelación. En una disolución, el punto de congelación se define como la temperatura única en la cual coexisten en equilibrio una fase líquida con otra cristalina correspondiente al hielo. El agua pura tiene un punto de congelación de 0°C y la adición de un soluto al agua pura provocará un descenso de dicho punto de congelación que será proporcional a su concentración. Este parámetro puede utilizarse para estimar la proporción de agua añadida a la leche, bien con fines fraudulentos o como resultado de un error en la fase de ordeño ya que al diluir la leche disminuimos también su concentración salina, haciendo que aumente su punto de congelación (más próximo a 0°C). La leche, por poseer numerosas sustancias en solución, tiene un punto de congelación inferior al del agua.

En la leche, el punto de congelación depende casi exclusivamente de su contenido en sustancias disueltas, es decir, lactosa y sales, pues las proteínas y grasas, por su dispersión no molecular, tienen una influencia despreciable (Janstová et al., 2007). Este parámetro es una de las propiedades de la leche menos variable ya que se considera una constante fisiológica que solamente varía dentro de límites muy reducidos. Para leche de cabra varía entre -0.540 a -0.572 °C (Park et al., 2007). La concentración salina de la leche, junto a la lactosa, determinará su presión osmótica y ésta a su vez será muy similar a la del resto de líquidos orgánicos del animal (principio de homeostasis), por lo que su punto de congelación se mantiene como un valor constante sujeto a poca variación fisiológica. Por ello, se considera uno de los procedimientos más exactos para dictaminar su posible adulteración con agua.

Entre las causas naturales que pueden variar el punto de congelación estarán sólo circunstancias que pueden modificar la concentración de las sustancias disueltas en la leche que son, sobre todo, enfermedades de las ubres (mamitis) o tuberculosis del ganado lechero, que por la mayor transferencia de cloruro de sodio a la leche hacen que tienda a disminuir el punto de congelación. El mismo efecto produce las sales extrañas.

La acidez de la leche es un parámetro bastante constante, con un pH de 6.2 a 6.8, y su aumento indica una anormalidad. El aumento de acidez de la leche como consecuencia de la fermentación de la lactosa por la actividad microbiana (por cada mol de lactosa se producen 2 moles de ácido láctico) provoca una disminución del punto de congelación de la leche (Walstra et al., 2001). Como dato orientativo, por cada grado Dornic de incremento, el punto de congelación disminuye (más negativo) en 3-5 milésimas (Beltrán y Peris, 2010). Por este motivo, la leche sometida a crioscopia debe carecer de una acidez excesiva ya que los resultados de estas muestras, con una acidez valorable superior a 0.18g de ácido láctico por 100ml (18°Dornic), no serán representativos de la leche de origen.

Existen muchas sustancias que se pueden añadir a la leche para enmascarar la adición de agua, ya que elevan el punto de congelación hasta situarlo en niveles de la leche no aguada. Algunas de estas sustancias son cloruro de sodio, sacarosa, orina, gelatina, glucosa, almidón y féculas (Casado, 1991).

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La adición de agua a la leche es la adulteración más sencilla de realizar y la que, tradicionalmente, ha permitido un mayor incremento de ingresos a los ganaderos. Afortunadamente, la frecuencia de este fraude ha disminuido mucho hoy en día por dos motivos: a) la leche cruda de las explotaciones se analiza de forma rutinaria en los laboratorios interprofesionales, donde se detecta la presencia de agua añadida mediante el punto de congelación; b) actualmente la leche se paga mayoritariamente en función de su contenido en grasa y proteína, de modo que el aguado también deberá provocar un descenso en el precio por litro de leche comercializada.

Desgraciadamente, también existen otras adulteraciones de la leche que permiten enmascarar la detección del agua añadida y, a veces, aumentar los resultados analíticos de grasa y proteína. Aunque existen análisis específicos para detectar estas adulteraciones, no se realizan rutinariamente en los laboratorios interprofesionales. Por tanto, cuando en estos laboratorios aparecen resultados analíticos (composición, RCS, punto de congelación, inhibidores) con valores fuera del rango habitual, surge la duda de si estos están causados por alguna adulteración de la leche.

El objetivo de este trabajo es conocer, en la leche de cabra, como afectan tres adulteraciones que enmascaran la adición de agua (adición de cloruro sódico, sacarosa y leche en polvo) a los análisis realizados habitualmente en los laboratorios interprofesionales y al precio de la leche que perciben los ganaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se ha llevado a cabo en el “Laboratori d’Anàlisi de Llet de la UPV (LICOVAL)”. Este laboratorio está acreditado por ENAC y ejerce las funciones de laboratorio interprofesional lechero en el ámbito de la Comunitat Valenciana.

Se realizaron cuatro estudios, todos con leche de cabra, con el objeto de:

- a) Conocer la variabilidad en la calidad de la leche de cabra (composición, RCS, punto de congelación y presencia/ausencia de inhibidores) comercializada en el entorno geográfico de la Comunitat Valenciana (Estudio 1)
- b) Determinar el efecto de la adición de cloruro sódico (Estudio 2), sacarosa (Estudio 3) y leche en polvo (Estudio 4) sobre los parámetros analíticos citados en el párrafo anterior y el precio de la leche que recibirían los ganaderos

Estudio 1. Variabilidad en la composición, recuento de células somáticas (RCS), punto de congelación y presencia de inhibidores en la leche de cabra comercializada en la Comunitat Valenciana

Este estudio se llevó a cabo a partir de 8097 muestras de leche de cabra de tanque, analizadas en LICOVAL en el periodo de 1-1-2012 hasta el 1-9-2013. Estas muestras de leche se tomaban en frascos de polipropileno de 50 ml de capacidad y eran recogidas directamente del tanque del ganadero por los transportistas de las industrias lácteas. En total se analizó la leche de 207 ganaderos que entregan leche a 26 industrias lácteas o queserías artesanales ubicadas en la Comunitat Valenciana o provincias limítrofes.

Tras la recogida, las muestras se mantenían en refrigeración (4-8°C) y eran transportadas al laboratorio directamente por la industria o mediante empresas de transporte. Las muestras se analizaban a temperatura ambiente (25 – 30°C), tras haber sido mezcladas previamente (los frascos se mueven e invierten manualmente varias veces antes de ser abiertos).

En cada muestra se analizaban los siguientes parámetros:

- a) Composición de la leche (grasa, proteína bruta, lactosa, extracto seco magro; en g/100g de leche), por espectroscopia del infrarrojo medio (IDF, 2000) mediante el equipo automático MilkoScan FT6000 (Foss Electric, Hillerod, Dinamarca).

- b) Recuento de células somáticas (céls/ml) por el método fluoro-opto-electrónico (ISO/IDF, 2008; Fossomatic 5000; Foss Electric).
- c) Punto de congelación de la leche (-m°C), mediante el método del crioscopio termistor (UNE-EN ISO, 2002; Criostar 2 automatic; Funke Gerber, Berlín, Alemania).
- d) Presencia/ausencia de inhibidores, mediante el método microbiológico Eclipse 100 (Zeu-Inmunotec, Zaragoza)

El control de calidad de estos equipos se basa en la utilización de muestras patrón (valores conocidos de composición, RCS, punto de congelación) procedentes de laboratorios externos (LILC, CECALAIT, Hüfner).

Los parámetros para describir la población de datos obtenida (media, desviación estándar, mínimo, máximo, cuartiles, distribución porcentual) se obtuvieron con el PROC MEANS y PROC UNIVARIATE del paquete estadístico SAS (SAS 2008).

Estudio 2. Efecto de la adición de cloruro sódico a la leche de cabra sobre los resultados analíticos de composición, recuento de células somáticas (RCS), punto de congelación y presencia/ausencia de inhibidores

Se llevaron a cabo varios trabajos preliminares para decidir las concentraciones de cloruro sódico a ensayar, de modo que se debían alcanzar valores de punto de congelación superiores a 580 -m°C (valor máximo considerado como aceptable en la leche de cabra sin agua añadida). Así, en este experimento se ensayaron 6 concentraciones de cloruro sódico (0, 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25 %p/v) y 6 concentraciones de agua añadida (0, 2, 5, 10, 15, 20 % v/v), con un diseño factorial (es decir un total de 6x6=36 tratamientos).

A partir de una muestra de leche de cabra de unos 3 litros de volumen, procedente del tanque de la granja de la UPV (con garantías de no contener agua añadida), se obtuvieron 36 alícuotas de 40 ml en frascos de polipropileno de 50 ml de capacidad. En este proceso la leche era removida con objeto de que las muestras obtenidas fueron lo más homogéneas posible. A cada alícuota se le asignó, al azar, una de las 36 combinaciones de cloruro sódico y agua añadida estudiadas (6x6). Todos los análisis se realizaron por triplicado, determinándose los mismos parámetros descritos en el Estudio 1.

Los resultados analíticos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el PROC GLM del SAS (2008), a partir del siguiente modelo de Análisis de Varianza:

$$Y_{ijk} = \mu + CS_i + A_j + CS_i * A_j + e_{ijk}$$

Siendo:

Y_{ijk} =variable analizada (grasa, proteína, extracto quesero – grasa+proteína-, lactosa, ESM, RCS y punto de congelación).

CS_i = efecto de la concentración de cloruro sódico añadido (0, 0,05 , 0,1, 0,15, 0,2 y 0,25 %p/v)

A_j = efecto de la concentración de agua añadida (0, 2, 5, 10, 15 y 20%v/v)

$CS_i * A_j$ = interacción cloruro sódico x agua añadida

e_{ijk} = error residual

Finalmente, se llevó a cabo un estudio económico, con el objeto de evaluar la ganancia o pérdida que percibiría el ganadero al realizar las adulteraciones ensayadas. Para ello se calculó la diferencia de precio que recibiría por litro de leche producida (antes de la adulteración) en cada una de las concentraciones de las adulteraciones. Se realizaron los siguientes cálculos:

a) Precio por litro, en leche no adulterada (ref)= precio/EQ x EQ_{ref} [1]

Se consideró un precio/EQ= 0,07 euros/EQ.

El EQ_{ref} corresponde al valor de extracto quesero (EQ=Grasa+Proteína) en la leche sin adulterar (agua añadida=0 y cloruro sódico añadido=0).

b) Precio por litro, en leche adulterada= precio/EQ x EQ x (1+V) - coste adulteración [2]

Este precio está referido al que recibiría por litro de leche antes de la adulteración

Se consideró un precio/EQ=0.07 euros/EQ

El EQ corresponde al valor de EQ en cada combinación de leche adulterada
V es el incremento de volumen, por litro de leche, debido a la adulteración.

Coste de la adulteración. En este experimento se despreció este apartado, dado el bajo coste de la sal y del agua que se añadía a la leche.

c) Diferencia de precio (por litro de leche no adulterada) al realizar la adulteración, respecto a la leche de referencia o no adulterada = [2] - [1]

Estudio 3. Efecto de la adición de sacarosa a la leche de cabra sobre los resultados analíticos de composición, recuento de células somáticas (RCS), punto de congelación y presencia/ausencia de inhibidores

A partir de varios trabajos preliminares se decidieron las concentraciones de sacarosa a ensayar, de modo que se debían alcanzar valores de punto de congelación superiores a 580 –m°C (valor máximo considerado como aceptable en la leche de cabra

sin agua añadida). Así, en este experimento se ensayaron 6 concentraciones de sacarosa (0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 %p/v) y 6 concentraciones de agua añadida (0, 2, 5, 10, 15, 20 % v/v), con un diseño factorial (es decir un total de $6 \times 6 = 36$ tratamientos). Se utilizó el azúcar blanco de mesa como fuente de sacarosa (99,5% de sacarosa).

El proceso seguido para la preparación de las 36 alícuotas de leche de cabra y los análisis realizados fue el mismo al descrito en el Estudio 2. Así mismo, los datos también fueron tratados estadísticamente utilizando el modelo explicitado en el Estudio 2, sustituyendo el efecto del cloruro sódico por el efecto de la sacarosa. En el estudio económico, realizado tal y como fue descrito en el Estudio 2, se consideró el coste de sacarosa utilizada en la adulteración (0,85 euros/kg).

Estudio 4. Efecto de la adición de leche en polvo a la leche de cabra sobre los resultados analíticos de composición, recuento de células somáticas (RCS), punto de congelación y presencia/ausencia de inhibidores

Se realizaron dos experimentos. El primer experimento tuvo un diseño similar a los descritos en los Estudios 2 y 3. A partir de varios trabajos preliminares se decidieron las concentraciones de leche en polvo a ensayar, de modo que se debían alcanzar valores de punto de congelación superiores a $580 \text{ } ^\circ\text{C}$ (valor máximo considerado como aceptable en la leche de cabra sin agua añadida). También se utilizaron varios tipos de leche en polvo: leche para la cría de cabritos de buena calidad (más cara: 2.6 euros/kg; NantaMilk Supreme) y de mala calidad (más barata: 2.2 euros/kg; NantaMilk Creme), así como leche en polvo utilizada por las queserías (3,65 euros/kg; “Spray Dried Skim Milk Powder, low heat” ; Alpavit). Dado que las conclusiones obtenidas en los estudios preliminares fueron similares en los tres tipos de leche, se decidió abordar este Estudio utilizando la leche en polvo más barata (NantaMilk Creme).

Así, en este experimento se ensayaron 4 concentraciones de leche en polvo (0, 0,5, 1, 1,5 %p/v) y 6 concentraciones de agua añadida (0, 2, 5, 10, 15, 20 % v/v), con un diseño factorial (es decir un total de $4 \times 6 = 24$ tratamientos). El proceso seguido para la preparación de las 24 alícuotas de leche de cabra y los análisis realizados fue el mismo al descrito en el Estudio 2. Así mismo, los datos también fueron tratados estadísticamente utilizando el modelo explicitado en el Estudio 2, sustituyendo el efecto del cloruro sódico por el efecto de la leche en polvo.

El segundo experimento se llevó a cabo con el objeto de evaluar económicamente la adición exclusiva de leche en polvo (sin agua añadida). En este caso se prepararon 5 alícuotas de leche de cabra, con el mismo procedimiento descrito en los experimentos anteriores, a las que se añadieron leche en polvo (NantaMilk Creme) para conseguir las siguientes concentraciones: 0, 0,5, 1, 5, 10 %p/v. Las determinaciones analíticas y el análisis estadístico de los resultados fueron los mismos a los descritos en

los estudios anteriores, excepto que en el modelo estadístico tan solo se contempló el efecto de la concentración de la leche en polvo (no existía agua añadida).

En el estudio económico, realizado tal y como fue descrito en el Estudio 2, se consideró el coste de la leche en polvo utilizada en la adulteración (2,2 euros/kg).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabilidad en la calidad de la leche de cabra comercializada en la Comunitat Valenciana

Tal y como se aprecia en la Tabla 1, los parámetros de la leche con menor variabilidad (menor coeficiente de variación) fueron el punto de congelación (CV=2,86%), la lactosa (3,99%) y el Extracto Seco Magro (5,55%). Los coeficientes de variación de la proteína (9,77) y de la grasa (14,66) fueron sensiblemente más elevados. Estos resultados, en cuanto al orden de variabilidad de los componentes de la leche, coinciden con lo señalado por Walstra y Jenness (1984).

El punto de congelación se situó entre 342 y 733 $-m^{\circ}C$. Si consideramos que por debajo de 540 $-m^{\circ}C$ existe la seguridad de que se ha añadido agua a la leche (Park et al., 2007; datos propios de LICOVAL), en la Figura 1 se aprecia que este fraude se detectó en el 5,2% de las muestras. Por el contrario, también se observa que el 1,9% de las muestras tuvieron un punto de congelación superior a 580 $-m^{\circ}C$, lo que podría significar que estas muestras presentaban algún tipo de alteración, como por ejemplo un exceso de azidiol (Sánchez et al., 2005; datos propios de LICOVAL), leche acidificada (Walstra et al., 2001; Beltrán y Peris, 2010) o algún tipo de adulteración.

La lactosa se situó entre 3,25 y 5,18%. En la Figura 2 se observa que el 0,74% de las muestras tuvieron un contenido en lactosa inferior al 4%. Los aspectos que podrían explicar este bajo porcentaje de lactosa podrían ser: un elevado porcentaje de animales con mamitis (Martínez, 2000) o leche procedente de animales en proceso de secado (datos propios LICOVAL). También se observa que tan solo el 0,54% de las muestras presentaron valores de lactosa superiores al 5%, lo que también podría indicar que son muestras con algún tipo de alteración o adulteración.

Tabla 1. Valores de composición, punto de congelación y RCS en 8097 muestras de leche de cabra de tanque analizadas en LICOVAL en los años 2012 y 2013

VARIABLE	n	media	DS	CV	Min	Q1	Mediana	Q3	95%	99%	Max
Grasa (%p/p)	8097	5,36	0,79	14,7	2,94	4,80	5,27	5,84	6,72	7,60	9,79
Proteína (%p/p)	8097	3,69	0,36	9,8	2,56	3,45	3,64	3,86	4,33	4,90	6,83
Ext. Ques. (%p/p)	8097	9,05	1,06	11,7	6,27	8,30	8,90	9,65	10,91	12,23	15,88
Lactosa (%p/p)	8097	4,59	0,18	4,0	3,25	4,50	4,61	4,71	4,87	4,96	5,18
ESM (%p/p)	8097	9,18	0,51	5,6	7,07	8,83	9,11	9,46	10,12	10,57	12,59
RCS (*1000cél/ml)	8097	1939	1069	55,1	50	1243	1693	2345	3922	6028	9808
P. Congela. ($-m^{\circ}C$)	8097	557	16	2,9	342	552	558	563	571	600	733

DS : Desviación estándar

CV: coeficiente de variación (%)

Q1: primer cuartil Q3= tercer cuartil 95%: percentil de orden 95 99%: percentil de orden 99

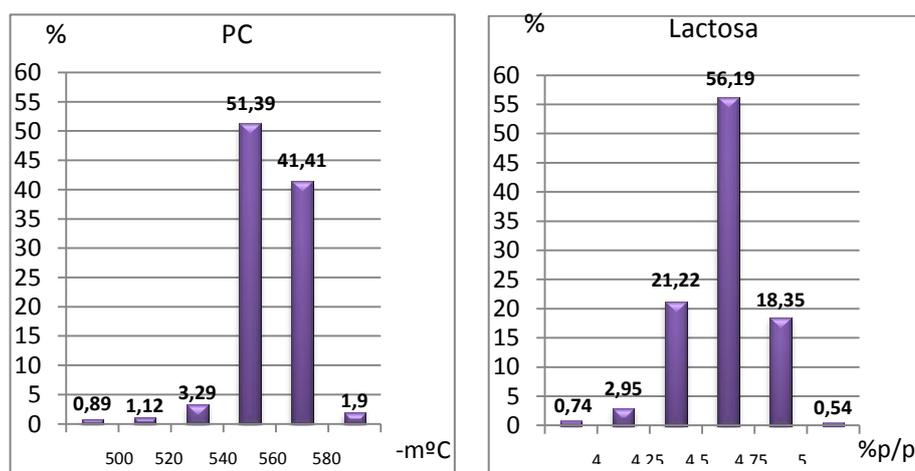


Figura 1. Distribución porcentual de los valores de punto de congelación (PC) y de lactosa en muestras de leche de cabra de tanque (n=8097)

El parámetro que estuvo más correlacionado con el punto de congelación fue la lactosa (Tabla 2), lo cual coincide con lo encontrado por Janstová et al. (2007). No obstante, podemos destacar que, con valores bajos de punto de congelación (< 540 -m°C), la correlación con la lactosa fue positiva ($r=+0.7$), es decir, a medida que disminuye el punto de congelación (en -m°C) también disminuye la lactosa, lo cual sería coherente con la existencia de aguado en la leche. Por el contrario, con valores altos de punto de congelación (> 570 -m°C) la correlación con la lactosa fue negativa ($r=-0.5$), es decir, al aumentar el punto de congelación por encima de 570 la lactosa también tiende a disminuir. Una posible explicación sería que la mayoría de estas muestras estaban acidificadas, ya que en el proceso de acidificación de la leche los microorganismos atacan la lactosa (disminuye) y se produce ácido láctico, lo cual ocasiona un aumento del punto de congelación (Walstra et al., 2001). Otra posibilidad es que fueran muestras de granjas con el rebaño en proceso de secado.

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre el punto de congelación y otras variables analíticas en muestras de leche de cabra de tanque analizadas en LICOVAL en los años 2012 y 2013, agrupadas según su punto de congelación

Punto de Congelación (-m°C)	(n)	VARIABLES					
		Grasa (%p/p)	Proteína (%p/p)	Ext.Ques. (%p/p)	Lactosa (%p/p)	ESM (%p/p)	RCS (*1000cél/ml)
<540	(429)	0,00 ^{NS}	0,13	0,05 ^{NS}	0,70	0,39	0,06 ^{NS}
540-570	(7139)	0,07	0,10	0,09	0,33	0,18	-0,12
>570	(469)	-0,19	0,00 ^{NS}	-0,14	-0,50	-0,27	0,01 ^{NS}
TOTAL	(8097)	0,03	0,11	0,06	0,34	0,19	-0,07

Todos los coeficientes de correlación fueron significativos ($p<0,01$), excepto en aquellos con el superíndice NS (correlación no significativa; $p>0,05$)

(n) número de muestras analizadas

Efecto de la adición de cloruro sódico (CS), sacarosa (SAC) y leche en polvo (LEP) sobre el punto de congelación

Tal y como estaba previsto, la adición de las tres sustancias provocaron una elevación significativa ($p < 0,001$) del punto de congelación de la leche, lo que permitió enmascarar la presencia de agua añadida (cloruro sódico: Tabla 3; sacarosa: Tabla 4; leche en polvo: Tabla 5). En los tres casos, el aumento del punto de congelación se debe a que se incrementa las sustancias disueltas en la leche (Janstová et al., 2007). Por ejemplo, con un 0,05% de sal y un 10% de agua añadida, el punto de congelación se situó en $570 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Tabla 3), valor indicativo de que no existiría agua añadida (consideraremos que existe un aguado apreciable cuando el punto de congelación sea inferior a $540 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Podemos destacar que, para enmascarar la presencia de agua, la concentración de leche en polvo y sacarosa utilizada fue 10 y 20 veces superior, respectivamente, en relación al cloruro sódico. Por ejemplo, para enmascarar la presencia de un 20% de agua añadida fue necesario añadir un 0,1% de sal ($\text{PC}=588 \text{ } ^\circ\text{C}$; Tabla 3), un 1% de leche en polvo ($\text{PC}=581 \text{ } ^\circ\text{C}$; Tabla 5) o un 2% de sacarosa ($\text{PC}=566 \text{ } ^\circ\text{C}$; Tabla 4).

No obstante, también es importante destacar la dificultad que existe en realizar esta adulteración, dado que si estas sustancias se añaden en excesiva proporción aumenta rápidamente el punto de congelación, situándose en valores superiores a $600 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Tablas 3,4 y 5), es decir, valores claramente no fisiológicos que harían sospechar que existe alguna alteración en la leche.

Efecto de la adición de cloruro sódico (CS), sacarosa (SAC) y leche en polvo (LEP) sobre los análisis de composición de la leche, RCS e inhibidores

Los análisis de composición de la leche (grasa, proteína, extracto quesero, lactosa y extracto seco magro) variaron significativamente ($p < 0,001$) con la adición de cloruro sódico (Tabla 6), sacarosa (Tabla 7) y leche en polvo (Tablas 8 y 9). El hecho de que el cloruro sódico y la sacarosa influyera, por ejemplo, sobre los análisis de grasa y proteína mediante un equipo de IR se puede explicar por las interferencias que pueden causar estas sustancias en las absorbancias de las longitudes de onda utilizadas en las ecuaciones de regresión de estos dos componentes. Por el contrario, la adición de cloruro sódico, sacarosa y leche en polvo no afectó al RCS ni a los análisis de inhibidores (todos negativos). En el primer caso se explica porque el método analítico utilizado solo cuenta los núcleos teñidos de las células somáticas (que no varían con las sustancias añadidas) y en el segundo, porque estas sustancias, a las concentraciones utilizadas, no afectan al crecimiento del *Bacillus stearothermophilus* utilizado en el Test Eclipse 100.

Tabla 3. Punto de congelación (-m°C) en alícuotas de leche de cabra de tanque, según la cantidad de cloruro sódico añadido y agua añadida

Cloruro Sódico (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	552 ^f	542 ^f	527 ^f	501 ^f	478 ^f	453 ^f
0,05	632 ^e	600 ^e	596 ^e	570 ^e	546 ^e	520 ^e
0,1	716 ^d	680 ^d	672 ^d	637 ^d	610 ^d	588 ^d
0,15	782 ^c	759 ^c	749 ^c	712 ^c	679 ^c	659 ^c
0,2	882 ^b	853 ^b	821 ^b	794 ^b	760 ^b	709 ^b
0,25	918 ^a	935 ^a	895 ^a	846 ^a	826 ^a	787 ^a
ES	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo (p<0,001)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas (p<0,05)

Tabla 4. Punto de congelación (-m°C) en alícuotas de leche de cabra de tanque, según la cantidad de sacarosa añadida y agua añadida

Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	554 ^f	544 ^f	530 ^f	502 ^f	477 ^f	461 ^f
0,5	588 ^e	578 ^e	559 ^e	532 ^e	508 ^e	488 ^e
1	624 ^d	607 ^d	591 ^d	563 ^d	538 ^d	514 ^d
1,5	652 ^c	641 ^c	619 ^c	590 ^c	563 ^c	537 ^c
2	687 ^b	668 ^b	651 ^b	618 ^b	591 ^b	566 ^b
2,5	717 ^a	703 ^a	680 ^a	647 ^a	617 ^a	591 ^a
ES	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Niv.Sig.	***	***	***	***	***	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo (p<0,001)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas (p<0,05)

Tabla 5. Punto de congelación (-m°C) en alícuotas de leche de cabra de tanque, según la cantidad de leche en polvo añadida y agua añadida

Leche en polvo (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	556 ^d	548 ^d	528 ^d	503 ^d	484 ^d	469 ^d
0,5	622 ^c	610 ^c	591 ^c	568 ^c	540 ^c	525 ^c
1	684 ^b	675 ^b	679 ^b	626 ^b	606 ^b	581 ^b
1.5	747 ^a	745 ^a	719 ^a	691 ^a	658 ^a	627 ^a
ES	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo (p<0,001)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas (p<0,05)

Respecto a los resultados analíticos de la grasa, proteína y extracto quesero, la adición de cloruro sódico y sacarosa tuvieron el mismo efecto: descenso de la grasa y extracto quesero (más acusado con la sacarosa) y ligero aumento de la proteína (Tablas 6 y 7). En el caso de la adición de leche en polvo (Tablas 8), se produjo un aumento de los tres componentes, siendo esta variación más importante que en el caso de la adición de cloruro sódico y sacarosa.

Respecto al ESM, la adición de las tres sustancias estudiadas provocó la elevación de este componente, siendo este aumento mayor para la leche en polvo (2 unidades de %; Tabla 8), que para la sacarosa (1,5 unidades) y el cloruro sódico (0,04 unidades).

Finalmente, la lactosa aumentó al añadir sacarosa y leche en polvo (incremento más elevado con la sacarosa), mientras que disminuyó muy ligeramente cuando se añadió cloruro sódico.

Las interacciones CS * Agua (Estudio 2), SAC*Agua (Estudio 3) y LP*Agua (Estudio 4) fueron significativas para todos los componentes estudiados, excepto para el RCS. No obstante, las tendencias descritas anteriormente, en relación al efecto del cloruro sódico, sacarosa y leche en polvo sobre la composición de la leche, no variaron con el nivel de agua añadida, tal y como se puede observar en las Tablas de los Anejos 1.1 (Estudio 2), 1.2 (Estudio 3) y 1.4 (Estudio 4).

Un aspecto importante a destacar es que, en las concentraciones de cloruro sódico, sacarosa y leche en polvo que permitieron enmascarar la presencia de agua añadida, la composición de la leche se situó en muchos casos dentro de los niveles normales de la leche de cabra. Por lo tanto, con los análisis rutinarios de un laboratorio interprofesional lechero no sería posible identificar estas muestras doblemente adulteradas (CS o SAC o LP, junto con agua añadida).

A pesar de lo señalado anteriormente, si se añade una cantidad excesiva de las tres sustancias estudiadas sí que sería posible su detección (como muestra sospechosa) en el laboratorio. En primer lugar porque en los tres casos el punto de congelación superaría el límite, considerado como muestra aceptable, de 580 –m°C. Además, en el caso de la adición de sacarosa y leche en polvo también se observarían niveles de lactosa superiores al 5 %, valor que hemos considerado como límite en una muestra no alterada de leche de cabra. A continuación, en estas muestras sospechosas, el laboratorio debería realizar los análisis específicos (Casado, 1991) para detectar la presencia de sacarosa, leche en polvo o niveles elevados de cloruro sódico.

Tabla 6. Valores medios de la composición y el RCS en la leche de cabra de tanque, según la cantidad de cloruro sódico añadido (media de todos los niveles de aguado)

Cloruro Sódico (%)	Variable						
	Grasa (%p/p)	Proteína (%p/p)	Ext.Ques. (%p/p)	Lactosa (%p/p)	ESM (%p/p)	RCS (*1000cél/ml)	Punto.Conge. (-m°C)
0	5,054 ^a	3,482 ^e	8,537 ^b	4,404 ^a	8,726 ^d	896	509 ^f
0,05	5,045 ^b	3,487 ^d	8,533 ^{bc}	4,400 ^b	8,732 ^c	895	577 ^e
0,1	5,046 ^b	3,492 ^{bc}	8,538 ^a	4,400 ^b	8,751 ^b	904	650 ^d
0,15	5,036 ^c	3,490 ^{cd}	8,526 ^d	4,387 ^c	8,749 ^b	899	723 ^c
0,2	5,033 ^c	3,496 ^a	8,53 ^{cd}	4,384 ^d	8,762 ^a	897	803 ^b
0,25	5,022 ^d	3,495 ^{ab}	8,517 ^e	4,374 ^e	8,761 ^a	891	867 ^a
ES	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	4	0,3
Niv.Sig	***	***	***	***	***	NS	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo (p<0,001) NS: Efecto no significativo (p>0,05)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas (p<0,05)

Tabla 7. Valores medios de la composición y el RCS en la leche de cabra de tanque, según la cantidad de sacarosa añadida (media de todos los niveles de aguado)

Sacarosa (%)	Variable						
	Grasa (%p/p)	Proteína (%p/p)	Ext.Ques. (%p/p)	Lactosa (%p/p)	ESM (%p/p)	RCS (*1000cél/ml)	Punto Conge. (-m°C)
0	4,387 ^a	3,111 ^e	7,499 ^a	4,486 ^f	8,329 ^f	820	512 ^f
0,5	4,351 ^b	3,118 ^d	7,469 ^b	4,851 ^e	8,634 ^e	821	542 ^e
1	4,314 ^c	3,119 ^d	7,434 ^c	5,213 ^d	8,937 ^d	824	573 ^d
1,5	4,285 ^d	3,138 ^b	7,423 ^d	5,537 ^c	9,231 ^c	838	600 ^c
2	4,249 ^e	3,124 ^c	7,374 ^e	5,888 ^b	9,509 ^b	823	630 ^b
2,5	4,218 ^f	3,143 ^a	7,362 ^f	6,219 ^a	9,808 ^a	823	659 ^a
ES	0,002	0,0010	0,002	0,001	0,001	4,3	0,2
Niv.Sig	***	***	***	***	***	NS	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo (p<0,001) NS: Efecto no significativo (p>0,05)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas (p<0,05)

Tabla 8. Valores medios de la composición y el RCS en la leche de cabra de tanque, según la cantidad de leche en polvo añadida (media de todos los niveles de aguado; Experimento 1 del Estudio 4).

Leche en polvo (%)	Variable						
	Grasa (%p/p)	Proteína (%p/p)	Ext.Ques. (%p/p)	Lactosa (%p/p)	ESM (%p/p)	RCS (*1000céls/ml)	Punto.Conge. (-m°C)
0	5,058 ^d	3,502 ^d	8,560 ^d	4,431 ^d	8,787 ^d	885	515 ^d
0,5	5,232 ^c	3,711 ^c	8,943 ^c	4,861 ^c	9,492 ^c	913	576 ^c
1	5,411 ^b	3,928 ^b	9,338 ^b	5,296 ^b	10,219 ^b	941	642 ^b
1.5	5,561 ^a	4,121 ^a	9,683 ^a	5,664 ^a	10,862 ^a	978	698 ^a
ES	0,004	0,003	0,003	0,014	0,012	5,1	0,4
Niv.Sig	***	***	***	***	***	NS	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo ($p < 0,001$) NS: Efecto no significativo ($p > 0,05$)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tabla 9. Valores medios de la composición y el RCS en la leche de cabra de tanque, según la cantidad de leche en polvo añadida (sin adición de agua; Experimento 2 del Estudio 4)

Leche en polvo (%)	Variables						
	Grasa (%p/p)	Proteína (%p/p)	Ext.Ques. (%p/p)	Lactosa (%p/p)	ESM (%p/p)	RCS (*1000céls/ml)	Punto.Conge. (-m°C)
0	4,377 ^e	3,797 ^e	8,173 ^e	4,730 ^e	9,707 ^e	1577	554 ^e
0,5	4,483 ^d	3,930 ^d	8,413 ^d	4,950 ^d	10,073 ^d	1565	580 ^d
1	4,557 ^c	4,013 ^c	8,570 ^c	5,100 ^c	10,310 ^c	1552	599 ^c
5	5,353 ^b	4,923 ^b	10,277 ^b	6,477 ^b	12,690 ^b	1551	783 ^b
10	6,313 ^a	6,020 ^a	12,333 ^a	8,073 ^a	15,493 ^a	1547	1014 ^a
ES	0,011	0,011	0,020	0,013	0,022	3,1	0,7
Niv.Sig	***	***	***	***	***	NS	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo ($p < 0,001$) NS: Efecto no significativo ($p > 0,05$)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$)

Efecto de la adición de agua sobre los análisis de composición de la leche, RCS e inhibidores

Como era de esperar, la adición de agua a la leche provocó, en los tres experimentos realizados (Estudios 2,3 y 4) un descenso significativo ($p < 0,001$) tanto del punto de congelación como de la composición (grasa, proteína, extracto quesero, lactosa y ESM) y el RCS (anejos 1.1, 1.2 y 1.3). Estos resultados se explican por el efecto dilución, tanto del conjunto de sustancias disueltas (disminución del punto de congelación, expresado en $-m^{\circ}C$) como de cada uno de los componentes analizados.

Estudio económico de la adulteración de la leche con cloruro sódico, sacarosa, leche en polvo y agua

La adición exclusivamente de agua (0% de las otras sustancias) apenas afectó a los ingresos que obtendrían los ganaderos (precio por litro de leche, antes del aguado; Tablas 10, 11, 12 y 13), dado que el extracto quesero disminuyó en una proporción bastante similar al aumento del volumen de la leche aguada. Por ejemplo, al añadir exclusivamente un 20% de agua a la leche se obtuvo un incremento de precio que varió entre 0,9 (Tabla 10) y 2 (Tabla 12) céntimos de euro por cada de litro de leche comercializado (antes del aguado).

La adición de cloruro sódico (Tabla 10) o de sacarosa (Tabla 11), junto a la adición de agua, no es una práctica rentable para el ganadero, dado que el precio de la leche que percibirá apenas se modifica, e incluso, en muchos casos empeora (valores negativos). En el caso de la leche en polvo, junto a la adición de agua (Tabla 12) o sin adición de agua (Tabla 13), se observó un balance económico un poco más positivo para el ganadero (a los precios actuales de la leche en polvo y de la unidad de extracto quesero), con incrementos de hasta 6 y 7 céntimos de euro por litro de leche comercializada. Por ejemplo, con la adición del 10% de leche en polvo (Tabla 13) el precio por litro aumentó en 7 céntimos de euro, pero se obtuvieron valores extremos del punto de congelación ($1014 -m^{\circ}C$) y de lactosa (8,07 %), lo que permitiría detectar que la leche está alterada.

En resumen, los resultados anteriores indican que los ganaderos obtienen muy poco beneficio al añadir agua a la leche y, si hacen esta adulteración e intentan enmascararlo añadiendo cloruro sódico, sacarosa o leche en polvo, tienen mucho riesgo de que pueda ser detectado en el laboratorio (si la adición de estas tres sustancias es insuficiente, se detectará la presencia de aguado, y si es excesiva, el punto de congelación será tan alto que la muestra será sospechosa de presentar alguna alteración).

Tabla 10. Estimación de la diferencia de ingresos (euros/100), por cada litro de leche cabra producido, según la cantidad de cloruro sódico añadido y agua añadida.

Cloruro sódico (%)	AGUA (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,9
0,05	-0,2	-0,1	0,1	0,1	0,5	1,0
0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	1,2
0,15	0,0	-0,1	-0,1	0,3	0,3	0,6
0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,3	0,2	0,9
0,25	-0,2	-0,3	-0,1	0,4	0,2	0,5

Nota: los valores negativos indican que disminuyen los ingresos si se realiza la adulteración

Tabla 11. Estimación de la diferencia de ingresos (euros/100), por cada litro de leche cabra producido, según la cantidad de sacarosa añadida y agua añadida.

Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,4	1,1
0,5	-0,8	-0,7	-0,4	-0,1	0,2	0,3
1	-1,4	-1,4	-1,1	-0,7	-0,7	-0,3
1,5	-1,9	-1,8	-1,6	-1,3	-1,2	-0,8
2	-2,8	-2,8	-2,4	-1,9	-2,0	-1,6
2,5	-3,2	-3,1	-2,9	-2,6	-2,3	-2,5

Nota: los valores negativos indican que disminuyen los ingresos si se realiza la adulteración

Tablas 12. Estimación de la diferencia de ingresos (euros/100), por cada litro de leche cabra producido, según la cantidad de leche en polvo añadida y agua añadida.

Leche en polvo (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	0,0	0,2	0,7	0,6	0,9	2,0
0,5	1,6	2,4	2,2	2,6	2,6	3,9
1	3,3	3,9	4,9	4,3	4,8	5,6
1.5	4.9	6.2	5.8	6.3	6.3	6.16

Nota: los valores negativos indican que disminuyen los ingresos si se realiza la adulteración

Tabla 13. Estimación de la diferencia de ingresos (euros/100), por cada litro de leche cabra producido, según la cantidad de leche en polvo añadida

Dif. ingresos	Leche en polvo (%)				
	0	0,5	1	5	10
	0,0	0,6	0,6	3,7	7,1

Nota: los valores negativos indican que disminuyen los ingresos si se realiza la adulteración

CONCLUSIONES

- 1- El estudio de la variabilidad de la calidad de la leche de cabra comercializada en la Comunidad Valenciana mostró que los parámetros con menor coeficiente de variación fueron el punto de congelación y la lactosa. Se consideró como muestras sospechosas de presentar alguna alteración aquellas que tuvieran un punto de congelación inferior a $540 \text{ } ^\circ\text{C}$ o superior a $580 \text{ } ^\circ\text{C}$, o un contenido en lactosa inferior al 4% o superior al 5%.
- 2- La adición de cloruro sódico, sacarosa y leche en polvo permite enmascarar la presencia de agua añadida, si bien cuando se añaden en exceso el punto de congelación se sitúa en niveles de muestra alterada ($>580 \text{ } ^\circ\text{C}$). Estas sustancias también afectan a los análisis de grasa, proteína, lactosa y ESM; sin embargo, en las concentraciones ensayadas, no afectan al RCS ni al análisis de inhibidores.
- 3- El estudio económico mostró que, aplicando estas adulteraciones, los ganaderos obtendrían un escaso (leche en polvo) o prácticamente nulo (cloruro sódico, sacarosa, agua añadida) incremento de ingresos, y existiría riesgo de que fueran identificadas en el laboratorio como muestras alteradas.

IMPLICACIONES

Cuando los laboratorios interprofesionales lecheros detectan en los análisis de rutina una muestra sospechosa de sufrir una alteración (en nuestro caso valores extremos de punto de congelación y lactosa), a continuación deberían investigar, con análisis específicos, la presencia de posibles sustancias adulterantes (cloruro sódico, sacarosa, leche en polvo etc.).

BIBLIOGRAFÍA

- **BELTRÁN, M.C.; PERIS, C. 2010.** Matèries primeres d'origen animal. Pràctiques de laboratori. Editorial UPV. Ref.:2010.565. 106 pp.
- **CAE, 1967.** Código Alimentario Español. «BOE» núm. 248. 14180-14187.
- **CASADO, P. 1991.** Guía para el análisis químico de la leche y los derivados lácteos. Ediciones AYALA. España, 701 pp.
- **IDF. 2000.** Determination of mikfat, protein and lactose content. Guidance on the operation of mid-infrared instruments. International Dairy Federation. International Standard 141C:2000.
- **ISO/IDF. 2008.** Enumeration of somatic cells. – Part 2: Guidance on the operation of fluoro-opto-electronic counters. ISO 13366-2. IDF 148-2.
- **JANSTOVÁ, B.; DRACKOVÁ, M.; NAVRÁTILOVÁ, P.; HADRA, L.; VORLOVÁ, L. 2007.** Freezing point of raw and heat-treated goat milk. Czech J. Animal Science, 52. 394-398.
- **MAGRAMA. 2012.** Ministerio de agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Distribución del censo caprino y Producción de leche de cabra en la Unión Europea en 2012.
- **MARTÍNEZ, B. 2000.** El recuento de células somáticas en la leche de cabra: factores de variación y efecto sobre la producción y composición de la leche. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València.
- **MARTÍNEZ, B.; PERIS, C.; VEGA, S.1999.** Relación entre el recuento de células somáticas y los patógenos intramamarios aislados en el ganado caprino lechero de la Comunidad Valenciana. XXIV Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Soria. 325-329.
- **PARK, Y.W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G.F.W. 2007.** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research 68. 88-113.
- **PÉREZ-BAENA, I.; VICENTE, C.; AGRAMUNT, C.; PERIS, C. 2011.** Caracterización del sector quesero de la Comunidad Valenciana. Situación actual y perspectivas de futuro. XXXIV Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. San Sebastián. 240-247.
- **PORTAL DE AGRICULTURA: <http://www.itap.es>**
- **SÁNCHEZ, A.; SIERRA, D.; LUENGO, C.; CORRALES, J.C.; MORALES, C.T.; CONTRERAS, A.; GONZALO, C. 2005.** Influence of storage and preservation on Fossomatic cell count and composition of goat milk. Journal of Dairy Science. Volumen 88, Issue 9, 3095-3100 pp.
- **STADISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. 2008.** SAS User's Guide; Statistics, versión 9.2 ed., (2008). SAS Institute, Cary,NC, USA.
- **UNE-EN ISO. 2002.** Determinación del punto de congelación. Método por crioscopio con termistor (Método de referencia). UNE-EN ISO 5764.
- **VEISSEYRE, R. 1988.** Lactotecnología técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche. Editorial ACRIBIA. España, 629 pp.

- **WALSTRA, P.; GEURTS, T.J.; NOOMEN, A.; JELLEMA, A.; VAN BOEKEL, M.A.J.S. 2001.** Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Editorial ACRIBIA. España, 730 pp.
- **WALSTRA, P.; JENNESS, R.** Química y física lactológica. Editorial AGRIBIA. España, 423 pp.

Anexo 1. Resultados de las interacciones de los análisis estadísticos

Anexo 1.1. Resultados de la interacción cloruro sódico*agua sobre los componentes analizados de la leche (Estudio 2)

GRASA						
Cloruro sódico (%)	Agua(%)					
	0	2	5	10	15	20
0	5.456 ^a	5.343 ^a	5.196 ^a	4.963 ^{ab}	4.753 ^{ab}	4.613 ^a
0,05	5.436 ^c	5.330 ^b	5.190 ^a	4.946 ^c	4.756 ^a	4.613 ^a
0,1	5.450 ^{cb}	5.326 ^b	5.173 ^b	4.960 ^b	4.750 ^{bc}	4.620 ^a
0,15	5.446 ^{cb}	5.323 ^{bc}	5.170 ^b	4.960 ^b	4.740 ^{cd}	4.580 ^b
0,2	5.440 ^{bc}	5.313 ^c	5.173 ^b	4.963 ^{ab}	4.733 ^{de}	4.580 ^b
0,25	5.430 ^c	5.296 ^d	5.156 ^c	4.973 ^a	4.726 ^e	4.550 ^c
ES	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo ($p < 0,001$) NS: efecto no significativo ($p > 0,05$)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$)

PROTEINA						
Cloruro sódico (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	3.740 ^c	3.680 ^b	3.586 ^a	3.433 ^c	3.300 ^b	3.156 ^d
0,05	3.743 ^c	3.676 ^b	3.590 ^a	3.436 ^{bc}	3.310 ^a	3.170 ^c
0,1	3.746 ^{bc}	3.690 ^a	3.590 ^a	3.433 ^c	3.303 ^b	3.190 ^{ab}
0,15	3.756 ^a	3.690 ^a	3.586 ^a	3.446 ^a	3.300 ^b	3.160 ^d
0,2	3.746 ^{bc}	3.696 ^a	3.593 ^a	3.443 ^{ab}	3.300 ^b	3.196 ^a
0,25	3.753 ^{ab}	3.690 ^a	3.593 ^a	3.446 ^a	3.303 ^b	3.183 ^b
ES	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

EXTRACTO QUESERO						
Cloruro sódico (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	9.196 ^{ab}	9.023 ^a	8.783 ^a	8.396 ^b	8.053 ^{ab}	7.770 ^c
0,05	9.180 ^c	9.006 ^b	8.780 ^a	8.383 ^c	8.066 ^a	7.783 ^b
0,1	9.196 ^{ab}	9.016 ^{ab}	8.763 ^b	8.393 ^b	8.053 ^b	7.810 ^a
0,15	9.203 ^a	9.013 ^{ab}	8.756 ^b	8.406 ^{ab}	8.040 ^b	7.740 ^d
0,2	9.186 ^b	9.010 ^{ab}	8.766 ^b	8.406 ^{ab}	8.033 ^c	7.776 ^{bc}
0,25	9.183 ^b	8.986 ^c	8.750 ^b	8.420 ^a	8.030 ^c	7.733 ^d
ES	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

LACTOSA

Cloruro sódico (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	4.716 ^a	4.646 ^a	4.530 ^a	4.350 ^a	4.180 ^a	4.003 ^c
0,05	4.716 ^a	4.636 ^b	4.526 ^a	4.340 ^b	4.170 ^b	4.010 ^b
0,1	4.710 ^b	4.640 ^b	4.520 ^b	4.333 ^c	4.173 ^b	4.023 ^a
0,15	4.706 ^b	4.630 ^c	4.510 ^c	4.330 ^c	4.160 ^c	3.990 ^e
0,2	4.696 ^c	4.623 ^d	4.500 ^d	4.320 ^d	4.146 ^d	4.020 ^a
0,25	4.693 ^c	4.610 ^e	4.490 ^e	4.316 ^d	4.140 ^e	3.996 ^d
ES	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

EXTRACTO SECO MAGRO

Cloruro sódico (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	9,346 ^e	9,203 ^c	8,970 ^c	8,610 ^c	8,286 ^{bc}	7,940 ^c
0,05	9,360 ^{de}	9,193 ^c	8,980 ^b	8,610 ^c	8,280 ^c	7,973 ^b
0,1	9,370 ^{cd}	9,223 ^b	8,980 ^b	8,620 ^{bc}	8,303 ^a	8,013 ^a
0,15	9,380 ^{bc}	9,226 ^b	8,980 ^b	8,630 ^{ab}	8,300 ^{ab}	7,980 ^b
0,2	9,390 ^{ab}	9,240 ^a	8,996 ^a	8,630 ^{ab}	8,293 ^{abc}	8,023 ^a
0,25	9,396 ^a	9,233 ^{ab}	8,993 ^{ab}	8,640 ^a	8,296 ^{ab}	8,010 ^a
ES	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Cloruro sódico (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	969	958	923	894	845	787
0,05	987	933	900	905	854	788
0,1	983	951	941	891	845	810
0,15	982	975	930	880	848	780
0,2	963	959	940	873	834	813
0,25	971	943	924	876	840	794
ES	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
Niv.Sig	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Anexo 1.2. Resultados de la interacción sacarosa*agua sobre los componentes analizados de la leche (Estudio 3)

GRASA						
Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	4,716 ^a	4,623 ^a	4,510 ^a	4,333 ^a	4,136 ^a	4,006 ^a
0,5	4,660 ^b	4,580 ^b	4,473 ^b	4,293 ^b	4,136 ^a	3,963 ^b
1	4,636 ^c	4,540 ^c	4,433 ^c	4,270 ^c	4,073 ^b	3,933 ^c
1,5	4,610 ^d	4,513 ^d	4,400 ^d	4,230 ^d	4,050 ^c	3,910 ^d
2	4,550 ^e	4,463 ^e	4,366 ^e	4,216 ^e	4,016 ^d	3,883 ^e
2,5	4,523 ^f	4,446 ^f	4,340 ^f	4,166 ^f	4,010 ^d	3,826 ^f
ES	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo (p<0,001) NS: efecto no significativo (p>0,05)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas (p<0,05)

PROTEINA						
Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	3,340 ^d	3,283 ^d	3,206 ^d	3,070 ^d	2,936 ^e	2,840 ^c
0,5	3,343 ^d	3,290 ^c	3,210 ^c	3,070 ^d	2,953 ^d	2,840 ^c
1	3,350 ^c	3,290 ^c	3,210 ^c	3,073 ^d	2,950 ^d	2,843 ^c
1,5	3,366 ^b	3,313 ^b	3,226 ^b	3,090 ^b	2,970 ^b	2,860 ^a
2	3,353 ^c	3,290 ^c	3,213 ^c	3,080 ^c	2,960 ^c	2,850 ^b
2,5	3,376 ^a	3,320 ^a	3,233 ^a	3,096 ^a	2,980 ^a	2,850 ^b
ES	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

EXTRACTO QUESERO						
Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	8,056 ^a	7,906 ^a	7,716 ^a	7,403 ^a	7,063 ^a	6,846 ^a
0,5	8,003 ^b	7,870 ^b	7,683 ^b	7,363 ^b	7,090 ^b	6,803 ^b
1	7,986 ^c	7,830 ^c	7,643 ^c	7,343 ^c	7,023 ^c	6,776 ^c
1,5	7,976 ^c	7,826 ^c	7,626 ^d	7,320 ^d	7,020 ^c	6,770 ^c
2	7,903 ^d	7,753 ^d	7,580 ^e	7,296 ^e	6,976 ^d	6,733 ^d
2,5	7,900 ^d	7,766 ^d	7,573 ^e	7,263 ^f	6,990 ^d	6,676 ^e
ES	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

LACTOSA

Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	4,803 ^f	4,730 ^f	4,620 ^f	4,430 ^f	4,226 ^f	4,106 ^f
0,5	5,216 ^e	5,120 ^e	4,980 ^e	4,786 ^e	4,580 ^e	4,420 ^e
1	5,616 ^d	5,470 ^d	5,350 ^d	5,150 ^d	4,946 ^d	4,743 ^d
1,5	5,946 ^c	5,846 ^c	5,696 ^c	5,453 ^c	5,250 ^c	5,026 ^c
2	6,370 ^b	6,190 ^b	6,050 ^b	5,786 ^b	5,573 ^b	5,360 ^b
2,5	6,663 ^a	6,580 ^a	6,380 ^a	6,123 ^a	5,873 ^a	5,693 ^a
ES	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

EXTRACTO SECO MAGRO

Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	8,913 ^f	8,773 ^f	8,570 ^f	8,223 ^f	7,856 ^f	7,636 ^f
0,5	9,260 ^e	9,096 ^e	8,866 ^e	8,520 ^e	8,176 ^e	7,883 ^e
1	9,596 ^d	9,386 ^d	9,180 ^d	8,823 ^d	8,480 ^d	8,153 ^d
1,5	9,896 ^c	9,736 ^c	9,490 ^c	9,100 ^c	8,746 ^c	8,413 ^c
2	10,230 ^b	9,993 ^b	9,770 ^b	9,366 ^b	9,010 ^b	8,683 ^b
2,5	10,513 ^a	10,350 ^a	10,063 ^a	9,666 ^a	9,293 ^a	8,960 ^a
ES	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

RECuento DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Sacarosa (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	900	872	847	808	752	738
0,5	889	875	854	796	789	724
1	899	861	854	811	778	746
1,5	906	889	866	817	794	755
2	895	878	836	822	774	734
2,5	909	880	858	808	758	727
ES	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
Niv.Sig	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Anexo 1.3. Resultados de la interacción leche en polvo*agua sobre los componentes analizados de la leche (Experimento 1; Estudio 4)

GRASA						
Leche en polvo (%)	Agua(%)					
	0	2	5	10	15	20
0	5.406 ^d	5.356 ^d	5.236 ^d	4,960 ^d	4,756 ^d	4,633 ^d
0.5	5.563 ^c	5.566 ^c	5.373 ^c	5.150 ^c	4,926 ^c	4.810 ^c
1	5.743 ^b	5.710 ^b	5.596 ^b	5.320 ^b	5.120 ^b	4.973 ^b
1,5	5.923 ^a	5.926 ^a	5.723 ^a	5.500 ^a	5.260 ^a	5.036 ^a
ES	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

ES: error estándar de la media

*** Efecto significativo (p<0,001) NS: efecto no significativo (p>0,05)

a,b,c,d,e,f,g : letras distintas en una misma columna indica diferencias significativas (p<0,05)

PROTEINA						
Leche en polvo (%)	Agua(%)					
	0	2	5	10	15	20
0	3,756 ^d	3.656 ^d	3,586 ^d	3.443 ^d	3.323 ^d	3.243 ^d
0,5	3,980 ^c	3,903 ^c	3,803 ^c	3.656 ^c	3.503 ^c	3.420 ^c
1	4.196 ^b	4.126 ^b	4.093 ^b	3.850 ^b	3.716 ^b	3.586 ^b
1,5	4.413 ^a	4.380 ^a	4.236 ^a	4.073 ^a	3.903 ^a	3.723 ^a
ES	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

EXTRACTO QUESERO						
Leche en polvo (%)	Agua(%)					
	0	2	5	10	15	20
0	9.163 ^d	9.013 ^d	8.823 ^d	8.403 ^d	8.080 ^d	7.876 ^d
0,5	9.543 ^c	9.470 ^c	9.176 ^c	8.806 ^c	8.430 ^c	8.230 ^c
1	9.940 ^b	9.836 ^b	9.690 ^b	9.170 ^b	8.836 ^b	8.560 ^b
1,5	10.336 ^a	10.306 ^a	9.960 ^a	9.573 ^a	9.163 ^a	8.760 ^a
ES	0,0080	0,0080	0,0080	0,0080	0,0080	0,0080
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

LACTOSA

Leche en polvo (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	4.753 ^d	4.526 ^d	4.550 ^d	4.380 ^d	4.246 ^d	4.130 ^d
0,5	5.196 ^c	5.103 ^c	4.966 ^c	4.796 ^c	4.613 ^c	4.490 ^c
1	5.613 ^b	5.526 ^b	5.560 ^b	5.190 ^b	5.030 ^b	4.853 ^b
1,5	6.030 ^a	5.993 ^a	5.823 ^a	5.613 ^a	5.383 ^a	5.143 ^a
ES	0,0324	0,0324	0,0324	0,0324	0,0324	0,0324
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

EXTRACTO SECO MAGRO

Leche en polvo (%)	Agua (%)					
	0	2	5	10	15	20
0	9.403 ^d	9.116 ^d	8.990 ^d	8.656 ^d	8.386 ^d	8.170 ^d
0,5	10.143 ^c	9.960 ^c	9.703 ^c	9.366 ^c	9.000 ^c	8.776 ^c
1	10.846 ^b	10.693 ^b	10.686 ^b	10.013 ^b	9.706 ^b	9.366 ^b
1,5	11.566 ^a	11.496 ^a	11.153 ^a	10.746 ^a	10.303 ^a	9.906 ^a
ES	0,0281	0,0281	0,0281	0,0281	0,0281	0,0281
Niv.Sig	***	***	***	***	***	***

RECUESTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Leche en polvo (%)	Agua(%)					
	0	2	5	10	15	20
0	971	961	889	862	823	802
0,5	1001	965	955	880	852	823
1	1038	1006	977	924	867	829
1,5	1087	1076	1016	944	892	852
ES	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
Niv.Sig	NS	NS	NS	NS	NS	NS