

Universidad Nacional del Litoral

Facultad de Ingeniería Química

Tesis presentada como parte de los requisitos de la Universidad Nacional
del Litoral para la obtención del Grado Académico de
“Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos”

Modificaciones del nivel de salado de quesos: impacto en la maduración

Lic. Mara Elisa Batistela

mbatistela@fcb.unl.edu.ar

Directora: Dra. Carina V. Bergamini

cvberg@fiq.unl.edu.ar

Co-director: Dr. Guillermo H. Peralta

gperalta@fiq.unl.edu.ar

Instituto de Lactología Industrial (INLAIN, UNL-CONICET)

~ 2025 ~

“En la vida hay que tener objetivos”

En memoria y con mucho amor para S.G.B.

Agradecimientos

A los miembros del jurado, por el tiempo dedicado a la evaluación de la tesis.

A mi directora, la Dra. Carina Bergamini y a mi codirector, el Dr. Guillermo Peralta, quienes me guiaron en este proceso.

A todo el equipo del Instituto de Lactología Industrial, quienes me brindaron el espacio y me acompañaron en el desarrollo. Especialmente a mis amigas de la salita de becarias, que compartimos hermosos momentos juntas y me alentaron siempre a seguir investigando. También a quienes colaboraron con algunas determinaciones analíticas en este estudio: Leila Pozza, María Soledad Caballero, Verónica Wolf, Facundo Cuffia, Juan Pablo Quintero y María Laura Spotti, del Instituto de Tecnología de alimentos (ITA-UNL).

A la empresa láctea Ricolact S.R.L. por sus aportes, los cuales permitieron llevar a cabo la investigación y por permitirnos visitar la planta de elaboración y conocer más sobre sus tecnologías. A Milkaut por el aporte de leche para elaboración de quesos semiduros.

A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) por la beca de nivel inicial otorgada a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) según la resolución N° 1588 en el marco del proyecto PICT 2019-01633, a la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el financiamiento de los proyectos que permitieron desarrollar el presente trabajo.

A la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, por la formación recibida.

A mis amigas y amigos, cuya compañía fue fundamental durante todo este trayecto.

A mi novio y familia, que son mi apoyo incondicional siempre.

¡Muchas gracias!

Resumen

El consumo excesivo de sodio a nivel mundial se asocia con enfermedades crónicas no transmisibles, lo que ha llevado a la Organización Mundial de la Salud (OMS) a plantear una reducción del 30% en su ingesta para 2025. En este contexto, el queso representa una fuente significativa de sodio, y aunque en el mercado existen variedades reducidas en sodio o sin sal agregada, es necesario evaluar su calidad global. La disminución de sal afecta tanto la calidad microbiológica como las propiedades sensoriales, el *flavour* y la textura del queso porque la sal contribuye a la inhibición de microorganismos y afecta la actividad de enzimas que participan en la maduración. El objetivo del presente trabajo de tesis fue conocer la percepción de los consumidores acerca del consumo de sal y la situación actual de la producción de quesos con menor contenido de sodio en Argentina, así como también evaluar la calidad fisicoquímica, sensorial y microbiológica de quesos elaborados con distinto nivel de salado.

En primer lugar, se llevó a cabo una encuesta para determinar la percepción de los argentinos sobre el consumo de sal y su predisposición a comprar quesos reducidos en sodio. Los resultados confirmaron la necesidad de mejorar la calidad de estos productos, no obstante, se destaca la disposición del consumidor a adquirirlos debido a sus beneficios para la salud. Por otro lado, si bien se ha observado un aumento de la disponibilidad en el mercado de quesos reducidos en sodio en los últimos años, impulsado por cambios en la legislación y preferencias por parte de los consumidores, la accesibilidad de los mismos aún es acotada.

En segundo lugar, se elaboraron quesos Cremoso con diferentes tiempos de salado: normal (SN), reducido (SR) y sin sal (SS). Durante su maduración (15, 40 y 60 días), se analizaron diversos parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. La calidad microbiológica de los quesos con menor contenido de sodio fue buena respecto al nivel de coliformes, mohos y levaduras. Por otro lado, se encontró que la reducción de sal influye en el pH, con valores menores en SS y SR, correlacionados con el aumento de

ácido láctico. Además, influyó en parámetros de la textura como la dureza y masticabilidad que fueron menores en SS a los 15 días de maduración, aunque estas diferencias desaparecieron a medida que avanzó la maduración. La fusión tampoco se vio afectada por el nivel de salado, pero sí se detectaron variaciones en el perfil sensorial respecto al color, brillo, cremosidad y elasticidad. A su vez, la reducción de sal provocó una disminución del olor y sabor característico, así como cambios en los compuestos volátiles, con un aumento de cetonas, ésteres y alcoholes. La aceptabilidad y la intención de compra fueron menores en los quesos SS, lo que resalta la dificultad de producir quesos con menor sodio que sean aceptados por los consumidores.

En tercer lugar, se evaluó el impacto del tiempo de salado y el tipo de coagulante (quimosina de camello o bovina) en la composición y maduración de quesos Pategrás que fueron elaborados con un fermento primario constituido únicamente con *Streptococcus thermophilus* (STI-12, Chr. Hansen) o combinado con *Lactobacillus helveticus* (LH-B02, Chr. Hansen). Los resultados mostraron una mayor humedad en quesos SS, con menor pH en quesos elaborados con el fermento combinado. La reducción de sal en estos quesos aumentó el metabolismo de la lactosa. Mayores diferencias en el perfil de ácidos orgánicos y azúcares debido al diferente salado se detectaron en los quesos elaborados con el fermento individual en comparación con el fermento combinado. Se encontraron diferencias en la proteólisis, principalmente asociadas al coagulante utilizado y en menor medida debido al diferente salado y fermento primario. El coagulante bovino produjo una mayor proteólisis y la disminución de sal incrementó el nivel de un péptido hidrofóbico, lo que fue más marcado en los quesos con el coagulante bovino. La disminución de sal incrementó el grado de maduración únicamente en los quesos con el fermento individual. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en los recuentos de bacterias lácticas ni en la presencia de microorganismos contaminantes. De esta manera, una adecuada selección del coagulante y del fermento podrían emplearse para atenuar características no deseadas que se producen al reducir el nivel de salado.

Finalmente, los resultados obtenidos demuestran que es viable elaborar quesos sin sal añadida con bajos niveles de contaminación microbiana y que, seleccionando adecuadamente fermentos y coagulantes según el tipo de queso, se podría mejorar la calidad y aceptabilidad de los mismos. Tener un diagnóstico de la situación actual del país sobre el consumo de sal y quesos, y conocer cómo afecta la sal a quesos típicos de la

región permite proponer estrategias para mejorar la calidad de los mismos y en consecuencia su aceptabilidad y nivel de consumo.

Abstract

Excessive sodium consumption worldwide is associated with chronic non-communicable diseases, which has led the World Health Organization (WHO) to propose a 30% reduction in sodium intake by 2025. In this context, cheese represents a significant source of sodium, and although sodium-reduced or no-salt-added varieties are available on the market, it is necessary to evaluate their overall quality. Salt reduction affects both microbiological quality and organoleptic properties, as salt contributes to the inhibition of microorganisms and affects the enzymatic activity involved in cheese ripening. The objective of this thesis was to assess the consumer perceptions regarding salt consumption and the current state of production of reduced-sodium cheeses in Argentina, as well as to evaluate the physicochemical, sensory and microbiological quality of cheeses made with different salting levels.

First, a survey was carried out to assess Argentines' perceptions of salt consumption and their willingness to buy low-sodium cheeses. The results confirmed the need to improve the quality of these products; nevertheless, it is noteworthy that consumers are willing to purchase these products because of their health benefits. Furthermore, although the production of low-sodium cheeses has increased in recent years due to changes in legislation and consumer preferences, their accessibility is still limited.

Secondly, Cremoso cheeses were manufactured with different salting times: normal (SN), reduced (SR) and unsalted (SS). During ripening (15, 40 and 60 days), several parameters (physicochemical, microbiological and sensory) were analyzed. The microbiological quality of the cheeses with lower sodium content was good with respect to the level of coliforms, mould and yeasts. Furthermore, it was found that the salt reduction influenced pH values, with lower values in SS and SR, and it was correlated with increased lactic acid. In addition, it influenced the texture parameters such as hardness and chewiness, which were lower in SS at 15 days of ripening, although these differences disappeared later. Melting was not affected by the level of salting, but

variations were found in the sensory profile particularly in terms of color, brightness, creaminess, and elasticity. In turn, salt reduction caused a decrease in characteristic odor and flavor, as well as changes in volatile compounds, with an increase in ketones, esters and alcohols. Acceptability and purchase intention were lower in SS cheeses, highlighting the difficulty of producing low-sodium cheeses that are accepted by consumers.

Third, the impact of salting time and type of coagulant (camel or bovine chymosin) on the composition and ripening of Pategrás cheeses made with starter culture constituted by *Streptococcus thermophilus* (STI-12, Chr. Hansen) alone or combined with *Lactobacillus helveticus* (LH-B02, Chr. Hansen) was evaluated. The results showed higher moisture in SS cheeses, with lower pH values in cheeses made with the combined cultures. Salt reduction in these cheeses increased lactose metabolism. Higher differences in the organic acid and carbohydrate profiles due to different salt levels were found in cheeses made with single starter cultures in comparison with the combined starter culture. Differences were found in proteolysis mainly associated to the coagulant used, and to a lesser extent, due to different salt levels and starter culture. Bovine chymosin produced higher proteolysis and the reduction of salt increased the level of a hydrophobic peptide, which was more marked in cheeses made with bovine chymosin. The reduction of salt only increased the ripening degree in cheeses made with the individual starter culture. There were no statistically significant differences in the counts of lactic acid bacteria or in the levels of contaminating microorganisms. In this way, an adequate selection of the coagulant and starter, can be used to attenuate undesirable characteristics produced by reducing the level of salting.

Finally, the results obtained show that it is feasible to produce cheeses without added salt with low levels of microbial contamination and that, by adequately selecting suitable starter culture and coagulants according to the type of cheese, the quality and acceptability of these cheeses could be improved. Having a diagnosis of the current situation in the country regarding salt and cheese consumption, and to know how salt levels affects typical cheeses of our region, makes it possible to propose new strategies for the improvement of cheese quality, and consequently their acceptability and consume level.

Índice

Resumen	4
Abstrac	7
Índice de tablas	14
Índice de figuras	16
Capítulo 1 “Introducción”	21
1. Sodio en alimentos	21
2. Consumo de sal: límites, deficiencias y excesos	25
3. Políticas de salud pública para disminuir la alta ingesta de sal de la población	29
4. Quesos: producción, consumo, protocolo de elaboración y legislación	32
<i>4.1 Producción y consumo de quesos a nivel nacional</i>	32
<i>4.2 Definición y descripción de quesos de mayor consumo en Argentina</i>	35
<i>4.3 Protocolo de elaboración de quesos argentinos</i>	40
<i>4.4 Transformaciones producidas en los quesos durante la maduración</i>	46
<i>4.5 Producto final</i>	51
5. Quesos reducidos en sodio o sin sal agregada	51
<i>5.1 Métodos para disminuir el contenido de sodio en quesos</i>	52
<i>5.2 Impacto de la reducción de sodio en la calidad de quesos</i>	53

5.3 <i>Aceptabilidad de quesos con menor contenido de sodio</i>	54
5.4 <i>Rotulado de quesos con menor contenido de sodio</i>	57
6. Fundamentación del tema de tesis	58
7. Objetivos	58
7.1 <i>Objetivo general</i>	58
7.2 <i>Objetivos específicos</i>	58
Capítulo 2 “Consumo de sal y producción de quesos con menor contenido de sodio en Argentina: percepción, elaboración y disponibilidad”	60
1. Introducción	60
2. Materiales y métodos	61
2.1 <i>Relevamiento de la disponibilidad de quesos comerciales reducidos en sodio o sin sal agregada en Argentina</i>	61
2.2 <i>Encuesta para conocer el posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal</i>	62
2.3 <i>Análisis estadístico</i>	64
3. Resultados y discusión	64
3.1 <i>Relevamiento de la disponibilidad de quesos comerciales reducidos en sodio o sin sal agregada en Argentina</i>	64
3.2 <i>Encuesta para conocer el posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal</i>	91
4. Conclusiones parciales	106
Capítulo 3 “Impacto de la reducción de sodio en el perfil fisicoquímico, microbiológico y sensorial de quesos Cremoso elaborados a escala industrial”	107

1. Introducción	107
2. Materiales y métodos	109
<i>2.1 Diseño experimental</i>	109
<i>2.2 Elaboración de quesos Cremoso</i>	110
<i>2.3 Análisis de los quesos</i>	111
<i>2.3.1 Composición global y pH</i>	111
<i>2.3.2 Determinación de sodio, calcio y cenizas</i>	112
<i>2.3.3 Recuentos microbiológicos</i>	113
<i>2.3.4 Determinación de carbohidratos y ácidos orgánicos</i>	114
<i>2.3.5 Determinación de la proteólisis</i>	115
<i>2.3.6 Determinación de textura y la capacidad de fusión</i>	116
<i>2.3.7 Determinación de compuestos volátiles</i>	118
<i>2.3.8 Análisis sensorial</i>	118
2.3 Análisis estadístico	119
3. Resultados y discusión	120
<i>3.1 Composición global y pH</i>	120
<i>3.2 Niveles de sodio, calcio y cenizas</i>	123
<i>3.3 Recuentos microbiológicos</i>	126
<i>3.4 Metabolismo de carbohidratos y ácidos orgánicos</i>	127
<i>3.5 Proteólisis</i>	129
<i>3.6 Perfil de textura y capacidad de fusión</i>	134

3.7 <i>Compuestos volátiles</i>	136
3.8 <i>Análisis sensorial</i>	139
4. Conclusiones parciales	144
Capítulo 4 “Influencia del salado, coagulante y fermento primario en los parámetros químicos y microbiológicos de un modelo de queso semiduro”	
1. Introducción	146
2. Materiales y métodos	149
<i>2.1 Propiedades de coagulación de la leche con los coagulantes a ensayar</i>	149
<i>2.2 Diseño experimental</i>	150
<i>2.2 Elaboraciones de quesos</i>	150
<i>2.3 Análisis de los quesos</i>	152
<i>2.3.1 Muestreo de los quesos</i>	152
<i>2.3.2 Determinación de peso, composición global y pH</i>	152
<i>2.3.3 Determinación del contenido de cenizas, calcio y sodio</i>	152
<i>2.3.4 Recuentos microbiológicos</i>	152
<i>2.3.5 Determinación de carbohidratos y ácidos orgánicos</i>	153
<i>2.3.6 Determinación de la proteólisis</i>	153
<i>2.3.7 Determinación de compuestos volátiles</i>	153
2.4 Análisis estadístico	153
3. Resultados y discusión	154
<i>3.1 Propiedades de coagulación de la leche con los coagulantes H y D</i>	154
<i>3.2 Peso final, composición global y pH</i>	155

<i>3.3 Contenido de cenizas, calcio y sodio</i>	158
<i>3.4 Recuentos microbiológicos</i>	160
<i>3.5 Carbohidratos y ácidos orgánicos</i>	162
<i>3.6 Proteólisis</i>	164
<i>3.7 Compuestos volátiles</i>	168
4. Conclusiones parciales	171
Conclusiones finales	173
Bibliografía	175

Tablas

Tabla 1.1 Concentración y distribución de los principales cationes presentes en la leche.

Tabla 1.2 Resumen de DRI de sodio según el grupo etario y condición (actualizado en 2019).

Tabla 2.1 Relevamiento de empresas que producen quesos reducidos en sodio o sin sal agregada.

Tabla 2.2 Disponibilidad de quesos blandos o semiduros sin sal o reducidos en sodio en los principales supermercados.

Tabla 3.1 Diseño experimental con un factor a tres niveles debido al nivel de salado según el tiempo de inmersión en salmuera.

Tabla 3.2 Nivel de cenizas, sodio y calcio en quesos Cremoso a los 60 días de maduración.

Tabla 3.3 Parámetros de textura de los quesos Cremoso a los 15 y 60 días de maduración.

Tabla 3.4 Compuestos volátiles agrupados por familias químicas (expresados como unidades arbitrarias de área / 100) para quesos con diferente nivel de salado (SN, SR, SS).

Tabla 3.5 Valores de los atributos sensoriales descriptivos de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: Salado reducido; SS: sin etapa de salado) evaluados a los 40 días de maduración.

Tabla 3.6 Puntuación de la aceptabilidad de los diferentes tipos de quesos evaluados a los 40 días de maduración.

Tabla 4.1 Diseño experimental del ensayo, que se aplicó en dos experiencias individuales para dos fermentos: **St** y **St+Lh**.

Tabla 4.2 Parámetros de coagulación de las enzimas coagulantes utilizadas: **H**: Chymax M (Hansen) y **D**: Chymostar (Danisco).

Tabla 4.3 Peso, composición global y pH de los quesos elaborados con diferente tipo de coagulante (**H** y **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR** y **SS**) utilizando el fermento **St**.

Tabla 4.4 Peso, composición global y pH de los quesos elaborados con diferente tipo de coagulante (**H** y **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR** y **SS**) utilizando el fermento **St+Lh**.

Tabla 4.5 Contenido de cenizas, sodio y calcio (%m/m) en los quesos semiduros con diferente nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) y tipo de coagulante (**H**, **D**) cuando se utilizó el fermento **St**.

Tabla 4.6 Contenido de cenizas, sodio y calcio (%m/m) en los quesos semiduros con diferente nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) y tipo de coagulante (**H**, **D**) cuando se utilizó el fermento **St+Lh**.

Tabla 4.7 Nivel de compuestos volátiles (expresados como valores porcentuales respecto al área total de compuestos), agrupados por familias químicas para quesos semiduros elaborados con el fermento **St**.

Tabla 4.8 Nivel de compuestos volátiles (expresados como valores porcentuales respecto al área total de compuestos), agrupados por familias químicas para quesos semiduros elaborados con el fermento **St+Lh**.

Figuras

Figura 1.1 Octógonos utilizados en la parte frontal del packaging para indicar qué tipo de exceso contiene el alimento, de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 27642.

Figura 1.2 Cuencas lecheras en las diferentes provincias de Argentina.

Figura 1.3 Distribución de tambos (mapa izquierdo) y principales plantas industriales lácteas (mapa derecho) en Argentina.

Figura 1.4 Destino de la leche producida en Argentina a productos elaborados en porcentaje de litros de leche equivalentes. No se contemplan datos de caseína y los rubros menores representan leches chocolatadas o saborizadas (0,3%), y de postres lácteos y flanes (0,1%).

Figura 1.5 Queso Cremoso elaborado a escala industrial.

Figura 1.6 Queso Pategrás adicionado con bacterias propiónicas elaborado a escala industrial.

Figura 1.7 Proporción de los componentes mayoritarios en leche y queso.

Figura 1.8 Flujograma de las principales etapas de la elaboración de los quesos Cremoso.

Figura 1.9 Flujograma de las principales etapas de la elaboración de queso Pategrás tradicional.

Figura 1.10 Degradación del paracaseinato de calcio durante la maduración del queso y metabolismo de aminoácidos con la producción de compuestos volátiles.

Figura 1.11 Atributos y condiciones para declarar información sobre el contenido de sodio y sal en alimentos.

Figura 2.1 Encuesta realizada para recopilar información sobre el posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal.

Figura 2.2 Quesos sin reducción de sal: packaging e información nutricional de diferentes tipos de quesos. (A) Por Salut. (B) Mozzarella. (C) Cremoso.

Figura 2.3. Distribución de participantes de la encuesta en Argentina. Los íconos en el mapa indican la ciudad de cada encuestado.

Figura 2.4. Distribución de los participantes de la encuesta según rangos de edades.

Figura 2.5 Distribución porcentual de los encuestados según el último nivel educativo alcanzado.

Figura 2.6 Distribución porcentual de encuestados que reportan la existencia o no de condiciones de salud relacionadas al alto consumo de sodio.

Figura 2.7 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal que los encuestados consideran que debe consumir un adulto por día.

Figura 2.8 Cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según el grupo etario. (A) Respuesta porcentual de los encuestados para cada rango de edad según tres categorías: aquellos que consideraron un nivel superior al indicado por la OMS, aquellos que coincidieron y quienes optaron por un nivel inferior. (B) Número de encuestados según la respuesta del nivel máximo considerado recomendable para cada rango de edad.

Figura 2.9 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O).

Figura 2.10 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según el nivel educativo alcanzado por los encuestados.

Figura 2.11 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según la existencia o no de alguna condición de salud asociada al elevado consumo de sal en los encuestados.

Figura 2.12 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud.

Figura 2.13 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según el grupo etario.

Figura 2.14 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O).

Figura 2.15 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según el nivel educativo alcanzado.

Figura 2.16 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según la existencia o no de alguna condición de salud asociada al elevado consumo de sal en los encuestados.

Figura 2.17 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos.

Figura 2.18 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según el grupo etario.

Figura 2.19 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O).

Figura 2.20 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según el nivel educativo alcanzado.

Figura 2.21 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según si padecieron alguna condición relacionada con el consumo de sodio.

Figura 2.22 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la adopción o no de alguna medida de forma habitual para controlar el consumo de sal.

Figura 2.23 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la adopción de alguna medida de forma habitual para controlar el consumo de sal. (A) Según el rango de edad de los encuestados. (B) Según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O). (C) Según el nivel educativo alcanzado. (D) Según si el encuestado ha padecido o no alguna condición asociada al consumo de sal.

Figura 2.24 Distribución porcentual de las respuestas acerca del consumo habitual de productos reducidos en sal como opción para controlar el consumo de sal.

Figura 2.25 Distribución porcentual de las respuestas acerca del consumo habitual de productos reducidos en sal como alternativa para disminuir el consumo de sal. (A) Según el grupo etario. (B) Según el género: femenino (F), masculino (M) y no binario (O). (C) Según el nivel educativo alcanzado. (D) Según si el encuestado ha padecido o no alguna condición de salud relacionada al consumo de sal.

Figura 2.26 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la frecuencia de consumo habitual de quesos.

Figura 2.27 Distribución porcentual de las respuestas acerca del consumo de queso reducido en sodio o sin sal agregada.

Figura 2.28 Distribución porcentual de las respuestas acerca del grado de gusto respecto a quesos reducidos en sodio o sin sal agregada.

Figura 2.29 Distribución porcentual de las respuestas acerca de si comprarían quesos reducidos en sodio o sin sal agregada.

Figura 3.1 Quesos Cremoso elaborados a escala industrial en la empresa láctea Ricolact®.

Figura 3.2 Composición de los quesos Cremoso elaborados con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado), evaluada a los 15 días de maduración (valor promedio y desviación estándar). Los niveles de materia grasa y proteína se expresaron en porcentaje en base seca. Letras iguales para cada parámetro indican que no hubo diferencias significativas entre los quesos según el nivel de salado ($p > 0,05$).

Figura 3.3 Valor de pH de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). Letras distintas a cada tiempo de maduración indican diferencias significativas según el nivel de salado ($p < 0,05$).

Figura 3.4 Nivel de lactosa, ácido acético, ácido orótico y ácido cítrico (mg%) en los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). Los compuestos no presentaron diferencias significativas según el nivel de salado ($p > 0,05$).

Figura 3.5 Nivel de ácido láctico, galactosa y ácido hipúrico (mg%) en los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). Letras distintas para cada tiempo de maduración indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Figura 3.6 Grado de maduración de los quesos con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). El grado de maduración fue calculado como la relación porcentual entre el nitrógeno soluble a pH 4,6 y el nitrógeno total. Letras iguales a cada tiempo de maduración indican que no hubo diferencias significativas entre los quesos según el nivel de salado ($p > 0,05$).

Figura 3.7 Perfiles de electroforesis de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15 y 60 días).

Figura 3.8 Perfiles peptídicos de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días) según el número de réplica (1, 2 y 3). Los picos señalados con flechas rojas (↗) fueron los más afectados debido al factor salado.

Figura 3.9 Compuestos volátiles de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) analizados a los 40 días de maduración. **(A)** Nivel de compuestos volátiles agrupados por familias químicas. Letras distintas para cada compuesto indican diferencias significativas según el nivel de salado ($p < 0,05$). **(B)** Biplot de loading de las variables y scores de las muestras para CP1 vs. CP2 del análisis por componentes principales.

Figura 3.10 Valores de los atributos sensoriales descriptivos en los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: Salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) a los 40 días de maduración.

Figura 3.11 Histogramas de la escala hedónica de 9 puntos del análisis de aceptabilidad de los quesos con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: Salado reducido; **SS**: sin etapa de salado), evaluados a los 40 días de maduración.

Figura 3.12 Intención de compra de los quesos con distinto nivel de salado (**SN**, salado normal; **SR**, salado reducido; **SS**, sin etapa de salado) evaluado a los 40 días de maduración. **(A)** Porcentaje de encuestados que indicaron que comprarían o no el producto según el tipo de queso. **(B)** Proporción de consumidores que comprarían cada tipo de queso.

Figura 4.1 Algunas de las etapas llevadas a cabo en el proceso de elaboración para obtener quesos semiduros a escala laboratorio: pasteurización, corte y desuerado, moldeo, prensado, salado y pintado de quesos.

Figura 4.2 Optigramas obtenidos de la coagulación de la leche con los dos coagulantes ensayados: **H**: Chymax M (Chr. Hansen) y **D**: Chymostar (Danisco), ambas en una dosis de 34 IMCU/L.

Figura 4.3 Recuentos microbiológicos en medio APC y MRSac (MRS acidificado pH=5,4) para los quesos con diferente tipo de coagulante (**H**; **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) cuando en la elaboración se empleó el fermento **St**. Letras griegas distintas α, β, γ significa que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) por la interacción de los factores **F1x F2**.

Figura 4.4 Recuentos microbiológicos en medio APC y MRSac (MRS acidificado pH=5,4) para los quesos con diferente tipo de coagulante (**H**; **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) cuando en la elaboración se empleó el fermento **St+Lh**. La ausencia de letras indica que no hubo diferencias significativas en los niveles obtenidos.

Figura 4.5 Niveles de carbohidratos y ácidos orgánicos (mg%) en los quesos semiduros elaborados con fermento **St** y con diferente tipo de coagulante (**H**; **D**) como factor 1 (**F1**) y nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) como factor 2 (**F2**). A la derecha del gráfico se indica si el factor o la interacción fue significativa (*) con un $p < 0,05$ o no significativa (NS) y con letras minúsculas diferentes (a,b,c) , letras mayúsculas diferentes (A,B,C) , o letras griegas diferentes ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) se indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1**, **F2** o la interacción **F1x F2**, respectivamente.

Figura 4.6 Niveles de carbohidratos y ácidos orgánicos (mg%) en los quesos semiduros elaborados con fermento **St+Lh** y con diferente tipo de coagulante (**H**; **D**) como factor 1 (**F1**) y nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) como factor 2 (**F2**). A la derecha del gráfico se indica si el factor o la interacción fue significativa (*) con un $p < 0,05$ o no significativa (NS) y con letras minúsculas diferentes (a,b,c) , letras mayúsculas diferentes (A,B,C) , o letras griegas diferentes ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) se indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1**, **F2** o la interacción **F1x F2**, respectivamente.

Figura 4.7 Proteólisis de quesos semiduros tipo Pategrás elaborados con el fermento **St** según el factor 1 (**F1**): tipo de coagulante (**H**; **D**) y el factor 2 (**F2**): nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**). (A) Grado de maduración. Letras minúsculas y mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1** o **F2**, respectivamente. (B) Perfiles de electroforesis. (C) Perfiles peptídicos con picos señalados con flechas rojas (\blacktriangledown) indican los más afectados por los factores estudiados.

Figura 4.8 Proteólisis de quesos semiduros tipo Pategrás elaborados con el fermento **St+Lh** según el factor 1 (**F1**): tipo de coagulante (**H**; **D**) y el factor 2 (**F2**): nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**). (A) Grado de maduración. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1**. (B) Perfiles de electroforesis. (C) Perfiles peptídicos con picos señalados con flechas rojas (\blacktriangledown) indican los más afectados por los factores estudiados.

Figura 4.9 Biplot de loading de las variables y scores de las muestras para CP1 vs. CP2 del análisis por componentes principales de los compuestos volátiles de los quesos semiduro elaborados con el fermento **St** según el tipo de coagulante (**H**; **D**) y el nivel de salado (**SN**; **SR**; **SS**) analizados a los 60 días de maduración.

Figura 4.10 Biplot de loading de las variables y scores de las muestras para CP1 vs. CP2 del análisis por componentes principales de los compuestos volátiles de los quesos semiduro elaborados con el fermento **St+Lh** según el tipo de coagulante (**H**; **D**) y el nivel de salado (**SN**; **SR**; **SS**) analizados a los 60 días de maduración.

Capítulo 1

“Introducción”

1. Sodio en alimentos

El sodio (Na) es un metal alcalino, blando y de color blanco plateado, altamente reactivo, especialmente con el agua, y es el sexto elemento más abundante en la corteza terrestre (Miller, 2017). En nutrición, se clasifica a este elemento dentro del grupo de micronutrientes porque sus necesidades diarias son bajas, y específicamente, dentro del grupo de macrominerales (ingesta > 100 mg/día), al igual que el potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cloro (Cl) y fósforo (P). El sodio, además, es un nutriente esencial debido a que no puede ser sintetizado por el organismo, por lo cual su eliminación de la dieta u otra vía de exposición da como resultado un deterioro en una función fisiológica (Belitz et al., 2009; Miller, 2017). En particular, el sodio desempeña funciones claves en el mantenimiento del volumen plasmático, el equilibrio ácido-base, la transmisión de los impulsos nerviosos y el funcionamiento celular (OMS, 2023). Además, se encuentra principalmente como constituyente extracelular y mantiene la presión osmótica del líquido celular (Belitz et al., 2009), lo que a su vez impacta en el transporte de muchos nutrientes dentro y fuera de las células (Miller, 2008). Para mantener el correcto funcionamiento del cuerpo humano se ha determinado que el contenido de sodio debe oscilar en un rango entre 1 y 1,5 g/kg de peso corporal. Su absorción es rápida, comienza entre los 3 y 6 minutos después de la ingesta y se completa en 3 horas (Belitz et al., 2009). Esta rapidez se debe a que, en los alimentos, se presenta predominantemente como especie iónica libre (Na^+), la cual, a diferencia del sodio elemental, es altamente soluble en agua y tiene baja afinidad por la mayoría de los ligandos (Miller, 2008).

Este mineral se encuentra naturalmente en muchos alimentos, como lo son la leche, la carne y los mariscos, aunque en la mayoría está presente en bajos niveles (Miller, 2000;

OMS, 2023). Por el contrario, su concentración es mucho mayor en los productos elaborados (OMS, 2023). Se han definido grupos de alimentos que contribuyen significativamente a la ingesta de sodio, dentro de los cuales se mencionan a los panificados, galletitas, productos de copetín, productos cárnicos, quesos, sopas, caldos, aderezos y conservas (ANMAT, 2017). De esta manera, surge la asociación entre un alto contenido de sodio y los “alimentos procesados” y “ultraprocesados”. Los alimentos procesados son aquellos que incluyen métodos de conservación, preparación y/o fermentación no alcohólica para aumentar su vida útil o para modificar o mejorar sus cualidades sensoriales. Como ejemplo se pueden mencionar a los enlatados, conservas, quesos, levaduras, yogures, aceites vegetales, pan artesanal y otros productos de panificación como pastas. En cambio, los “ultraprocesados”, se generan combinando ingredientes procesados con cantidades frecuentemente pequeñas de alimentos sin procesar o mínimamente procesados. A este último tipo de alimentos, se les agrega ingredientes industriales con alto contenido de grasas, azúcares y/o sal, así como aditivos alimentarios (conservantes, colorantes, aromatizantes, etc.) (Ministerio de Salud, 2023). De este modo, panes, quesos, carnes procesadas, refrigerios y condimentos como la salsa de soja o de pescado, son fuentes comunes de sodio (OMS, 2023).

El cloruro de sodio (NaCl), conocido como sal de mesa, es la principal fuente de sodio en la alimentación y se encuentra en la mayoría de los alimentos. Es un compuesto iónico que está formado por la combinación de sodio y cloro. En estado puro, es un sólido cristalino blanco que tiene un sabor salado característico, mientras que en presencia de agua se disocia en los iones Na^+ y Cl^- (Miller, 2017). Ambos iones son muy importantes en el organismo, ya que están presentes formando parte del plasma sanguíneo y en el líquido extracelular que rodea las células, ayudando a mantener la presión osmótica, la acidez y la carga eléctrica. Además, el cloro se utiliza para la síntesis del ácido clorhídrico estomacal, mientras que el sodio actúa en la contracción muscular y en la conducción nerviosa (Dergal & Grupo Herdez, 2006). Sin embargo, la sal de mesa no es la única fuente de sodio en alimentos, también existen otras que se adicionan como aditivos alimentarios, lo que también contribuye a elevar el consumo de sodio (OMS, 2023).

El hecho de que el sodio se incorpore de diversas formas en los alimentos y, por ende, en la alimentación, ha despertado estos últimos años una mayor conciencia en los consumidores sobre su origen, dando lugar a términos como “sal visible”, para referirse a la sal que se agrega al cocinar o servir comidas, y “sal invisible”, la cual proviene

fundamentalmente de alimentos procesados, los cuales aportan alrededor del 70% del sodio consumido (ANMAT, 2017). Más allá de la mirada negativa que presenta el alto contenido de este mineral, sobre todo el referido a la “sal invisible”, hay que resaltar la importancia de su función durante la elaboración de los alimentos. El sodio, además de añadirse específicamente como NaCl a modo de conservante o modificador del sabor, también se incorpora como parte de aditivos que cumplen funciones específicas como lo son los leudantes químicos (bicarbonato de sodio, sulfato de sodio y aluminio, pirofosfato ácido de sodio), resaltadores del sabor (glutamato de sodio), conservantes (lactato de sodio), entre otros (ANMAT, 2017). De esta manera, la sal como modificador del sabor aportará el sabor salado a los alimentos, los conservantes de sodio disminuirán principalmente la actividad de agua de los alimentos y los leudantes o esponjantes generarán dióxido de carbono y aumentarán el volumen del alimento, entre otras funciones, las cuales serán específicas según el tipo de alimento en particular que se trate y el objetivo que se busca en la elaboración (Miller, 2017).

Para el caso de la leche, se ha reportado que los niveles de sodio varían entre 35 y 60 mg por cada 100 mL de leche. En este alimento, las sales se encuentran principalmente como citrato, fosfato, carbonato y cloruro de K^+ , Na^+ , Mg^{2+} y Ca^{2+} , ya sea como iones libres o complejos en solución, o como especies coloidales en complejos con las caseínas (Miller, 2017). Estas sales y sus interacciones afectan a la estabilidad y funcionalidad de las proteínas de la leche, por lo cual desempeñan un papel importante en las propiedades de los productos lácteos (Miller, 2000). Las concentraciones aproximadas y su distribución entre las fases coloidal y sérica se muestran en la **Tabla 1.1**. Las especies solubles, que están en equilibrio con las formas coloidales, pueden obtenerse en el permeado mediante diálisis o ultrafiltración. Los iones univalentes, como Na^+ , K^+ y Cl^- , están presentes casi por completo en la fase sérica como iones libres. En cambio, los iones multivalentes, Ca^{2+} y Mg^{2+} existen en el suero principalmente como complejos, que incluyen grandes cantidades de citrato de calcio y citrato de magnesio y cantidades menores de fosfato diácido de calcio, siendo sólo entre el 20% y el 30% cationes divalentes libres. Este conjunto de sales que están presentes tiene un impacto crucial en diferentes propiedades de la leche, como la formación y estabilidad del sistema micelar de caseína, la amortiguación ácido-base y las propiedades coligativas (Miller, 2017).

Tabla 1.1 Concentración y distribución de los principales cationes presentes en la leche.

LECHE	CONCENTRACIÓN		COLOIDAL (<i>Micelar</i>)	SUERO (<i>Soluble</i>)
	<i>Cationes</i>	<i>mg/L</i>	<i>mmol/kg</i>	<i>(%)</i>
Sodio	350 – 600	17 - 28	5	95
Potasio	1210 – 1680	31 - 43	6	94
Calcio	1040 – 1280	26 - 32	69	31
Magnesio	100 – 150	4 - 6	47	53

Fuente: adaptado de Miller, 2017.

En general, la composición de estos minerales se mantiene constante en la leche debido al requerimiento biosintético de isosmolalidad: la leche y la sangre presentan la misma molalidad y, consecuentemente, la misma presión osmótica. En este alimento, existe una relación inversa entre el contenido de sodio y lactosa, así como también respecto al potasio. De esta manera, como la lactosa permanece casi constante por su función reguladora de la presión osmótica en la glándula mamaria, también lo hace el contenido de sodio presente en la leche (Miller, 2000). Sin embargo, algunas variaciones se advierten en el calostro, que representa la secreción producida por la glándula mamaria inmediatamente después del parto, porque suele presentar niveles inferiores de lactosa, aumentando sus niveles de grasa, proteína, péptidos, nitrógeno no proteico, cenizas, vitaminas, minerales, hormonas, factores de crecimiento, citoquinas y nucleótidos respecto a la leche madura (McGrath et al., 2016). Estos compuestos, a excepción de la lactosa, disminuyen rápidamente durante los primeros 3 días de lactancia (Blum, 2003; Blum & Hammon, 2000; Uruakpa et al., 2002). Varios autores han informado la existencia de una mayor concentración de magnesio y sodio en el calostro (Abd El -Fattah et al., 2012; Jeong et al., 2009; Tsioulpas et al., 2007). El mismo comportamiento también se ha observado en circunstancias de inflamación de la glándula mamaria, conocida como mastitis, donde el nivel de lactosa se ve afectado, alterando el equilibrio de la barrera sangre-leche, provocando un cambio en la concentración de ciertos componentes osmóticos, como el sodio y el potasio (Costa et al., 2025). Por lo tanto, el sodio también ha sido evaluado como marcador para la detección de este tipo de enfermedades (Kandeel et al., 2019; Paudyal et al., 2020).

En el caso de los quesos, el nivel de sodio no sólo depende del nivel presente en la leche, sino también de la incorporación que se realiza en la etapa de salado. Entre los principales efectos de la sal en este tipo de alimento, se encuentra el control del crecimiento y la actividad microbiana, el control de la actividad de las diversas enzimas presentes en el queso (endógenas, agregadas o de los fermentos), la sinéresis de la cuajada y por tanto la reducción de la humedad del producto. Esto también influye en cambios físicos en las proteínas del queso que a su vez tienen un efecto en la textura, la solubilidad de las proteínas y probablemente la conformación que presentan (Guinee & Fox, 2017). Como es evidente, el sodio influye en muchas propiedades del alimento, lo que demuestra su impacto en la calidad y refleja su importancia no sólo a nivel químico, sino también físico y biológico.

2. Consumo de sal: límites, deficiencias y excesos

Como ya se ha mencionado, el sodio es esencial para el funcionamiento adecuado del cuerpo humano. Junto con el cloro y el potasio desempeña un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio de fluidos y, por ende, en la función celular. Mientras que el cloro es el principal anión en el líquido extracelular, el potasio se encuentra predominantemente en el líquido intracelular, y ambos trabajan en conjunto con el sodio para regular la polarización de las membranas celulares. Esto influye en diferentes procesos indispensables tales como la transmisión nerviosa, la contracción muscular y la regulación del tono vascular (Belitz et al., 2009). Por lo tanto, como el equilibrio del sodio en el organismo es necesario para el mantenimiento de estas funciones fisiológicas, se vuelve imprescindible evaluar y conocer su consumo.

En general, es más común encontrarse con casos de exceso en sodio que presentar una deficiencia de este mineral. Esto se debe a que la deficiencia es extremadamente rara en personas sanas debido a la abundancia del sodio en los alimentos (Miller, 2008). Por esta razón, la información sobre el límite mínimo de ingesta de sodio no se ha establecido con certeza, no hay estudios suficientes ni pruebas acordes para determinarlo. Aun así, se estima que el valor necesario para el correcto funcionamiento del organismo sería muy bajo, rondando en 500 mg/día (Miller, 2000; WHO, 2012). Las personas suelen consumir un nivel muy superior, lo que se ha relacionado con el riesgo de enfermedades crónicas

(Borrelli et al., 2020; Dmitrieva et al., 2023; Newberry et al., 2018), lo que ha llevado a la necesidad de establecer un rango seguro y adecuado de ingestas.

En el caso de Estados Unidos y Canadá, las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina han establecido recomendaciones para su consumo. En una publicación del año 2019 actualizaron la información sobre la Ingesta Dietética de Referencia (DRI, del inglés “Dietary Reference Intakes”) para sodio y potasio (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Para el caso del sodio, si bien no se pudo establecer ni la Ingesta Promedio Estimada (EAR del inglés “Estimated Average Requirement”) ni la Ingesta Dietética Recomendada (RDA del inglés “Recommended Dietary Allowance”), se revisaron e instauraron los nuevos niveles de Ingesta Adecuada (AI del inglés “Adequate Intake”). Estos niveles se basan en aproximaciones o estimaciones observadas o determinadas experimentalmente de la ingesta de nutrientes por un grupo (o grupos) de personas aparentemente sanas que se supone que mantienen un estado nutricional adecuado (Institute of Medicine of the National Academies, 2006). Una AI se establece cuando no hay evidencia suficiente para establecer una EAR y una RDA y se espera que satisfaga o supere las necesidades de casi todos los miembros de un grupo con determinado sexo y etapa de la vida. Por otro lado, tampoco se logró establecer un Límite Superior (UL del inglés “Tolerable Upper Intake Level”), ya que no hubo pruebas suficientes para establecer un nivel de riesgo toxicológico por la alta ingesta de sodio separado del riesgo de enfermedad crónica. No obstante, a modo de novedad, en la actualización se planteó una nueva categoría de DRI basada en enfermedades crónicas denominada “Ingestas para la reducción del riesgo de enfermedades crónicas” (CDRR del inglés “Chronic Disease Risk Reduction Intakes”). Los valores de CDRR junto con las AI para diferentes grupos etarios y condiciones se resumen en la **Tabla 1.2** para ambos sexos.

En el mismo año, pero en Europa, el comité técnico sobre Nutrición, Nuevos Alimentos y Alérgenos Alimentarios de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés “European Food Safety Authority”) proporcionó valores de referencia dietéticos (DRVs del inglés “dietary reference values”) para el sodio (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens et al., 2019). Si bien los datos no fueron suficientes para poder establecer un requerimiento medio (AR del inglés “average requirement”) o una ingesta de referencia poblacional (PRI del inglés “population reference intake”), se resolvió que una ingesta de sodio de 2,0 g/día representa un nivel

para el que existe suficiente confianza de un riesgo reducido de enfermedades cardiovasculares en la población adulta general. El mismo valor se aplica a las mujeres embarazadas y lactantes mientras que, para el caso de los niños, las ingestas de este mineral que se consideran seguras y adecuadas son las siguientes: 200 mg/día (lactantes 7-11 meses), 1100 mg/día (1-3 años), 1300 mg/día (4-6 años), 1700 mg/día (7-10 años) y 2000 mg/día (11-17 años).

Tabla 1.2 Resumen de DRI de sodio según el grupo etario y condición (actualizado en 2019).

<i>Grupo etario y condición</i>	<i>AI (mg/día)</i>	<i>CDRR</i>
<i>0-6 meses</i>	110	ND ^a
<i>7-12 meses</i>	370	ND ^a
<i>1-3 años</i>	800	Reducir la ingesta si es superior a 1200 mg/día ^b
<i>4-8 años</i>	1000	Reducir la ingesta si es superior a 1500 mg/día ^b
<i>9-13 años</i>	1200	Reducir la ingesta si es superior a 1800 mg/día ^b
<i>14-18 años</i>	1500	Reducir la ingesta si es superior a 2300 mg/día ^b
<i>>19 años</i>	1500	Reducir la ingesta si es superior a 2300 mg/día
<i>Embarazo</i>	1500	Reducir la ingesta si es superior a 2300 mg/día
<i>Lactancia</i>	1500	Reducir la ingesta si es superior a 2300 mg/día

^a ND: no determinado debido a la solidez insuficiente de la evidencia de causalidad y de la relación ingesta-respuesta.

^b Extrapolado del CDRR de adultos basado en los requerimientos de energía estimados de personas sedentarias.

De este modo, según la población en estudio y la evaluación de diferentes parámetros se han establecido rangos seguros para la ingesta de sodio. Sin embargo, el consumo excesivo de este mineral ha llegado a considerarse un problema de salud pública global porque se relaciona con el aumento de la presión arterial, lo que incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares, principal causa de defunción en todo el mundo (OMS, 2021). En este contexto, la Organización Mundial de la Salud ha planteado reducir la ingesta de sodio a menos de 2000 mg/día, resaltando que es fundamental que las políticas de salud pública se centren en reducir su consumo, especialmente en poblaciones con dietas elevadas en alimentos ultraprocesados, para así poder prevenir los efectos adversos

(OMS, 2023). Un metaanálisis de 107 intervenciones aleatorias sobre efectos del sodio en la presión arterial y de cohorte sobre mortalidad cardiovascular, realizado a partir de datos de encuestas sobre ingesta de sodio en 66 países (representando el 74,1% de los adultos globales), atribuye 1,65 millones de muertes por causas cardiovasculares a un consumo de sodio superior a 2,0 g/día (Mozaffarian et al., 2014). Por otro lado, Wang et al. (2020) realizaron un metaanálisis para estimar el efecto de la ingesta elevada de sodio utilizando un modelo de efectos aleatorios a partir de 36 informes que incluyeron un total de 616905 participantes. Estos autores concluyeron que las personas con una ingesta elevada de este mineral tenían un riesgo más alto de enfermedad cardiovascular, aumentando hasta un 6% por cada aumento de 1 g en la ingesta diaria de sodio. Este no es el único problema que trae aparejado el alto consumo de sodio, ya que también se lo ha asociado con otras afecciones de salud, como son el cáncer gástrico, la obesidad, la osteoporosis, el síndrome de Ménière y enfermedades renales (OMS, 2023).

Aunque se ha establecido una recomendación de consumo, se estima que la ingesta a nivel mundial varía ampliamente desde aproximadamente 1,2 a 5,9 g de sodio por día y tiene una estrecha relación con el contexto cultural y los hábitos dietéticos de cada población (Miller, 2017). Aun así, el impacto real en la salud dependerá no sólo de la cantidad consumida del mineral sino también del tipo de alimento o matriz en la cual se encuentra presente, su biodisponibilidad y el equilibrio con otros minerales esenciales como el potasio. Respecto a la biodisponibilidad, se refiere a la proporción de un nutriente en los alimentos ingeridos que está disponible para su utilización en procesos metabólicos. En el caso de los minerales, se relaciona con la eficiencia de absorción desde el intestino hacia la sangre (Miller, 2008). En particular, la biodisponibilidad del sodio y potasio es alta, cercana al 90%, principalmente gracias a la solubilidad que presenta en el intestino delgado, lo que permite que pueda difundirse a las membranas del borde en cepillo de los enterocitos y, en consecuencia, absorberse (Miller, 2017). Si bien para compuestos sencillos en disolución la absorción se lleva a cabo fácilmente en su forma iónica, debe tenerse en cuenta que su aprovechamiento puede variar dependiendo de la fuente alimentaria (Miller, 2008), por lo cual es necesario estudiar lo que sucede en cada alimento en particular.

3. Políticas de salud pública para disminuir la alta ingesta de sal de la población

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la ingesta media de sodio entre los adultos es de aproximadamente 4310 mg/día, más del doble de la cantidad recomendada, que es menos de 2000 mg/día (equivalente a menos de 5 g de sal). Este consumo excesivo contribuye a la muerte aproximada de 1,89 millones de personas cada año (OMS, 2023). Reducir la ingesta, por lo tanto, es una de las medidas más económicas y eficaces para prevenir estas enfermedades y sus complicaciones (Asaria et al., 2007).

A nivel global, la OMS ha propuesto varias políticas para combatir este problema, tales como la reformulación de productos alimenticios para reducir su contenido de sodio y la fijación de niveles objetivo de contenido de sal en los alimentos y las comidas, el etiquetado frontal de los envases y la promoción de campañas educativas con impacto en los medios de comunicación, en sitio de compras y servicios públicos de alimentos así como también en instituciones públicas, tales como hospitales, escuelas, lugares de trabajo y residencias. Estas medidas buscan crear un entorno que facilite opciones de alimentación más saludables y, a la vez, promover un cambio de comportamiento en la población. Pero para que esto se logre, en la “66° Asamblea Mundial de la Salud” de la OMS realizada en el año 2013, se acordaron nueve metas voluntarias mundiales, entre las que se encuentra la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles, como la diabetes y la obesidad. Además, se planteó alcanzar una reducción relativa del 30% en la ingesta de sal para 2025, impulsando así a que los países establezcan políticas concretas. En 2016, se ha publicado el documento “SHAKE menos sal, más salud. Guía técnica para reducir el consumo de sal” (WHO, 2016), diseñado para ayudar a los Estados miembros de la OMS a desarrollar, implementar y monitorear estrategias de reducción de sal que les permitan lograr una reducción en la ingesta de sal de la población. La OMS también especificó algunas recomendaciones referidas al nivel máximo de consumo. Como se mencionó, en adultos debería ser inferior a 2000 mg/día de sodio y en el caso de los niños de 2 a 15 años, se debe disminuir esta dosis en función de las necesidades energéticas que presentan. Esto no atañe al periodo de lactancia materna exclusiva (0-6 meses) ni a la alimentación complementaria durante la lactancia materna (6-24 meses). Otra recomendación es consumir sal yodada (fortificada con yodo), algo esencial para el desarrollo saludable del cerebro del feto y del niño de corta edad y para optimizar las

funciones mentales de las personas en general (OMS, 2022; WHO, 2012, 2025). En 2023 se publicó el primer informe mundial sobre la reducción de la ingesta de sodio. Este informe tiene por objeto hacer un seguimiento de los progresos y determinar las esferas de acción en la aplicación de políticas para la reducción de la ingesta de sodio y otras medidas (WHO, 2023). De los 194 Estados Miembros de la OMS, el 34% han implementado políticas para reformular alimentos manufacturados con el fin de reducir su contenido de sodio, ya sea mediante enfoques obligatorios (11%), combinando medidas obligatorias y voluntarias (3%) o a través de iniciativas exclusivamente voluntarias (20%). En este marco, Argentina ha adoptado restricciones obligatorias tanto en la comercialización de productos con alto contenido de sodio como en el uso del etiquetado frontal, consolidándose como uno de los países que aplican medidas regulatorias para mejorar la alimentación de su población.

En el país, en 2013 se sancionó la Ley N° 26905 de reducción del consumo de sodio, que es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional y establece medidas claves para mitigar el riesgo de hipertensión y enfermedades relacionadas con el exceso de sodio (Ministerio de Justicia, 2019). Entre ellas, se destacan la limitación del contenido de este mineral en los alimentos procesados estableciendo límites máximos para tres categorías de alimentos (cárnicos, farináceos y sopas, aderezos y conservas), la promoción de menús sin sal añadida en los establecimientos gastronómicos, prohibición del uso de salero en restaurantes y reglamentación del tamaño de paquete en que se comercializa la sal, y la promoción de la utilización de sal con bajo contenido de sodio, junto a campañas de educación (Ministerio de Salud, 2018). Esta ley tuvo actualizaciones, adicionando nuevas categorías de alimentos e incluyendo nuevos productos dentro de la categoría de aderezos. En 2021, a su vez, se promulga la Ley N° 27642 “Promoción de la alimentación saludable”, la cual se reglamenta en marzo de 2022 y comienza una implementación gradual hasta completarse en marzo de 2023, abarcando no sólo el etiquetado frontal de los alimentos, sino también cuestiones relacionadas con el entorno escolar, la publicidad dirigida y las compras públicas (Ministerio de Justicia, 2021). Asimismo, en el ámbito provincial, Santa Fe ha adoptado políticas complementarias como el Decreto 1152/2013, el cual forma parte de un acuerdo que impulsa una alimentación segura y saludable. Aunque algunas propuestas aún están en estudio, como las referentes a sopas, caldos y quesos, estas políticas reflejan la importancia de actuar en todos los niveles para reducir

la ingesta de sodio (Agencia Santafesina de Seguridad Alimentaria, s. f.; Atlas Federal de Legislación Sanitaria de la República Argentina, s. f.).

En este contexto, es importante saber que, en Argentina, según datos del año 2021, las enfermedades no transmisibles provocan el 61% de todas las muertes (aproximadamente 262325 muertes totales al año) con probabilidad de muerte prematura del 13%. De este tipo de enfermedades, el 26% corresponden a enfermedades cardiovasculares y uno de los principales factores de riesgos es una alta ingesta de sal en la población. En nuestro país, considerando adultos mayores a 25 años, el consumo promedio de sal es de aproximadamente 9 g/día, mientras que a nivel mundial se calcula que el valor sería mayor, de 11g/día. Si bien el consumo en Argentina está por debajo del valor a nivel mundial, sigue siendo elevado y preocupante cuando se tienen en cuenta los límites establecidos. Estas estadísticas hacen que sea un verdadero desafío la implementación de políticas, ya que hay que enfrentarse a la culturalización del consumo excesivo de sal que hay en la dieta, tanto a nivel mundial como a nivel país (OMS - ENT portal de datos, 2022).

A modo de mitigar esta cuestión, una de las últimas medidas que ha tomado gran relevancia en Argentina, es la utilización del “etiquetado frontal”, reglamentada por la ley N° 27642 mencionada anteriormente (Ministerio de Justicia, 2021). De esta manera, los alimentos y bebidas analcohólicas envasados y comercializados, que contengan nutrientes críticos y valor energético superiores a los valores establecidos, deben incluir en la cara principal un sello de advertencia indeleble por cada nutriente crítico en exceso según corresponda. Estos sellos tienen forma de octógono negro, como se muestra en la **Figura 1.1**. Para establecer esos valores, la ley se basa en lo que establece la Organización Panamericana de la Salud, la cual estableció un perfil de nutrientes adecuado a partir de considerar las metas de la OMS de ingesta de nutrientes de la población y sobre la base de un examen de las etiquetas de alimentos o fuentes equivalentes de información. En el caso del sodio, se considera que los productos procesados y ultraprocesados contienen una cantidad excesiva de sodio y deben incluir el rótulo “EXCESO EN SODIO” si la razón entre la cantidad de sodio (mg) en cualquier cantidad dada del producto y la energía (kcal) es igual o mayor a 1:1 (OPS, 2023).

Aunque se han establecido límites y recomendaciones, la transición hacia una alimentación con menos sodio requiere una concientización más amplia y el compromiso tanto de los consumidores como de los productores y en particular en sectores claves y de

gran influencia como el de los lácteos, que forman parte importante de la dieta del país. El enfoque integral, que incluye medidas regulatorias, campañas de concientización y la reformulación de productos, es crucial para generar un impacto significativo en el consumo de sodio de la población y potencialmente mejorar la salud pública a nivel global y local (WHO, 2025).



Figura 1.1 Octógonos utilizados en la parte frontal del packaging para indicar qué tipo de exceso contiene el alimento, de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 27642.

4. Quesos: producción, consumo, protocolo de elaboración y legislación

El queso es uno de los alimentos procesados más versátiles y de mayor difusión a escala global. Surge como una forma natural de preservación de los nutrientes de la leche. Es un producto concentrado y biológicamente activo, que experimenta un proceso conocido como maduración, durante el cual se modifican sus características fisicoquímicas y organolépticas transformándose en un alimento que, además de poseer cualidades nutritivas excepcionales, presenta sabores y aromas agradables que lo hace placentero para su consumo (Meinardi & Candiotti, 2020). A continuación, se detallarán alguno de los aspectos principales sobre su producción y consumo en el país, legislación vigente y detalles del proceso de elaboración y maduración hasta que llega al consumidor como producto final.

4.1 Producción y consumo de quesos a nivel nacional

La industria láctea nacional, que cuenta con 670 empresas relevadas hasta el año 2024, se encuentra en una posición destacada, jugando un papel fundamental en la economía nacional. Durante el año 2024 la producción total del sector fue de 10590 millones de

litros de leche, de los cuales el 74,9% se destinó al mercado interno (OCLA, 2024b). En términos de comercio exterior, se registraron importaciones por 57 millones de litros de leche y exportaciones de 2662 millones de litros de leche que aumentaron en un 9% respecto al año 2023. De esta forma, la exportación marcó su segundo mayor nivel en la última década, ubicando al complejo lácteo en el décimo lugar dentro de los principales complejos exportadores argentinos. Sin embargo, en lo referido al consumo doméstico, que fue de 8042 millones de litros de leche con un consumo per cápita anualizado de 170,9 litros/habitante/año, los valores no fueron suficientemente altos, marcando una variación interanual acumulada del consumo negativa de -9,1%, lo que se atribuye a la situación que atravesó el país. Esta tendencia también se observó en productos elaborados, con una caída en el período enero-diciembre de 2024 del 6,8%, lo que representa una disminución del 8,7% en litros de leche necesarios para elaborarlos. No obstante, cabe destacar que los quesos, el principal destino de la leche, fueron los productos que menos disminuyeron, con un 1,0% menos en litros equivalentes (OCLA, 2024a). De esta manera, el volumen acumulado de quesos para 2024 fue de 21497 toneladas, con una facturación total de 105,3 millones de dólares FOB (del inglés *Free on Board*) y un consumo anual estimado que varía alrededor de 12 kg per cápita (Iachetta, 2024; OCLA, 2016). A pesar de la baja que hubo para el año 2024, las perspectivas para el año 2025 indicarían una recuperación en la producción de la leche y, por ende, en la obtención de productos elaborados. Se resalta también que a nivel mundial el consumo de lácteos marca una tendencia muy creciente desde hace más de tres décadas, con tasas de crecimiento de la demanda que según datos del USDA (del inglés *United States Department of Agriculture*) indicarían que se estarían acelerando en la última década. Por lo cual, el desarrollo de la industria láctea argentina mantiene horizontes favorables, con la posibilidad de evaluar distintas estrategias que permitan aumentar su competitividad y diversificar sus productos (D'Angelo et al., 2025; United States Department of Agriculture & Foreign Agricultural Service, 2024).

En el país, las principales cuencas lecheras se concentran en las provincias de Córdoba (35,1%), Santa Fe (31,0%) y Buenos Aires (26,2%) tal como se puede apreciar en la **Figura 1.2**. En esta región se encuentran la mayor cantidad de tambos y plantas industriales (**Figura 1.3**) (OCLA, 2025). Se estima que aproximadamente el 50% de la leche producida se destina a la elaboración de quesos tal como se muestra en la **Figura 1.4** (OCLA, 2024a) y que son las pequeñas y medianas empresas las responsables de la

transformación de aproximadamente un tercio de la leche industrializada en este producto (OCLA, 2025; Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2019). El queso cobra relevancia no sólo por su elevada producción, sino también porque se acompaña de un alto consumo en la dieta argentina, como ya se mencionó anteriormente. Se calcula, que el consumo de quesos por habitante por año es de aproximadamente 6,26 kg para quesos blandos tipo Cremoso o Por Salut, 4,4 kg para quesos semiduros tipo Barra, Pategrás o Fynbo y 1,34 kg para quesos duros tipo Sardo, Reggianito, Sbrinz o Provolone (Iachetta, 2024). Esto refleja la importancia que tiene este tipo de alimento en el país. Incluso, Argentina ocupa los primeros puestos en el ranking de producción de quesos: el 9º lugar a nivel mundial y el 2º lugar en América Latina después de Brasil (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022). Por lo tanto, la industria láctea argentina tiene un gran potencial de crecimiento, impulsada en gran medida por la fuerte demanda interna. Sin embargo, para alcanzar estándares competitivos en el mercado internacional, es crucial que el sector incorpore innovación y mejore su eficiencia. En este contexto, la producción y consumo de lácteos, y en particular de quesos, se reafirma como un pilar de la economía y la cultura alimentaria argentina, contribuyendo significativamente al desarrollo del país.

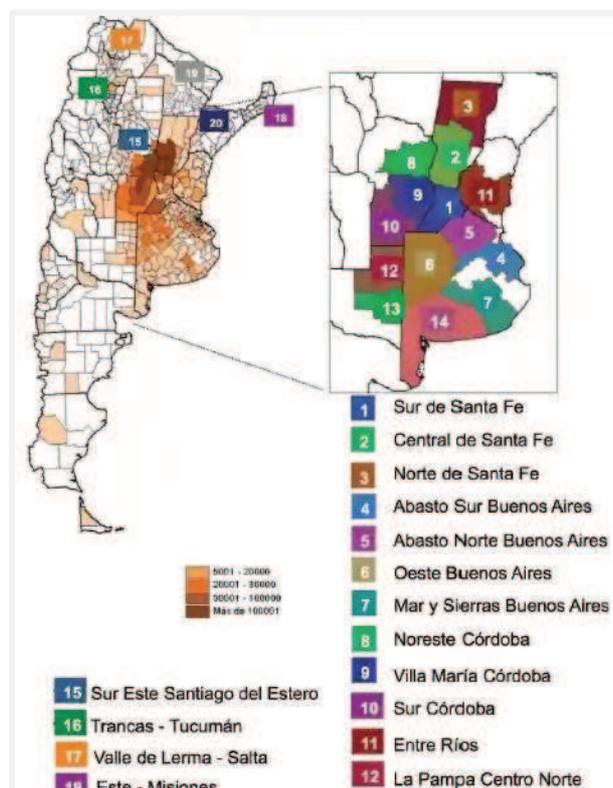


Figura 1.2 Cuencas lecheras en las diferentes provincias de Argentina. Fuente: OCLA, 2025.

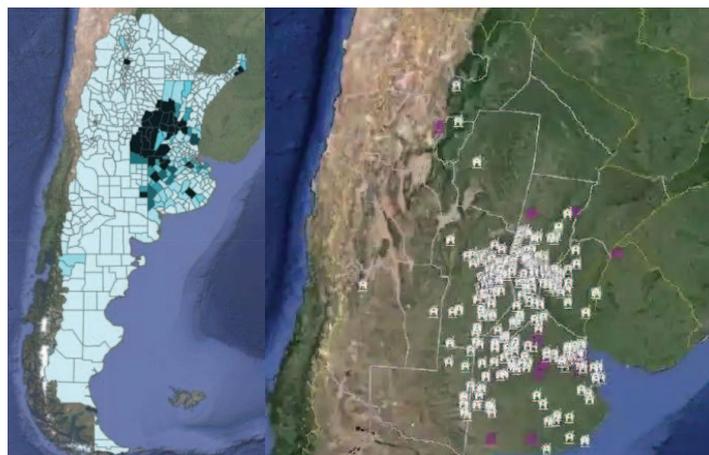


Figura 1.3 Distribución de tambos (mapa izquierdo) y principales plantas industriales lácteas (mapa derecho) en Argentina. Fuente: OCLA, 2025.

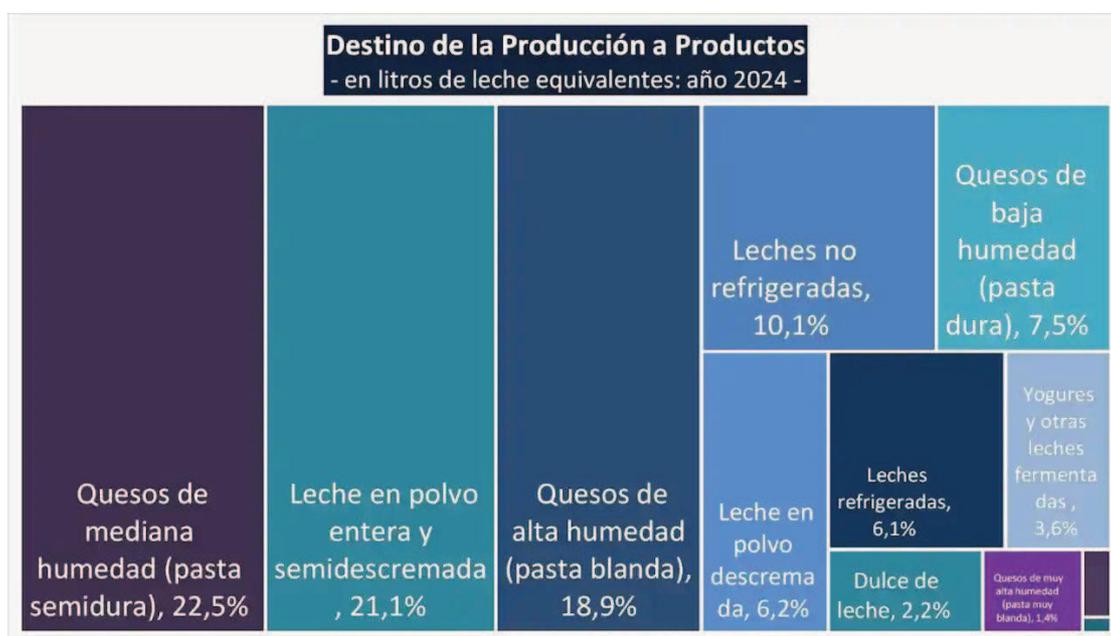


Figura 1.4 Destino de la leche producida en Argentina a productos elaborados en porcentaje de litros de leche equivalentes. No se contemplan datos de caseína y los rubros menores representan leches chocolatadas o saborizadas (0,3%), y de postres lácteos y flanés (0,1%). Fuente: OCLA, 2025.

4.2 Definición y descripción de quesos de mayor consumo en Argentina

El queso se define, según el Código Alimentario Argentino (CAA, capítulo VIII, artículo 605), como el producto fresco o madurado que se obtiene por separación parcial del suero de la leche o leche reconstituida (entera, parcial o totalmente descremada), o de sueros lácteos, coagulados por la acción física, del cuajo, de enzimas específicas, de bacterias específicas, de ácidos orgánicos, solos o combinados, todos de calidad apta para uso alimentario; con o sin el agregado de sustancias alimenticias y/o especias y/o

condimentos, aditivos específicamente indicados, sustancias aromatizantes y materiales colorantes (ANMAT, 2023). Este tipo de producto se clasifica según el contenido de materia grasa del extracto seco (% m/m) como extra graso o doble crema: >60%, grasos: 45,0 a 59,9%, semigrasos: 25,0 a 44,9%, magros: 10,0 a 24,9% o descremados: <10,0%. Según el contenido de humedad se clasifican como queso de baja humedad o pasta dura: <35,9%, mediana humedad o pasta semidura: 36,0 a 45,9%, alta humedad o pasta blanda o macíos: 46,0 a 54,9% y muy alta humedad o pasta muy blanda o mole: >55,0%. En el mercado argentino se encuentra una amplia variedad de quesos de diferentes tipos: blandos (Cuartirollo, Cremoso, Port Salut), semiduros con ojos (Holanda, Pategrás, Fontina, Colonia, Gruyere, Emmental) o sin ojos (Tybo, Danbo, Gouda, Edam, Raclette, Morbier), duros (Sardo, Romano, Goya, Provolone, Sbrinz, Reggianito, Reggiano, Parmesano, Cheddar), de pasta hilada (Mozzarella, Provoleta, Provolone hilado), con mohos internos (Azul) o mohos externos (Camembert, Brie, otros de corteza enmohecida), saborizados o especiados, reprocesados o fundidos e incluso algunos no tipificados porque no se enmarcan como tal en el CAA (2° Concurso Nacional de Quesos, Manteca y Dulce de Leche de la Región Centro, 2023). Las diferencias entre estos tipos de quesos se basan en la composición de la leche y la tecnología de elaboración empleada (Meinardi & Candiotti, 2020).

Dentro de los quesos blandos, uno de los más populares es el “Queso Cremoso” (CAA, capítulo VIII, artículo 622). Este es un producto de alta (entre 46 y 54,9% m/m) o muy alta humedad (> 55% m/m), elaborado con leche entera o estandarizada, con o sin el agregado de crema, acidificado por cultivo de bacterias lácticas y coagulado por cuajo y/o enzimas específicas. Además, debe tener una masa: cruda, moldeada, refrigerada, salada y madurada en frío. La pasta debe ser blanda, cerrada, algo elástica y grasosa, su sabor es dulce característico y ligeramente ácido, su aroma suave y agradable, y su color blanco-amarillento uniforme. El contenido de grasa en el extracto seco debe ser como mínimo 50,0% m/m. La corteza debe ser entera, lisa o ligeramente rugosa, de consistencia adecuada. La forma puede ser cilíndrica achatada o un paralelepípedo. El tiempo de maduración es de 20 días si la horma pesa menos de 2,5 kg y 30 días si su peso está entre 2,5 a 5,0 kg (ANMAT, 2023). En la **Figura 1.5** se muestra una horma de queso Cremoso típico elaborado a escala industrial.

El queso Cremoso deriva de quesos italianos, con características similares al Crescenza, Taleggio y Bel Paese (Wolf et al., 2020). Su antecesor más reciente es el queso

“Cuartirolo Mantecoso” con tecnología adaptada para el envasado al vacío. Tanto el Cremoso como el Cuartirolo son quesos de corta maduración que se asemejan en las características de la masa: pasta blanda, cerrada y algo elástica, y en el atributo sensorial: cremosidad. El Cuartirolo deriva del "Quartirolo Lombardo", un queso italiano con denominación de origen protegida, y a lo largo del tiempo ha experimentado diversas modificaciones en su cubierta, desde el uso de fécula hasta el envasado en bolsas plásticas termocontraíbles para evitar la formación de corteza. Incluso, se pueden mencionar dos variantes dependiendo del nivel de materia grasa en el extracto seco: “Cuartirolo Mantecoso” (>50% m/m) o “Cuartirolo” (35-50% m/m). Tanto este tipo de queso como el Cremoso tienen una gran variabilidad en su textura desde ligeramente elástica hasta una consistencia cremosa y pegajosa, así como también varían en el tiempo de maduración y almacenamiento, por lo que se vuelve difícil distinguirlos sin observar el rótulo del producto. Una de las principales diferencias se debe al proceso de elaboración, ya que en el caso del queso Cremoso se le puede adicionar crema y debe tener un mínimo de 50% de materia grasa, semejante al antiguo Cuartirolo Mantecoso (Peralta et al., 2022). Este tipo de queso también se distingue de otros porque no se adicionan lipasas en su proceso y el efecto proteolítico debido a las enzimas del fermento durante la maduración es limitado. En cuanto a sus usos, generalmente se utiliza como un producto de mesa, aunque también en la elaboración de pizzas o gratinados como una alternativa más económica de la Mozzarella (Wolf et al., 2020), por lo cual la capacidad de fusión es una característica muy buscada. A nivel nutricional, el aporte de calcio de este tipo de queso es cinco veces mayor que en la Mozzarella.

Otro tipo de queso de pasta blanda que ha tomado gran relevancia estos últimos años es el “Queso Por Salut”, también denominado Saint Paulin, que deriva del famoso queso francés “Port Salut”. Este queso se diferencia del Cremoso y Cuartirolo en la textura y en la consistencia de la masa, debido a que el proceso de elaboración requiere un calentamiento de la cuajada en tina, y también se diferencia en las características sensoriales, siendo más suaves en Port Salut. Es un producto de alta humedad, graso, con la masa semi-cocida, que es moldeada pero también prensada. Esto le otorga consistencia elástica con sabor dulce, aroma típico y color blanco-amarillento o débilmente rojizo. También se encuentra en el mercado quesos de este tipo bajo en grasas, denominados “Queso Por Salut Light” ya que se fabrican a partir de leche descremada (Peralta et al., 2022).



Figura 1.5 Queso Cremoso elaborado a escala industrial. Fuente: Peralta et al., 2022.

Respecto a quesos semiduros, el queso más popular de Argentina es el queso Pategrás, aunque también el Barra y queso tipo suizo. El origen de los quesos de pasta semidura, prensada, semicocida, con o sin ojos, se remonta a los inicios del siglo XX, en productos similares de antigua tradición en Francia, Italia y Suiza. Con el tiempo, debido a una falta de uniformidad en la calidad de este producto, se introdujeron cambios en el tipo y calidad de las materias primas e insumos como así también en la tecnología, que han conducido a que esta variedad adquiriera características propias (Wolf et al., 2020).

El “Queso Pategrás” o “Queso Gouda” (CAA, capítulo VIII, artículo 630), equivalente según la legislación y cuya diferencia sólo se debe a una cuestión de marketing, se define como un producto de mediana humedad, graso, elaborado con leche entera o leche estandarizada, acidificada por cultivo de bacterias lácticas y coagulada por cuajo y/o enzimas específicas. Este tipo de queso debe presentar una masa semi-cocida, moldeada, prensada, salada y madurada. La pasta debe ser compacta, firme, de consistencia elástica, con o sin algunos ojos bien diseminados, de sabor dulce característico, aroma suave, agradable y bien desarrollado. Además, su color tiene que ser blanco-amarillento uniforme y su corteza lisa y de consistencia adecuada. La forma debe ser cilíndrica, de caras paralelas y perfil convexo. El tiempo de maduración depende del tamaño de las hormas: para hormas de 5 kg y hasta 10 kg se requiere una maduración mínima de 2 meses, para hormas de 1 a 5 kg se requieren 1,5 meses de maduración como mínimo, y para hormas de menos de 1 kg la maduración debe ser al menos de 1 mes (ANMAT, 2023). Este tipo de quesos se inspiró en quesos tipo Dutch (holandeses) como el Gouda y Edam, variedades caracterizadas por la presencia de ojos dulces, es decir, aquellos

provenientes de la fermentación láctica o del citrato y no de la fermentación propiónica, y una masa de textura elástica. Sin embargo, impulsados por los proveedores de fermentos, con el tiempo incorporaron bacterias propiónicas como fermentos secundarios, dando lugar al “Pategrás híbrido”, con características del queso original y otra propia de los quesos tipo suizo: *flavor* intenso y picante y, además, un menor precio que los quesos tipo suizo (Bergamini et al., 2022). En la **Figura 1.6** se muestra un típico queso Pategrás con ojos debido a la adición de bacterias propiónicas. No obstante, también se encuentra en el mercado quesos del tipo “Pategrás tradicional”, que no poseen bacterias propiónicas. Estos en la práctica son muy similares a los quesos Holanda y Edam, aunque estos quesos pueden ser elaborados con leche parcialmente descremada y clasificarse como semigraso. Otra diferencia radica en que generalmente el queso Holanda se vende en hormas de menor tamaño (Bergamini et al., 2022).

Otro de los quesos semiduros mencionados son los quesos tipo Barra, que presentan horma con forma paralelepípeda, masa cerrada y textura elástica, lo que le permite el corte en finas láminas en máquina. Presentan menor sabor y aroma respecto al Pategrás y se comercializan y aplican generalmente para la preparación de sándwich. Dentro de esta denominación genérica se pueden encontrar quesos como Pategrás sándwich y Tybo (semigrasos), Danbo y Prato (grasos). En contraste, los quesos tipo suizo como Gruyere y Emmenthal, son de pasta prensada cocida con una etapa de cocción mayor que el queso Pategrás y Barra, lo que determina que su contenido de humedad sea un poco menor. Además, se caracterizan por la fermentación propiónica y la formación de ojos característicos (Bergamini et al., 2022).



Figura 1.6 Queso Pategrás adicionado con bacterias propiónicas elaborado a escala industrial. Fuente: Bergamini et al., 2022.

4.3 Protocolo de elaboración de quesos argentinos

La elaboración de un queso consiste en producir una concentración selectiva de los principales componentes de la leche (caseína y materia grasa) con la consecuente reducción en la actividad acuosa (a_w), que permita prolongar su conservación manteniendo sus cualidades nutricionales (Meinardi & Candiotti, 2020). En este sentido, se produce una deshidratación al liberar el suero, que puede variar según el tipo de queso que se trate, de forma que se concentran proteínas, grasa y otros componentes como se muestra en la **Figura 1.7**. A su vez, en la mayoría de los quesos se incorpora sal e incluso pueden adicionarse en el proceso aditivos o condimentos.

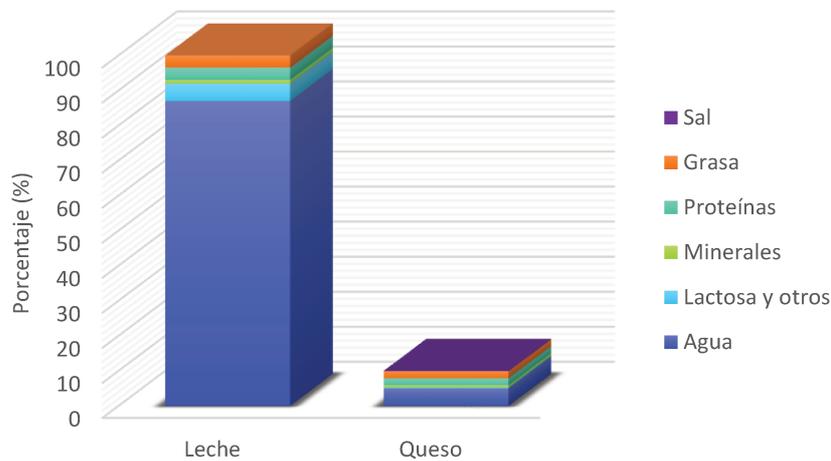


Figura 1.7 Proporción de los componentes mayoritarios en leche y queso. Fuente: adaptado de Batistela, 2022.

En el caso particular del queso Cremoso, el protocolo de elaboración que consta de una serie de etapas se muestra en la **Figura 1.8**. El primer paso es la recepción de la leche entera bovina que debe tener una calidad adecuada: composición química equilibrada y parámetros físicos y microbiológicos dentro de los valores normales (Meinardi et al., 2022). A continuación, la leche se estandariza para mantener una relación de materia grasa/proteína mayor o igual a 1, lo cual permite llegar a un nivel de materia grasa final en el producto acorde a lo establecido en el CAA (Peralta et al., 2022). Luego, se procede a la pasteurización de la leche estandarizada con el objetivo de destruir la totalidad de los microorganismos patógenos eventualmente presentes, a fin de garantizar la inocuidad del queso. Habitualmente esta etapa se lleva a cabo en sistemas continuos como el

pasteurizador a placas HTST (del inglés *High temperature short time*, 72-74 °C durante 15 s), aunque en queserías de menor volumen, este proceso se realiza en general directamente en la tina quesera STLT (del inglés *Low temperature long time*, 63 °C durante 30 min) (Meinardi & Candiotti, 2020). Luego de la pasteurización, la leche se enfría hasta una temperatura de 37- 40 °C, y se agrega cloruro de calcio al 0,02% m/v. Este aporte permite un aumento en la concentración de calcio soluble y de fosfato de calcio coloidal que pudo verse afectado por la temperatura, así como también permite mejorar los parámetros de coagulación y las características reológicas del queso. En este punto también se puede adicionar colorante, que en la mayoría de las industrias suele ser el colorante annatto (CAA, 160b), cuyo objetivo es intensificar y homogenizar el color de la pasta (Peralta et al., 2022).

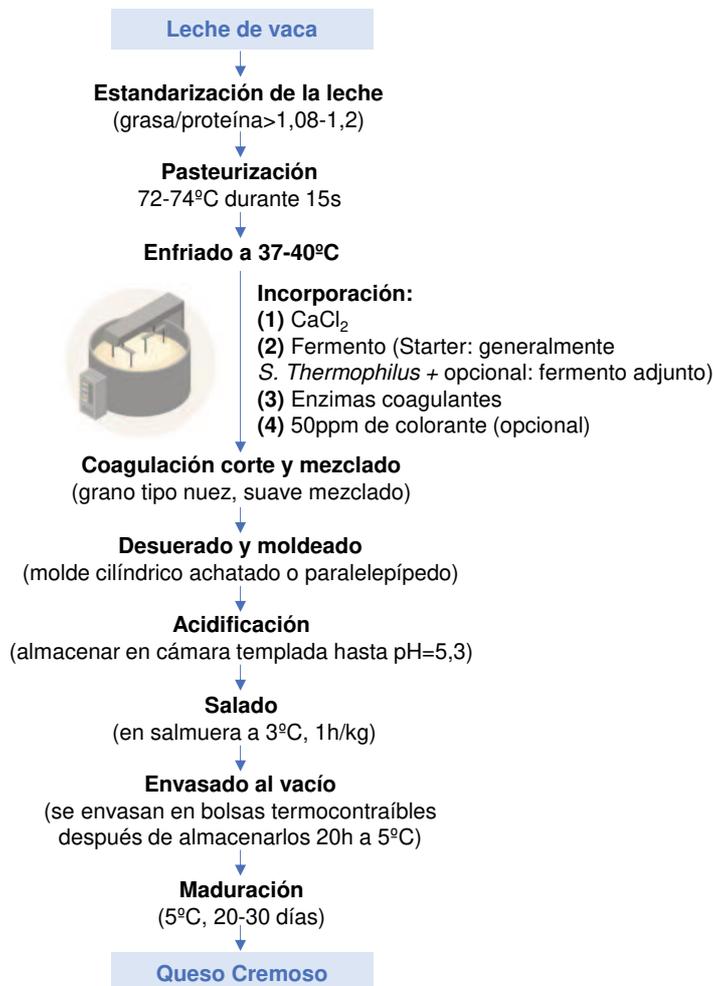


Figura 1.8 Flujograma de las principales etapas de la elaboración de los quesos Cremoso. Fuente: adaptado de Peralta et al., 2022.

A partir de este punto en la elaboración hay dos pasos claves: la adición del fermento y del coagulante. Ambos tienen un gran impacto en las características del queso. Respecto al fermento, se pueden emplear fermentos naturales de leche, conocidos también como “leche fermento”, o directamente comerciales. El fermento natural de leche se obtiene a partir de leche de buena calidad microbiológica a la cual se le realiza un tratamiento térmico (62- 65 °C durante aproximadamente 10 a 15 min) para posteriormente incubarla durante toda la noche a 45 °C y lograr así el desarrollo de las bacterias lácticas presentes, con una determinada acidez (45 - 55°D) y pH (4,60 - 4,90) (Meinardi & Candioti, 2020). Estos cultivos naturales contienen una microbiota compleja, dominada principalmente por *Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*), lo que le confiere una gran resistencia a fagos, además de otorgar tipicidad y características organolépticas particulares a los productos (Peralta et al., 2022). Sin embargo, no son comunes en quesería industrial debido a la variabilidad en su composición microbiológica, lo que afecta la estandarización de los productos y la constancia en su calidad. Aun así, estos fermentos continúan empleándose en muchos quesos artesanales. Por su parte, los fermentos comerciales están constituidos por cepas seleccionadas. Para queso Cremoso en particular, se utilizan fermentos termófilos de tipo semidirecto o de agregado directo a tina, compuestos por varias cepas de *S. thermophilus* que poseen propiedades tecnológicas conocidas y constantes en el tiempo, como la velocidad y el nivel de acidificación, entre otras. Estos cultivos también pueden contener una baja proporción de bacterias lácticas mesófilas (por ejemplo: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*), con el objetivo de desarrollar compuestos de aroma (Giménez, 2023; Peralta et al., 2022). Asimismo, los fermentos de *S. thermophilus* se pueden usar en combinación con otros termófilos, como es el caso de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, con el objetivo de metabolizar la galactosa (proveniente de la hidrólisis de la lactosa), la cual se acumula en quesos elaborados solamente con *S. thermophilus*, ya que esta especie, en general, no tiene la capacidad de metabolizarla (Peralta et al., 2022). Esta acumulación del azúcar puede favorecer el desarrollo de bacterias lácticas no pertenecientes al fermento (NSLAB, del inglés *Non-Starter Lactic Acid Bacteria*) que la emplean como fuente de energía posibilitando la generación de defectos asociados a actividades metabólicas indeseables. En este sentido, pueden alterar la textura debido a una sobreacidificación, dar lugar a la formación indeseada de ojos y aberturas en quesos de masa compacta (como el Cremoso) debido a la producción de gas por la actividad metabólica de la microbiota contaminante heterofermentante, generar defectos de

pardeamiento por reacciones de Maillard al calentar el producto, o producir compuestos que influyan negativamente en el *flavour* (Batistela, 2022). En el caso de usar fermentos liofilizados, es aconsejable hidratarlos previamente en un volumen de la leche de elaboración durante 20-30 min a la temperatura de coagulación, antes de ser inoculados en la tina quesera. En general, estos fermentos se aplican en niveles altos (10^6 UFC/mL de leche) para iniciar la fermentación láctica, liderar la acidificación, dominar la microbiota del queso y direccionar el proceso de maduración (Peralta et al., 2022).

En cuanto al coagulante, varias enzimas se pueden utilizar para la elaboración de queso Cremoso, como el coagulante de bovino adulto, coagulante microbiano (proteasas producidas naturalmente por mohos) y quimosina producida por fermentación de organismos modificados genéticamente, típicamente *Kluyveromyces lactis* u otras levaduras. Hace unos años se desarrolló la quimosina de camello (producida también por microorganismos genéticamente modificados) que tiene una menor actividad proteolítica y puede ser utilizada para aumentar la humedad en el queso (y por lo tanto el rendimiento) sin producir una proteólisis excesiva durante la maduración. La función principal de estas enzimas que se incorporan a la leche de elaboración, es coagularla de tal manera que se forme una red tridimensional o gel que retiene distintos componentes (Giménez, 2023; Peralta et al., 2022). La floculación de las caseínas o coagulación también puede ser ácida o alcalina y con calor, pero particularmente en queso Cremoso se busca obtener una cuajada predominantemente enzimática (Meinardi & Candioti, 2020). Hay que tener en cuenta, en este caso, que la elevada humedad y la ausencia de una etapa de cocción, conducen a una retención elevada del coagulante en la cuajada, el cual actúa durante la maduración. De esta manera, la selección del tipo y el nivel de coagulante es importante ya que una extensa proteólisis durante la maduración puede reducir la vida útil del producto.

Una vez que la cuajada adquirió la firmeza adecuada, el gel se corta en cubos de un tamaño aproximado de 1 cm^3 . La mezcla de cuajada y suero se agita suavemente para favorecer la expulsión de suero, sin aumentar la temperatura y sin romper los granos de cuajada, que luego deben soportar la descarga y el moldeo, evitando de esta manera la producción de partículas finas que afecten la textura del queso y disminuyan el rendimiento. El tiempo que la cuajada permanezca en tina influirá en la humedad del queso ya que la red de caseínas se va fortaleciendo y se expulsa más suero, lo que impacta además en forma directa en el rendimiento quesero. Este tiempo en tina debe estar relacionado con la velocidad de acidificación de la cuajada ya que estos quesos siguen

desuerando en forma significativa durante el moldeo y acidificación en molde. La pérdida de las aristas del cubo de cuajada (redondeo) indica su deshidratación y permite identificar el momento adecuado para el moldeo. La cuajada se coloca en moldes de acero inoxidable perforado o plástico microperforado, que se apilan de a dos, lo que constituye la única presión que se ejerce sobre la cuajada. Las hormas contenidas en los moldes se almacenan en una cámara o lugar tibio a una temperatura adecuada (~40 °C) para que los fermentos lácticos añadidos produzcan ácido láctico y el pH descienda hasta 5,3 - 5,4. En el transcurso de esta acidificación, los quesos se dan vuelta en cada molde periódicamente (lo que se denomina “volteos”) y además se invierte la ubicación de los moldes apilados. Cuando se alcanza el pH adecuado, los quesos se sumergen en salmuera fría (NaCl 20 % m/v, pH 5,4, 5 °C) con el objetivo de detener la acidificación, a razón de 1 h/kg de queso (Peralta et al., 2022). Esta etapa es importante ya que permite aportar sabor, completar el desuerado e inhibir, retardar o seleccionar el desarrollo de microorganismos (Bansal & Mishra, 2020).

Finalmente, los quesos se colocan en la cámara de maduración (5-8 °C, 85-90 % de humedad relativa) y luego de 3 a 4 días, se procede al envasado en bolsas de plástico termocontraíbles. Los quesos permanecen a la temperatura de maduración indicada entre 20 a 30 días, tiempo en el cual ocurre la maduración, desarrollándose la textura, sabores y aromas típicos de esta variedad. Al comienzo ocurren transformaciones y cambios físicos, químicos y bioquímicos entre los cuales se encuentran la difusión de sales, deshidratación de la cuajada, equilibrios químicos del calcio, metabolismo de la lactosa residual y del lactato y citrato, degradación de proteínas y lípidos (Wolf et al., 2016). Luego de esto, inician otros eventos bioquímicos secundarios implicados en el desarrollo del aroma y sabor que incluye el metabolismo de los ácidos grasos y de los aminoácidos (McSweeney, 2004). La complejidad de este bioproceso y su intensidad dependerá de las condiciones ambientales presentes en el queso (humedad, pH y contenido de sal), del protocolo de elaboración (enzimas adicionadas, fermentos, temperatura de cocción), así como también de la duración y condiciones de maduración (temperatura y humedad relativa). Las enzimas que participan en el proceso de maduración pueden ser nativas de la leche, aún activas luego de la pasteurización, adicionadas en la elaboración, como la quimosina, o pertenecer al complejo enzimático de los fermentos inoculados. Por último, también están las enzimas provenientes de los microorganismos adventicios o NSLAB,

que podrían tener una influencia (positiva o negativa) en el aroma y sabor final del producto (Collins et al., 2003; McSweeney, 2004; Sgarbi et al., 2013).

El queso Por Salut, por su parte, presenta una elaboración muy parecida a la descrita para el queso Cremoso (**Figura 1.8**), con la excepción de que en este caso se lleva a cabo un calentamiento de la cuajada en la tina y un prensado leve luego de ser moldeado, lo que posteriormente se ve reflejado en la textura y consistencia de la masa, que presenta características sensoriales más suaves. Este queso puede ser elaborado con leche descremada lo que genera un producto con menor contenido graso, que se denomina “Por Salut Light”. El calentamiento que se efectúa en este tipo de queso se lleva a cabo en la etapa de desuerado en tina incrementando la temperatura en no más de 2 o 3°C. Esto puede realizarse indirectamente con vapor, pero lo más habitual es por agregado de agua caliente (75 - 80°C) lo que le otorga un sabor más suave (Peralta et al., 2022).

La elaboración de queso tipo Pategrás (**Figura 1.9**), en cambio, se lleva a cabo estandarizando la leche a un contenido de materia grasa entre 2,8 y 3,0g/100mL y con una relación materia grasa/proteína 0,9:1. Además, en la etapa de corte, el grano buscado es de menor tamaño (5 mm aproximadamente) y a continuación se adiciona una etapa de cocción que consiste en elevar la temperatura a 43/45°C a velocidad controlada entre 0,5 y 1°C/min. La temperatura de cocción se mantiene constante durante unos minutos mientras se continúa agitando suavemente con el objetivo de disminuir el contenido de humedad de los granos hasta lograr el secado adecuado de los mismos. A veces también suele aplicarse en este punto un paso de lavado de la cuajada. Otra diferencia con los quesos descritos anteriormente está en la etapa de prensado que se realiza para aumentar el desuerado. Por último, este tipo de quesos se cubre, luego de unos días de oreo, con una emulsión plástica para proteger la corteza y evitar contaminación externa por mohos y se maduran en cámara a 10-12°C con 85% de humedad relativa durante 1 a 2 meses según el tamaño de las hormas (Bergamini et al., 2022).

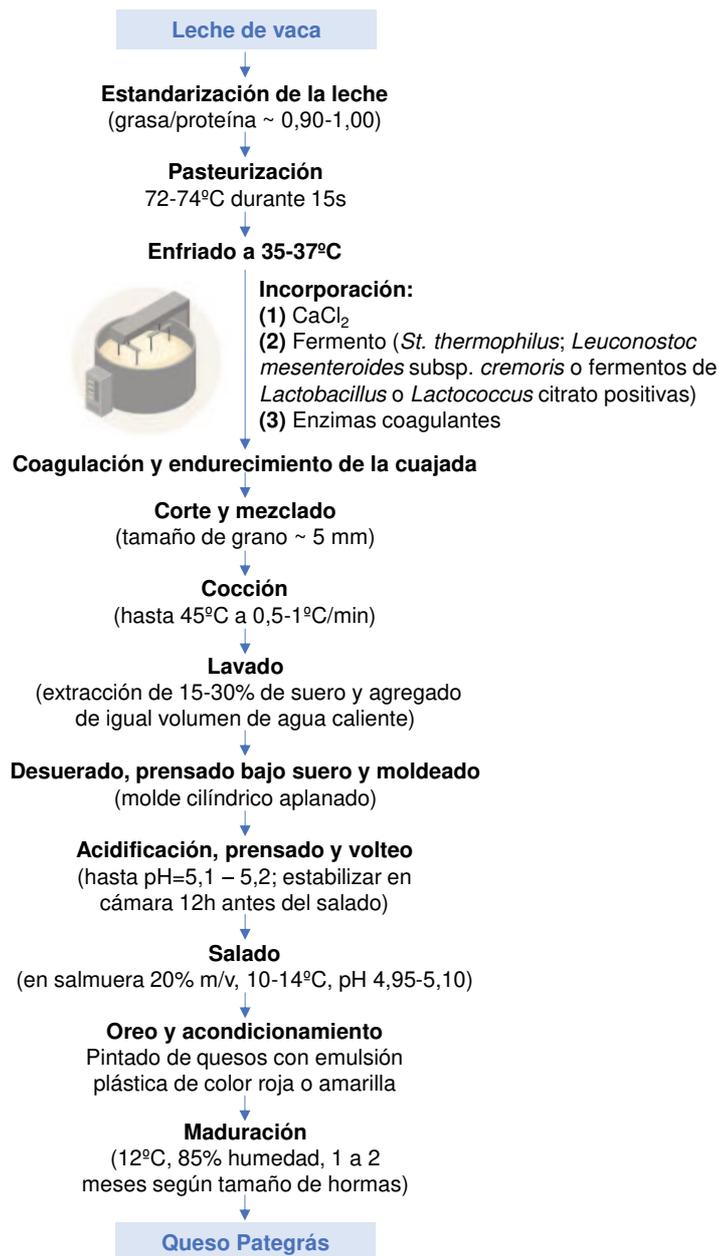


Figura 1.9 Flujograma de las principales etapas de la elaboración de queso Pategrás tradicional. Fuente: adaptado de Bergamini et al., 2022.

4.4 Transformaciones producidas en los quesos durante la maduración

Los componentes presentes en la leche se metabolizan durante la elaboración y principalmente durante la maduración del queso, lo que da lugar a la producción de compuestos que determinan el sabor y aroma del producto final. La lactosa, por ejemplo, que es el principal carbohidrato de la leche, es metabolizada por bacterias ácido lácticas (BAL) del cultivo iniciador con la consecuente producción de lactato, lo que ocurre mayoritariamente durante la elaboración de queso Cremoso en la etapa de acidificación

en molde y durante el prensado en queso Pategrás. Hay que considerar que gran parte de la lactosa se pierde en el desuerado, mientras que en la cuajada queda una baja proporción disuelta en la fase acuosa. Sin embargo, la lactosa residual en la cuajada es muy importante durante la maduración ya que su metabolismo puede generar una post acidificación, lo que puede conducir a defectos en quesos Cremoso, o puede conducir a la formación de compuestos volátiles de interés en el queso. El desarrollo correcto de la fermentación láctica es un aspecto crucial en la elaboración de quesos (Guinee & Fox, 2017; McSweeney, 2011). La producción de ácido láctico por las BAL conduce a una reducción del pH del queso y el potencial redox, parámetros que son importantes para inhibir el desarrollo de microorganismos indeseables, mejorando de esta manera la calidad y seguridad microbiana del producto (Parente et al., 2017). La velocidad y el grado de acidificación influyen en la textura inicial de la cuajada al relacionarse con la desmineralización de las micelas de caseína (Fox et al., 2004), como también en el sabor y aroma al afectar la actividad de enzimas importantes para la maduración y la retención del coagulante en la cuajada durante la elaboración (Børsting et al., 2014). La lactosa que permanece sin fermentar por el cultivo iniciador es probablemente metabolizada por las NSLAB, formando cantidades considerables de D-lactato para luego oxidarse a acetato (Fox et al., 2004). Además, el piruvato es un intermediario en el metabolismo de la lactosa, y es precursor de varios compuestos importantes de *flavour* como acetato, acetoína, diacetilo, etanol y acetaldehído (Sgarbi et al., 2013). Sin embargo, algunos de estos compuestos, como el acetato, la acetoína y diacetilo, también pueden provenir del metabolismo del citrato y de algunos aminoácidos (Khattab et al., 2019; Le Bars & Yvon, 2008; McSweeney & Sousa, 2000; Ong et al., 2007).

Otra fuente de energía para las BAL presente en la leche es el ácido cítrico que, al igual que la lactosa, se pierde en gran parte en el suero durante la elaboración del queso. La pequeña proporción de citrato que queda retenida en la cuajada, sin embargo, es importante ya que este compuesto es precursor de compuestos de aroma de interés en quesos. Se ha demostrado que la mayoría de lactobacilos mesófilos y cepas de *Lactococcus* y *Leuconostoc* pueden metabolizar este compuesto (Magni et al., 1999; McAuliffe, 2017; McSweeney & Sousa, 2000). Hay evidencia, además, de que algunas cepas de *S. thermophilus* y de lactobacilos termófilos podrían tener esta capacidad (Liu et al., 2020; Silva et al., 2023; Zhou et al., 2024). Sin embargo, la posibilidad de utilizar

el citrato es dependiente de la especie y la cepa, del estado fisiológico de las células y del nivel de carbohidratos en el medio (Medina et al., 2000).

Por otro lado, los triacilglicerolos (TAG) presentes en la leche también pueden ser metabolizados por la acción de enzimas bacterianas y endógenas de la leche, produciéndose la lipólisis, que es una hidrólisis enzimática a partir de la cual se liberan ácidos grasos libres (AGL, desde C4:0 hasta C18:2). Los triglicéridos de la leche son ricos en ácidos grasos de cadena corta, que desempeñan un rol importante en el desarrollo del sabor de los quesos por tener umbrales de sabor bajos (McSweeney, 2004). Además de su contribución directa, también pueden ser precursores de compuestos volátiles de interés como cetonas, alcoholes, ésteres, metilcetonas y lactonas, que contribuyen al *flavour* (Collins et al., 2003; Khattab et al., 2019; Smit et al., 2005). En particular, los ésteres (por ejemplo: butanoato, hexanoato, y acetato de etilo) se forman por la reacción de los AGL con alcoholes. El alcohol más frecuente suele ser el etanol que proviene del catabolismo de aminoácidos o la fermentación de lactosa (McSweeney, 2011). También son importantes las metilcetonas formadas por la oxidación y posterior descarboxilación de AGL, especialmente 2-heptanona y 2-nonanona (Khattab et al., 2019). Una lipólisis intensa es deseable en ciertos tipos de quesos como el Azul, Emmental, Parmesano, entre otros (Clark, 2009), mientras que es indeseable en otros como el Cheddar, Gouda, Suizo (McSweeney & Sousa, 2000), así como en el queso Cremoso. La lipólisis también es bastante limitada en quesos Pategrás, aunque se incrementa si se incorporan bacterias propiónicas (Wolf et al., 2016).

Otro evento muy importante que ocurre durante la maduración es la proteólisis. En este proceso, las caseínas (α_1 , α_2 , β y κ -caseína) se fraccionan en péptidos de diversos tamaños y aminoácidos libres. En este proceso participan diversas proteasas y peptidasas: como las adicionadas (coagulante) o propias de la leche (plasmina) y las aportadas por los microorganismos presentes, ya sea del fermento adicionado (primario o adjunto) o de ciertas NSLAB (Fox et al., 2004; Gan et al., 2016). Además de contribuir al sabor y al aroma, la proteólisis está fuertemente ligada a los cambios en la textura de la matriz del queso debido a la ruptura de la red proteica.

Durante la elaboración, el coagulante solamente hidroliza un enlace de la κ -caseína provocando la coagulación de la leche, lo que constituye su rol tecnológico. Si bien la mayor parte del coagulante se pierde en el suero, una porción queda atrapada en la cuajada la cual puede actuar durante la maduración realizando un aporte a la proteólisis del queso.

La actividad de la enzima coagulante residual dependerá del pH del desuerado, temperatura de cocción, humedad de la cuajada, tipo de enzima, y condiciones de maduración (Fox et al., 2004; Sousa et al., 2001). Durante la maduración, el coagulante hidroliza inicialmente la α_{s1} caseína, dando como resultado un péptido pequeño denominado α_{s1} (f1-23) y otro péptido de mayor tamaño α_{s1} (f24-199) o α_{s1-I} (Fox et al., 2004). Este último péptido hidrofílico es el responsable de la reabsorción del suero exudado en los quesos Cremoso, que aparece normalmente entre los días 6 y 9 después de la elaboración (Hynes et al., 2001a; Hynes et al., 2001b). La importancia del coagulante en estos eventos se verificó en experiencias en las que se inhibió o disminuyó la actividad coagulante residual mediante distintas estrategias; en estos casos hubo una menor hidrólisis de la α_{s1} -CN y una textura más dura (Hynes et al., 2001a; Hynes et al., 2001b; Zalazar et al., 2006). La caseína α_{s2} es más resistente a la hidrólisis por la quimosina por poseer sitios de escisión restringidos a las regiones hidrofóbicas de la molécula. Con respecto a la β -caseína, la quimosina puede hidrolizarla cerca de la región hidrofóbica C-terminal, generando péptidos cortos, los cuales se relacionan con sabor amargo en los quesos; esta reacción es inhibida por la presencia de sal en la humedad del queso porque restringe el acceso de la enzima a los sitios de ataque. Por lo tanto, sólo se produce cuando hay un bajo contenido de sal o cuando el equilibrio bioquímico de la maduración está alterado por el uso de una dosis elevada de coagulante o de un coagulante muy proteolítico (Fox et al., 2004).

Además de la hidrólisis de las proteínas en péptidos grandes y medianos, lo que se describe generalmente como proteólisis primaria, ocurre también la peptidólisis o proteólisis secundaria por la acción de peptidasas que continúan el proceso de hidrólisis de los péptidos medianos y pequeños con la consiguiente producción de aminoácidos libres (AA) (Fox et al., 2004). El posterior catabolismo de estos AA impacta directamente en el desarrollo del *flavour* de la mayoría de las variedades de queso por la producción de compuestos volátiles de aroma, tales como ácidos carboxílicos, aldehídos, alcoholes y compuestos azufrados, entre otros (Kieronczyk et al., 2001; Yvon & Rijnen, 2001). Dentro de las enzimas responsables del catabolismo de AA podemos nombrar a las aminotransferasas que convierten los aminoácidos libres en sus correspondientes α -cetoácidos, y a la enzima glutamato deshidrogenasa (GDH), que cataliza la producción de α -cetoglutarato a partir de glutamato. El α -cetoglutarato actúa como aceptor del grupo amino en las reacciones de transaminación participando de esta manera en la formación

de los α -cetoácidos (Williams et al., 2006). En la **Figura 1.10** se muestran las reacciones que ocurren durante el proceso de proteólisis y metabolismo de AA.

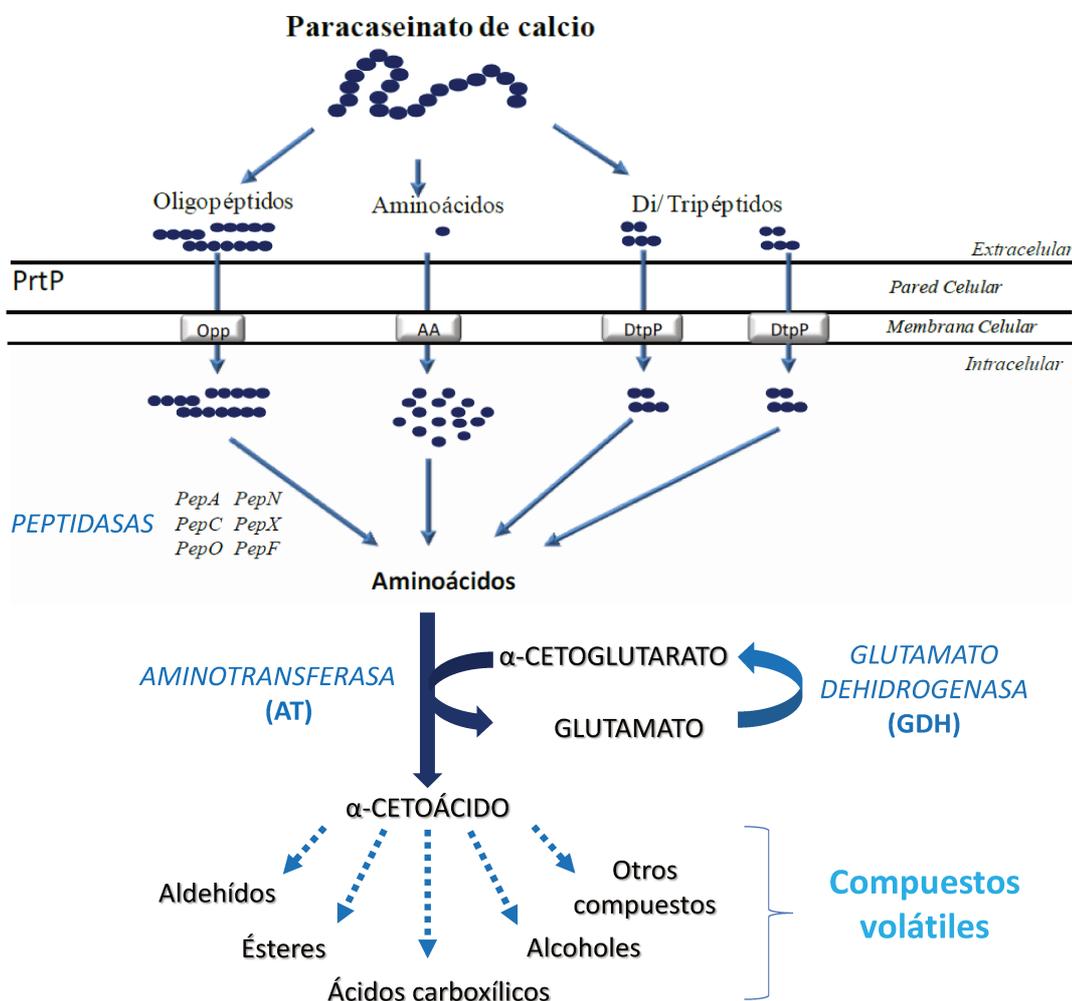


Figura 1.10 Degradación del paracaseinato de calcio durante la maduración del queso y metabolismo de aminoácidos con la producción de compuestos volátiles. Fuente: adaptado de Batistela y col. (2022).

Por todo lo expuesto anteriormente, se puede establecer que la maduración es un proceso fundamental en el queso ya que otorga las características organolépticas típicas de cada variedad (Forde & Fitzgerald, 2000). En efecto, el sabor y aroma del queso es el resultado del balance de una gran variedad de compuestos provenientes de las distintas vías metabólicas descritas anteriormente. El desarrollo de este proceso puede ser modificado tanto positiva como negativamente por diversos factores, entre los cuales se encuentra el nivel de salado, que se evaluará en el presente trabajo. El hecho de que las

reacciones químicas implicadas en la maduración son en su mayoría enzimáticas, principalmente de enzimas microbianas (provenientes de los fermentos adicionados y contaminantes), resalta la importancia de la microbiota del queso en el desarrollo de una maduración adecuada. La actividad metabólica de microorganismos indeseables puede dar lugar a la aparición de distintos defectos de textura, sabor y aroma. Sin embargo, una correcta selección y aplicación de fermentos puede mejorar la maduración e incluso crear nuevos atributos que diversifiquen el producto. Asimismo, se ha detectado que ciertos fermentos adjuntos pueden producir compuestos antimicrobianos y de esta manera inhibir y competir frente a microorganismos indeseables (Ávila et al., 2020).

4.5. Producto final

Finalizada la maduración se obtiene como producto final el queso que se diferenciará según el proceso de elaboración y maduración que obtuvo. El queso Cremoso se resalta por su color blanco o amarillo claro uniforme, su sabor dulce característico y ligeramente ácido, su aroma suave y agradable, y su textura ligeramente elástica, cremosa y pegajosa, y que no posee corteza (Wolf et al., 2020). El queso Pategrás, un queso de pasta semidura, se caracteriza por tener una textura firme y compacta, color uniforme y ligeramente amarillento (Bergamini et al., 2022). Estos tipos de quesos, que son los más populares en Argentina, presentan valores altos de sodio (promedio: 628,5 mg de sodio/100g; coeficiente de variabilidad: 57,4%) debido a la etapa de salado en salmuera (Fundación Interamericana del Corazón Argentina, 2020). Por lo tanto, evaluar su reformulación ha cobrado gran interés en los últimos años.

5. Quesos reducidos en sodio o sin sal agregada

El queso es un alimento que tiene una imagen positiva desde el punto de vista nutricional, porque aporta nutrientes fundamentales como vitaminas (A, B y D), minerales (calcio, fósforo, etc.), y proteínas de alto valor biológico (Meinardi & Candiotti, 2020). Sin embargo, su alto aporte de sodio y grasas es considerado negativo para la salud (Belc et al., 2019; He et al., 2020). Esto, sumado al incremento en la concientización acerca de la relación entre dieta y salud que existe a nivel mundial ha llevado a la industria quesera a desarrollar su potencial para incorporar innovaciones, a modo de atender esta demanda incrementada de formulaciones de alimentos más saludables. No obstante, el

desarrollo de productos con menor nivel de sodio acarrea grandes desafíos. A continuación, se detallan métodos para obtener este tipo de productos con menor nivel de sodio y se resalta el impacto que esta modificación puede generar, se destaca la importancia de la aceptabilidad y cuál es la reglamentación vigente.

5.1 Métodos para disminuir el contenido de sodio en quesos

La estrategia más utilizada para la reducción de sodio en quesos es la disminución de sal añadida durante la etapa de salado o el uso de sales sustitutas que mantengan tanto la salinidad como el efecto de preservación, pero con menos sodio. Entre éstas, el KCl es la más estudiada, aunque también se han evaluado otras sales como MgCl₂, CaCl₂ y lactato de potasio. En general, reemplazos del 25-30% del NaCl dieron buenos resultados, mientras que niveles mayores de sustitución ocasionaron defectos sensoriales por la presencia de sabores desagradables (metálico o amargo). Estas estrategias han sido evaluadas en distintos tipos de queso (Grummer et al., 2012; Karimi et al., 2012; Moatsou et al., 2019; Sihufe et al., 2018). Otros sustitutos del NaCl que se han evaluado son mezclas comerciales de sales como Sub-4salt[®]: contiene NaCl, KCl y gluconato de sodio (puede enmascarar *off-flavour* del K), y Salona: sal del mar Muerto baja en sodio, conteniendo MgCl₂, KCl y NaCl. Asimismo, las sales obtenidas del permeado de suero o de leche han sido propuestas como sustituto de la sal (Smith et al., 2016). Hay pocos antecedentes de la aplicación de estas sales en quesos salados en salmuera; en particular, se ha estudiado en queso Prato (Costa et al., 2018) y Edam (Hoffmann et al., 2020; Luzzi et al., 2021).

Otras estrategias están orientadas a aumentar la percepción de la salinidad, la cual depende de la liberación de los iones de sodio de la matriz del alimento hacia los receptores durante la masticación y salivación. Esta percepción es influenciada por diversos factores tales como la naturaleza de la matriz, así como de las interacciones con otros componentes de sabor (Benjamin et al., 2018; Liem et al., 2011). En este sentido, para compensar la pérdida de sabor de los quesos bajos en sal, se pueden utilizar mejoradores/resaltadores, los cuales generan interacciones sensoriales cruzadas que modifican la percepción de sabores. Algunos de estos compuestos son glutamato, ribonucleótidos (sales de inosinato y guanilato), proteínas vegetales hidrolizadas, y extracto de levadura, los cuales aportan sabor umami que puede mejorar la percepción de

la salinidad y también enmascarar sabores amargos aportados por las sales sustitutas o por péptidos amargos producidos por una proteólisis desbalanceada (Su et al., 2019). Otras sustancias que bloquean el sabor amargo son la adenosina 5`monofosfato (AMP), glicina, arginina, lisina y taurina (McGregor, 2007). Estas estrategias han sido muy utilizadas en embutidos, sopas, etc., pero en quesos hay pocos antecedentes, principalmente en quesos untables o procesados, los cuales no tienen una etapa de desuerado (Grummer et al., 2012; Silva et al., 2017, 2018). En queso Cheddar, el uso conjunto de sustitutos de sal, mejoradores de *flavour* y bloqueadores de amargor condujo a una salinidad adecuada con menos Na y sin amargor (Khetra et al., 2016, 2019). Otras estrategias para la mejora del *flavour* han sido el uso de especies aromáticas como el extracto de orégano en queso Prato (Silva et al., 2017, 2018); o la incorporación de fermentos con capacidad de producir compuestos de aroma (Hoffmann et al., 2020; Møller et al., 2013).

Por otro lado, la modificación de la percepción de la salinidad mediante cambios en la matriz del alimento se ha verificado en quesos modelo adicionados de polisacáridos, los cuales interaccionan con las caseínas modificando la textura y estructura (Benjamin et al., 2018). También se ha demostrado que la materia grasa influye en forma inversa en la percepción de salinidad, lo que se ha asociado a un efecto barrera de la grasa hacia la liberación de sal en la boca, aunque también podría estar relacionado a cambios en la textura (Phan et al., 2008; Syarifuddin et al., 2016). Esto podría facilitar el desarrollo de variedades con contenido reducido en ambos nutrientes, y remarca la necesidad de estudiar ambos factores en forma conjunta.

5.2 Impacto de la reducción de sodio en la calidad de quesos

En quesos, además de aportar sabor salado y resaltar el sabor global, la sal ejerce varias funciones. Junto con el pH, la actividad de agua y el potencial redox, la sal ayuda a la preservación del queso minimizando el deterioro y previniendo el crecimiento de patógenos en queso. Por otro lado, la sal influye en la actividad acuosa, controla el crecimiento microbiano (fermento primario, adjunto y microorganismos contaminantes), la actividad enzimática y los cambios bioquímicos durante la maduración; además, influye en la hidratación de las caseínas y en su susceptibilidad a la proteólisis (Guinee & Fox, 2017). Por lo tanto, dada su importancia y debido a que muchos factores afectan

su absorción y distribución en el queso, es necesario llevar a cabo un control preciso durante la elaboración para garantizar una calidad óptima en el producto (Fox et al., 2017).

De esta manera, el éxito en el desarrollo de quesos bajos en sodio y que tengan una elevada aceptabilidad por los consumidores implicará resolver los problemas generados por la disminución de sodio: asegurar la calidad microbiológica y un adecuado período de vida útil, y mejorar las características sensoriales (baja salinidad y *flavour* global, amargor, *off-flavour*) y de textura (debido a elevada proteólisis) de los productos obtenidos (Cruz et al., 2011).

En nuestro país se han realizado algunos estudios que evaluaron ciertos aspectos de la influencia de la reducción de sodio o reemplazo parcial de NaCl con sales de KCl en queso Tybo (Sihufe et al., 2017, 2018), Mozzarella (Arboatti et al., 2013, 2014), Fynbo (Sihufe et al., 2006) aunque aún falta realizar una evaluación global de la influencia en los distintos aspectos de la maduración del queso, en la calidad sensorial y en la calidad microbiológica. Por otro lado, en el mercado argentino hay algunos quesos que se venden con la aclaración de que son “sin sal agregada”. Más allá de que estos productos están disponibles a nivel comercial en nuestro país, no hay estudios que hayan evaluado el impacto de la omisión del paso de salado en la calidad de quesos. A nivel mundial, se han encontrado un escaso número de trabajos que evaluaron la influencia de la omisión del salado en quesos (Li et al., 2022; Pastorino et al., 2003; Soares et al., 2015).

5.3 Aceptabilidad de quesos con menor contenido de sodio

La reformulación de alimentos como el queso, con el objetivo de disminuir el nivel de sodio, tiene que considerar aspectos importantes como la rentabilidad del producto en el mercado, la aceptabilidad por los consumidores y el cumplimiento de los requisitos legales vigentes. La aceptabilidad depende de muchos factores entre los que destacan sus propiedades sensoriales como el color, el aspecto, el sabor, el aroma y la textura. Se ha demostrado que la selección de alimentos e incluso la percepción agradable o desagradable de los mismos depende de factores sociales y culturales, lo cual puede incluso tener un mayor impacto según las necesidades nutricionales y el estado de salud del individuo. En general, los consumidores aceptarán o rechazarán los productos en función de sus características de aroma y sabor, independientemente de la calidad

nutricional o las ventajas que presente. Por esta razón, para desarrollar nuevos productos es necesario conocer los factores involucrados en la generación y estabilidad de aroma y sabor (Nurmilah et al., 2022). La percepción de estos atributos depende de fenómenos fisiológicos estrechamente relacionados entre sí, pero los compuestos responsables en cada caso tienen propiedades físicas y químicas diferentes. En el sabor influyen las sustancias de mayor peso molecular, no volátiles y solubles en agua; estas sustancias están en menor número que aquellas relacionadas con el aroma, que son volátiles de tal manera de llegar a los centros olfativos (Fox et al., 2017).

El sabor implica una percepción global integrada por excitaciones de los sentidos del gusto y del olfato y, en muchas ocasiones, se acompaña de otros estímulos (visuales, táctiles, de temperatura, etc.). Se trata de la sensación que ciertos compuestos producen en la superficie de la lengua, el paladar y los receptores trigeminales. Si bien una persona puede percibir cientos de sabores distintos, todos ellos son combinaciones de los sabores primarios: dulce, amargo, salado, ácido y umami, por lo cual se considera que es un fenómeno multidimensional. Cada uno de los sabores básicos corresponde a un determinado tipo de compuesto; así, el sabor dulce es producido por diferentes compuestos como azúcares, aldehídos, alcoholes y cetonas, el sabor amargo es producido principalmente por alcaloides, el salado se debe a las sales de sodio, el ácido es generado por iones hidrógeno, y el umami por aminoácidos como el glutamato monosódico (Fox et al., 2017; Miller, 2017).

Si bien cada botón gustativo puede detectar todos los sabores, algunas áreas de la lengua reconocen ciertos sabores mejor que otras y, en particular, lo salado se percibe en la punta y en los lados principalmente. La detección depende de la proporción de estimulación de las diferentes papilas gustativas, aunque esto puede variar por diferentes factores. Por un lado, se conoce que a lo largo de la vida hay una reducción de la cantidad de células perceptivas acompañado de una disminución del flujo salival y alteración de su composición. Esto puede incluso agravarse por el consumo de medicamentos. Asimismo, la sensibilidad de cada individuo es diferente y genéticamente determinada. En general, los hombres son más sensibles a lo amargo y las mujeres a lo dulce y a lo salado. Por otro lado, también influye la temperatura, la textura y las propiedades reológicas del alimento, así como la presencia de otros compuestos. La interacción de dos o más sabores puede aumentar o disminuir la intensidad, como es el caso del dulce que inhibe el salado (Fox et al., 2017; Miller, 2017).

En el caso particular del salado, los cationes causan el sabor salado y los aniones lo inhiben; además, a concentraciones bajas las sales pueden producir un sabor dulce. El cloruro de sodio se toma como referencia del sabor salado y, a diferencia de otras sales, incrementa la salivación y la percepción del dulzor y, además, enmascara o disminuye notas metálicas y amargas. Para otras sales inorgánicas, a medida que aumenta el diámetro iónico de la sal el sabor salado se reduce y se incrementa lo amargo, así el KCl (6,28 Å), el CsCl (6,96 Å) y el MgCl₂ (8,5 Å), resultan amargos en orden creciente (Miller, 2017).

El olor o aroma, a diferencia del sabor, necesita de moléculas estimulantes volátiles de bajo peso molecular para ser percibido y requiere de una corriente de aire para que las transporte a los centros olfativos de la nariz. El ser humano tiene de 10 a 20 millones de receptores olfativos localizados en una superficie de 10 cm² de la región posterior de la nariz. Cuando un compuesto volátil llega al epitelio olfativo situado en el techo de la cavidad nasal, se acopla a receptores específicos por afinidad química y dependiendo de la estructura química de la sustancia en cuestión (tamaño y de sus grupos funcionales), genera un patrón de activación específico que se transmite como una señal nerviosa que puede procesar el cerebro, reorganizando la información para crear un mapa exclusivo del olor que se está percibiendo, lo que permite al cerebro reconocer la naturaleza de cada aroma. El cerebro no sólo puede captar y reconocer los miles de compuestos odoríferos, también puede almacenar la información y recordarla después de largos periodos de tiempo. Sin embargo, la sensibilidad puede verse afectada también por el estado de salud y psicológico del individuo (Miller, 2017).

En el caso particular de los quesos, las transformaciones que se producen durante la maduración son cruciales para lograr la aceptación del producto por los consumidores. Como se mencionó anteriormente, durante la maduración ocurren una serie de transformaciones de los componentes de la leche, a partir de las cuales se producen una gran variedad de compuestos volátiles y no volátiles con impacto en el sabor y aroma del producto. Estas transformaciones dependen de muchos factores, como de los fermentos y coagulante usados, el contenido de sal y humedad de los quesos, el tiempo de maduración, etc., que han sido detallados anteriormente (Fox et al., 2017; Miller, 2017; Nurmilah et al., 2022).

5.4 Rotulado de quesos con menor contenido de sodio

Como se mencionó anteriormente, es importante que el queso reformulado en su contenido de sodio no sólo sea aceptado, sino también cumpla con los reglamentos vigentes. Actualmente, el CAA indica que para que un queso pueda ser rotulado como “sin sal añadida” o “reducido en sal”, se debe cumplir con lo que establecen las “Normas para la rotulación y publicidad de los alimentos” que se obtuvo por resolución conjunta SPRyRS 149/2005 y SAGPyA 683/2005 y se exponen en el Capítulo V del Código Alimentario Argentino (ANMAT, 2018). Estas establecen los términos autorizados para la información nutricional complementaria (declaraciones de propiedades nutricionales) para el caso del sodio y la sal; en la **Figura 1.11** se muestra el atributo y las condiciones que se deben cumplir para declarar información sobre el contenido de sodio y sal en alimentos.

SODIO		
ATRIBUTO	CONDICIONES	
Bajo	No contiene más de 80 mg de sodio	Por 100 g o 100 ml en platos preparados según corresponda
		Por porción cuando estas son mayores a 30 g o 30 ml. En porciones menores o iguales a 30 g o 30 ml se calculará en base a 50 g o 50 ml
Muy bajo	No contiene más de 40 mg de sodio	Por 100 g o 100 ml en platos preparados según corresponda
		Por porción cuando estas son mayores a 30 g o 30 ml. En porciones menores o iguales a 30 g o 30 ml se calculará en base a 50 g o 50 ml
No contiene	No contiene más de 5 mg de sodio	Por 100 g o 100 ml en platos preparados
		Por porción

SAL	
ATRIBUTO	CONDICIONES
Sin adición de sal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El alimento no debe contener sal (cloruro de sodio) adicionado. 2. El alimento no debe contener otras sales de sodio adicionadas. 3. El alimento no debe contener ingredientes que tengan sales de sodio adicionados. 4. El alimento de referencia contiene sal (cloruro de sodio) u otra sal de sodio adicionada 5. El alimento de referencia no cumple con el atributo “Bajo en sodio”. 6. Si el alimento no cumple con la condición establecida para el atributo “No contiene sodio”, deberá consignarse en el rótulo junto a la INC la frase “contiene sodio propio de los ingredientes”, con los mismos caracteres en cuanto al tipo de letra de la INC, de por lo menos 50% del tamaño de la INC, de color contrastante al fondo del rótulo y que garantice la visibilidad y legibilidad de la información.

Figura 1.11 Atributos y condiciones para declarar información sobre el contenido de sodio y sal en alimentos. Fuente: ANMAT (2018)

6. Fundamentación del tema de tesis

La reformulación de alimentos para disminuir su contenido de sodio es una de las estrategias que se ha planteado para lograr una disminución del consumo de sodio de la población y mitigar la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles asociados a un alto consumo de este. En particular, la disminución de este nutriente en quesos puede derivar en un deterioro de su calidad organoléptica, fundamentalmente de la textura y *flavour*, y también de su calidad microbiológica, por lo que el logro de reformulaciones que sean aceptadas por los consumidores es un verdadero desafío para las industrias. Tener un mayor conocimiento del impacto específico de la etapa de salado en la calidad de cada tipo de queso es fundamental ya que permite establecer las bases a partir de las cuales se pueden posteriormente plantear estrategias adecuadas y evaluar su implementación para mejorar la calidad global de quesos reducidos en sodio o sin sal agregada. En la presente tesis se planteó en una primera etapa llevar a cabo un relevamiento de los quesos comerciales con contenido reducido de sal o sin sal agregada en Argentina a modo de diagnóstico de la situación actual, así como tomar conocimiento del posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal. Posteriormente, se evaluó el impacto de la reducción o eliminación del salado en la calidad de dos tipos de quesos de gran consumo en nuestro país, como lo son el queso Cremoso y queso Pategrás.

7. Objetivos

7.1 Objetivo general

El objetivo del presente trabajo fue conocer la situación actual de los argentinos frente al consumo de sal, principalmente en queso, y a su vez evaluar la calidad fisicoquímica, sensorial y microbiológica de quesos con distinto nivel de salado.

7.2 Objetivos específicos

- Llevar a cabo un relevamiento de quesos comerciales con nivel reducido de sodio o sin sal agregada elaborados en Argentina y conocer el posicionamiento de la sociedad frente al consumo de sal.

- Evaluar el impacto de la reducción del tiempo de salado o la ausencia de esta etapa a nivel fisicoquímico, microbiológico y sensorial en quesos Cremoso elaborados a escala industrial.
- Determinar el efecto que presentan las modificaciones en el nivel de salado según el coagulante empleado en el perfil de maduración y la calidad microbiológica de queso tipo Pategrás elaborados con dos fermentos primarios diferentes.

Capítulo 2

“Consumo de sal y producción de quesos con menor contenido de sodio en Argentina: percepción, elaboración y disponibilidad”

1. Introducción

Los datos arrojados por la 2° Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNyS2) 2018-2019 indican que la población argentina consume un nivel elevado de sal, de aproximadamente 7,9g por día en mayores de 18 años, con variación del promedio de consumo entre mujeres (6,5g por día) y hombres (9,4g por día) (Ministerio de Salud de la Nación., 2021). De esta manera, el 91,8% de la población, que representa 9 de cada 10 personas mayores de 18 años, excede a diario el límite máximo establecido por la OMS de 2g sodio/día (5g sal/día). Asimismo, los datos también exponen que un 80% de las muertes en el país se producen por enfermedades crónicas no transmisibles, siendo una de las principales, las enfermedades cardiovasculares, cuyo factor de riesgo más importante es la hipertensión arterial. En Argentina, el número de personas afectadas por esta condición es alto, la encuesta realizada en 2018 determinó que el 46,6% de la población adulta presenta hipertensión arterial. La probabilidad de padecerla está fuertemente asociada al alto consumo de sodio, el cual proviene en un 65-70% de productos procesados y ultraprocesados. Por lo cual, se han realizado estudios para conocer el aporte de este mineral a partir de grupos de alimentos que son comunes en la dieta argentina. Por ejemplo, se ha calculado que en promedio las carnes y productos a

base de carnes aportan 956,5 mg Na / 100g, snacks y aperitivos 937,1 mg Na / 100g, pescados y productos a base de pescados 655,9 mg Na / 100g, panes y productos de panadería 338,3 mg Na / 100g, lácteos 402,6 mg Na / 100g, comidas rápidas 351,8 mg Na / 100g, entre otros (Fundación Interamericana del Corazón Argentina, 2020). Dentro de los productos lácteos, los quesos presentan el mayor aporte, con valores que van en un rango entre 443 y 804 mg sodio/100g (Elorriaga et al., 2017). Sin embargo, desde que se han llevado a cabo estos estudios hubo cambios en la legislación y se ha incorporado el etiquetado frontal en los productos que superan el límite establecido para nutrientes críticos. Esto ha llevado a la reformulación y aparición de nuevos tipos de productos reducidos en sodio o sin sal agregada. Sin embargo, se desconoce la oferta actual y la disponibilidad en el mercado.

A nivel mundial también se han estudiado e incorporado en el mercado quesos con menor nivel de sodio (Agarwal et al., 2011). Sin embargo, la aceptabilidad sigue siendo un gran desafío (Johnson et al., 2009). Algunas encuestas indican que prefieren consumir alimentos con sal por el aporte que realiza a su sabor, mientras que otras defienden el beneficio que presentan los productos reducidos en sodio para la salud (Burgos et al., 2022; Gaitán et al., 2015; Iaccarino Idelson et al., 2020; Land et al., 2018; Mill et al., 2019, 2021). Suele suceder que, si bien se comprende que el alto consumo de sal puede repercutir en la salud, no suele percibirse como una situación que puede suceder a nivel personal (Sánchez et al., 2012). Por lo tanto, resulta interesante conocer el posicionamiento actual que tienen los ciudadanos argentinos sobre la importancia de reducir el nivel de sodio.

El objetivo de este capítulo fue llevar a cabo un diagnóstico de la situación actual a partir del relevamiento de quesos reducidos en sodio o sin sal agregada que se comercializan por parte de distintas industrias lácteas del país, así como también de su disponibilidad en el mercado. A su vez, se realizó una encuesta para conocer el posicionamiento actual de los argentinos frente al consumo de sal, la conciencia social que hay hoy en día sobre el tema y cómo evalúan los productos presentes hasta la fecha.

2. Materiales y métodos

2.1 Relevamiento de la disponibilidad de quesos comerciales reducidos en sodio o sin sal agregada en Argentina

Se analizaron datos disponibles en internet a partir de las páginas web de las principales empresas lácteas de Argentina, a fin de conocer la disponibilidad de quesos con un nivel reducido de sodio o sin sal agregada. A partir de estos datos se confeccionó una tabla a modo de registro en la cual se incorporaron imágenes de los productos para visualizar el etiquetado y la información nutricional cuando estaba disponible. Además, se revisaron las páginas web de diferentes supermercados evaluando la disponibilidad de este tipo de productos para los consumidores.

2.2 Encuesta para conocer el posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal

Se realizó un estudio con enfoque mixto, correlacional y transversal mediante una encuesta en Google Form en base a un modelo aportado desde la OMS para evaluar el consumo de sal (disponible en: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/searo/healthy-diets/salt-reduction/sample-standalone-questionnaire.pdf?sfvrsn=8e918b2c_3). El cuestionario se modificó con el objetivo de direccionarlo hacia el tema de estudio (quesos reducidos en sodio) y contemplando los destinatarios a realizarla (población argentina). El modelo final de la encuesta se muestra en la **Figura 2.1**. La misma permitió obtener información sobre el posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal.

Consumo de sal en la población argentina

*Indica que la pregunta es obligatoria

Ciudad *

Tu respuesta

Edad *

Tu respuesta

Género *

Tu respuesta

Último nivel de educación *

Escuela Primaria (incompleto)

Escuela Primaria (completo)

Escuela Secundaria (incompleto)

Escuela Secundaria (completo)

Universidad (Grado - incompleto)

Universidad (Grado - completo)

Universidad (Posgrado - incompleto)

Universidad (Posgrado - completo)

¿Se le ha diagnosticado alguna de las siguientes condiciones de salud? *
Hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares (infarto de miocardio o cardiopatía), cáncer gástrico, obesidad, osteoporosis, enfermedades renales (insuficiencia o cálculos renales), derrame cerebral.

Sí

No

¿Cuál considera que sería la cantidad máxima de sal que debe consumir un adulto por día? *

Nada

Una pizca

Menos de una cucharadita

Una cucharadita

Una cucharada

Más de una cucharada

No hay un máximo

¿Cree que comer habitualmente una gran cantidad de sal está relacionado con problemas de salud? *

Sí

No

¿Qué tan preocupado está por el contenido de sal en los alimentos? *

Nada preocupado

Algo preocupado

Muy preocupado

¿Toma alguna medida de forma habitual para controlar el consumo de sal? *

Sí

No

¿Podría especificar de forma breve qué tipo de medidas toma? *

Tu respuesta

¿Habitualmente opta por productos reducidos en sal como opción para controlar el consumo de sal? *

Sí

No

¿Con qué frecuencia consume quesos? *

Nunca

Rara vez (una vez cada 15 días)

A veces (1 a 2 veces por semana)

A menudo (3 a 4 veces por semana)

Siempre (a diario)

¿Ha consumido alguna vez queso reducido en sodio o sin sal agregada? *

Sí

No

Si respondió que Sí en la pregunta anterior, ¿Cómo considera su grado de gusto respecto al producto? *

No me gustó

Me resultó indiferente

Me gustó

¿Cuál considera que es el motivo de su respuesta anterior? *

Tu respuesta

¿Compraría quesos reducidos en sodio o sin sal agregada para consumo personal? *

Sí

No

No sé

¿Podría explicar brevemente el motivo de su elección en el punto anterior? *

Tu respuesta

Figura 2.1 Encuesta realizada para recopilar información sobre el posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal.

2.3 Análisis estadístico

Se empleó la prueba de chi-cuadrado para el análisis de los resultados de la encuesta, considerando $p \leq 0,05$ como significativo. El análisis se llevó a cabo utilizando el software R (<https://www.r-project.org/>) a partir de la función `chisq.test()` y `fisher.test()` del paquete `base stats`.

3. Resultados y discusión

3.1 Relevamiento de la disponibilidad de quesos comerciales reducidos en sodio o sin sal agregada en Argentina

Se recopilaron datos de producción de quesos reducidos en sodio o sin sal agregada de 27 empresas lácteas del país. En la **Tabla 2.1** se muestran ordenadas alfabéticamente las empresas relevadas con el nombre del producto y con la información de la página web, la imagen con su respectiva etiqueta y la descripción del producto. Cuando estuvo disponible, se informó la tabla nutricional en la cual se puede apreciar que, en general, el contenido de sodio presenta valores entre 35 mg / 100 g y 250 mg / 100 g. Como limitante, hay que considerar que se evaluaron empresas que disponen de página web y que son las principales del país (OCLA, 2023), pudiendo quedar por fuera otras industrias o pymes. De esta manera, en la búsqueda se encontraron 38 productos reducidos en sal o sin sal agregada. En general fueron quesos de pasta blanda: Port Salut (23), Mozzarella (4) Cremoso o Cuartirolo (3) y otros (5), destacándose ciertos quesos de pasta semidura y dura como Pategrás, Tybo y Reggianito.

Tabla 2.1 Relevamiento de empresas que producen quesos reducidos en sodio o sin sal agregada.

Empresa y producto	Foto y descripción del producto																																								
<p>Barraza</p> <p>Queso Por Salut sin sal</p>	<p>https://web.lacteosbarraza.com.ar/quesos-blandos/</p>  <p style="text-align: center;">INFORMACION NUTRICIONAL Porción = 30 g (una rebanada)</p> <table border="1" data-bbox="469 1160 1334 1462"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cantidad por porción</th> <th colspan="2">% VD (*)</th> <th colspan="2">Cantidad por porción</th> <th colspan="2">% VD (*)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor Energético</td> <td>95 Kcal 392 Kj</td> <td>5%</td> <td>Grasas Saturadas</td> <td>4,4 g</td> <td>20%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos</td> <td>0,7 g</td> <td>0%</td> <td>Grasas Trans</td> <td>0g</td> <td>—</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proteínas</td> <td>5,4 g</td> <td>7%</td> <td>Fibra alimentaria</td> <td>0g</td> <td>0%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grasas Totales</td> <td>7,8 g</td> <td>14%</td> <td>Sodio</td> <td>28 mg</td> <td>1%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentación: horma o media horma. • Peso: 3,5 o 1,8 kg. • Temperatura de conservación: 4°C a 8°C. • Envasado: al vacío. 	Cantidad por porción		% VD (*)		Cantidad por porción		% VD (*)		Valor Energético	95 Kcal 392 Kj	5%	Grasas Saturadas	4,4 g	20%			Carbohidratos	0,7 g	0%	Grasas Trans	0g	—			Proteínas	5,4 g	7%	Fibra alimentaria	0g	0%			Grasas Totales	7,8 g	14%	Sodio	28 mg	1%		
Cantidad por porción		% VD (*)		Cantidad por porción		% VD (*)																																			
Valor Energético	95 Kcal 392 Kj	5%	Grasas Saturadas	4,4 g	20%																																				
Carbohidratos	0,7 g	0%	Grasas Trans	0g	—																																				
Proteínas	5,4 g	7%	Fibra alimentaria	0g	0%																																				
Grasas Totales	7,8 g	14%	Sodio	28 mg	1%																																				

Barraza

**Queso
Por Salut
sin sal
light**

<https://web.lacteosbarraza.com.ar/quesos-blandos/>



INFORMACION NUTRICIONAL

Porción = 30 g (una rebanada)

Cantidad por porción		% VD (*)	Cantidad por porción		% VD (*)
Valor Energético	64 Kcal 268 Kj	3%	Grasas Saturadas	3,3 g	15%
Carbohidratos	0,6 g	0%	Grasas Trans	0g	–
Proteínas	5,4 g	7%	Fibra alimentaria	0g	0%
Grasas Totales	4,5 g	8%	Sodio	30 mg	1%

(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

Queso Por Salut dietético de contenido lipídico reducido, sin sal agregada comparado con el Queso Por Salut Barraza.

- Presentación: horma o media horma.
- Peso: 3,5 o 1,8 kg.
- Temperatura de conservación: 4°C a 8°C.
- Envasado: al vacío.

Bonne Vie

Queso Cremoso

<https://pedrasblancas.com.ar/producto/cremoso-bajo-en-lactosa-sin-sal/>



Cremoso reducido en lactosa sin sal

INFORMACIÓN NUTRICIONAL



	Cantidad porción 30g (una rebanada)	%VD*
Valor energético	117 Kcal=490 kJ	6
Carbohidratos	0,6 g	0
Azúcares Totales	0,6 g	-
Azúcares Añadidos	0,0 g	-
Proteínas	9,0 g	12
Grasas Totales	8,7 g	16
Grasas Saturadas	5,0 g	23
Grasas Trans	0,0 g	0
Fibra Alimentaria	0,0 g	0
Sodio	21 mg	1

Queso Cremoso bajo en lactosa y sin sal. Es un queso de gran sabor, cremoso, brillante de un color tenue amarillo y apariencia elástica. En boca es fundente y levemente ácido, donde se destaca su aroma y gusto a manteca. Ideal para aquellas personas intolerantes a la lactosa, que no quieren dejar de comer lácteos. Se destaca por su frescura, alta cremosidad y untuosidad en boca.

- Período apto de consumo: 90 días desde la fecha de elaboración.
- Presentaciones: Piezas de 300 g aproximadamente.

<p>Canut</p> <p>Queso Cremolight</p>	<p>https://quesoscanut.com.ar/index.php?pagina=detalle&idsec=115&idp=680</p>  <p>Es un queso de pasta blanda, elástica y sin sal. Es de maduración intermedia y su sabor es suave y fresco. No tiene corteza y posee el 50% de materia grasa. Es ideal para consumir a cualquier hora, acompañar el pan, tostadas, ensaladas como para utilizarse en preparaciones más elaboradas, tanto frías como calientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición: elaborado con leche pasteurizada de vaca. • Conservación: entre 2°C y 8°C. • Estacionamiento: 20 a 30 días. • Presentación: horma por mitad, envasada al vacío. • Dimensiones: diámetro 14 cm aprox. Altura 14 cm.
<p>Canut</p> <p>Queso Magro</p>	<p>https://quesoscanut.com.ar/index.php?pagina=detalle&idsec=115&idp=676</p>  <p>Es un queso de pasta blanda, elástica y sin sal. Es de maduración intermedia y su sabor es suave y fresco. No tiene corteza y posee el 50% de materia grasa. Es ideal para consumir a cualquier hora, acompañar el pan, tostadas, ensaladas como para utilizarse en preparaciones más elaboradas, tanto frías como calientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición: elaborado con leche pasteurizada de vaca. • Conservación: entre 2°C y 8°C. • Estacionamiento: 20 a 30 días. • Presentación: horma de 4 kg envasado al vacío; horma por mitad y trozado en porciones; feteado envasado al vacío por 200 g aproximadamente. • Dimensiones: altura 9 cm y diámetro 25 cm aproximadamente.

<p>Chamen</p> <p>Queso Por Salut sin sal agregada</p>	<p>http://www.quesoschamen.com.ar/</p> 
<p>Coto</p> <p>Queso Mozzarella sin sal agregada</p>	<p>https://www.cotodigital.com.ar/sitios/cdigi/productos/queso-mozzarella-sin-sal-agregada-coto-500g/_R-00590371-00590371-200</p> 

Cremigal
Queso Por Salut sin sal agregada

<https://cremigal.com/productos/quesos/quesos-blandos/queso-por-salut-sin-sal-agregada/>



INFORMACIÓN NUTRICIONAL
PORCIÓN 30G (UNA REBANADA)

	Cantidad por porción	% VD (*)
Valor Energético	92 Kcal = 386 Kj	5%
Carbohidratos	0,3 g	0%
Proteínas	6,6 g	9%
Grasas totales	7,2 g	13%
Grasas saturadas	3,6 g	16%
Grasas trans	0 g	-
Fibra alimentaria	0 g	0%
Sodio	5,3 mg	0%

(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 kcal u o 8400 kj. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas



Es un queso fresco, de masa semiblanda, con una textura lisa y uniforme. Su sabor característico es dulce con un toque ácido y su color, blanco uniforme.

Dia
Queso Mozzarella sin sal

<https://diaonline.supermercadosdia.com.ar/queso-mozzarella-sin-sal-dia-500-gr-299665/p>



- Presentación: 500g.

<p>Dia</p> <p>Queso Por Salut sin sal</p>	<p>https://diaonline.supermercadosdia.com.ar/queso-por-salut-sin-dia-1-kg-297683/p</p>  <p>Queso Por Salut Sin sal Dia por 1 kg.</p>
<p>Don Atilio</p> <p>Queso Por Salut sin sal</p>	<p>https://www.donatilio.com/quesos-blandos</p>  <p>Queso Port Salut. De origen francés, de suave sabor, consistencia firme y elástica. Tiene menor contenido de materia grasa. Sin Sal: con sabor más suave y es ideal para ser consumido por quienes requieren dietas bajas en sodio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentaciones: Envasado al vacío, por 4,5 kg.

Doña cuchara

**Queso
Pategrás
sin sal**

<http://www.donacuchara.com.ar/>



Pategrás: pasta Semidura y mediana humedad.

- Hormas en Barra de 3 kg.
- Maduración: 45 días (mínimo).
- Variedades de Gustos: Natural – Albahaca – Orégano - Tres Pimientas – Pimienta - Ají Molido.

La Paulina

**Queso blando
magro**

<https://www.lapaulina.com.ar/es/productos/quesos-blandos/magro>



Queso blando sin sal agregada y reducido en grasas. Su consistencia es elástica, de aroma agradable y sabor suave. Se puede utilizar para todo tipo de preparaciones. La presentación es en hormas de 4 kg o trozado de 500g.

La Serenísima

Queso Saint Paulin sin sal

https://www.laserenisima.com.ar/producto_111_saintapaulin



INFORMACIÓN NUTRICIONAL			
Porción 30 g (1 feta).			
	Cant. por 100g	Cant. por porción	%VD (*)
Valor energético	223 kcal/ 932 kJ	67 kcal/ 280 kJ	3
Carbohidratos de los cuales	0,5 g	0 g	0
Azúcares totales	0,5 g	0 g	-
Lactosa	0,0 g	0,0 g	-
Proteínas	28 g	8,5 g	11
Grasas totales	12 g	3,6 g	7
Grasas saturadas	7,2 g	2,2 g	10
Grasas trans	0 g	0 g	-
Sodio	38 mg	11 mg	0
Calcio	932 mg	280 mg	28

No aporta cantidades significativas de azúcares añadidos y fibra alimentaria. (*) % Valores diarios con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

QUESO SAINT PAULIN

VENTA AL PESO

Queso de consistencia blanda y cremosa. Tiene un 50% menos de grasa y 30% menos de calorías que el Saint Paulin Tradicional. Ideal para meriendas, desayunos y entre comidas, ya sea con galletitas, tostadas o para snakear. Sin lactosa y libre de gluten.

- Mantener refrigerado (2 - 8°C).
- Presentación: fraccionado, con venta al peso.

La Varense
Queso Magro sin sal

<https://lavarense.com.ar/productos/>



Lactear
Queso saludable Por Salut sin sal

<https://www.lactear.com.ar/producto/por-salut-sin-sal/e0fad77304>



Queso de pasta blanda cerrada, algo elástica y suave.

- Este producto no se somete al proceso de salado.
- Envasado al vacío.
- Conservación ente 4°C a 8°C, estacionamiento de 25 días.
- Presentación en horma de 3,8 kg o en media horma de 1,9 kg.

<p>Lácteos Castelar</p> <p>Queso Port Salut sin sal</p>	<p>https://www.lacteocastelar.com.ar/productos/quesos/quesos-de-pasta-blanda/queso-port-salut-sin-sal/</p>  <p>Queso de alta humedad o pasta blanda, graso, elaborado con leche entera o estandarizada. Sin corteza. Pasta blanco-amarillenta. No presenta ojos. Este queso de típico gusto francés, tiene sus antecedentes en el queso elaborado en la abadía de Notre-Dame du Port-du-Salut, construida en 1233. Fue tanta la popularidad alcanzada por este queso, que se hizo conocido en toda Francia en muy poco tiempo. Muchas queserías tomaron la receta y comenzaron también a elaborarlo en todo el país con el nombre de queso Saint-Paulin. En la Argentina fue introducido por los inmigrantes europeos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso aprox.: 4 kg. • Maduración: 60 días a 4°C.
<p>Lácteos Rosario</p> <p>Queso Por Salut sin sal</p>	<p>https://lacteosrosario.com/producto/por-salud-sin-sal-lacteos-rosario/</p>  <p>Es un queso de pasta blanda, de consistencia elástica, de sabor dulce característico y aroma acentuado típico sin sal agregada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentación: horma (3,800 kg) o media horma.

Lácteos Vidal

**Queso
Por Salut
sin agregado
de sal**

<https://www.lacteosvidal.com.ar/productos/>



Maricré

**Por Salut
sin sal
agregada**

<https://maricre.com.ar/product/queso-por-salut-sin-sal-fraccion-maricre/>



**Melincué
(Remotti)**

**Queso
Por Salut
sin sal**



Información Nutricional			
Por salut magro sin sal agregada libre de gluten- Sin Tacc			
Tamaño de la porción: 30 g (1 rebanada)			
	Cantidad por	%VD	100 gr
Valor energetico Kcal	67,6 Kcal	3 %	225,2 Kcal
Valor energetico KJ	283,8 KJ		945,8 KJ
		%VD	
Carbohidratos de los cuales	0,8 g	0 %	2,7 g
Azucares totales	0,8 g	- %	2,7 g
Azucares añadidos	0,0 g	- %	0,0 g
Proteinas	8,0 g	3 %	26,6 g
Grasas totales	3,6 g	5 %	12,0 g
Grasas saturadas	2,2 g	4 %	7,3 g
Grasas trans	0,1 g	- %	0,2 g
Fibra alimentaria	0,0 g	0 %	0,0 g
Sodio	16,2 mg	1 %	54,0 mg

Los porcentajes de los valores diarios estan basados en una dieta de 2.000 kcal. Dichos valores pueden ser mayores o menores dependiendo de las necesidades caloricas

Queso de alta humedad, magro, elaborado con leche estandarizada, acidificada por cultivo de bacterias lácticas y coagulada por cuajo y/o enzimas específicas.

- Apto para celíacos.
- Sin sal agregada.
- Conservar refrigerado 4-8°C.
- Envase 4kg. Aproximadamente. Venta al peso.

Migue

**Reggianito
Light**

<https://quesosmigue.com/producto/reggianito-light/>



Reggianito Light. Queso de baja humedad o pasta dura madurada graso o semigraso que se obtiene por coagulación de la leche por medio del cuajo y/o enzimas coagulantes apropiadas, completada por la acción de bacterias lácticas específicas.

Es la versión light del tradicional Reggianito, debido a que posee el 50% menos del contenido de Cloruro de Sodio y un 50% menos del contenido de grasa en extracto seco, manteniendo el sabor característico. La corteza es pintada color verde haciendo referencia a los productos light, y la pasta es levemente amarillenta.

Sus antecedentes son los quesos duros italianos Parmiggiano Reggiano y Grana Padano. La tecnología de elaboración de este queso es una adaptación de aquella italiana incorporada al país con los inmigrantes. Es más húmedo, más graso y de tiempo de maduración más corto que los quesos de pasta dura italianos. Además, su formato de comercialización es sustancialmente menor que aquellos. El queso Reggianito es el queso duro más importante elaborado en nuestro país, el más consumido y el más exportado.

- Presentación: 7,6 kg.
- Posee aproximadamente 8 meses de maduración.
- Grasa: la leche que producen las vacas tiene un tenor graso de 3,6%. Cuando se elabora un Reggianito tradicional, este porcentaje se reduce al 3% mediante un proceso llamado “Desnatado”. Al momento de elaborarse Reggianito Light Migue, esto es llevado al 1,5%.
- Sal: una vez elaborado el queso, se procede a salarlo a fin de brindarle la consistencia necesaria. Para cualquier queso de rallar, este procedimiento necesita de un día por cada kilogramo de queso. En Quesos Migue reducimos el contenido de sodio al 50%, empleando la mitad de tiempo para dicho proceso.

Puyehué

**Queso
Cremoso
sin agregado
de sal**

<https://lacteospuyehue.com/producto/queso-cremoso-sin-agregado-de-sal/>



INFORMACIÓN NUTRICIONAL
Por porción de 30 g (una rebanada)

	Cantidad por porción	% VD (*)
Valor energético	100 Kcal = 420 kJ	5
Proteínas	5,7 g	8
Grasas totales	8,1 g	15
Grasas saturadas	5,3 g	24
Sodio	23 mg	1

ENVASADO AL VACÍO - VENTA AL PESO
INDUSTRIA ARGENTINA

Queso Cremoso sin agregado de sal:

- Ingredientes: Leche estandarizada pasteurizada, fermentos lácticos, enzimas coagulantes y cloruro de calcio.
- Contiene leche y derivados de leche.
- No es un alimento libre de sodio.

<p>Puyehué</p> <p>Queso Por Salut dietético sin sal agregada</p>	<p>https://lacteospuyehue.com/producto/queso-por-salut-light-reducido-en-40-de-grasas/</p>  <p>Queso Por Salut dietético, sin sal agregada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingredientes: Leche estandarizada pasteurizada, fermentos lácticos, enzimas coagulantes, cloruro de calcio. • Contiene leche y derivados de leche.
<p>Puyehué</p> <p>Queso Por Salut Light sin sal agregada</p>	<p>https://lacteospuyehue.com/producto/queso-por-salut-dietetico-de-contenido-graso-reducido-sin-sal-agregada/</p>  <p>Queso Por Salut Light sin sal agregada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentación: porción 500 g. • Ingredientes: Leche estandarizada pasteurizada, fermentos lácticos, enzimas coagulantes y cloruro de calcio. • Contiene leche y derivados lácteos. • Contiene sodio propio de los ingredientes.

<p>Puyehué</p> <p>Queso Tybo sin sal agregada</p>	<p>https://lacteospuyehue.com/producto/queso-tybo-sin-agregado-de-sal/</p>  <p>Queso Tybo, barra sin sal agregada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingredientes: Leche estandarizada pasteurizada, fermentos lácticos, enzimas coagulantes y cloruro de calcio. Colorante: INS 160b. • Contiene leche. • Contiene sodio propio de los ingredientes.
<p>Ricolact S.R.L</p> <p>Queso Cremoso sin sal agregada</p>	<p>https://ricolact.com.ar/productos.php?idCat=1</p>  <p>Queso de pasta blanda, que cuenta con una característica elasticidad, y una masa de color blanco ligeramente amarillenta. Su sabor suave se caracteriza por no tener agregado de sal en su producción lo que lo convierte en una opción muy rica y saludable para gratinar en tus platos, acompañar con galletitas en colaciones y también crear exquisitos rellenos. Queso sin cáscara, envasado al vacío, con presentación en media horma de 2 kg aproximadamente. Si bien su textura es muy similar al queso magro, se diferencia por tener mayor contenido graso. Se recomienda trozar la horma en porciones que correspondan al consumo habitual del producto, evitando que permanezca varios días en la heladera.</p>
<p>Ricolact S.R.L</p> <p>Queso Por Salut</p>	<p>https://ricolact.com.ar/productos.php?idCat=1</p>  <p>Es una alternativa saludable para el consumo diario, que cuenta con menos de la mitad del contenido graso del tradicional Cremoso y presenta bajo contenido de sal. Es de pasta blanda, sin corteza, envasado al vacío, con presentación en medias hormas redondas de 1,5 kg aproximadamente. Se recomienda trozar la horma en porciones que correspondan al consumo habitual del producto, evitando que permanezca varios días en la heladera. Puede consumirse solo o combinarse con todo tipo de alimentos: dulces, salados y agridulces. Es ideal para la elaboración de diferentes platos, tanto fríos como calientes.</p>

<p>Ricolact S.R.L</p> <p>Queso Por Salut magro</p>	<p>https://ricolact.com.ar/productos.php?idCat=1</p>  <p>Alternativa del queso tradicional Cremoso, pero sin sal agregada y con menos de la mitad del contenido graso. Es un queso de pasta blanda, sin cáscara, envasado al vacío, con presentación en medias hormas redondas de 1,5 kg aproximadamente. Se recomienda trozar la horma en porciones que correspondan al consumo habitual del producto, evitando que permanezca varios días en la heladera. Puede consumirse solo o acompañando tus comidas. Gracias a que no cuenta con sal agregada, tus platos se convertirán en opciones saludables, pero totalmente sabrosas.</p>
<p>Silvia</p> <p>Mozzarella sin sal agregada</p>	<p>https://www.lacteosilviasrl.com/que-hacemos.html#&gid=1310820784&pid=1</p> 
<p>Silvia</p> <p>Queso Por Salut argentino sin sal</p>	<p>https://www.lacteosilviasrl.com/que-hacemos.html</p> 

**Sobrero y
Cagnolo**

**Queso
Por Salut
sin sal**

<https://sobreroycagnolo.com/productos/por-salut-sin-sal/>



INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Porción 30 g (1 rebanada)

	Por Porción	% VD*
Valor Energético	98 kcal / 412 kJ	5 %
Carbohidratos	1,0 g	0 %
Proteínas	5,6 g	8 %
Grasas Totales	8,0 g	15 %
Grasas Saturadas	4,2 g	19 %
Grasas Trans	0 g	-
Fibra Alimentaria	0 g	0%
Sodio	16 mg	1 %
Calcio	202 mg	20 %

* Valores Diarios con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

- Presentación: Horma

Tregar

**Queso
Por Salut
light
sin sal**

<https://www.tregar.com.ar/product/quesos-fraccionados-en-origen-portsalut-light-sin-sal/>



Porción: 30g (1 rebanada)

	CANTIDAD POR PORCIÓN	% VALOR DIARIO*
Valor Energético	70 kcal (294 kJ)	4%
Carbohidratos	0.0 g	0%
Proteínas	8.7 g	12%
Grasas totales	3.9 g	7%
Grasas saturadas	2.1 g	9%
Grasas trans	0.2 g	0%
Fibra alimentaria	0 g	0%
Sodio	11 mg	0%
Calcio	240 mg	24%
Fósforo	185 mcg	26%
Vitamina A	52 mcg	9%

* Valores diarios con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ.
Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de
sus necesidades energéticas.

Queso de pasta blanda, descremado, reducido en grasas y calorías, sin sal agregada. Es un queso recomendado para aquellas personas que requieren de dietas alimenticias con bajo contenido de sodio. Dos rebanadas de este queso aportan el 48% de la dosis diaria recomendada de calcio.

- Fraccionado en origen bajo estrictas normas de inocuidad.
- Presentación en 0,4 kilos aproximadamente (Venta al peso)

Tremblay

**Queso
Por Salut
light**

<https://www.tremblay.com.ar/#menu-blandos>



INFORMACION NUTRICIONAL

	Porción: 30 gr. (1 feta)	Medida casera
	Cantidad por porción	% VD(*)
Valor Energético (Kcal = Kj)	83/347	5
Carbohidratos (g)	0.4	0
Proteínas (g)	7.6	10
Grasas totales (g)	5.7	10
Grasas Saturadas (g)	3.9	18
Grasas trans (g)	0	-
Fibra alimentaria (g)	0	0
Sodio (mg)	75.6	3

Un queso de pasta blanda. Light, sin sal agregada, de sabor suave y lácteo, ideal para disfrutarlo solo, acompañado o usarlo para gratinar comidas.

- Presentación en horma de 3,7 kg y porcionado en 400g.
- Conservación entre 2° y 8°C.
- Vida útil de 65 días.

Vacalin

**Queso
Mozzarella
sin sal**

<https://www.vacalin.com.ar/productos/mozzarella-sin-sal/26>



INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Porción de 30 g = 1 rebanada

	Cantidad por Porción	Cantidad cada 100 gr	% VD por porción (*)
Valor Energético	101 kcal / 422 kJ	337 kcal / 1408 kJ	5
Carbohidratos de los cuales:	0 g	0 g	0
Azúcares totales	0 g	0 g	-
Azúcares añadidos	0 g	0 g	-
Proteínas	8,1 g	27 g	11
Grasas Totales	7,5 g	25 g	14
Grasas Saturadas	4,8 g	16 g	22
Grasas Trans	0 g	0 g	-
Fibra alimentaria	0 g	0 g	0
Sodio	11 mg	37 mg	0

(*)Valores diarios para la República Argentina con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

La Mozzarella sin sal es de consistencia semidura, de textura fibrosa, elástica y cerrada; de color blanco amarillento, de sabor y olor láctico y sin corteza. Es el aliado perfecto para quienes tienen dietas restringidas en sodio.

Vacalin

**Queso
Por Salut
fit Vacalin
sin sal**

<https://www.vacalin.com.ar/productos/por-salut-fit-sin-sal/24>



INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Porción de 30 g = 1 y ½ fetas

	Cantidad por Porción	Cantidad cada 100 gr	% VD por porción (*)
Valor Energético	72 kcal / 305 kJ	240 kcal / 1017 kJ	4
Carbohidratos de los cuales:	0 g	0 g	0
Azúcares totales	0 g	0 g	-
Azúcares añadidos	0 g	0 g	-
Proteínas	7,2 g	24 g	10
Grasas Totales	4,8 g	16 g	9
Grasas Saturadas	2,9 g	10 g	13
Grasas insaturadas	1,3 g	4 g	-
Grasas poliinsaturadas	0,1 g	0,3 g	-
Grasas Trans	0 g	0 g	-
Colesterol	14 mg	47 mg	-
Fibra alimentaria	0 g	0 g	0
Sodio	24 mg	80 mg	1

(*)Valores diarios para la República Argentina con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

Es liviano, reducido en grasas y calorías, de consistencia blanda y elástica; de color blanco amarillento, de buen sabor y textura, de corteza lisa. Apto para dietas bajas en sal. Almacenamiento: 2 a 8°C. Peso: 400 g.

**Verónica
Queso
Cuartirolo
light
sin agregado
de sal**

<https://www.veronica.com.ar/productos.php?c=quesos>



INFORMACIÓN NUTRICIONAL

PORCIÓN: 30 g (1 rebanada)	Cantidad por porción	% VD (*)
Valor energético	49 kcal = 205 kJ	2
Carbohidratos	0 g	0
Proteínas	9,6 g	13
Grasas totales	1,2 g	2
Grasas saturadas	0,7 g	3
Grasas trans	0 g	
Fibra alimentaria	0 g	0
Sodio	24 mg	1
Calcio	160 mg	16

- Horma envasada al vacío (3,6 kg aprox.)
- 1/2 horma envasada al vacío
- Trozado envasado al vacío (600 g aprox.)

**Verónica
Queso
Por Salut
sin agregado
de sal**

<https://www.veronica.com.ar/productos.php?c=quesos>



INFORMACIÓN NUTRICIONAL

PORCIÓN: 30 g (1 rebanada)	Cantidad por porción	% VD (*)
Valor energético	88 kcal = 368 kJ	4
Carbohidratos	0 g	0
Proteínas	6,4 g	8
Grasas totales	6,9 g	12
Grasas saturadas	4,1 g	19
Grasas trans	0,4 g	
Fibra alimentaria	0 g	0
Sodio	8 mg	0
Calcio	160 mg	16

- Presentación en media horma envasada al vacío o trozado envasado al vacío (600g. aprox)

En general, estos quesos reducidos en sodio o sin sal agregada se producen reduciendo el tiempo que se mantienen en salmuera o directamente evitando la etapa de salado. En los quesos con salado normal disponibles en el mercado, como por ejemplo el Cremoso, el nivel de sodio varía entre 150 a 400 mg al considerar una porción de 30 g como indica el Código Alimentario Argentino (ANMAT, 2018). Esta cantidad es significativamente menor en los quesos reducidos en sal o sin sal añadida cuyo valor disminuye a 75 mg de sodio cada 30 g o a 11-30 mg de sodio cada 30 g, respectivamente, según lo presentado en la **Tabla 2.1**. Esto a su vez, genera diferencias visuales en las etiquetas que se pueden observar en el packaging. En la **Tabla 2.1** se puede apreciar que los quesos reducidos en sodio o sin sal agregada presentan diferentes declaraciones, como “76% menos de sodio”, “sin sal” o “sin sal agregada” y, en algunos casos, también informan “contiene sodio propio de los ingredientes” y “no es un alimento libre de sodio”, lo cual es importante de difundir. En contraste, en los quesos con contenido más elevado de sodio se debe incluir el octógono correspondiente de “Exceso en sodio” en el etiquetado (**Figura 2.2**).

De la **Tabla 2.1** también se observa que en general las empresas producen entre 1 o 3 productos sin sal agregada o reducidos en sal. Sin embargo, en muchos casos los quesos solamente se elaboran a pedido, por lo cual la accesibilidad a este tipo de productos puede ser limitada. En general, las personas acuden a los supermercados y almacenes más cercanos para realizar las compras de alimentos (OCLA, 2018). De esta manera, se investigó la venta de este tipo de productos en diferentes supermercados del país. Los resultados se muestran en la **Tabla 2.2** y se observa que hay una oferta limitada de este tipo de productos, predominando ciertas marcas en la mayoría de los casos. Esto podría ser una consecuencia de la dificultad de producir este tipo de alimento, de la baja demanda o de factores externos. En este contexto, investigar el impacto de la reducción de sal en la calidad de quesos producidos en la región cobra gran relevancia, así como también conocer el posicionamiento de los consumidores respecto al menor consumo de sodio, principalmente en este tipo de alimentos.

(A)



INFORMACIÓN NUTRICIONAL			
Porción de 30 g = 1 rebanada			
	Cantidad por Porción	Cantidad cada 100 gr	% VD por porción (*)
Valor Energético	72 kcal / 301 kJ	240 kcal / 1004 kJ	4
Carbohidratos de los cuales:	0 g	0 g	0
Azúcares totales	0 g	0 g	-
Azúcares añadidos	0 g	0 g	-
Proteínas	7,2 g	24 g	10
Grasas Totales	4,8 g	16 g	9
Grasas Saturadas	2,9 g	10 g	13
Grasas insaturadas	1,3 g	4,3 g	-
Grasas poliinsaturadas	0,1 g	0,3 g	-
Grasas Trans	0 g	0 g	-
Colesterol	14 mg	47 mg	-
Fibra alimentaria	0 g	0 g	0
Sodio	130 mg	433 mg	5

(*) Valores diarios para la República Argentina con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

(B)



INFORMACIÓN NUTRICIONAL Porción = 30 g (una rebanada)		
Cantidad por porción		% VD (**)
Valor Energético	99 Kcal 410 KJ	5%
Carbohidratos	0g	0%
Proteínas	7,8 g	10%
Grasas Totales	7,5 g	14%
Grasas Saturadas	4,2 g	19%
Grasas Trans	0g	-
Fibra alimentaria	0g	0%
Sodio	151 mg	6%

(C)



Porción: 30g (1 rebanada)

	CANTIDAD POR PORCIÓN	% VALOR DIARIO*
Valor Energético	101 kcal (424kJ)	5%
Carbohidratos	0,0 g	0%
Proteínas	5,7 g	8%
Grasas totales	8,7 g	16%
Grasas saturadas	5,1 g	23%
Grasas trans	0,5 g	0%
Colesterol	27 g	9%
Fibra alimentaria	0 g	0%
Sodio	145 mg	6%
Calcio	194 mcg	20%
Fósforo	100 mcg	14%
Vitamina A	114	19%

* Valores diarios con base a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

Figura 2.2 Quesos sin reducción de sal: packaging e información nutricional de diferentes tipos de quesos. (A) Por Salut. (B) Mozzarella. (C) Cremoso.

Tabla 2.2 Disponibilidad de quesos blandos o semiduros sin sal o reducidos en sodio en los principales supermercados.

<i>Supermercado</i>	<i>Queso sin sal</i>	<i>Marcas</i>	<i>Descripción</i>
<i>Carrefour</i> ¹	2	2	La Serenísima, Bonne Vie
<i>Chango más</i> ²	0	0	-
<i>Coto</i> ³	6	6	Coto, Canut, Vacalin, La Serenísima, Verónica, Bonne Vie
<i>Dia</i> ⁴	1	1	Dia
<i>Disco</i> ⁵	1	1	La Serenísima
<i>Jumbo</i> ⁶	2	2	La Paulina, La Serenísima
<i>Vea</i> ⁷	2	2	La Paulina, La Serenísima
<i>La anónima</i> ⁸	4	2	La Paulina, La Serenísima
<i>Alvear</i> ⁹	1	1	Tregar

¹https://www.carrefour.com.ar/queso%20sin%20sal?_q=queso%20sin%20sal&map=ft

²https://www.masonline.com.ar/queso%20sin%20sal?_q=queso%20sin%20sal&map=ft

³https://www.cotodigital.com.ar/sitios/cdigi/categoria?_dyncharset=utf-8&Dy=1&Ntt=queso%20sin%20sal

⁴https://diaonline.supermercadosdia.com.ar/queso%20sin%20sal?_q=queso%20sin%20sal&map=ft

⁵https://www.disco.com.ar/quesos%20sin%20sal?_q=quesos%20sin%20sal&map=ft

⁶https://www.jumbo.com.ar/queso%20sin%20sal?_q=queso%20sin%20sal&map=ft

⁷<https://www.vea.com.ar/queso/quesos?map=ft,categoria>

⁸<https://supermercado.laanonimaonline.com/buscar?pag=1&clave=queso+sin+sal>

⁹<https://www.alvearonline.com.ar/#/>

De los productos reportados en la **Tabla 2.1** se observa, además, que una gran cantidad de quesos sin sal añadida son también quesos con contenido reducido de grasa. El interés por desarrollar estos productos podría ser consecuencia de lo que se ha reportado en cuanto a la influencia en forma inversa del contenido de grasa del queso en la percepción del sabor salado (Phan et al., 2008; Syarifuddin et al., 2016). Es decir, en quesos con contenido reducido de sodio sería beneficiosa la disminución del contenido de grasa debido a que esto conllevaría a un aumento de la percepción de la salinidad. Sin embargo, esto también podría atribuirse a un interés de los productores por desarrollar alimentos con un perfil nutricional mejorado en dos nutrientes: grasa y sodio, lo que podría tener un mayor impacto en la decisión de compra de los consumidores, cada vez más concientizados de la relación dieta-salud.

Es interesante notar que, en el rótulo de los quesos sin sal agregada de una empresa, aparece una recomendación: “Se recomienda trozar la horma en porciones que

correspondan al consumo habitual del producto, evitando que permanezca varios días en la heladera”. Si bien no está indicado, este aviso en particular podría estar relacionado a la disminución del control de microorganismos contaminantes por la disminución de sal del producto (Johnson et al., 2009). De esta manera, al tener un menor nivel de sal y por lo tanto de control de contaminantes, el queso podría alterarse más rápidamente en comparación a un queso con salado normal.

Más allá que hay varios quesos sin sal agregada en el mercado argentino, en nuestro país no hay estudios acerca de la influencia de la omisión del salado en la calidad de quesos. Teniendo en cuenta esto, resulta de gran interés conocer esta influencia en primer lugar, y posteriormente evaluar estrategias para mejorar la calidad sensorial y microbiológica de los mismos.

2.2 Encuesta para conocer el posicionamiento de los argentinos frente al consumo de sal

Se registraron 1036 respuestas provenientes de 196 ciudades diferentes, distribuidas en todo el país como se observa en la **Figura 2.3**, con mayor concentración de participantes en la región centro de Argentina. La edad de los encuestados varió entre 18 a 82 años y la distribución por rangos de edad se muestra en la **Figura 2.4**, obteniendo una mayor cantidad de respuestas por personas que se encuentran entre los 35 y 49 años. En cuanto al género, hubo una participación de 84,3% mujeres, 15,6% varones, 0,1% no binario. Respecto al nivel de educación, del total de los encuestados el 30,8% contaba con estudio de grado completo, 24,9% con estudios de grado incompleto, 22,3% con estudios de posgrado completo, 14,1% con estudios de posgrado incompleto, representando este grupo con educación superior el 92,1% de los encuestados, mientras que el 6,8% presentó secundaria completa, 0,7% secundaria incompleta y 0,4% primaria completa como se puede observar en la **Figura 2.5**. Los encuestados también fueron consultados por si habían sido diagnosticados con alguna de las siguientes condiciones de salud: hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares (infarto de miocardio o cardiopatía), cáncer gástrico, obesidad, osteoporosis, enfermedades renales (insuficiencia o cálculos renales) o derrame cerebral. El 23,5% manifestó que sí (**Figura 2.6**). Debido a que todas ellas se relacionan con el consumo de sodio, podría indicar que estos participantes tendrían un mayor conocimiento sobre este tema (Burgos et al., 2022).

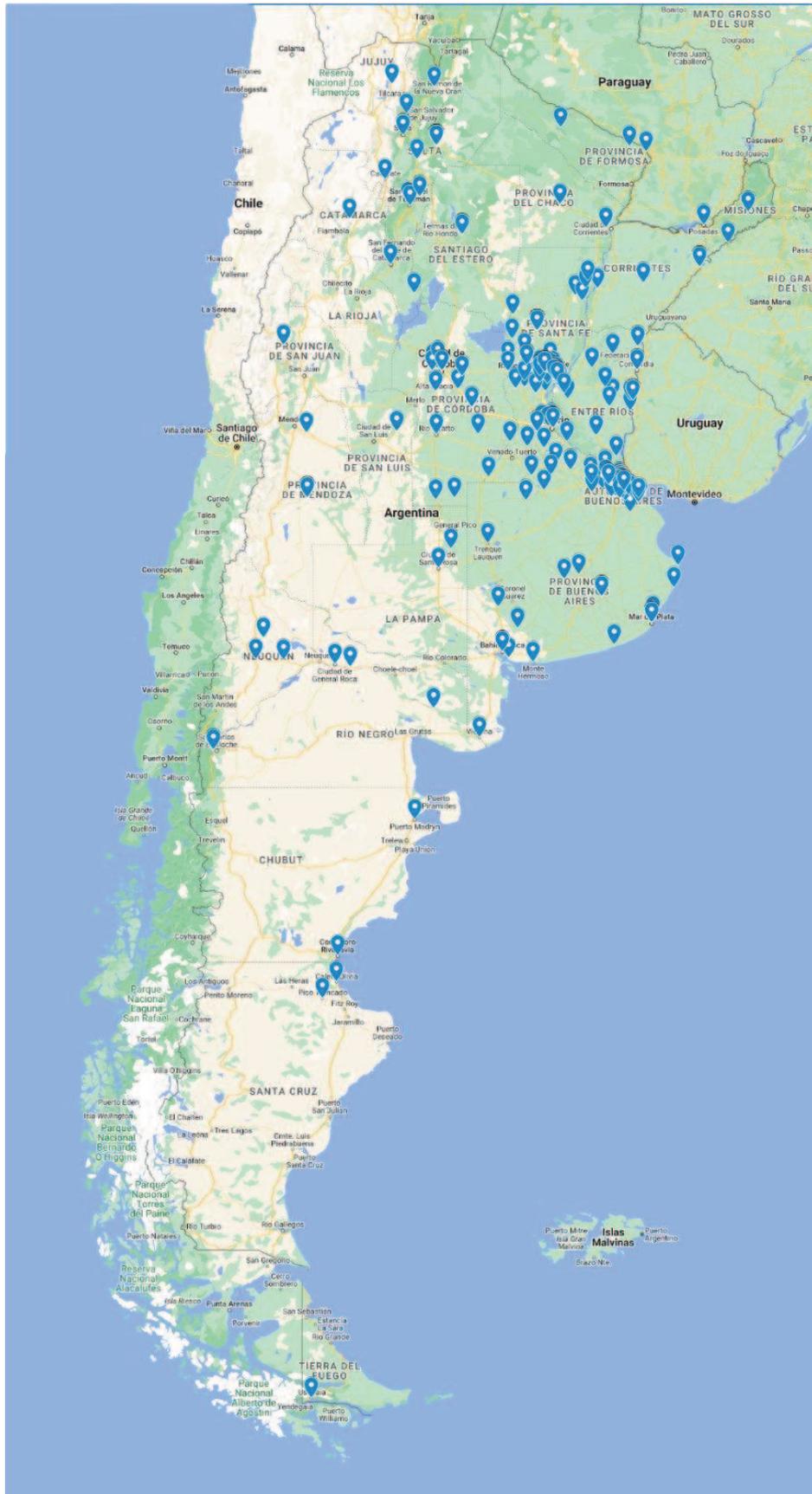


Figura 2.3. Distribución de participantes de la encuesta en Argentina. Los íconos en el mapa indican la ciudad de cada encuestado.

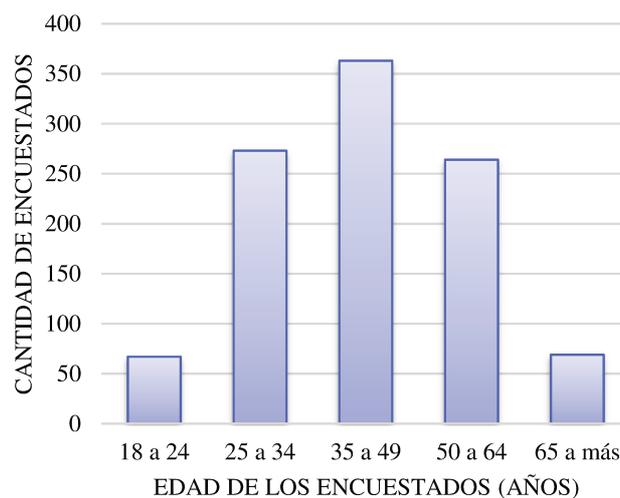


Figura 2.4. Distribución de los participantes de la encuesta según rangos de edades.

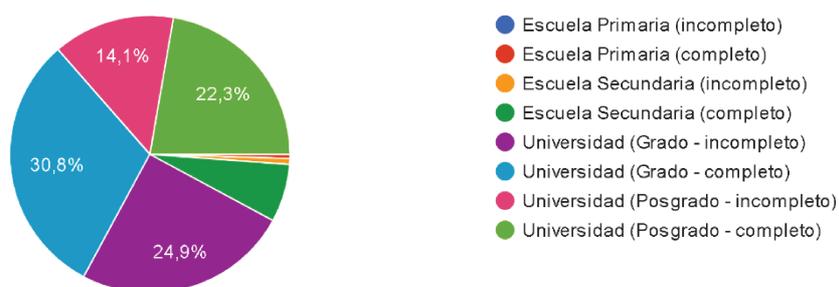


Figura 2.5 Distribución porcentual de los encuestados según el último nivel educativo alcanzado.

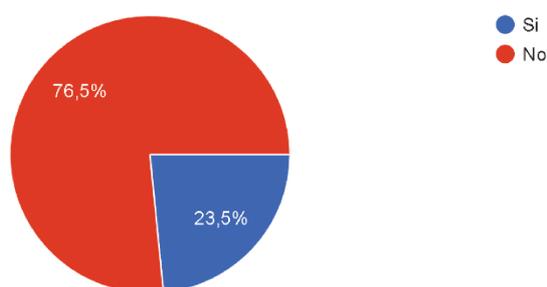


Figura 2.6 Distribución porcentual de encuestados que reportan la existencia o no de condiciones de salud relacionadas al alto consumo de sodio.

Por otro lado, se consultó a los participantes cuál consideraban que sería la cantidad máxima de sal que debe consumir un adulto por día (**Figura 2.7**) y sólo el 31,3% de los encuestados respondió “una cucharadita”, lo que equivale al límite establecido por la

OMS de 5g de NaCl (OMS, 2023; UNICEF, 2020). Hubo un 11,8% de encuestados que optó por un nivel de consumo mayor: 1,8% “no hay un máximo”, 1% “más de una cucharada” y 9% “una cucharada” mientras que el 56,9% fue más restrictivo: 32,9% “menos de una cucharadita” y 16,3% “una pizca”, con incluso un 7,7% de los encuestados que expresó que la cantidad máxima es “nada”, haciendo referencia a que no debería consumirse. Se observó una tendencia a ser más restrictivo acerca del nivel aceptable de consumo de sal a medida que aumenta la edad de los participantes, lo que refleja una mayor conciencia de la problemática en estos encuestados (**Figura 2.8 A**). Sin embargo, también se observó que el grupo etario que tuvo el mayor número de encuestados que respondieron el nivel recomendado por la OMS (una cucharadita) fue el grupo más joven (18-24 años) (**Figura 2.8 B**). Por otro lado, hubo una mayor proporción de mujeres que optaron por “una cucharadita” respecto a los hombres (**Figura 2.9**). La participación de encuestados definidos como no binario fue asertiva respecto al límite. La educación no tuvo un impacto definido en las respuestas a esta pregunta ($p>0,05$) (**Figura 2.10**), pero sí el haber padecido alguna condición de salud relacionada con el consumo de sal ($p<0,05$) (**Figura 2.11**), lo que es esperable ya que estas personas probablemente hayan sido instruidas en estos temas.

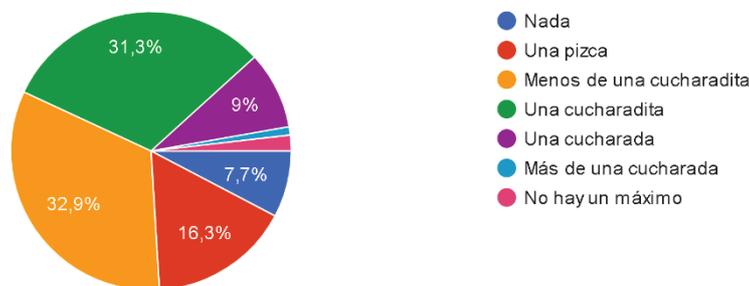


Figura 2.7 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal que los encuestados consideran que debe consumir un adulto por día.

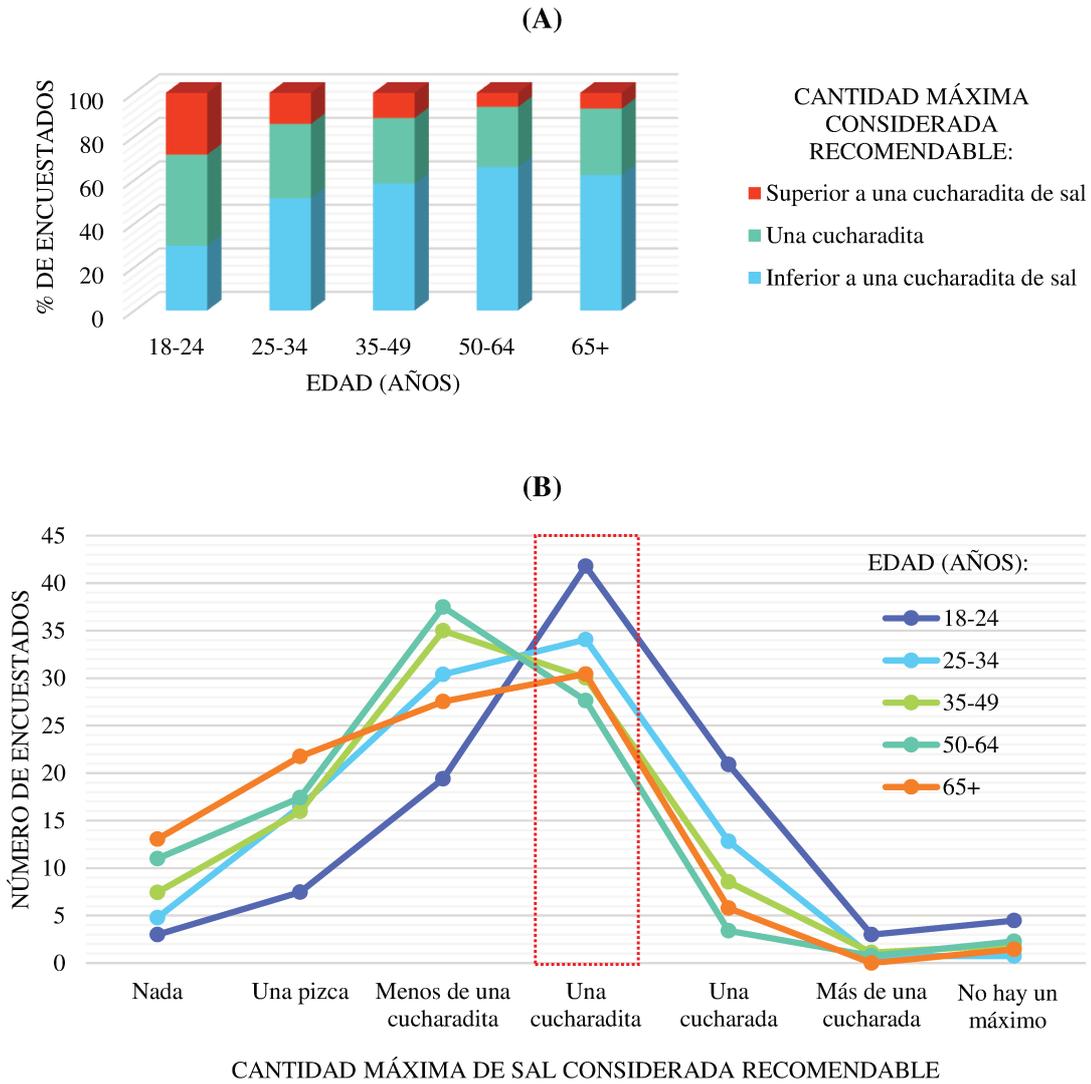


Figura 2.8 Cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según el grupo etario. **(A)** Respuesta porcentual de los encuestados para cada rango de edad según tres categorías: aquellos que consideraron un nivel superior al indicado por la OMS, aquellos que coincidieron y quienes optaron por un nivel inferior. **(B)** Número de encuestados según la respuesta del nivel máximo considerado recomendable para cada rango de edad.

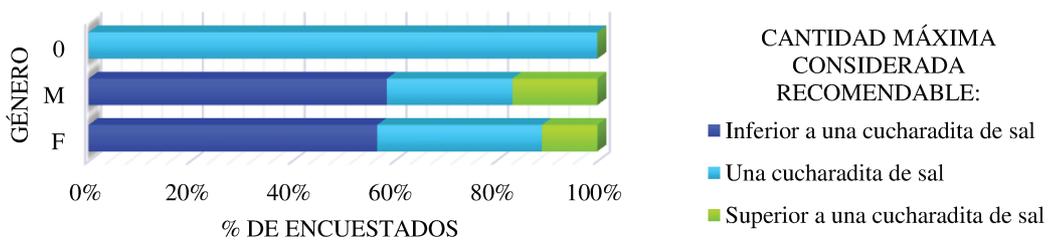


Figura 2.9 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O).

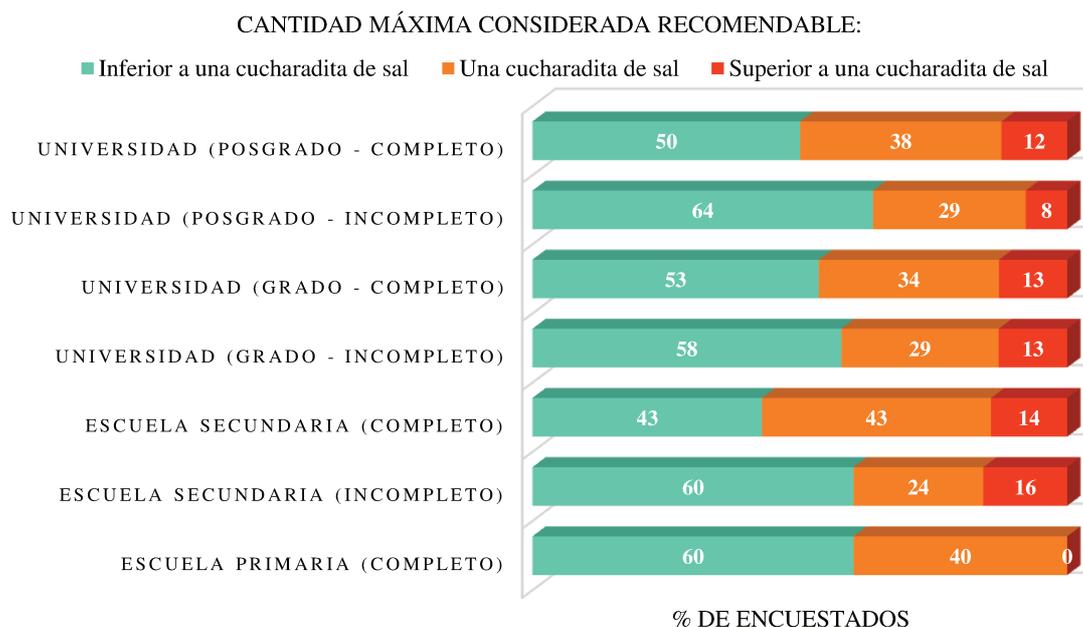


Figura 2.10 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según el nivel educativo alcanzado por los encuestados.

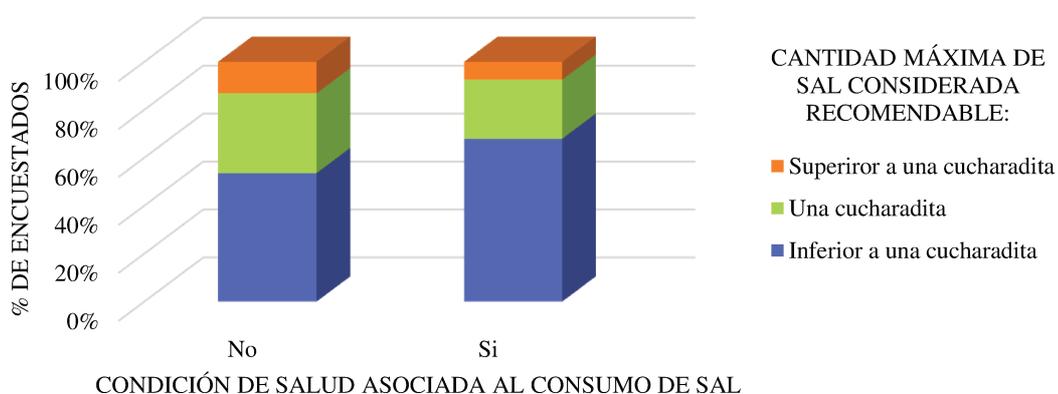


Figura 2.11 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la cantidad máxima de sal considerada como recomendable para el consumo de un adulto por día, según la existencia o no de alguna condición de salud asociada al elevado consumo de sal en los encuestados.

En la pregunta que indaga sobre la relación entre el consumo habitual de grandes cantidades de sal y posibles problemas de salud, el 91,6% de los encuestados manifestó que considera que sí está relacionado, lo que se condice con la tendencia actual de un mayor conocimiento del impacto de la dieta en la salud (**Figura 2.12**). En general, se puede observar que en los grupos etarios extremos evaluados, 18-24 años y +65 años, es donde mayor porcentaje de encuestados considera que hay una relación entre la sal y la

salud (**Figura 2.13**). También hay una menor proporción de hombres que consideran que hay una relación entre el consumo de sal y la salud (**Figura 2.14**). Una mayor conciencia acerca de esta problemática se incrementó en general con el nivel educativo ($p < 0,05$) (**Figura 2.15**). Por el contrario, el hecho de padecer alguna condición de salud relativa al consumo de sal, no tuvo gran incidencia en el porcentaje de las respuestas a esta pregunta ($p > 0,05$) (**Figura 2.16**).

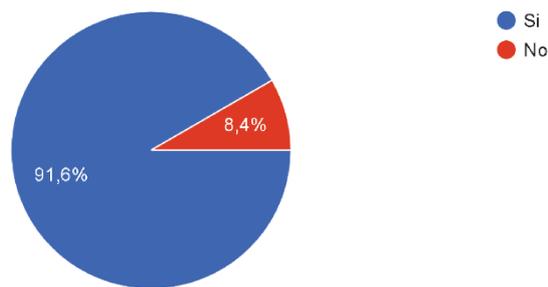


Figura 2.12 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud.

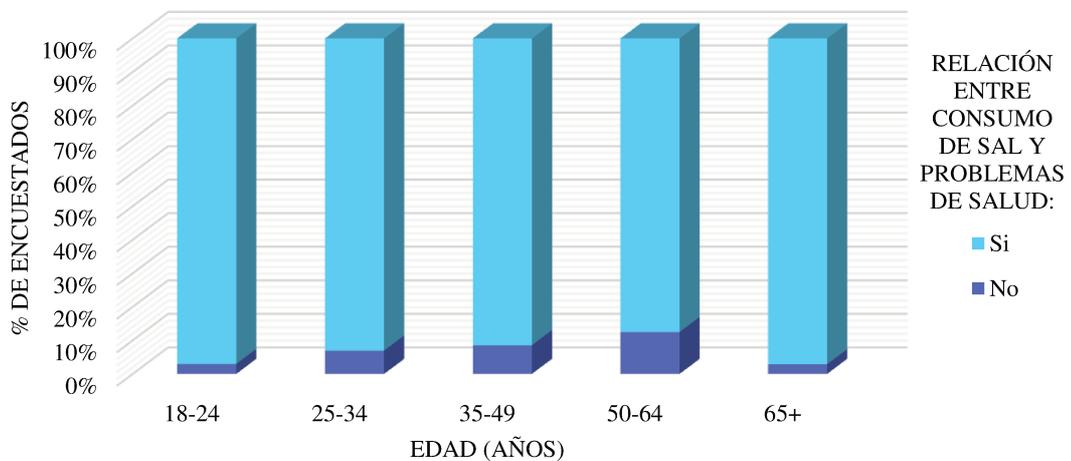


Figura 2.13 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según el grupo etario.

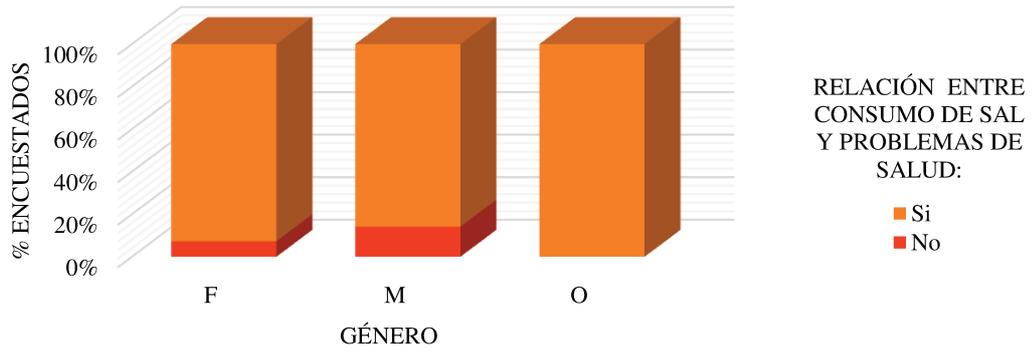


Figura 2.14 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O).

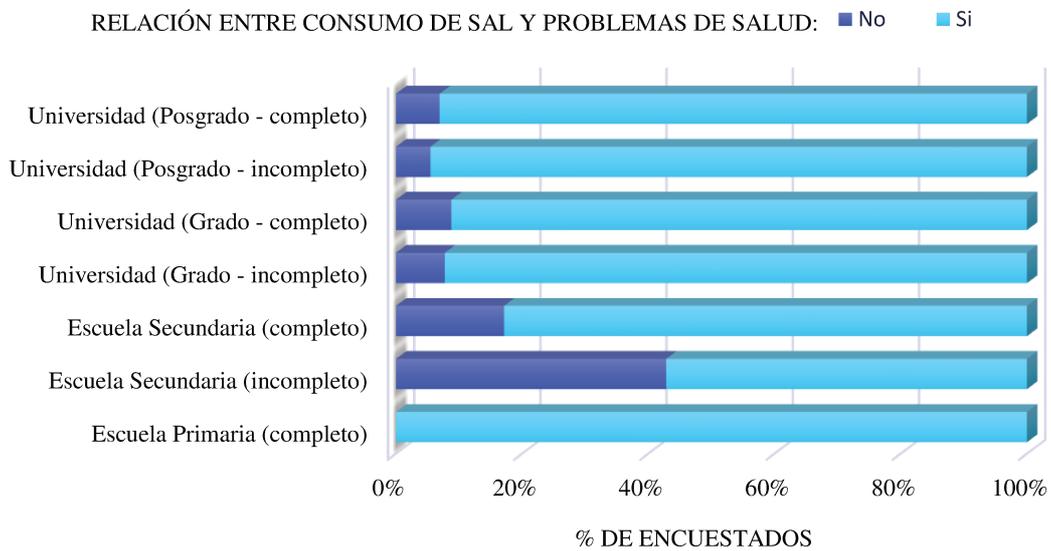


Figura 2.15 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según el nivel educativo alcanzado.

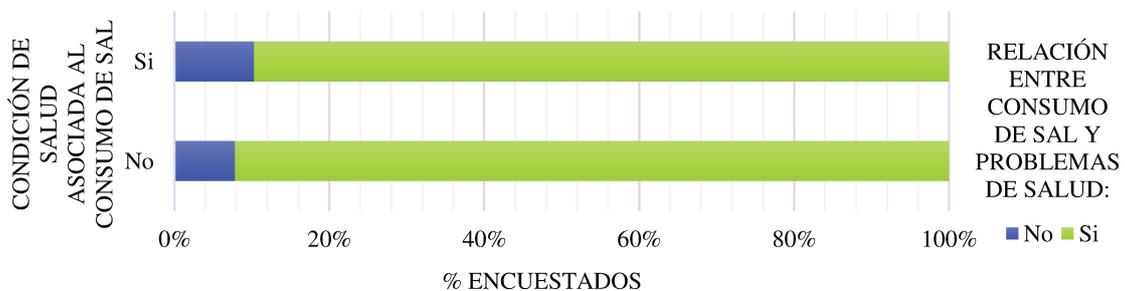


Figura 2.16 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la existencia o no de una relación entre el consumo habitual de gran cantidad de sal y problemas de salud, según la existencia o no de alguna condición de salud asociada al elevado consumo de sal en los encuestados.

En la **Figura 2.17** se puede observar el nivel de preocupación de los encuestados por el contenido de sal en los alimentos, manifestándose el 59,3% como “algo preocupado”, 21,8% como “nada preocupado” y el 18,9% como “muy preocupado”. Además, se puede observar que la preocupación aumentó con la edad ($p < 0,05$) (**Figura 2.18**), fue mayor en mujeres (**Figura 2.19**), resultó variable con el nivel educativo (**Figura 2.20**) y fue mayor ($p < 0,05$) entre aquellos que padecen alguna condición de salud relacionada con el consumo de sal (**Figura 2.21**).

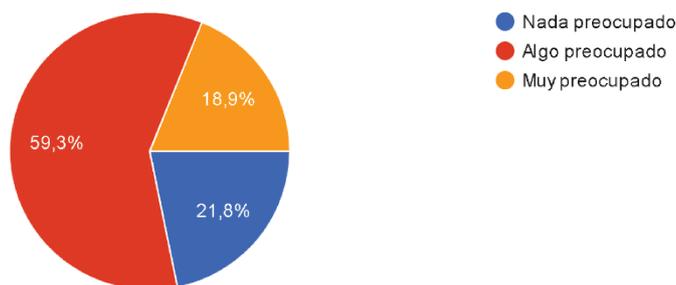


Figura 2.17 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos.

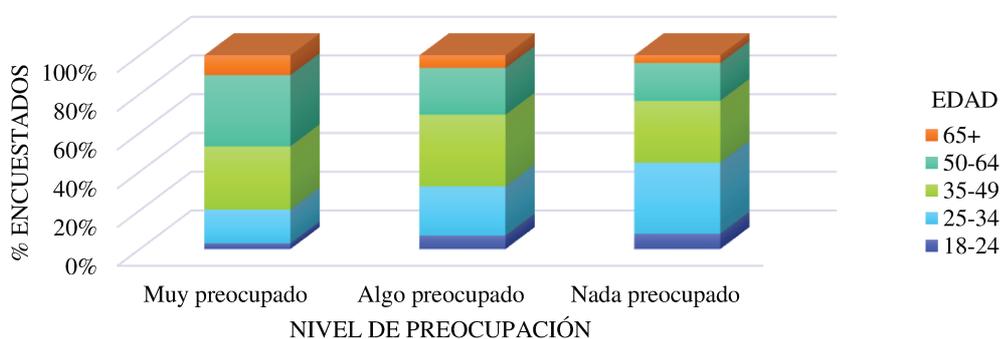


Figura 2.18 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según el grupo etario.

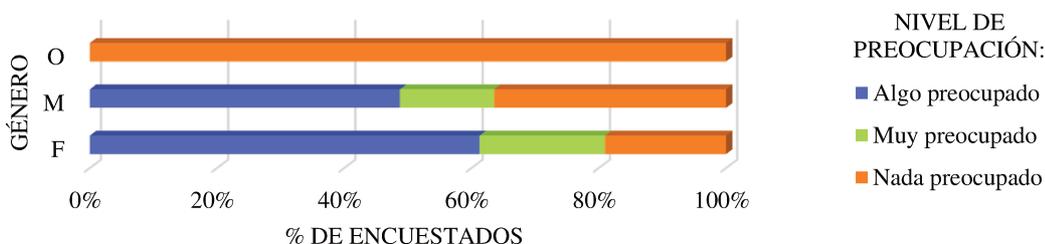


Figura 2.19 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O).

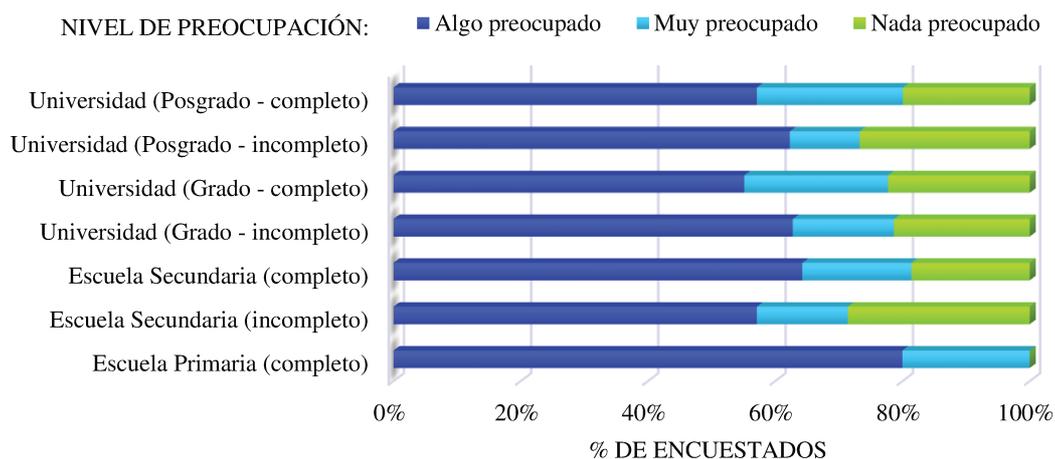


Figura 2.20 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según el nivel educativo alcanzado.

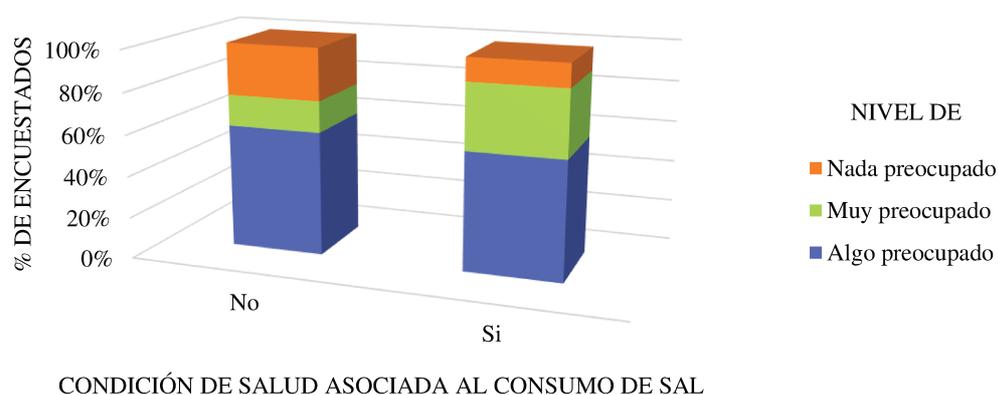


Figura 2.21 Distribución porcentual de las respuestas acerca del nivel de preocupación de los encuestados respecto al contenido de sal en los alimentos, según si padecieron alguna condición relacionada con el consumo de sodio.

El 59,4% de los encuestados toma alguna medida de forma habitual para controlar el consumo de sal (**Figura 2.22**), entre las cuales se encuentran: no agregar sal a las comidas o durante la cocción, uso de sales alternativas, evitar ultraprocesados, entre otras, siendo el agregado de menor cantidad de sal en las comidas preparadas la medida más mencionada. Sin embargo, en algunos casos, las medidas llevadas a cabo no necesariamente permiten disminuir el contenido de sodio consumido, por ejemplo: beber más agua o consumir sal marina; en este último caso se ha reportado que la sal marina difiere en su composición de acuerdo a su origen, y puede tener menor o mayor nivel de sodio que la sal de mesa (Drake & Drake, 2011; Vella et al., 2012). Se observó un aumento de la cantidad porcentual de encuestados que toma medidas para controlar el

consumo de sal a mayor edad ($p < 0,05$). También fue mayor el porcentaje entre los que padecen alguna enfermedad relacionada al consumo de sal ($p < 0,05$), y entre las encuestadas del género femenino (**Figura 2.23**).

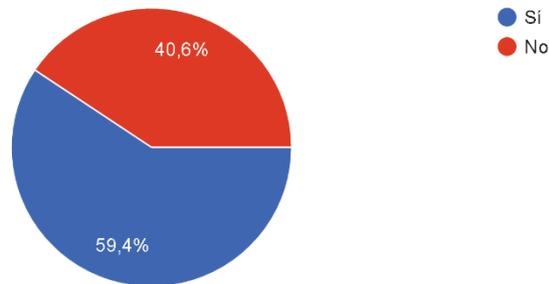


Figura 2.22 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la adopción o no de alguna medida de forma habitual para controlar el consumo de sal.

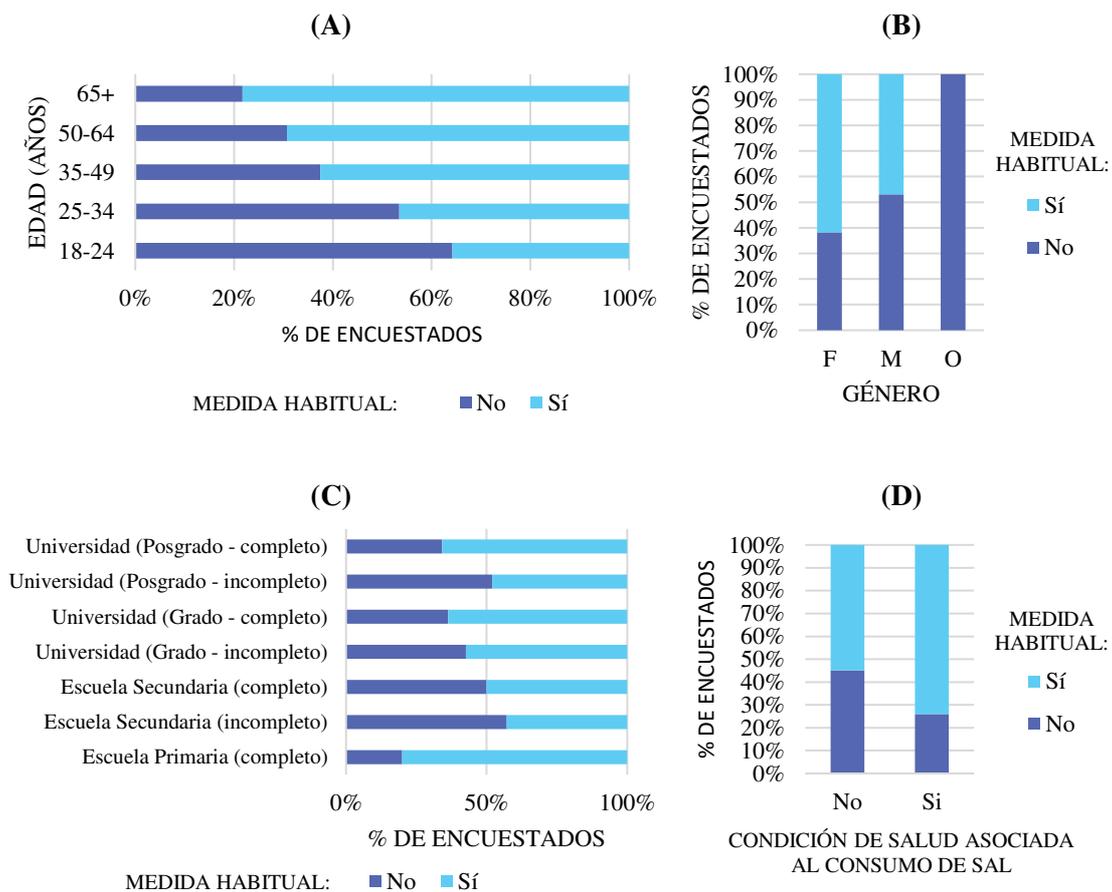


Figura 2.23 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la adopción de alguna medida de forma habitual para controlar el consumo de sal. **(A)** Según el rango de edad de los encuestados. **(B)** Según el género: femenino (F), masculino (M) o no binario (O). **(C)** Según el nivel educativo alcanzado. **(D)** Según si el encuestado ha padecido o no alguna condición asociada al consumo de sal.

Si bien más de la mitad de los encuestados (59,4%) reportaron tomar alguna medida para reducir el consumo de sal, este valor es bajo en comparación al porcentaje de participantes que manifestaron conocer que hay una relación entre un alto consumo de sal y enfermedades (91,6%). Estos resultados reflejan que, más allá del conocimiento que los consumidores pueden tener sobre los problemas que puede atraer aparejado el alto consumo de sal en la dieta, no necesariamente tomarán medidas para su control. Esto pone en debate la necesidad de una mayor educación alimentaria y el funcionamiento del etiquetado frontal.

Al consultar si habitualmente opta por productos reducidos en sal como opción para controlar su consumo, el 39,4% respondió que sí (**Figura 24**). Un mayor porcentaje de respuestas positivas a esta pregunta se observó a mayor edad de los encuestados y en aquellos que padecen alguna enfermedad relacionada ($p < 0,05$) (**Figura 25 A y D**). El género y nivel educativo no tuvo un gran impacto en la respuesta a esta pregunta ($p > 0,05$) (**Figura 25 B y C**).

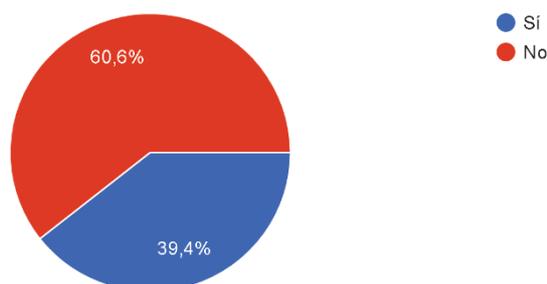


Figura 2.24 Distribución porcentual de las respuestas acerca del consumo habitual de productos reducidos en sal como opción para controlar el consumo de sal.

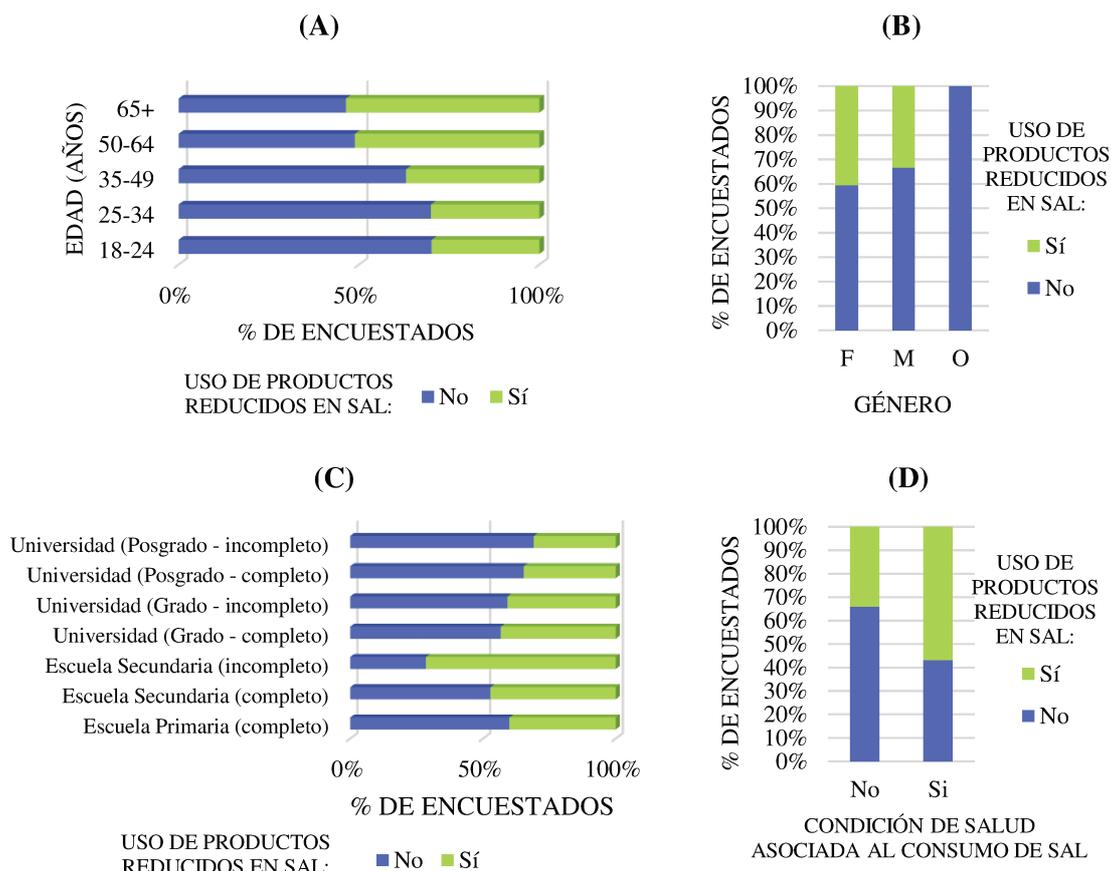


Figura 2.25 Distribución porcentual de las respuestas acerca del consumo habitual de productos reducidos en sal como alternativa para disminuir el consumo de sal. **(A)** Según el grupo etario. **(B)** Según el género: femenino (F), masculino (M) y no binario (O). **(C)** Según el nivel educativo alcanzado. **(D)** Según si el encuestado ha padecido o no alguna condición de salud relacionada al consumo de sal.

Al consultar sobre frecuencia de consumo de quesos en los encuestados, se obtuvieron resultados esperables según las estadísticas de consumo de nuestro país que se mencionan en el Capítulo 1 (**Figura 2.26**). La frecuencia de consumo es alta, ya que el 40,5% consume “a menudo”, 27,2% “a veces”, 23,7% “siempre”, lo que representa al 91,4% de los encuestados. Sólo 7,2% contestó “rara vez” y 1,3% “nunca”. En particular, en lo referido al consumo de queso reducido en sodio o sin sal agregada, el 46,1% ha reportado haber consumido alguna vez este producto (**Figura 2.27**). Este valor tan alto lleva a pensar que hay gran interés de los argentinos por nuevos productos o bien, hay confusión respecto de este tipo de quesos, considerando que la disponibilidad y accesibilidad de quesos reducidos en sodio en el mercado aún es muy baja, como se mencionó en la primera parte de este capítulo. En este punto también se debe resaltar que las variedades de quesos reducidos en sodio o sin sal agregada disponibles en el mercado son en su mayoría quesos de pasta blanda y corta maduración. Esto podría significar que muchos

de los encuestados que tienen preferencia por quesos de pasta semidura o dura, no tengan acceso a productos reducidos en sal y por lo tanto no hayan podido probar productos de este tipo.

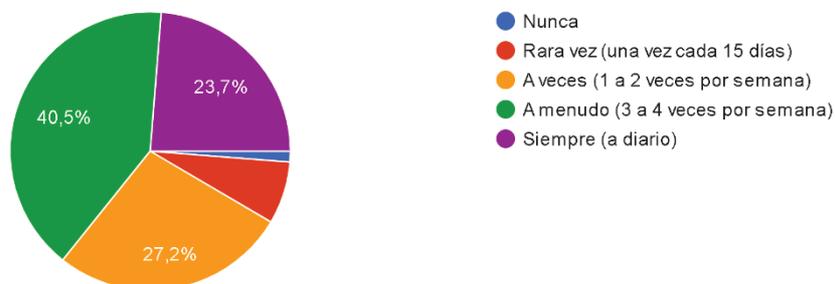


Figura 2.26 Distribución porcentual de las respuestas acerca de la frecuencia de consumo habitual de quesos.

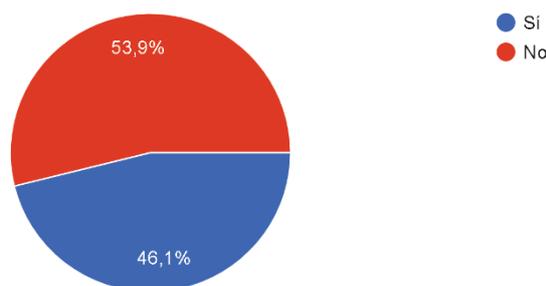


Figura 2.27 Distribución porcentual de las respuestas acerca del consumo de queso reducido en sodio o sin sal agregada.

De las personas que indicaron haber probado quesos reducidos en sal o sin sal agregada (**Figura 2.28**) un gran porcentaje indicó que no le gustó este tipo de productos (45,9%), lo que demuestra que es necesario trabajar para mejorar la calidad de los mismos. Las principales razones mencionadas acerca de esta opinión se refirieron a la textura, al sabor, al gusto salado ya aprendido y a la idea de que estos productos presentan más conservantes en reemplazo del ingrediente faltante. Aun así, a un 29,8% le pareció indiferente, cuestionando el acostumbramiento un elevado sabor salado y planteando la aspiración de aprender a comer con menor contenido de sal. Este grupo de encuestados resaltó en sus respuestas temas de salud y de la relación del gusto con el sabor salado, incluso algunos mencionando no encontrar grandes diferencias al consumir queso con salado normal y reducido. En contraposición, el 24,3% consideró que le gustó este tipo

de producto exhibiendo como razón el estar acostumbrados, el considerar que el sabor es más natural y el resaltar la gran importancia que cobra el impacto que tiene el consumo de este tipo de productos en la salud.

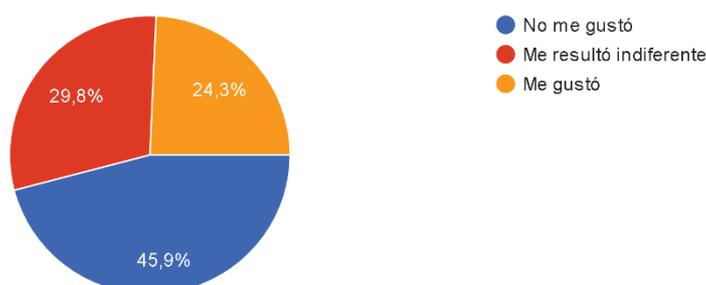


Figura 2.28 Distribución porcentual de las respuestas acerca del grado de gusto respecto a quesos reducidos en sodio o sin sal agregada.

Finalmente, se consultó a todos los participantes si comprarían quesos reducidos en sodio o sin sal agregada para el consumo personal (**Figura 2.29**). Más allá de los resultados poco favorables obtenidos respecto al gusto, el 55,8% mostró estar dispuesto a consumirlos, mientras que el 30,5% estuvo en duda y el 13,7% directamente no lo haría. Indudablemente, todavía falta realizar mejoras para lograr una mayor aceptabilidad de estos productos, pero hay expectativas claras por parte del consumidor en este tipo de alimentos. En un estudio de la percepción de consumidores sobre alimentos bajos en sodio y la intención de compra de queso procesado untable bajo en sodio, realizado a partir de entrevistas a 1511 consumidores, Barboza de Melo et al. (2022) concluyeron que el consumidor entiende los problemas asociados al alto consumo de sodio en la dieta, conoce la existencia de productos industriales reducidos en sodio, comprende su etiquetado y puede distinguirlos y también es capaz de reconocer la necesidad de reducir el contenido de sodio en los quesos. Sin embargo, el alto costo del producto condiciona su compra. En dicho estudio también se encontró que contar con información detallada sobre los posibles beneficios para la salud impacta en la intención de compra. No obstante, la falta de conocimiento técnico (ingredientes, proceso de elaboración, etc.) sobre el producto influye negativamente en la decisión de compra. En este sentido, en las respuestas obtenidas mediante la encuesta realizada, hubo varios participantes que, desde una mirada negativa, consideraron que remover un ingrediente provoca que se adicionen otros en su reemplazo. Cruz et al. (2011) también consideran que es necesario un mayor

conocimiento con respecto a la calidad y a los niveles de sal que son aceptables en la producción de quesos con contenido reducido de sodio.

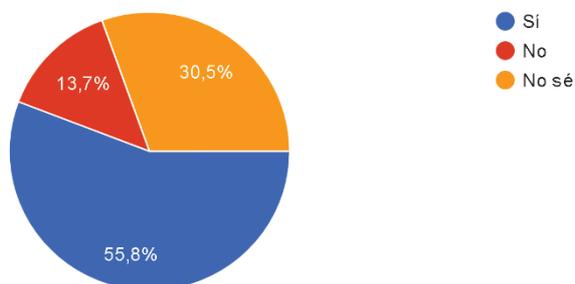


Figura 2.29 Distribución porcentual de las respuestas acerca de si comprarían quesos reducidos en sodio o sin sal agregada.

4. Conclusiones parciales

Los resultados obtenidos en este capítulo demuestran que, desde las empresas hasta el consumidor, acompañado de políticas establecidas estos últimos años, hay una mayor conciencia sobre la importancia del sodio en alimentos y en consecuencia en la salud. Sin embargo, en el caso particular de los quesos, alimento que registra una gran frecuencia de consumo en la dieta de los argentinos y que aporta una cantidad variable de este mineral, todavía hay dificultades en lograr productos reducidos en sodio que satisfagan a los consumidores. En general, una mayor aceptabilidad de quesos con menor contenido de sodio se asoció a la mayor concientización de la relación del alto consumo de sodio y la salud; mientras que el rechazo de los mismos se relacionó principalmente a su perfil sensorial. La disponibilidad y accesibilidad de este tipo de productos en el mercado también es baja. Sin embargo, los participantes de la encuesta realizada se mostraron expectantes en el consumo de este tipo de productos, destacando la importancia de una dieta más saludable. Para acompañar esta mayor conciencia sobre la importancia del sodio en la alimentación y lograr quesos reducidos en sodio o sin sal agregada que tengan una mayor aceptabilidad, es fundamental conocer el impacto que la disminución de la sal o la omisión del salado tiene en los quesos argentinos. Este conocimiento permitiría plantear intervenciones tecnológicas específicas que permitan aumentar la aceptabilidad por parte de los consumidores.

Capítulo 3

“Impacto de la reducción de sodio en el perfil fisicoquímico, microbiológico y sensorial de quesos Cremoso elaborados a escala industrial”

1. Introducción

La industria quesera enfrenta un reto continuo en la formulación de productos que sean tanto seguros como atractivos para los consumidores (Bansal & Mishra, 2020). En los últimos años, el impulso hacia una alimentación más saludable ha llevado a los fabricantes a reducir el contenido de sal en productos como el queso Cremoso. La estrategia más utilizada es disminuir el tiempo de salado en salmuera o, incluso, suprimir esta etapa del proceso de elaboración, ya que otras alternativas como reducir la concentración de sodio o reemplazar por cierto porcentaje de sales de potasio u otro tipo, implicaría la necesidad de contar con nuevos piletos a nivel industrial, los cuales generalmente se utilizan para varios tipos de productos. En este contexto, la tendencia hacia alimentos más saludables, si bien resulta positiva desde la perspectiva de la salud pública, plantea importantes desafíos a nivel industrial, no sólo en lo relativo al proceso de elaboración, sino especialmente en lo que concierne a las propiedades fisicoquímicas,

microbiológicas y sensoriales del producto (Christopher & Wallace, 2014; Intake et al., 2010).

La sal no solo actúa como conservante, sino que también influye en la textura, el sabor y la estabilidad microbiológica del queso. La reducción de sal incrementa la actividad de agua, por lo que puede favorecer el crecimiento microbiano y comprometer la vida útil del producto (Bansal & Mishra, 2020). En este sentido, puede aumentar el riesgo de proliferación de microorganismos indeseables, como *Listeria monocytogenes* o *Salmonella*, que afectan la seguridad de los productos lácteos (Leong et al., 2014; Possas et al., 2022). Los cultivos lácticos, esenciales para el desarrollo de las características organolépticas y la seguridad del queso, también pueden verse afectados por las nuevas condiciones de salinidad (McCarthy et al., 2015; Tidona et al., 2022). Algunos autores han detectado que la reducción del contenido de sal disminuye las tasas de muerte de estos cultivos y a su vez genera un mayor nivel de acidez en el queso (Ramírez-Nuñez et al., 2011). No obstante, otros autores cuestionan el papel de la sal en el control del crecimiento bacteriano en el caso de los quesos salados en salmuera porque plantean que existen grandes variaciones en la concentración de sal en el queso inmediatamente después de la salmuera (Hickey et al., 2018). Por ello, se hace imprescindible realizar investigaciones exhaustivas para comprender cómo las modificaciones del salado impactan tanto en la calidad como en la estabilidad del producto a lo largo de su vida útil.

La reducción de sal también puede alterar la cohesión de las proteínas, afectando la cremosidad y la firmeza del queso. Esto se debe a que la sal mejora la hidratación y la combinación de proteínas con grasas (Bishop & Smukowski, 2006; Guinee, 2004; Johnson et al., 2009). También afecta su solubilidad y el contenido de humedad del queso, lo que impacta en la reología, la textura y los cambios que ocurren durante la fusión. La ausencia o reducción de sal, por lo tanto, provoca alteraciones que generan un queso menos homogéneo, que podría requerir el uso de estabilizantes o aditivos para mantener las propiedades sensoriales deseadas aunque puede causar interrogantes sobre la naturalidad del producto y su aceptación en el mercado (Bae et al., 2017). La disminución de sal también puede influir en el perfil de compuestos volátiles responsables del aroma y sabor de cada tipo de queso. Cualquier cambio en la formulación debe garantizar la preservación de estas características sensoriales, ya que la aceptación del consumidor es un factor decisivo en el éxito comercial de los quesos reformulados. Aunque la reducción de sal responde a la creciente demanda de opciones más saludables, cualquier

modificación que afecte negativamente al sabor o la textura podría disminuir la intención de compra. Por lo tanto, es fundamental equilibrar las necesidades de salud con la preservación de la calidad. En este contexto, los análisis sensoriales, a través de paneles de consumidores, son considerados una herramienta fundamental para evaluar cómo los cambios afectan la experiencia del consumidor (Ganesan et al., 2014).

En este capítulo se evaluó el impacto que tiene sobre la maduración y aceptación final del producto, el tiempo de inmersión en salmuera durante la etapa de salado de quesos Cremoso elaborados a escala industrial.

2. Materiales y métodos

2.1 *Diseño experimental*

Se elaboraron quesos Cremoso a escala industrial en una industria quesera de Santa Fe siguiendo el protocolo tradicional para este tipo de queso. La influencia del salado sobre la calidad de los quesos fue evaluada a distintos tiempos de maduración: 15, 40 y 60 días. Se estudiaron tres niveles de salado, como se indica en la **Tabla 3.1**. Los quesos SN tuvieron una etapa de salado normal, que implica ~40 min/kg de queso, los quesos SR fueron sometidos a la mitad del tiempo de salado utilizado para los quesos SN, mientras que los quesos SS no tuvieron etapa de salado, por lo que pasaron directamente a la etapa siguiente de la elaboración (oreado a 4-6°C). Cada tipo de queso se elaboró por triplicado, en tres días de elaboración diferentes y consecutivos, utilizando, por lo tanto, diferente pool de leche de partida. De esta manera, se elaboraron en total nueve quesos Cremoso a escala industrial.

Tabla 3.1 Diseño experimental con un factor a tres niveles debido al nivel de salado según el tiempo de inmersión en salmuera.

<i>Código del queso</i>	<i>Significado</i>	<i>Tiempo de inmersión en salmuera</i>
<i>SN</i>	Salado Normal ^{*1}	2:30 h/horma de queso ^{*2}
<i>SR</i>	Salado Reducido	01:15 h/horma de queso
<i>SS</i>	Sin etapa de Salado	00:00 h/horma de queso

^{*1} Salado normal: tiempo de salado que la industria quesera utiliza para elaborar los quesos Cremoso sin reducción de sodio

^{*2} Peso promedio de las hormas de queso: 4 kg.

2.2 Elaboración de quesos Cremoso

Los quesos fueron elaborados en la industria láctea Ricolact® (San Martín de las Escobas, Santa Fe), empleando tinas de 3000 L de capacidad. Para las elaboraciones se utilizó leche bovina, pasteurizada (75°C/15 s) y estandarizada en su relación materia grasa/proteína (1,1). Se adicionó el fermento STI-14 (*Streptococcus thermophilus*, Chr. Hansen, dosis: 150 U) y luego, el coagulante (360 mL Chymax M200, Chr. Hansen, dosis: 24 IMCU/L). Cuando la cuajada alcanzó la firmeza adecuada, fue cortada en granos de 5 mm³. Una vez alcanzada la humedad deseada, la cuajada se moldeó utilizando moldes rectangulares de plástico microperforados y se acidificó hasta pH 5,3 en cámara a 40°C, luego de lo cual se salaron por inmersión en salmuera (20%, pH 5,4, 5–6°C con recirculación), según el diseño experimental propuesto. Durante el tiempo de salado, los quesos se dieron vuelta una vez (a la mitad del tiempo de salado correspondiente). Posteriormente, los quesos se orearon a 4-6°C durante 5 días, se envasaron al vacío en bolsas termocontraíbles y se almacenaron durante 60 días a 4°C. En la **Figura 3.1** se observan quesos Cremoso en plena etapa de moldeado.



Figura 3.1 Quesos Cremoso elaborados a escala industrial en la empresa láctea Ricolact®.

2.3 Análisis de los quesos

2.3.1 Composición global y pH

La composición global (humedad, materia grasa y proteínas) fue determinada a los 15 días luego de la elaboración, mientras que el pH se analizó también a los 40 y 60 días de maduración. Esto se llevó a cabo mediante métodos normalizados: sólidos totales (ISO 5534, 2004), grasa (ISO 3433, 2008), proteínas (ISO 8968-1, 2014) y pH (Bradley et al., 1992).

El contenido de humedad se determinó por gravimetría por duplicado para cada queso, utilizando cápsulas de acero inoxidable, varilla de vidrio y 30 g de arena previamente lavada y sometida a un tratamiento con ácido clorhídrico concentrado para eliminar la materia orgánica presente. Se partió de 3 g de muestra que fueron colocados y disgregados con arena en las cápsulas, y posteriormente fueron colocados en estufa a $102 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta pesada constante (4-5 h). Por diferencia de pesada se calculó el contenido de humedad en las muestras, expresado en % m/m de humedad.

El contenido de materia grasa se llevó a cabo por duplicado para cada queso por método de Gerber utilizando butirómetros calibrados para quesos. A cada muestra de queso (3g) se le adicionó 15 mL ácido sulfúrico 90% v/v y 1 mL de alcohol isoamílico por muestra. Para facilitar la disgregación de los quesos se empleó un baño termostatzado a 65°C y para separar la grasa antes de la lectura correspondiente se utilizó centrífuga (10 min, 3500 rpm). Los resultados fueron expresados en % m/m de materia grasa en base seca.

El contenido de proteínas se determinó por duplicado evaluando el nitrógeno total en los quesos mediante el método de Kjeldahl, el cual consistió en tres etapas básicas: digestión, destilación y titulación. Para la primera etapa, se pesaron 5,72 g de sulfato de potasio (99,9%, Cicarelli), 0,16 g de dióxido de titanio (99%, Cicarelli) y 0,11 g de sulfato de cobre (II) pentahidratado (98-103%, Cicarelli) y 0,7 g de la muestra de queso. Luego de adicionar 12 mL de ácido sulfúrico concentrado (95-98%, Cicarelli) se realizó la digestión durante 1,5 h en una unidad con capacidad para seis tubos y con un sistema de aspiración de vapores a alta temperatura de aproximadamente 420°C (Digestion System 6, 1007 Digester, Tekator, Suecia). La segunda etapa se llevó a cabo en un equipo de destilación automático (BÜCHI Distillation Unit B-324, Suiza), en el cual se colocaron 55 mL de una solución de hidróxido de sodio al 32% m/v en contacto con la muestra y 45 mL de agua destilada, lo que transformó el amonio proveniente de las proteínas y otros

compuestos nitrogenados (péptidos, aminoácidos, etc.) en amoníaco. Luego se llevó a cabo la destilación por arrastre con vapor de agua, recogiendo el destilado en un erlenmeyer conteniendo 60 mL de solución de ácido bórico de concentración 4% v/v (agregado automáticamente por el equipo) y 3-4 gotas de la solución indicadora de punto final, compuesta por rojo de metileno (0,2% m/v) y verde de bromocresol (0,2% m/v), ambos disueltos en etanol. Por último, en la tercera etapa, la titulación se realizó con una solución valorada de ácido sulfúrico 0,1 N, utilizando una bureta de 25 mL, hasta viraje de celeste a rosa pálido. Para expresar el resultado en % m/m en base seca de proteínas totales, al valor de nitrógeno total obtenido según los cálculos numéricos se lo afectó por un factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,38, propuesto en 1892 por Hammarsten y Sebelien basándose en caseína ácida purificada que normalmente contiene 15,67 % de nitrógeno.

El pH de los quesos durante la maduración se determinó por duplicado en una suspensión de la muestra en agua destilada (1:1) utilizando un pHmetro provisto de un electrodo combinado (vidrio/calomel) Orion (Orion Research Incorporated, Estados Unidos), previamente calibrado con soluciones reguladoras de pH 4 y 7.

2.3.2 Determinación de sodio, calcio y cenizas

La determinación del nivel de cenizas se llevó a cabo por gravimetría. Para ello, 3 g de muestra de queso de 60 días de maduración se calcinaron en mufla a 550°C. El proceso consistió en una primera rampa (320 min para llegar a 550°C, mantener la temperatura por 210 min, enfriar a temperatura ambiente), adicionar unas gotas de ácido nítrico concentrado (65%, Cicarelli) y una segunda rampa (150 min para llegar a 550°C, mantener la temperatura por 120 min, enfriar a temperatura ambiente). La masa del residuo obtenida luego de la calcinación constituye las cenizas, la cual fue expresada como % m/m. Para la determinación del sodio y calcio, las cenizas fueron disueltas utilizando 20 mL de HCl 10% v/v (36,5%-38%, Cicarelli). La solución obtenida fue llevada a 100 mL utilizando agua destilada. La determinación del nivel de calcio y sodio se realizó empleando estas soluciones. Para el caso del calcio, se realizó una dilución de la muestra (20/50) y se utilizó un electrodo ion selectivo (Orion 9720BNWP, Thermo Scientific, USA) basándose en Pedro (2013) y Mozuraityte et al. (2019) con

modificaciones. Para el caso del sodio, el nivel se evaluó mediante espectrometría de emisión atómica de llama (Perkin Elmer Analyst 200).

2.3.3 Recuentos microbiológicos

A los 15, 40 y 60 días de maduración se realizaron análisis microbiológicos mediante la técnica de recuento en placa. Se determinaron los niveles de bacterias lácticas totales, bacterias lácticas no provenientes del fermento (NSLAB), coliformes totales, mohos y levaduras, y enterococos según Peralta et al. (2023).

Para llevar a cabo los recuentos, se pesaron 10 g de cada muestra de queso en una bolsa estéril y se añadieron 90 mL de citrato de sodio estéril (2% m/v) (Cicarelli). La homogeneización se realizó en un equipo Stomacher en tres ciclos: uno a nivel de agitación bajo y dos a nivel alto. La suspensión obtenida correspondió a la primera dilución (1/10) y a partir de ésta se realizaron las siguientes. Se utilizó como diluyente agua de peptona de caseína estéril (Britania, Argentina) al 0,1% m/v. Las bacterias lácticas totales fueron contadas en medio de cultivo PCA (Plate Count Agar, Britania, Argentina) adicionado con leche en polvo descremada reconstituida al 10%. En MRS agar (Biokar, Francia) acidificado a pH=5,40 con ácido acético glacial, se determinó el nivel de NSLAB. En este caso, la acidificación del MRS inhibe el crecimiento del cultivo primario (*St. thermophilus*), mientras que los lactobacilos no son inhibidos. En los tres medios de cultivo mencionados, 0,1 mL de las muestras fueron sembradas en superficie y la incubación se realizó a 37°C en microaerofilia por 48 h. Para evaluar mohos y levaduras se utilizó el medio selectivo agar cloranfenicol glucosa (Biokar, Francia), que inhibe el crecimiento de las bacterias debido a la presencia de cloranfenicol. En este caso, se sembró 1 mL de cada dilución de las muestras en profundidad y la incubación se llevó a cabo a 25°C por 5 días (ISO 6611 2004). El nivel de coliformes totales se determinó empleando el medio agar violeta-rojo-bilis-lactosa (VRBL-agar, Biokar, Francia) con siembra en profundidad también, pero con incubación a 30°C durante 24 h (ISO 4832 2006). El nivel de enterococos se evaluó en medio agar bilis esculina (BEA agar, Biokar, Francia) por siembra de 1 mL en profundidad y con incubación a 37°C por 48 h. Los resultados fueron expresados en log UFC/g de queso.

2.3.4 *Determinación de carbohidratos y ácidos orgánicos*

Los niveles de lactosa, galactosa y ácidos orgánicos (ácido cítrico, orótico, láctico, acético e hipúrico) fueron analizados por cromatografía líquida de alta performance (HPLC) a los 15, 40 y 60 días de maduración según Peralta et al., (2017). Se pesaron 5 g de muestra, a la cual se le añadieron 25 mL de ácido sulfúrico 0,01M y luego de mantener la mezcla 15 min en baño termostático a 45°C, se homogeneizaron en Ultraturrax® (modelo T25, IKA, Staufen, Alemania), realizando 3 ciclos de homogeneización de 1 min cada uno a 13000g. La suspensión se centrifugó (20 min, 4°C, 5000g) y filtró utilizando papel de filtro Whatman N°1. Una alícuota de esta solución fue filtrada a través de filtros PVDF (Difluoruro de polivinilideno) de 0,45 µm de tamaño de poro (Millipore, San Pablo, Brasil) y un volumen de 60 µL se inyectó en el cromatógrafo (Perkin Elmer Series 200 y serie Flexar, Estados Unidos).

El equipo HPLC consta de una bomba cuaternaria, desgasificador en línea, inyector manual, horno para el control de la temperatura de la columna, dos detectores en línea (UV-visible e índice de refracción, IR), interfase analógica y computadora provista del programa Chromera® para el control del equipo y recolección/procesamiento de los resultados cromatográficos. El detector UV se utilizó para cuantificar los ácidos orgánicos, a una longitud de onda de 210 nm, mientras que para los azúcares se utilizó el detector IR. Para la separación de los compuestos se empleó una columna Aminex HPX-87H (300 x 7,8 mm), y un guardacolumna Aminex Cation-H (30 x 4,6 mm) (Bio-Rad Laboratories, California, Estados Unidos). La separación se realizó en forma isocrática a 0,6 mL/min empleando una fase móvil de H₂SO₄ 0,01M y a una temperatura de 65°C.

Se realizaron curvas de calibrado mediante el análisis cromatográfico de soluciones de estándares de los compuestos de interés. Las áreas obtenidas en el análisis de estas soluciones se relacionaron con su concentración. Por regresión lineal se obtuvieron las ecuaciones de las curvas de calibrado de cada compuesto, las cuales se emplearon posteriormente para el cálculo de concentración de los mismos en las muestras inyectadas. Los resultados fueron expresados en mg de compuesto/100 g de queso.

2.3.5 *Determinación de la proteólisis*

El seguimiento de la proteólisis se realizó mediante el análisis del nivel de nitrógeno en la fracción soluble a pH 4,6 (para calcular el grado de maduración), por electroforesis úrea-PAGE, y por HPLC a los 15, 40 y 60 días de maduración (Hynes et al., 2003).

El análisis de nitrógeno soluble a pH 4,6 se realizó a modo de determinar el avance en la hidrólisis de las caseínas. Para la obtención de la fracción soluble a pH 4,6, se preparó una suspensión de queso (10 g) en citrato de sodio 0,5 M (20 mL) utilizando mortero. La suspensión homogénea se trasvasó a un vaso de precipitado adicionando agua destilada hasta completar un volumen de aproximadamente 70 mL y se ajustó el pH a 4,6 mediante la adición de HCl 20 % v/v. La muestra se transvasó a tubos de centrifuga cónicos de propileno (Falcon®, 50mL) y se centrifugó a 3000 g durante 15 min, obteniéndose dos fracciones, una soluble y otra insoluble. La fracción soluble se enrasó a un volumen de 100 mL por adición de agua destilada, se homogeneizó y se verificó su pH. Se tomaron 10 mL con pipeta volumétrica para la determinación del contenido de nitrógeno que se realizó por Kjeldahl.

La electroforesis úrea-PAGE se llevó a cabo a partir de la fracción insoluble a pH 4,6. Esta técnica permite la separación de las caseínas intactas y péptidos de alto peso molecular generados por la actividad proteolítica del coagulante y proteasas de la leche (principalmente la plasmina) (Ardö, 1999). Esto se llevó a cabo en una cuba vertical Mini-Protean II (BioRad Laboratories, California, Estados Unidos), con una fuente de poder modelo 1000/500 (BioRad Laboratories, California, Estados Unidos) utilizando un sistema de gel discontinuo (Andrews, 1983). Se empleó una concentración de acrilamida de 4 % para el gel de apilamiento, y de 7,5 % para el gel de separación. Los geles de apilamiento y de separación se prepararon a partir de una solución madre de acrilamida-bisacrilamida 30,8 %, a la que se le adicionó buffer tris-HCl 0,5 M de pH 6,8 en el caso del primero, y buffer tris-HCl de pH 8,8 y urea (concentración en el gel: 7,5 M) en el caso del segundo. Se utilizó una solución de persulfato de amonio al 10 % m/v, preparada inmediatamente antes de su uso, y N, N, N', N'-tetrametiletilendiamina (TEMED) como iniciador y catalizador, respectivamente, de la reacción de polimerización del gel de acrilamida-bisacrilamida. Para la preparación de las muestras se disolvieron 10 mg de la fracción insoluble a pH 4,6 en 1 mL de buffer de muestra, compuesto por buffer tris-HCl 0,5 M pH 6,8, urea (concentración final en el buffer: 7,5 M), β -mercaptoetanol 0,5% v/v, y una punta de espátula de azul de bromofenol. Se sembraron 15 μ L de las muestras; las

corridas se realizaron en medio alcalino utilizando tris-glicina pH 8,3 como buffer de corrida, bajo las siguientes condiciones: voltaje constante de 150 V, intensidad máxima de 45 mA y potencia de 6,75 W. La finalización de la corrida se determinó por la llegada del frente de avance hacia el final de la placa, lo que se evidenció por el colorante adicionado a la muestra. Los geles se colorearon con solución de Coomassie Blue R-250 al 0,2 % m/v en ácido acético, etanol y agua destilada (1,6:4:4) durante 1 h, y luego se decoloraron mediante repetidos lavados con solución decolorante, compuesta por ácido acético, etanol y agua destilada (1:2,5:6,5).

Los perfiles peptídicos se obtuvieron mediante cromatografía líquida de fase reversa (RP-HPLC), para lo cual se empleó una columna analítica tipo Aquapore OD-300 C18, de 220 x 4,6 mm, con un tamaño de partícula de 7 μm y un tamaño de poro de 300 Å (Perkin Elmer). Las condiciones de corrida fueron: temperatura de 40 °C, longitud de onda de detección de 214 nm y gradiente lineal de acetonitrilo en agua formado a partir de dos fases móviles: A, agua bidestilada:ácido trifluoroacético (TFA) (1000:1,1, v/v), y B: acetonitrilo:agua bidestilada:TFA (600:400:1, v/v/v). La corrida se inició con 100% de A y el gradiente comenzó después de 10 min de la inyección de la muestra. Se incrementó gradualmente la proporción de fase móvil B en la mezcla a razón de 1 %/min durante 80 min, y luego en un 20 %/min durante 1 min, alcanzando posteriormente una meseta de 100 % de B que se mantuvo por 4 min. Finalmente, en el término de 1 min se retornó a las condiciones iniciales (100 % de A) que se mantuvieron durante 10 min. El tiempo total de corrida fue de 106 min y el flujo de fase móvil fue de 1 mL/min. Las proteínas de suero α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina A y B se identificaron en los perfiles peptídicos por comparación con los tiempos de retención de estándares apropiados.

2.3.6 Determinación del perfil de textura y la capacidad de fusión

El análisis del perfil de textura (TPA) se realizó por triplicado en las muestras de queso a los 15 y 60 días de maduración, de acuerdo con Zheng et al. (2016) con algunas modificaciones. Los ensayos de compresión uniaxial y relajación de tensiones se realizaron con una máquina universal de ensayos (modelo 3344, INSTRON Corp., Norwood, EE. UU.). Se realizó un ciclo de doble compresión con un período de descanso de 5 s entre cada una, utilizando como dispositivo para realizar la compresión una base y

una placa de 9 y 6 cm de diámetro, respectivamente (Casas-Alencáster & Pardo-García, 2004). Las muestras, discos de queso (diámetro 28 mm y altura 16 mm tomadas con sacabocado) previamente estabilizados a 4 °C, fueron comprimidos al 30 % de su altura original a una velocidad de 1 mm/s con una fuerza de contacto de 0,05 N. A partir de la curva fuerza-tiempo se obtuvieron los siguientes parámetros de textura: dureza (fuerza máxima en la primera compresión), índice de recuperación elástica instantánea (IREI, distancia recuperada por la muestra durante la descompresión del primer ciclo/distancia comprimida), índice de recuperación elástica retardada (IRER, distancia recuperada por la muestra entre el final de la compresión del primer ciclo y el inicio de la compresión del segundo ciclo/área positiva del primer ciclo), adhesividad (área negativa en la curva después de la primera compresión), cohesividad (área positiva después de la segunda compresión/área positiva después de la primera compresión), masticabilidad (dureza*cohesividad*IRER) y resiliencia.

La capacidad de fusión se determinó utilizando una modificación del test de Schreiber (Muthukumarappan et al., 1999). En este ensayo, se emplearon cilindros de queso de 28 mm de diámetro y 16 mm de altura obtenidos mediante un sacabocados. Cada muestra fue pesada y se descartaron aquellas que presentaron una variación de la masa mayor al 5 %. Los discos de queso se mantuvieron refrigerados a 4 °C hasta su análisis. Como superficie de ensayo se adoptó un vidrio de 15x15 cm y 3 mm de espesor, donde se colocaron las muestras para su análisis. Las muestras sobre el vidrio se calentaron en una estufa con convección natural de aire a 130 °C durante 15 minutos. Este par tiempo: temperatura fue utilizado en estudios previos en nuestro instituto para queso Cremoso; se determinó que permite el ablandamiento y escurrimiento del queso sin quemado de bordes o pardeamiento de la superficie (Mercanti et al., 2004). Transcurrido ese tiempo, las muestras fueron retiradas de la estufa y enfriadas a 4 °C. Para cuantificar la capacidad de fusión de los quesos en estudio, se procedió a la determinación de las áreas de las muestras (inicial y final); mediante un escáner se obtuvo una imagen de la superficie inferior de cada una de ellas y el cálculo de las áreas se llevó a cabo utilizando el software de dominio público Image J (Giménez et al., 2023). Los resultados se expresaron como porcentaje de incremento de área (%IDA). Los ensayos de fusión se realizaron al menos por duplicado.

2.3.7 *Determinación de compuestos volátiles*

El aislamiento, separación y semi-cuantificación de los compuestos volátiles se llevó a cabo a los 40 días de maduración de los quesos por microextracción en fase sólida (SPME) acoplada a cromatografía gaseosa (CG) con detector de ionización de llama (FID) (Perkin Elmer, modelo 9000) según Giménez, et al. (2023). Se pesaron 10 g de muestra en viales de 30 mL, los cuales se sellaron herméticamente y se dispusieron en una placa calefaccionada a 45°C por 10 min. Posteriormente, una fibra DVB/Car/PDMS 50/30 µm (Supelco Inc., Estados Unidos) se expuso en el espacio de cabeza de los viales durante 30 min a la misma temperatura. Transcurrido el tiempo de exposición, los analitos retenidos en la fibra fueron desorbidos térmicamente durante 5 min a 250°C en el puerto de inyección del CG en modo splitless. La separación de los analitos se efectuó en una columna HP-INNOWAX (60 m x 0,25 mm x 0,25 mm) (Agilent J&W, Estados Unidos), cuyo programa de temperaturas fue el siguiente: 45°C durante 4 min, luego la temperatura se elevó hasta 150 °C (8°C/min) y se mantuvo 3 min, y luego se elevó hasta 250 °C (10°C/min) y se mantuvo 5 min. Como gas carrier se empleó H₂ (2 mL/min). La temperatura del detector se mantuvo a 290°C. La identificación de los compuestos se realizó por comparación de los tiempos de retención con sus respectivos estándares (Sigma Aldrich, Italia). Los picos identificados fueron integrados utilizando el software TotalChromR (Perkin Elmer, Estados Unidos) y las áreas obtenidas fueron expresadas en unidades arbitrarias.

2.3.8 *Análisis sensorial*

Un análisis cuantitativo descriptivo y un análisis de aceptabilidad e intención de compra fue realizado sobre las muestras de quesos a los 40 días de maduración. Las pruebas se realizaron en cabinas individuales situadas en una sala estandarizada (ISO 8589, 2007). Se controló la luz artificial, la temperatura (22°C) y la circulación del aire. Los participantes contaron con agua mineral en todo momento para enjuagar su boca para neutralizar los sabores residuales entre la ingesta de las diferentes muestras.

Para el análisis descriptivo, se reclutó un panel de doce evaluadores (6 hombres y 6 mujeres de 22 a 62 años). Todos ellos fueron miembros capacitados de un panel sensorial establecido en el Instituto de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional del Litoral. Durante las sesiones de capacitación, degustaron quesos de alta humedad,

comerciales y elaborados en el INLAIN, para generar vocabulario específico con el fin de definir y describir los atributos sensoriales a evaluar: color, brillo, olor característico, elasticidad, dureza, masticabilidad, cremosidad, gusto dulce, gusto salado, gusto amargo, gusto ácido, *flavor* global y residual. A los 40 días de maduración, las muestras de queso fueron llevadas a 8°C, aleatoriamente codificadas y finalmente entregadas a los panelistas para su evaluación. Las intensidades de los descriptores se puntuaron en una escala no estructurada de 10 cm de longitud anclada en 1 y 9. Luego, se midió la intensidad de cada atributo en cada escala, con el fin de asignar un valor para el análisis estadístico.

Para la caracterización sensorial basada en consumidores, se reclutaron un total de 104 consumidores a partir de la base de datos de consumidores del Laboratorio de Análisis Sensorial de la Universidad Nacional del Litoral en función de su consumo de quesos frescos (al menos dos veces por semana), disponibilidad e interés por participar. Los participantes tenían entre 18 y 65 años y las mujeres representaron un 54%. Los consumidores no recibieron ninguna información adicional sobre las muestras antes de la degustación y dieron su consentimiento informado por escrito. Las muestras se entregaron a los consumidores en una bandeja de plástico, cada una con 15 g de los diferentes tipos de quesos a 8°C. Cada muestra (**SN**, **SR** y **SS**) se codificó con números aleatorios de 3 dígitos. El orden en que los consumidores probaron los productos fue aleatorio para lograr un correcto equilibrio en las presentaciones y minimizar cualquier sesgo sensorial. Se pidió a los consumidores que probaran las muestras y calificaran su gusto general o aceptabilidad mediante una puntuación hedónica horizontal, donde 9 = me gusta muchísimo, 8 = me gusta mucho, 7 = me gusta moderadamente, 6 = me gusta un poco, 5 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me desagrada levemente, 3 = me desagrada moderadamente, 2 = me disgusta mucho, y 1 = me disgusta extremadamente (Ares et al., 2017). Los anclajes verbales de la escala se seleccionaron de manera que la distancia psicológica entre puntos sucesivos de la escala sea siempre la misma (Wichchukit & O'Mahony, 2015). Finalmente, se les pidió a los participantes que, luego de indicar su grado de gusto sobre las muestras, indiquen si comprarían o no el producto.

2.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los quesos se analizaron mediante ANOVA de una vía con factor fijo y cuando se encontraron diferencias significativas se

aplicó el test de Tukey. Las diferencias debido al factor salado se consideraron significativas cuando $p \leq 0,05$. Para estos análisis se utilizó el software R (<https://www.r-project.org/>) a partir de la función `aov()` del paquete `stats` y `tuckeyHSD()`. A su vez, también se llevó a cabo un análisis de componentes principales para evaluar los compuestos volátiles utilizando nuevamente el software de dominio público R pero a partir de la función `fviz_pca_biplot()` del paquete `FactoMineR`. En el análisis sensorial se utilizó la prueba de chi-cuadrado y se aplicó el test exacto de Fisher (XLSTAT 2014, Addinsoft).

3. Resultados y discusión

3.1 Composición global y pH

Los niveles de humedad, materia grasa y proteínas de los quesos estudiados no mostraron diferencias significativas debido al tiempo de salado ($p > 0,05$), aunque se observó una tendencia de que a menor contenido de sal la humedad se incrementó levemente. Los valores promedio y desvíos estándar se muestran en la **Figura 3.2**. Los resultados de composición estuvieron dentro de los valores esperados para quesos Cremoso. Según el Código Alimentario Argentino, este tipo de queso se clasifica como quesos grasos (entre 45,0 y 59,9% de materia grasa) y de alta humedad, conocidos también como de pasta blanda (entre 46,0 y 54,9% de humedad) (ANMAT, 2023).

Aunque en los quesos en estudio no se detectaron diferencias significativas en la composición debido al factor salado, el contenido de cloruro de sodio suele generar cambios. En estos productos, el salado normalmente promueve la sinéresis y disminuye el contenido de humedad. En efecto, durante el proceso de salado, hay una absorción de cloruro de sodio por parte del queso, acompañada de la transferencia de humedad del queso a la salmuera, lo que ocurre para restablecer el equilibrio de la presión osmótica (Giroux et al., 2022). En general, la absorción es mayor cuanto mayor es el contenido de humedad inicial de la cuajada; esto es debido a la disminución simultánea del nivel de proteínas, lo que reduce el efecto de fricción de la matriz proteica ejercido sobre la difusión de moléculas (Guinee & Fox, 2017). Sin embargo, aunque se ha demostrado que en general la humedad disminuye después del salado, hay estudios en los cuales el aumento del contenido de sal tampoco ha provocado una disminución significativa del contenido de humedad del queso (Cervantes et al., 1983; Paulson et al., 1998).

El nivel de materia grasa influye en forma inversa en la absorción de sal, lo que puede explicarse porque durante la etapa de salado la difusión de sal generalmente disminuye con el aumento del contenido de grasa como resultado de la obstrucción de los poros en la matriz proteica por los glóbulos de grasa (Guinee et al., 2006). El nivel proteico también cobra gran importancia: se ha observado que la absorción de sal disminuyó con el aumento de la concentración de proteína y aumentó con el incremento de la relación proteína-grasa (Giroux et al., 2022). De esta manera, aunque la humedad suele ser el principal factor de composición que afecta la difusión de la sal en el queso (Guinee & Fox, 2017), también hay una relación con los niveles de grasa y proteína. Si bien en los quesos estudiados no se detectaron diferencias, comprender cómo se interrelacionan en un equilibrio estos parámetros permite evaluar alternativas para mantenerlos en valores deseables.

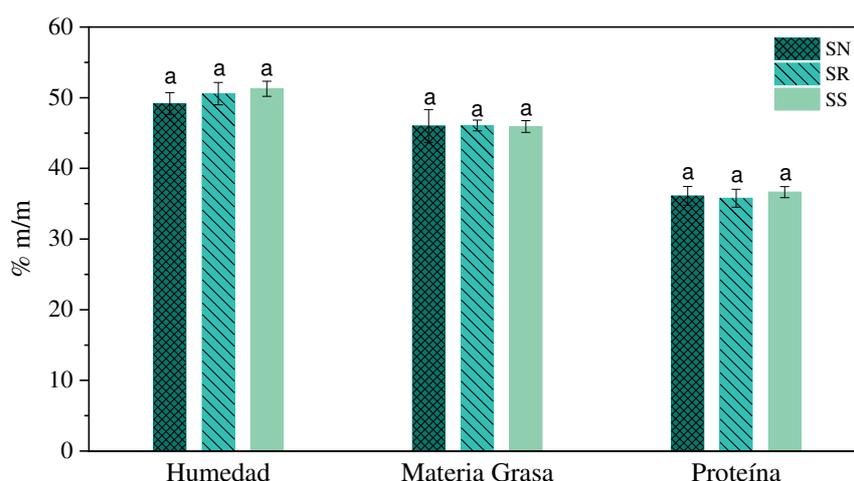


Figura 3.2 Composición de los quesos Cremoso elaborados con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado), evaluada a los 15 días de maduración (valor promedio y desviación estándar). Los niveles de materia grasa y proteína se expresaron en porcentaje en base seca. Letras iguales para cada parámetro indican que no hubo diferencias significativas entre los quesos según el nivel de salado ($p > 0,05$).

Los resultados de pH durante la maduración (15, 40 y 60 días) se muestran en la **Figura 3.3**. Tal como se puede observar, los quesos SR y SS tuvieron menores valores de pH respecto a SN ($p < 0,05$) y este comportamiento se mantuvo durante la maduración. Los resultados obtenidos indican que la actividad acidificante del fermento se frenó más rápidamente en los quesos SN debido a la exposición del queso tanto al salado como al enfriamiento más dinámico debido a la inmersión en salmuera fría que contaba con

recirculación (Tekin & Hayaloglu, 2023). En cambio, los quesos SS directamente presentaron una etapa de oreado en condiciones de refrigeración (4-6°C), que sólo frena la actividad por la disminución de temperatura, la cual es menos efectiva que sumergir los quesos en una solución fría. Por su parte, los quesos SR, que también fueron expuestos al salado y baja temperatura, pero la mitad de tiempo que los quesos SN, presentaron niveles significativamente menores de pH respecto a los quesos SN. Esto refleja la importancia que tiene el tiempo de inmersión en salmuera de los quesos a la hora de controlar la actividad acidificante de los fermentos y por ende la post-acidificación y el pH de los quesos durante la maduración. Estos parámetros son muy importantes porque, además de su efecto directo en el perfil sensorial del producto, influyen en los cambios químicos que ocurren durante la maduración, así como en la textura del queso. Guinee & Fox (2017) indicaron que la disminución de pH del queso puede regularse reduciendo la cantidad de lactosa residual en las cuajadas mediante el lavado de las mismas con agua. Sin embargo, esta estrategia también disminuye la capacidad amortiguadora natural del queso al eliminar sustancias que tienen impacto en esta propiedad como citratos y fosfatos. Otra estrategia que podría ser aplicada para evitar pH muy bajos en los quesos reducidos en sal o sin sal añadida, es frenar la etapa de acidificación a un pH levemente más elevado que lo tradicional. Esto permitiría que, a pesar que durante el enfriado baje un poco más el pH, el valor final esté dentro del rango esperado.

En concordancia con nuestros resultados, en otros estudios también se ha observado un menor pH en los quesos que tenían un menor nivel de salado (Murtaza et al., 2014; Rulikowska et al., 2013). Sin embargo, también se ha reportado que la reducción del tiempo de salado, para alcanzar una reducción del 30% de sodio, no produjo cambios en el pH (Juan et al., 2022). Las diferentes cepas y especies de fermentos primarios pueden tener distinta sensibilidad a la sal, y por ende el impacto de la disminución de sal sobre su actividad acidificante puede variar (Tidona et al., 2022). De esta manera, la selección de fermentos adecuados resulta una herramienta de importancia para elaborar quesos reducidos en sal de buena calidad.

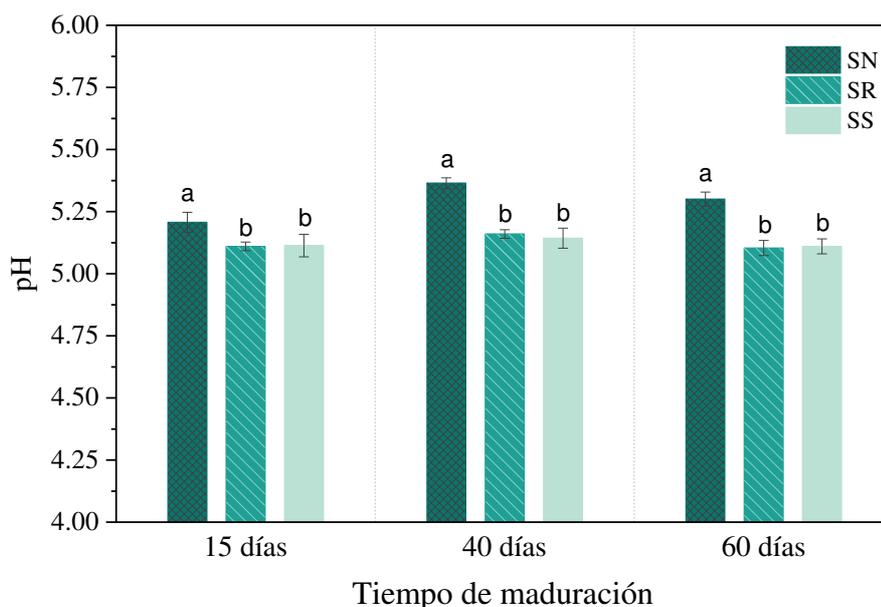


Figura 3.3 Valor de pH de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). Letras distintas a cada tiempo de maduración indican diferencias significativas según el nivel de salado ($p < 0,05$).

3.2 Niveles de sodio, calcio y cenizas

Los resultados de cenizas, sodio y calcio (g/100g de queso), se muestran en la **Tabla 3.2**. No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) para los niveles de calcio y cenizas. Sin embargo, puede observarse una tendencia a menores valores numéricos de cenizas en los quesos con salado reducido o sin salado. En el mismo sentido, otros investigadores han obtenido menores niveles de cenizas a menores niveles de salado, aunque en estos casos las diferencias fueron significativas (Madadlou et al., 2007; Murtaza et al., 2014; Rulikowska et al., 2013). En estos trabajos se estudió un rango más amplio de niveles de sal en el queso en comparación con los estudiados en la presente tesis, que a su vez impactaron en la composición (más humedad y menos proteínas y grasa en quesos con menor salado). En contraste, en nuestro trabajo, los niveles de sal estudiados no impactaron en la composición por lo que tampoco eran esperables diferencias significativas en las cenizas. Asimismo, cabe destacar que son distintos tipos de queso, que al variar en su composición pueden variar en difusión de la sal, y que el tipo de salado en seco o en salmuera puede tener impacto en esta diferencia.

En cuanto al calcio, se sabe que el salado promueve la disociación del calcio y el fosfato desde el interior de las micelas de caseína hacia el suero (Gatti & Pires, 1995; Gaucheron

et al., 2000). Sin embargo, hay estudios que también obtuvieron similares niveles de calcio total en quesos con o sin sal añadida (Paulson et al., 1998; Schroeder et al., 1988). Pastorino et al. (2003) tampoco encontraron diferencias del calcio soluble y total en quesos con diferente salado; estos autores propusieron que la solubilización del calcio en queso es independiente del contenido de sal en el queso. Se ha reportado que, si hay un nivel adecuado de calcio en la salmuera, no hay pérdida significativa de este mineral hacia la misma, al contrario de lo que ocurre cuando el nivel de calcio en la salmuera es muy bajo (Zoidou et al., 2015). Si bien no se determinó el nivel de calcio en la salmuera que utiliza la empresa donde se elaboraron los quesos, el hecho de que no sea una salmuera nueva, sino que esté en continuo uso en la industria, sugiere que tiene niveles adecuados de calcio (Fucà et al., 2012).

Los niveles de sodio presentaron diferencias significativas entre los quesos, como era esperable. Los valores para los quesos SN fueron mayores que los de los quesos SR y SS; los niveles de sodio en éstos últimos no difirieron estadísticamente, aunque puede notarse una clara diferencia numérica en los resultados. Las desviaciones estándar obtenidas para algunos resultados fueron elevadas. El hecho de que sean quesos elaborados a escala industrial, en diferentes días de elaboración y que parten de diferente pool de leche, puede influir en esta alta variabilidad. Asimismo, el nivel de sal en los quesos inmersos en salmuera puede ser influenciado por diversos factores (Fox et al., 2017).

Tabla 3.2 Nivel de cenizas, sodio y calcio en quesos Cremoso a los 60 días de maduración.

<i>Queso</i>	<i>Cenizas (%)</i>	<i>Sodio (%)</i>	<i>Calcio (%)</i>
<i>SN</i>	2,74 ± 0,48 ^a	0,87 ± 0,23 ^a	0,85 ± 0,22 ^a
<i>SR</i>	2,60 ± 0,22 ^a	0,49 ± 0,10 ^b	0,98 ± 0,06 ^a
<i>SS</i>	1,92 ± 0,47 ^a	0,15 ± 0,06 ^b	0,99 ± 0,02 ^a

Los valores corresponden al promedio ± desvío estándar de las tres réplicas elaboradas.

Letras distintas para cada parámetro indican diferencias significativas según el nivel de salado ($p < 0,05$).

La concentración de la salmuera influye notablemente en el nivel de sodio que presentará el queso, como así también las condiciones en que se encuentra la misma

(Guinee & Fox, 2017). En general, se compone típicamente de 18–25 % m/m de NaCl y 0,15– 0,5 % m/m de CaCl₂. con un pH ajustado aproximadamente a valores entre 5,0–5,3 y mantenido a una temperatura menor a 10 °C (Guinee et al., 2006; Guinee & Fox, 2017). Si bien una mayor absorción de sal se ha observado al aumentar la concentración de NaCl de la salmuera del 5 al 25% , si la concentración es superior a este último valor, se podría provocar una reducción en la tasa de absorción debido a la deshidratación y contracción de la red proteica en la superficie del queso, creando así una capa de barrera (Melilli et al., 2005) . Otro aspecto importante es el contenido de calcio y el pH de la salmuera, que se espera que sean similares a los del suero del queso para evitar un desequilibrio. En ausencia o ante un bajo nivel de calcio en la salmuera, el calcio coloidal de la matriz de caseína de la cuajada se solubiliza para restablecer el equilibrio entre las formas de calcio soluble y coloidal. Esto aumenta la hidratación de las caseínas y la absorción de humedad por lo que la superficie del queso se vuelve viscosa y pegajosa (Luo et al., 2013). Además, emplear salmuera con un pH entre 5,0 y 5,3 ejerce un efecto conservante y disminuye el riesgo de defectos superficiales (Guinee & Fox, 2017).

Por otro lado, el tiempo que se mantiene el queso inmerso en la salmuera es determinante, ya que al aumentarlo se incrementa la absorción de NaCl (Guinee et al., 2006). No obstante, la velocidad de esa absorción disminuye a medida que disminuye el gradiente de concentración entre la fase acuosa del queso y la salmuera (Luo et al., 2013). El mismo efecto se produce si no se controla correctamente el volumen de salmuera por cantidad de queso inmerso; en general, se recomienda que esa relación sea superior a cinco (Melilli et al., 2003). También se recomienda controlar la temperatura de la salmuera, ya que el incremento de la misma puede llevar a una mayor absorción debido a la mayor difusión de la sal y a la reducción de la viscosidad del suero del queso (Guinee & Fox, 2017; Melilli et al., 2003).

Finalmente, es importante destacar que la dimensión y la geometría del queso también juega un rol importante durante el salado. A mayor relación entre la superficie del queso y el volumen, se establece una mayor absorción de sal (Guinee & Fox, 2017) y esto varía también según la geometría, siendo mayor la absorción en la forma rectangular, seguida de la cilíndrica y por último la esférica cuando los quesos mantienen la misma relación entre superficie y volumen. Esto se debe a que la geometría afecta al número de direcciones de penetración de la sal y a la relación entre la superficie curva y la superficie plana (Fox et al., 2017). Habiendo tantas variables que influyen en el proceso de salado,

no es sorprendente que los resultados obtenidos de quesos elaborados a nivel industrial presenten una cierta variabilidad entre réplicas.

3.3 Recuentos microbiológicos

Los niveles de bacterias lácticas totales no tuvieron diferencias significativas ni por el nivel de salado, ni por el tiempo de maduración ($p > 0,05$). El promedio para todos los quesos y tiempos de maduración fue de $9,38 \pm 0,25$ log UFC/mL. Lo mismo se observó para las NSLAB, con un promedio de $8,59 \pm 0,33$ log UFC/mL. En cuanto a los niveles de enterococos, coliformes, mohos y levaduras fueron similares en todos los quesos e inferiores a 4 log UFC/g.

Debido a que la sal ejerce cierto efecto antimicrobiano, podría esperarse que los quesos SS tengan una carga microbiana mayor, sobre todo de microorganismos contaminantes. Hay varios autores que han reportado que el contenido de sal modula la microbiota presente durante la maduración del queso, lo que influye en la vida útil del producto (McCarthy et al., 2015; Pastorino et al., 2003; Tidona et al., 2022). Incluso, se ha reportado una mayor diversidad microbiana, dominada por *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Leuconostoc mesenteroide* (Ferroukhi et al., 2023; Guinee & Fox, 2017; Tidona et al., 2022). Si bien en esos estudios hubo una repercusión en la textura y apariencia de los quesos reducidos en sodio, al igual que en nuestros resultados, la calidad sanitaria tampoco fue afectada. Los autores consideraron que más allá de un menor nivel de sodio, la combinación del pH bajo y el almacenamiento a baja temperatura del queso reducido en sodio, suelen ser suficiente para controlar y mantener a estos microorganismos en niveles aceptables. Esto podría explicar que no se haya encontrado diferencias a nivel microbiológico debido al nivel de salado en los quesos Cremoso elaborados, ya que se mantuvo correctamente la cadena de frío y los niveles de pH fueron bajos (**Figura 3.3**). Otra razón puede deberse al beneficio que presenta la utilización del fermento primario en la elaboración, ya que el starter puede dominar y controlar la microbiota del queso por diferentes mecanismos. Un ejemplo, es la producción de compuestos con actividad antimicrobiana (ácido láctico, ácido benzoico, entre otros) (Giménez et al., 2023; Gobbetti et al., 2015; Settanni & Moschetti, 2010).

3.4 Metabolismo de carbohidratos y ácidos orgánicos

Los niveles de lactosa y ácido acético, orótico, y cítrico (**Figura 3.4**) se encontraron dentro de los valores esperados para este tipo de quesos y no hubo diferencias significativas debido al factor salado ($p > 0,05$). Sin embargo, se hallaron diferencias ($p < 0,05$) en el nivel de ácido láctico a los 15 días de maduración (**Figura 3.5**), lo que se correlaciona con los resultados de pH, aunque la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$) al continuar la maduración. También se puede detectar que hubo un mayor consumo de galactosa y de ácido hipúrico a los 60 días de maduración en quesos **SN** y **SR**, respecto a **SS**.

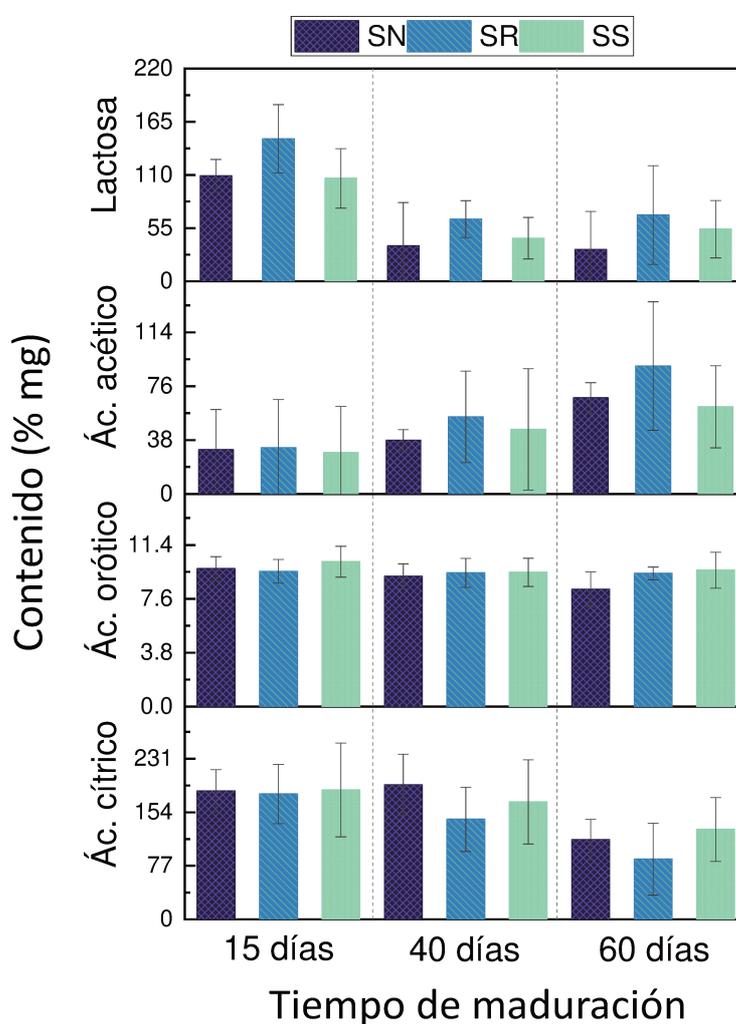


Figura 3.4 Nivel de lactosa, ácido acético, ácido orótico y ácido cítrico (mg%) en los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). Los compuestos no presentaron diferencias significativas según el nivel de salado ($p > 0,05$).

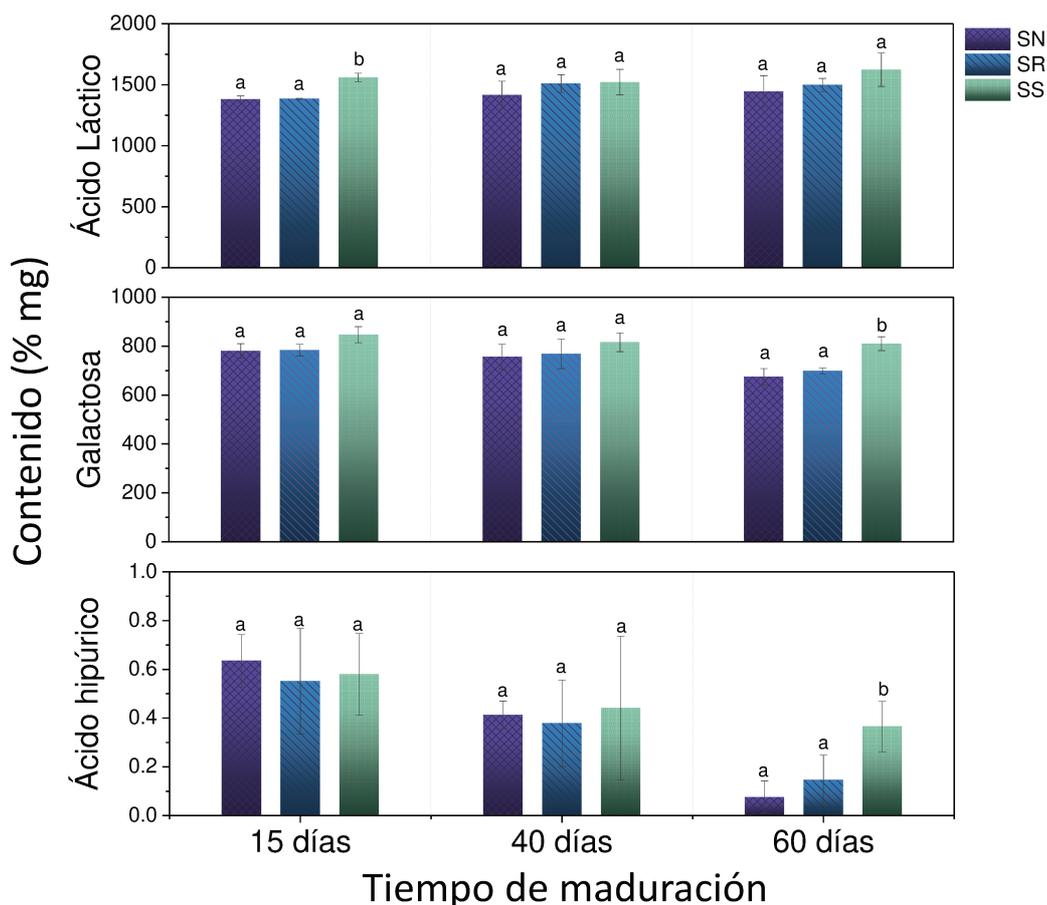


Figura 3.5 Nivel de ácido láctico, galactosa y ácido hipúrico (mg%) en los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). Letras distintas para cada tiempo de maduración indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En varios trabajos se observa que la disminución de la sal tiene un efecto sobre la concentración de carbohidratos, disminuyendo el nivel de lactosa y otros azúcares, así como también aumentando el nivel de ácido láctico y otros ácidos orgánicos y alcoholes (Bassit et al., 1993; McCarthy et al., 2015; Upreti et al., 2006). Esto puede relacionarse no sólo con el hecho de que a menor nivel de sal en el queso puede haber una mayor abundancia y diversidad de microorganismos presentes capaces de metabolizar estos compuestos, sino también por la misma tecnología de elaboración de quesos reducidos en sal o sin sal agregada. En efecto, en estos quesos la disminución y detención de la actividad acidificante del fermento es menor debido al menor tiempo en salmuera fría o a la sola exposición de bajas temperaturas de refrigeración (Wang et al., 2024). Aun así, no en todos los trabajos se han logrado detectar estas diferencias por el salado y los niveles obtenidos son dependientes del tipo de queso elaborado y obviamente del fermento utilizado (Bansal & Mishra, 2020; McCarthy et al., 2015).

En cuanto a los ácidos orgánicos detectados, estos contribuyen al control microbiológico, así como también al aroma y sabor de los quesos. Por ejemplo, en trabajos previos llevados a cabo en el Instituto de Lactología Industrial se ha detectado que el ácido hipúrico fue transformado por las bacterias lácticas presentes en el queso en ácido benzoico, un conservante natural que presenta actividad antimicrobiana (Giménez et al., 2023). En el presente trabajo solamente determinamos el ácido hipúrico y comprobamos su disminución en todos los quesos, lo que revela la actividad de las bacterias presentes para metabolizarlo y probablemente producir ácido benzoico a partir del mismo. Este metabolismo fue menor en los quesos SS, lo que revela el impacto positivo de la sal en esta actividad. Asimismo, el ácido acético también ejerce control sobre el crecimiento de levaduras y bacterias, y en menor grado sobre el desarrollo de mohos. Incluso, este compuesto contribuye al gusto y al aroma del queso (Dergal & Grupo Herdez, 2006; X. Wang et al., 2024). Por su parte, el metabolismo del citrato también es deseable por la formación de diacetilo y otros compuestos de aroma importantes en los quesos (Bansal & Mishra, 2020). El ácido orótico, que es un intermediario en la síntesis de nucleótidos, también puede ser utilizado por algunas bacterias lácticas como fuente de nutrientes para su crecimiento y aportar al sabor (Gonzalez de Llano et al., 1996). De esta manera, se resalta la importancia que tiene el metabolismo de carbohidratos y ácidos, que puede repercutir en los compuestos volátiles y no volátiles producidos y en el sabor y aroma impactando en la aceptabilidad de los quesos. En nuestro estudio vimos diferencias únicamente en tres de los compuestos analizados reflejando el impacto específico de la sal en la actividad de la microbiota presente, tanto del fermento primario como de las NSLAB presentes.

3.5 Proteólisis

Los agentes proteolíticos que actúan durante la maduración de quesos Cremoso son principalmente el coagulante residual y las enzimas proteolíticas y peptidolíticas microbianas (Peralta et al., 2022). Al evaluar el grado de maduración (**Figura 3.6**) de los quesos Cremoso se observó que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) debido al factor salado. Tampoco se observaron diferencias marcadas en los perfiles electroforéticos (**Figura 3.7**); únicamente se observó que la banda de α_{S1-I} caseína fue levemente menos densa en los quesos SS a los 15 días de maduración en comparación con SN y SR, pero esta pequeña diferencia no se observó a los 60 días. Durante la

maduración se evidenció un avance de la proteólisis, como era de esperar. En este sentido, hubo un aumento del grado de maduración ($p < 0,05$), y de la hidrólisis de la α_{S1} caseína, cambios que están principalmente asociados a la actividad del coagulante residual.

La degradación de las caseínas juega un papel importante en el desarrollo de textura del queso y también influye en el sabor y aroma, ya que algunos péptidos pequeños y aminoácidos contribuyen al sabor de fondo, mientras que otros son precursores de compuestos de aroma (McSweeney, 2011; McSweeney & Sousa, 2000). Ciertas peptidasas pueden contribuir favorablemente a la formación de sabor por la producción de péptidos que aportan notas de fondo como “caldo” o “umami” y mediante la degradación de péptidos amargos, mientras que otras pueden producir péptidos que causan notas indeseables de sabor amargo.

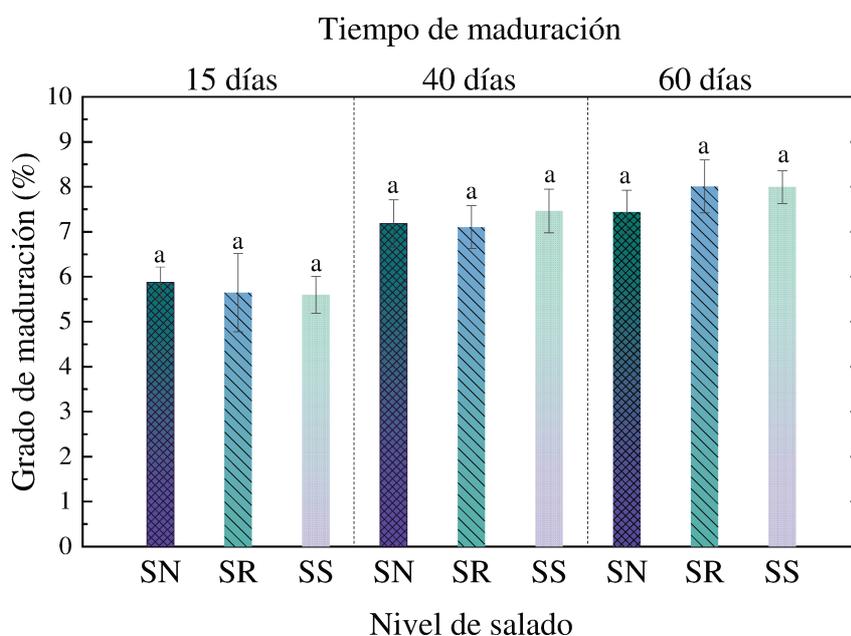


Figura 3.6 Grado de maduración de los quesos con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días). El grado de maduración fue calculado como la relación porcentual entre el nitrógeno soluble a pH 4,6 y el nitrógeno total. Letras iguales a cada tiempo de maduración indican que no hubo diferencias significativas entre los quesos según el nivel de salado ($p > 0,05$).

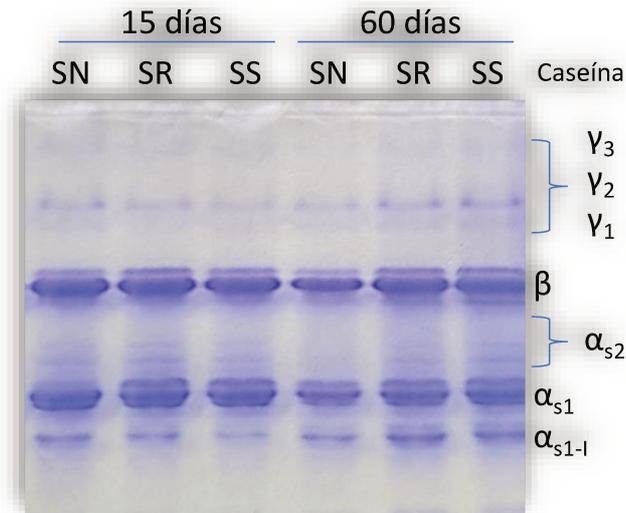


Figura 3.7 Perfiles de electroforesis de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15 y 60 días).

A diferencia de los dos índices de proteólisis descritos anteriormente, los perfiles peptídicos de los quesos Cremosos, obtenidos mediante HPLC, presentaron algunas diferencias debido a las modificaciones en el salado, las cuales se acentuaron durante la maduración. En la **Figura 3.8** se puede observar los perfiles de los quesos de cada una de las réplicas; como se puede observar hay algunas diferencias entre las réplicas, lo cual es lógico cuando se analizan quesos elaborados a nivel industrial. Sin embargo, en todas las réplicas es posible observar algunas diferencias comunes debido a las modificaciones en el salado a lo largo del cromatograma, principalmente de algunos de picos que disminuyeron en los quesos con menos sal, aunque también se vio un aumento de un pico en la parte inicial del cromatograma. En particular, la disminución de la altura de algunos picos (26, 35 y 70-74 min de tiempo de retención) en los quesos SS sugiere una disminución de la peptidólisis, ya que la altura de estos picos a los 60 días en los quesos SS coinciden con la altura de los picos de los quesos SN a los 15 días.

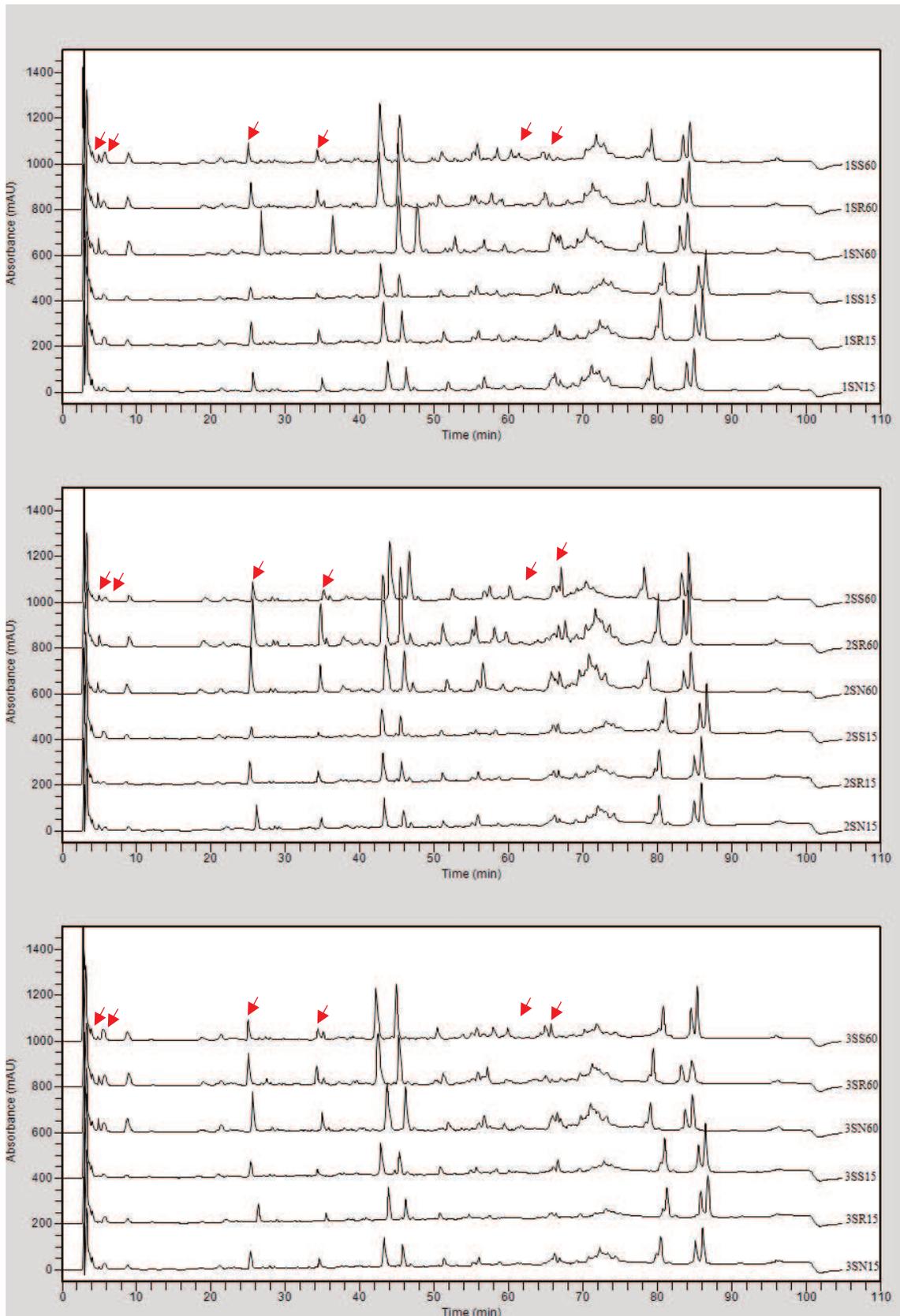


Figura 3.8 Perfiles peptídicos de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) a diferentes tiempos de maduración (15, 40 y 60 días) según el número de réplica (1, 2 y 3). Los picos señalados con flechas rojas (▶) fueron los más afectados debido al factor salado.

La proteólisis es un evento importante en el queso Cremoso, con gran influencia en la textura y el *flavour*. Durante este proceso se hidrolizan proteínas y péptidos grandes incrementando el número y nivel de péptidos medianos y pequeños y aminoácidos libres. Cada pico que se observa en los perfiles peptídicos corresponde a un péptido o grupo de péptidos similares; los perfiles a distintos tiempos durante la maduración reflejan el complejo equilibrio entre su producción y su posterior degradación a aminoácidos (Pripp et al., 1999). En general, debido a las características del método HPLC utilizado, los péptidos más hidrofílicos, incluidos los aminoácidos libres, salen en la primera parte del cromatograma, mientras que los más hidrofóbicos salen más tardíamente y estos se relacionan con el sabor amargo. En el queso Cremoso es normal el incremento de la mayor parte de los picos a lo largo del cromatograma como consecuencia de la proteólisis durante la maduración. Sin embargo, también es normal que algunos picos disminuyan durante este proceso lo que refleja su hidrólisis para dar otros péptidos (Milesi et al., 2009).

En nuestro caso, los resultados obtenidos de grado de maduración y electroforesis reflejan que el nivel de salado no afectó significativamente la actividad del coagulante residual. Sin embargo, las diferencias observadas en los perfiles peptídicos indican que las modificaciones en el salado afectaron la actividad peptidolítica microbiana. En otros trabajos donde se estudió la influencia del nivel de sal en la proteólisis de diferentes tipos de quesos, se ha reportado que un menor nivel de sal condujo a una disminución de la proteólisis (Mistry & Kasperson, 1998; Soltani et al., 2015; Verdini et al., 2004). Baptista et al. (2017) no encontraron diferencias en la proteólisis ni observaron un incremento de péptidos amargos en queso Prato cuando se redujo el nivel de sal en un 25 y 50%. Por el contrario, en otros trabajos se ha encontrado que la reducción de la sal en quesos condujo a un incremento de la proteólisis y un desequilibrio entre proteólisis y peptidólisis que condujo a una mayor producción de péptidos amargos que impactaron en las características sensoriales de los quesos aumentando el sabor amargo (Mistry & Kasperson, 1998; Rulikowska et al., 2013). Estos antecedentes remarcan la importancia del estudio de la influencia del salado en cada queso en particular, ya que diferentes resultados se han obtenido en diferentes tipos de quesos.

3.6 Perfil de textura y capacidad de fusión

Los parámetros de textura y fusión se pueden observar en la **Tabla 3.3**. Generalmente, la proteólisis en quesos Cremosos tiene gran influencia en estas propiedades, aunque a veces la relación no es tan directa porque hay otros factores que influyen como el pH y el grado de solubilización del calcio (Hynes et al., 2001a). A medida que aumenta la maduración hay mayor proteólisis, lo que en general repercute en los niveles de masticabilidad y dureza que disminuyen mientras la fusión aumenta. En los quesos SN, se observó una disminución de dureza y masticabilidad entre 15 y 60 días de maduración, mientras que en los quesos SS, hubo un aumento de estos parámetros. La fusión aumentó en todos los quesos durante la maduración. En los parámetros de textura sólo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los quesos según el nivel de salado para los parámetros de dureza y masticabilidad. En ambos casos: SN > SR-SS a 15 días, sin diferencias a los 60 días. El resto de los parámetros de textura junto con la capacidad de fusión tampoco tuvo diferencias por el nivel de salado (**Tabla 3.3**). Aun así, estos resultados eran esperables considerando que las diferencias en la proteólisis, así como también en la composición, fueron muy pocas según el nivel de salado.

En general, se ha reportado en varios estudios que la sal tiene un gran efecto en la fusión y la textura de los quesos (Cruz et al., 2011; Fox et al., 2004). Hay escasos reportes en quesos reducidos en sodio con una tecnología similar al Cremoso. Sin embargo, a nivel general se ha observado que el aumento del contenido de sal provoca un aumento de la dureza y una disminución de la cohesión del queso (Baptista et al., 2017; Cervantes et al., 1983; Schroeder et al., 1988). También que a mayor contenido de sal la fusión del queso Mozzarella fue menor (Cervantes et al., 1983). No obstante, hay otros estudios en los cuales no se han encontrado modificaciones. Por ejemplo, Ganesan et al. (2014) no observaron ningún efecto del nivel de sal en la resiliencia, la cohesión ni la dureza de los quesos Cheddar a los 90 días de maduración. En otros estudios, la reducción de sal en la humedad del 4,9 al 3,5% en queso Cheddar tampoco afectó significativamente el sabor y la textura (Lindsay et al., 1982). Asimismo, la resiliencia, la cohesión y la dureza tampoco cambiaron en queso Mozzarella con distinto nivel de sal (0,7 a 1,8%) a los 3 meses de almacenamiento (Ganesan et al., 2014). De esta manera, el efecto que presentará el nivel de salado en los quesos dependerá del tipo de producto, así como también de la tecnología de elaboración empleada. Bae et al. (2017), se han basado en este hecho para plantear estrategias que permitan compensar las modificaciones que ejerce la sal, ya que se pueden

ajustar las condiciones de procesamiento y las materias primas durante la elaboración, o la composición del queso y la capacidad proteolítica, a modo de aminorar los defectos que pueden producirse. Por ejemplo, plantearon reducir el contenido residual de lactosa, mejorar la retención de minerales en la cuajada, ajustar la composición al reducir el contenido de grasa y humedad, modificar la dosis o el tipo de coagulante, utilizar diferentes cultivos iniciadores o adjuntos. Todos estos cambios deben evaluarse según el tipo de producto, teniendo en cuenta la aceptabilidad del producto final.

Tabla 3.3 Parámetros de textura de los quesos Cremoso a los 15 y 60 días de maduración.

<i>Parámetro</i>	<i>SN</i>	<i>SR</i>	<i>SS</i>	<i>Maduración</i>
<i>Dureza (N)</i>	22,62±9,10 ^a	16,57±2,07 ^b	10,50±1,53 ^b	15 días
<i>IREI (-)</i>	0,33±0,00	0,34±0,01	0,35±0,03	
<i>IRER (-)</i>	0,36±0,00	0,35±0,01	0,36±0,01	
<i>Cohesividad (-)</i>	0,60±0,00	0,60±0,00	0,61±0,01	
<i>Resiliencia (-)</i>	0,27±0,02	0,27±0,02	0,28±0,01	
<i>Masticabilidad (N)</i>	4,84±1,97 ^a	3,49±0,34 ^b	2,45±0,43 ^b	
<i>Adhesividad (J)</i>	1,62±0,20	1,83±0,45	1,82±0,27	
<i>Fusión (%IDA)</i>	271,3±25,2	271,9±7,3	271,9±24,7	
<i>Dureza (N)</i>	20,30±5,10	18,51±4,09	18,16±1,72	60 días
<i>IREI (-)</i>	0,25±0,01	0,29±0,03	0,30±0,02	
<i>IRER (-)</i>	0,34±0,01	0,34±0,01	0,35±0,00	
<i>Cohesividad (-)</i>	0,59±0,00	0,59±0,01	0,60±0,01	
<i>Resiliencia (-)</i>	0,28±0,02	0,28±0,05	0,30±0,04	
<i>Masticabilidad (N)</i>	3,80±1,33	3,79±0,86	3,93±0,22	
<i>Adhesividad (J)</i>	-0,93±0,56	-1,64±0,95	-0,95±0,22	
<i>Fusión (%IDA)</i>	362,9±18,1	372,4±27,2	337,4±47,6	

Los valores corresponden al promedio ± desvío estándar de las tres réplicas elaboradas.

%IDA: porcentaje de incremento del área

Letras distintas para masticabilidad y dureza indican diferencias significativas según el nivel de salado ($p < 0,05$). El resto de los parámetros no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$).

3.7 Compuestos volátiles

Se identificaron 22 compuestos volátiles de las siguientes familias químicas: alcoholes (2), aldehídos (4), cetonas (8), ácidos (5) y ésteres (3) tal como se muestran en la **Tabla 3.4**. En todos los quesos, los ácidos y cetonas fueron los compuestos mayoritarios. En general, se observó que la reducción y omisión del salado provocó una disminución de los ácidos (SN>SS>SR) y aldehídos (SN>SS>SR) y un incremento de las cetonas (SR>SS>SN) en los quesos (**Figura 3.9 A**). Asimismo, en los quesos sin salado en comparación a los quesos SN, se observó un aumento de los ésteres (SS>SN>SR) y alcoholes (SS>SR-SN). En general, en quesos tipo Cremoso los grupos de mayor relevancia son las cetonas y los alcoholes, y en menor medida los aldehídos y los ácidos carboxílicos (Wolf et al., 2020). Sin embargo, la composición, el contenido de sal y el pH son determinantes para los niveles de compuestos volátiles obtenidos (Tekin & Hayaloglu, 2023).

En la **Figura 3.9 B** se presenta el biplot del análisis de componentes principales de los compuestos volátiles individuales, donde se observa una clara diferenciación de los quesos según el nivel de salado. En quesos SN se encontró el mayor nivel de acetaldehído, 2-propanona, 2-butanona, 2-pentanona y ácido octanoico. En quesos SR hubo mayor nivel de benzaldehído, acetoína, 2-nonanona, ácido hexanoico y ácido decanoico, mientras que los quesos SS se destacaron por la presencia de 3-metil butanal, hexanal, butanoato de etilo, hexanoato de etilo, 2-butanol, 1-propanol y ácido acético, mostrando también los mayores niveles de diacetilo, 2-heptanona, acetato de etilo y ácido butírico. En un estudio similar, pero realizado en quesos Cheddar con distinto contenido de sal, también se han encontrado diferencias en los perfiles de compuestos volátiles según el nivel de salado, lo que se ha atribuido a diferencias en la composición, ya que la menor relación de salado/humedad y la mayor actividad acuosa de los quesos con menor contenido de NaCl dieron como resultado un metabolismo más heteroláctico de la lactosa y un mayor catabolismo de los aminoácidos aromáticos y azufrados (Rulikowska et al., 2013). Estas diferencias también pueden ser consecuencia de reacciones catalizadas por enzimas microbianas (Smit et al., 2005), indicando que la actividad metabólica de los microorganismos presentes fue afectada por el nivel de salado de los quesos.

Tabla 3.4 Compuestos volátiles agrupados por familias químicas (expresados como unidades arbitrarias de área / 1000) para quesos con diferente nivel de salado (SN, SR, SS).

Compuestos	SN	SR	SS
Alcoholes	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	38,5 ± 5,1
2-butanol	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	16,0 ± 2,9
1-propanol	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	22,5 ± 2,3
Aldehídos	35,8 ± 0,6	36,6 ± 6,9	55,8 ± 6,1
acetaldehído	18,4 ± 1,1	5,4 ± 0,6	9,8 ± 1,6
3-metil butanal	10,7 ± 1,2	15,1 ± 2,6	27,2 ± 3,6
hexanal	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	9,0 ± 1,2
benzaldehído	6,7 ± 0,7	16,1 ± 7,4	9,7 ± 2,0
Cetonas	900,8 ± 16,2	1985,2 ± 42,3	1783,8 ± 78,4
2-propanona	41,3 ± 4,5	18,5 ± 1,6	27,9 ± 3,3
2-butanona	32,6 ± 2,4	9,1 ± 0,6	26,1 ± 1,2
2-pentanona	149,0 ± 9,8	275,8 ± 4,6	267,8 ± 19,5
diacetilo	295,9 ± 1,8	409,5 ± 33,1	874,3 ± 28,5
2-hexanona	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
2-heptanona	15,1 ± 0,8	15,2 ± 1,2	16,9 ± 1,3
acetoína	367,0 ± 12,6	1249,4 ± 36,6	564,8 ± 69,4
2-nonanona	0,0 ± 0,0	7,8 ± 0,3	6,0 ± 0,2
Ácidos	882,8 ± 36,9	1137,9 ± 71,4	1297,8 ± 31,0
ácido acético	302,6 ± 17,0	564,1 ± 29,1	736,4 ± 23,0
ácido butírico	273,2 ± 12,9	259,1 ± 13,6	282,3 ± 24,2
ácido hexanoico	185,6 ± 16,5	186,1 ± 17,2	178,2 ± 26,4
ácido octanoico	81,8 ± 5,1	80,7 ± 15,2	64,6 ± 4,3
ácido decanoico	39,6 ± 1,3	47,8 ± 5,2	36,2 ± 1,0
Ésteres	14,6 ± 1,1	15,7 ± 3,3	64,8 ± 6,2
acetato de etilo	14,6 ± 1,1	6,3 ± 1,1	16,1 ± 3,3
butanoato de etilo	0,0 ± 0,0	9,4 ± 2,2	24,1 ± 3,1
hexanoato de etilo	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	24,5 ± 0,8
Total	1834,0 ± 20,8	3175,4 ± 102,5	3240,6 ± 74,3

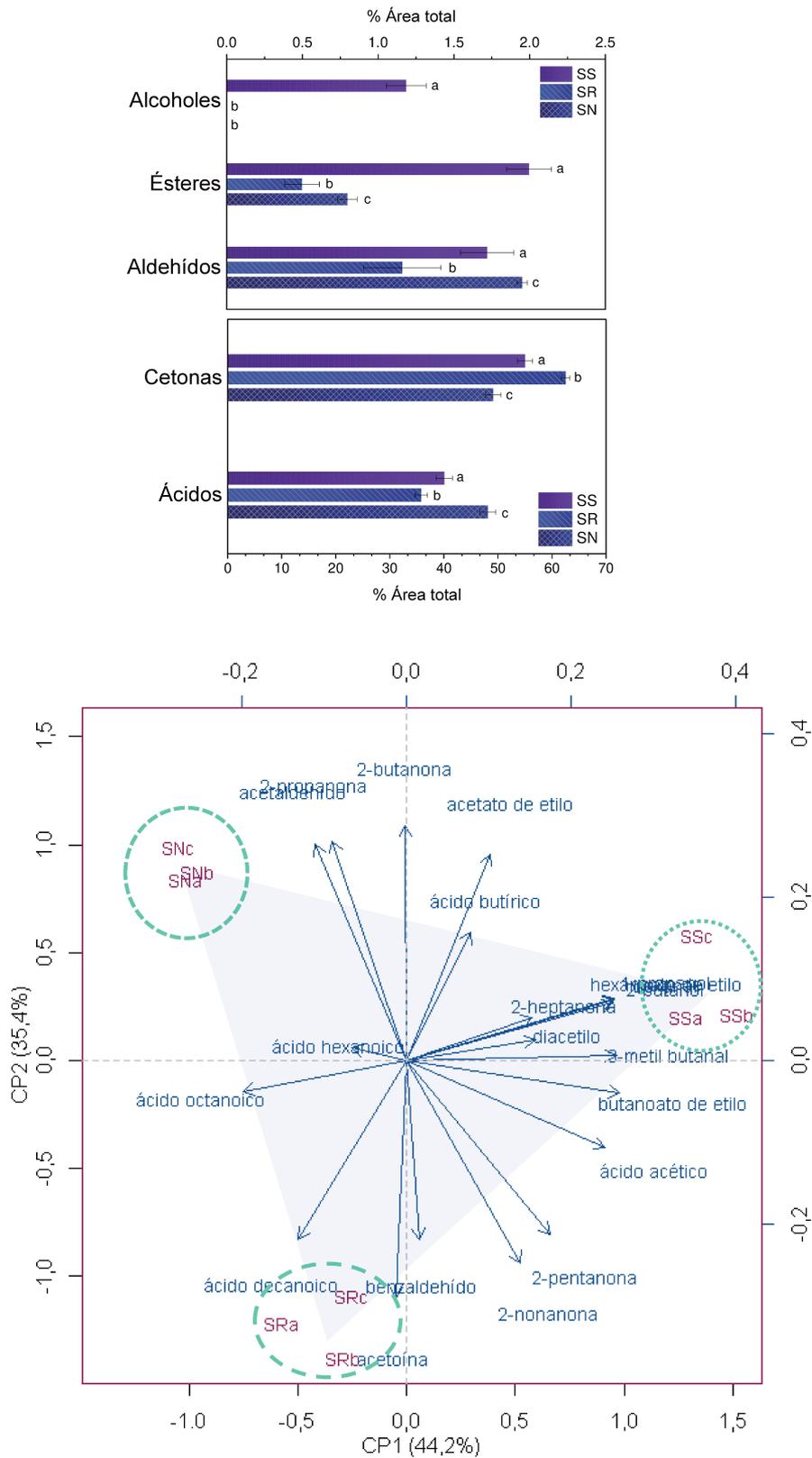


Figura 3.9 Compuestos volátiles de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: salado reducido; SS: sin etapa de salado) analizados a los 40 días de maduración. (A) Nivel de compuestos volátiles agrupados por familias químicas. Letras distintas para cada compuesto indican diferencias significativas según el nivel de salado ($p < 0,05$). (B) Biplot de loading de las variables y scores de las muestras para CP1 vs. CP2 del análisis por componentes principales.

3.8 Análisis sensorial

En la **Figura 3.10** se muestra el gráfico de estrella para los atributos sensoriales descriptivos estudiados en los quesos a los 40 días de maduración. Asimismo, en la **Tabla 3.4** se muestran los valores promedio, desviación estándar y resultados del ANOVA para estos parámetros. Algunos de los atributos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los quesos. Se observó que el queso SN fue más brillante y presentó menos color que el SS. Asimismo, los quesos SN y SR presentaron mayor gusto salado, como era de esperar, y mayor cremosidad respecto a los quesos SS. Se corroboró también que el queso SN presentó olor característico y elasticidad mayor al de los quesos SR y SS. En cuanto al *flavor* global, se presentaron diferencias significativas teniendo los valores el siguiente orden: SN>SR>SS. Si bien no se observaron diferencias significativas en el *flavour* residual, los valores numéricos mostraron la misma tendencia que para el *flavor* global. Por otro lado, más allá de las diferencias observadas en el pH, no se detectaron diferencias significativas en el gusto ácido. Tampoco se observaron diferencias en el sabor amargo entre los quesos. Ganesan et al. (2014) sugirieron que los defectos sensoriales en el queso se correlacionan con el nivel de sal/humedad (S/M), ya que cada variedad de queso tiene una S/M ideal y la disminución de ese valor ideal altera la calidad del queso debido al crecimiento de microorganismos indeseables y la actividad enzimática descontrolada.

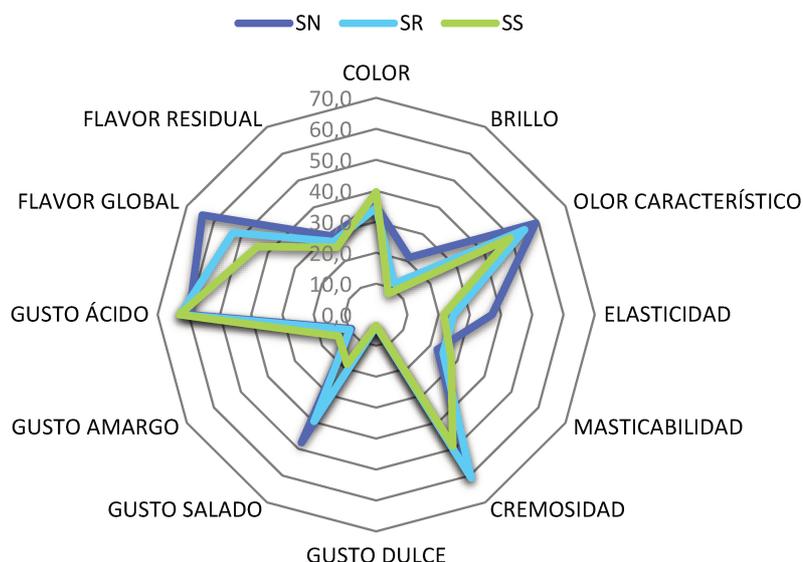


Figura 3.10 Valores de los atributos sensoriales descriptivos en los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: Salado reducido; SS: sin etapa de salado) a los 40 días de maduración.

Tabla 3.5 Valores de los atributos sensoriales descriptivos de los quesos Cremoso con distinto nivel de salado (**SN**: salado normal; **SR**: Salado reducido; **SS**: sin etapa de salado) evaluados a los 40 días de maduración.

<i>DESCRIPTORES</i>	<i>Quesos</i>			<i>Significancia del ANOVA</i>
	SN	SR	SS	
<i>Color</i>	34,3±1,5 ^b	33,7±3,9 ^b	40,2±3,1 ^a	*
<i>Brillo</i>	21,0±1,4 ^a	15,3±5,2 ^{a,b}	13,2±2,5 ^b	*
<i>Olor Característico</i>	61,2±2,6 ^a	55,0±3,6 ^b	49,8±4,2 ^b	*
<i>Elasticidad</i>	38,0±2,3 ^a	23,0±2,5 ^b	21,3±2,8 ^b	*
<i>Masticabilidad</i>	21,7±1,5	20,3±4,4	24,0±4,1	NS
<i>Cremosidad</i>	60,8±1,4 ^a	60,5±2,3 ^a	47,7±2,0 ^b	*
<i>Gusto Dulce</i>	1,2±3,5	0,3±0,5	0,5±0,5	NS
<i>Gusto Salado</i>	47,7±1,2 ^a	39,2±2,4 ^b	20,3±3,3 ^c	*
<i>Gusto Amargo</i>	11,5±1,4	10,7±2,2	11,5±3,3	NS
<i>Gusto Ácido</i>	67,7±2,3	64,7±7,2	69,0±5,9	NS
<i>Flavor Global</i>	62,3±1,1 ^a	55,5±3,3 ^b	42,5±1,5 ^c	*
<i>Flavor Residual</i>	30,3±1,8	27,7±6,8	24,0±5,2	NS

Los valores corresponden al promedio ± desvío estándar de las tres réplicas elaboradas.

SN: salado normal; SR: Salado reducido; SS: sin etapa de salado

* Indica diferencias significativas a $p < 0,05$ de acuerdo al test ANOVA

^{NS} Indica que no hay diferencias significativas a $p > 0,05$ de acuerdo al test ANOVA

Por otro lado, en la caracterización sensorial basada en consumidores, se determinó mediante la prueba de chi-cuadrado que las diferencias en las distribuciones de frecuencia de consumo de quesos frescos (al menos dos veces por semana y más de dos veces por semana) por género (femenino y masculino) y edad (entre 18-40 años y 41-65 años) no fueron significativas.

Luego de analizar la prueba de consumo, se observó que las distribuciones de los datos del histograma de aceptabilidad o agrado general fueron muy similares para las muestras SN y SR, mientras que fue diferente para los quesos SS (**Figura 3.11**). Hubo una mayor cantidad de personas que optaron por “me gusta mucho” en quesos SR, “me gusta” en quesos SN y “me gusta poco” en quesos SS. Además, el porcentaje de los encuestados

que puntuó cada queso con los 3 valores más altos de la escala: “me gusta”, “me gusta mucho” y “me gusta muchísimo”, fue mucho menor para los quesos SS. En efecto el 79,7%, el 82,7% y el 36,5% de los encuestados puntuaron con estas escalas a los quesos SN, SR y SS, respectivamente. De esta manera, el valor promedio de aceptabilidad de los quesos, basado en las puntuaciones en la escala hedónica de 9 puntos, fue significativamente menor para el queso SS. Por su parte, el valor medio de aceptabilidad de los quesos SN y SR fue similar y mostró valores elevados (Tabla 3.6). De esta manera, se demuestra que el tiempo de salado en quesos elaborados a escala industrial podría reducirse a la mitad sin perjudicar la aceptabilidad.

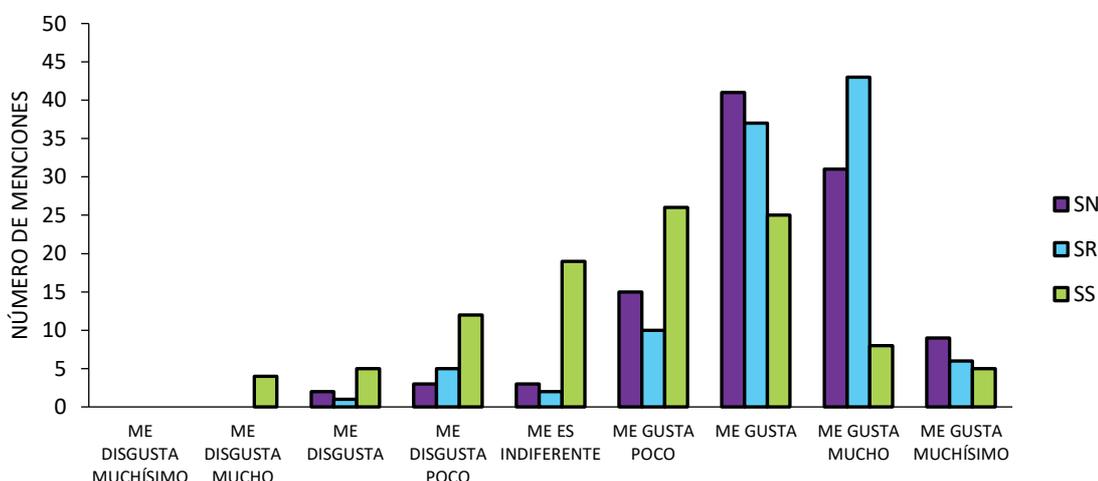


Figura 3.11 Histogramas de la escala hedónica de 9 puntos del análisis de aceptabilidad de los quesos con distinto nivel de salado (SN: salado normal; SR: Salado reducido; SS: sin etapa de salado), evaluados a los 40 días de maduración.

Algunos estudios llevados a cabo en otros tipos de queso como Cheddar, Mozzarella y Cottage han demostrado que el nivel de NaCl se puede reducir entre un 30% y un 35% sin afectar la aceptabilidad general (Bansal & Mishra, 2020). En otro estudio realizado en Mozzarella también se reportó que las puntuaciones para los quesos con 25 y 33% de sal reducida no fueron significativamente diferentes de las del queso control (Ganesan et al., 2014). El gusto del consumidor disminuyó cuando el contenido de sal se redujo al 0,7%*m/m* (el nivel necesario para encajar en la categoría baja en sodio en los Estados Unidos) (Symbols et al., 2010). En este estudio, la puntuación media de este tipo de queso fue de solo 4,9, lo que significa por debajo de "ni me gusta ni me disgusta" o “me es indiferente”. En cambio, en los resultados obtenidos en la presente tesis, el nivel de aceptación de quesos SS fue mayor, de 5,83. A su vez, si se consideran los niveles de sal

determinados en la **Tabla 3.2**, la reducción alcanzada en quesos SR fue de un 56%, indicando que la aceptación en este caso se dio hasta incluso en concentraciones mucho menores que las reportadas en bibliografía para otro tipo de quesos como Cottage, Mozzarella, y Cheddar (Bansal & Mishra, 2020; Ganesan et al., 2014; Schroeder et al., 1988).

Tabla 3.6 Puntuación de la aceptabilidad de los diferentes tipos de quesos evaluados a los 40 días de maduración.

<i>Muestra</i>	<i>Aceptabilidad</i>
<i>SN</i>	7,11 ± 1,21 ^a
<i>SR</i>	7,21 ± 1,17 ^a
<i>SS</i>	5,83 ± 1,63 ^b

Los resultados corresponden al valor medio ± desviación estándar de las valoraciones de los 104 consumidores.

SN: salado normal; SR: Salado reducido; SS: sin etapa de salado

Diferentes letras en las puntuaciones de aceptabilidad indican diferencias significativas ($p < 0,0001$).

En tercer lugar, respecto a la intención de compra, a partir del análisis de la significancia se pudo concluir que la muestra SS presentó menor intención de compra ($p < 0,05$) que SN y SR. Las diferencias pueden observarse en la **Figura 3.12**. Este resultado era esperable considerando las diferencias obtenidas en el análisis cualitativo descriptivo, principalmente debido al *flavor* global, y en el ensayo de aceptabilidad con consumidores. A su vez, se destaca el hecho de que los quesos SR, también obtuvieron un nivel alto de intención de compra, lo que se correlaciona con el nivel de aceptabilidad de estos quesos. Es importante mencionar que en Argentina hubo en los últimos años una mayor campaña y concientización respecto al nivel de sodio (Ministerio de Salud, 2018). Además, en la encuesta realizada en el Capítulo 2 se ha mencionado que muchos participantes optarían por quesos reducidos en sodio o sin sal agregada para el consumo a fin de obtener beneficios para la salud. Incluso, algunos han expuesto que ciertos quesos les resultan muy salados por lo cual preferirían consumir este tipo de productos con menor contenido de sal. De esta manera, los resultados también podrían verse influenciados no sólo por la calidad sensorial y la textura, sino también por un mayor conocimiento relacionado al nivel de sodio y a los cambios en la dieta que han surgido recientemente.

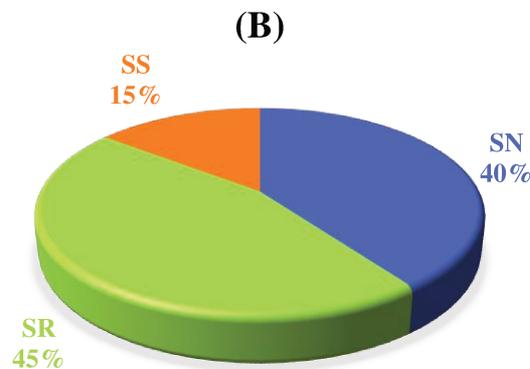
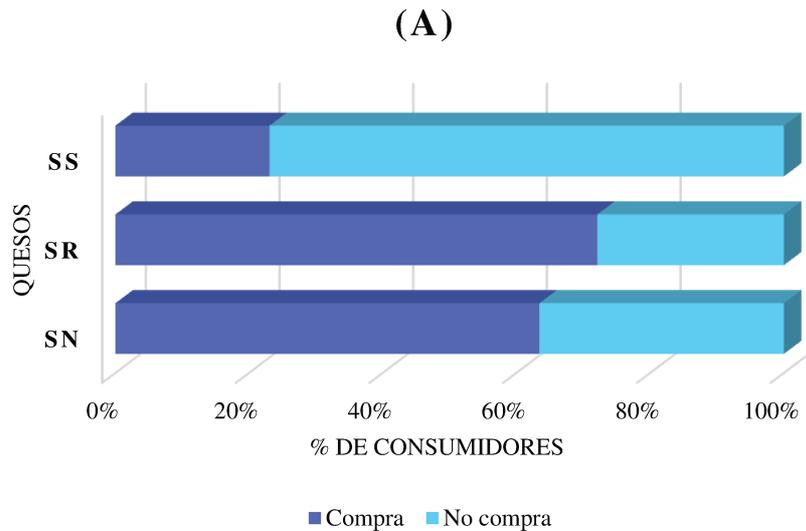


Figura 3.12 Intención de compra de los quesos con distinto nivel de salado (SN, salado normal; SR, salado reducido; SS, sin etapa de salado) evaluado a los 40 días de maduración. **(A)** Porcentaje de encuestados que indicaron que comprarían o no el producto según el tipo de queso. **(B)** Proporción de consumidores que comprarían cada tipo de queso.

A su vez, si se pretende introducir productos de este tipo en el mercado, hay que tener en cuenta que una información sobre los beneficios para la salud de quesos con menor contenido de sodio puede aumentar las emociones positivas y disminuir las emociones negativas, mejorando la intención de compra del producto (Pujols et al., 2019). Sin embargo, saber qué es más saludable no significa tener conductas más saludables. Incluso si la información sobre la salud está presente, muchas veces si no se expresa de forma correcta puede tener poco efecto en la identificación y la intención de compra de opciones más saludables (Ikonen et al., 2020). Aun así, hay estudios que demuestran que hubo más personas que expresaron su disposición a comprar el queso con la declaración de contenido reducido de NaCl que sin tal declaración, lo que resalta la necesidad de usar

declaraciones nutricionales para aumentar la disposición a comprar dicho producto (Czarnacka-Szymani & Jezewska-Zychowicz, 2015).

Otro aspecto clave es el precio. En un estudio con 983 consumidores se observó que aun cuando el alimento sea considerado de buena calidad, el precio del producto se convierte en un factor crítico para la decisión de compra. Sin embargo, características como la disponibilidad del producto y el atractivo de los beneficios para la salud son estímulos positivos para esta actitud del consumidor (Sajdakowska et al., 2020). En otro estudio guiado sobre la percepción de quesos con 408 voluntarios, también se observó que el precio del producto es un factor decisivo para la intención de compra del producto, aunque el sabor y la apariencia visual son factores que contribuyen significativamente a la elección o rechazo del producto (Judacewski et al., 2019). La falta de familiaridad con el producto, disponibilidad y conocimiento sobre los ingredientes aparecen también como sólidos influyentes en esta decisión (Barboza de Melo et al., 2022). Esto significa que se debe trabajar en múltiples factores que se complejizan aún más a la hora de elaborar quesos reducidos en sodio que sean aceptados por los consumidores.

4. Conclusiones parciales

A nivel fisicoquímico la reducción de salado en quesos Cremoso a escala industrial modificó el pH, y otros parámetros indicativos del metabolismo microbiano como el nivel de ácidos (láctico e hipúrico) y de galactosa, la peptidólisis y el perfil de compuestos volátiles. Sin embargo, no se encontraron diferencias a nivel microbiológico, lo que podría atribuirse al uso de un fermento primario con buena actividad acidificante, el uso de una leche de buena calidad microbiológica y el mantenimiento de buenas condiciones de refrigeración durante la maduración. Si bien se lograron obtener productos sin sal agregada, sin afectar en gran medida su perfil de maduración y perfil microbiológico, el producto tiene algunas características que deberían mejorarse, sobre todo a nivel sensorial, para lograr una mayor aceptabilidad entre los consumidores. Para ello, se podrían aplicar distintas estrategias que mejoren la peptidólisis y la producción de compuestos de aroma, lo cual a su vez permitiría incrementar el *flavour* y aceptabilidad de los productos; algunas de estas estrategias podrían ser el uso de fermentos adjuntos y la incorporación de especies aromáticas.

Es de destacar que los quesos SR tuvieron una aceptación similar a los SN, demostrando que puede reducirse el tiempo de salado que se utiliza en la elaboración sin generar grandes cambios en el producto desde el punto de vista del consumidor.

Capítulo 4

“Influencia del salado, coagulante y fermento primario en los parámetros químicos y microbiológicos de un modelo de queso semiduro”

1. Introducción

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la sal es muy importante en ciertos alimentos como el queso, lo que ha sido ampliamente discutido en numerosas publicaciones de revisión (Bae et al., 2017; Bergamini et al., 2022; Guinee & Fox, 2017; Tidona et al., 2022). Además de contribuir y realzar el sabor, facilita el drenaje del suero residual, regula la textura, el pH, la actividad del agua, y el crecimiento y actividad de los microorganismos en el queso. También modula la actividad de la microbiota del queso durante la elaboración y maduración, impactando en la calidad del producto final. De esta manera, el desarrollo de quesos semiduros reducidos en sal, que cuentan con un tiempo de maduración más extenso que los quesos blandos, se vuelve un desafío aún mayor que requiere conocer en primer lugar el impacto a nivel fisicoquímico y microbiológico en el queso, para luego aplicar estrategias que permitan mejorar su calidad.

La etapa de salado, según el tipo de queso y la industria que lo elabora, puede llevarse a cabo de tres maneras diferentes (Hayaloglu, 2017). En primer lugar, se puede efectuar mediante salado en seco aplicado a la cuajada. En segundo lugar, por salado superficial aplicado a las caras del bloque de queso. Y, en tercer lugar, que es la forma más utilizada en Argentina, por inmersión del queso en salmuera fría. Por lo tanto, en los dos primeros métodos la variable que podría modificarse para obtener quesos con un nivel menor de sodio sería la cantidad de sal añadida, mientras que en el caso de la salmuera no sólo se puede modificar la concentración de la salmuera sino también el tiempo en que el queso es sumergido o tiempo de salado. Esta última modificación es la más fácil de aplicar en las industrias, que generalmente cuentan con piletas de salmuera en las cuales se salan más de una variedad de quesos, lo que hace que contar con salmuera a diferentes concentraciones muchas veces no sea factible.

Por otro lado, se tiene que considerar que los cambios generados en el queso por las modificaciones en la etapa de salado dependerán de la tecnología de la elaboración. Por ejemplo, en la elaboración de queso semiduros daneses Samsøe se encontró que el contenido de NaCl tenía una influencia significativa en los recuentos de bacterias ácido lácticas (Søndergaard et al., 2015). Sin embargo, en semiduros tipo “Reblochon” las modificaciones del contenido de sal no afectaron significativamente sus parámetros bioquímicos ni sus características sensoriales, ni su composición microbiana al día 21 de maduración. En esta investigación se concluyó que el impacto de reducir el contenido de sal depende en gran medida del tipo de queso (Dugat-Bony et al., 2019). En este sentido, una reducción de contenido de sal debería ir acompañado de un estudio de optimización para evaluar los potenciales efectos negativos que podrían aparecer durante el proceso de manufactura y almacenamiento del producto (Tidona et al., 2022).

En general el queso Pategrás es elaborado con fermentos lácticos comerciales compuesto por cepas termófilas de *Streptococcus thermophilus* para liderar la acidificación y bacterias mesófilas tales como *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* o fermentos de lactobacilos o *Lactococcus* (*Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*) citrato positivas, para el desarrollo de aroma y formación de ojos (Le Bars & Yvon, 2008; McSweeney & Sousa, 2000; Peralta, 2014). También en algunos tipos de quesos Pategrás se utiliza como fermento secundario bacterias propiónicas, como por ejemplo *Propionibacterium freudenreichii*. Otro fermento muy utilizado en la elaboración de quesos de pasta dura, pero también en algunos semiduros, es *Lactobacillus*

helveticus (**Lh**) (Hynes et al., 2018). Este fermento es un lactobacilo termófilo homofermentativo, con una temperatura óptima de crecimiento entre 42 y 45°C. Es considerado un fermento de elevada actividad proteolítica (Griffiths & Tellez, 2013; Slattery et al., 2010). También es capaz de fermentar la galactosa en ausencia de lactosa, para convertirla en ácido láctico, lo que es importante ya que un exceso de este carbohidrato podría favorecer el desarrollo de NSLAB, aumentando la probabilidad de aparición de defectos. Otro aspecto interesante de **Lh** es que contribuye a la formación de compuestos de sabor específicos a partir del metabolismo de diferentes carbohidratos (Anbukkarasi et al., 2013; Sørensen et al., 2010). Considerando el importante rol de los fermentos durante la elaboración y la maduración del queso, la selección del fermento es considerada una etapa clave en la optimización de un proceso, en especial cuando se quieren modificar componentes que influyen en la actividad de los fermentos (ejemplo, el contenido de sal).

Por otro lado, el uso de diferentes coagulantes también puede ofrecer una actividad proteolítica y peptidolítica diferente limitando la producción de péptidos amargos e incrementado el nivel de compuestos potenciadores del sabor (Møller y col., 2013). Existen en el mercado distintos tipos de coagulantes comerciales, entre los cuales se pueden mencionar las quimosinas producidas por fermentación, coagulantes de bovino adulto, coagulantes microbianos y coagulantes vegetales. Cada coagulante es prometedor, pero cuenta con ciertas diferencias que podrían ser la clave a la hora de compensar los problemas que se producen en la calidad de los quesos al reducir el nivel de sodio. En particular, la quimosina bovina producida por fermentación es la enzima más dominante en la industria quesera de nuestro país, combinando una fuerte actividad de coagulación con una baja actividad proteolítica general (Kappeler et al., 2006). Es adecuada debido a la alta especificidad hacia el enlace escindible de la κ -caseína. Sin embargo, la quimosina de camello ha demostrado tener una actividad específica 70% mayor hacia la κ -caseína bovina, y una actividad inespecífica cuatro veces menor. La semisaturación se logra con menos del 50% del sustrato requerido para la quimosina bovina y las tasas de recambio son menores. Incluso, la enzima es más termoestable. Se ha demostrado que el Queso Cheddar elaborado con quimosina de camello tuvo mayor dureza y menos amargor que el queso elaborado con quimosina de ternero, debido a una menor proteólisis primaria (Ardö, 1999; Bansal & Mishra, 2020). De esta manera, la selección de coagulante es considerada también una etapa crítica para el desarrollo de nuevas variedades de quesos.

Respecto a la reducción de sal en quesos semiduros, se han realizado estudios en queso Reblochon (Dugat-Bony et al., 2019), Samsøe (Søndergaard et al., 2015), Danés semiduro (Akkerman et al., 2017), Prato (Baptista et al., 2017), Edam (Hoffmann et al., 2020). En Argentina, los estudios de reducción de la sal en los quesos semiduros son mucho más escasos (Prada et al., 2024a; Prada et al., 2024b; Sihufe et al., 2017). En este contexto, y considerando que el queso Pategrás es una de las variedades más importantes en nuestro país, el objetivo de este capítulo fue estudiar el efecto del tiempo de salado, del tipo de coagulante y del tipo de fermento en diversos parámetros químicos y físicos en esta variedad de queso.

2. Materiales y métodos

2.1 Propiedades de coagulación de la leche con los coagulantes a ensayar

En las experiencias de este capítulo se ensayaron dos enzimas coagulantes: Chymax M 200 IMCU/mL (quimosina de camello, Agrolac, Christian Hansen) y Chymostar 700 IMCU/mL (quimosina bovina, Danisco). En un ensayo preliminar, se evaluaron las propiedades de coagulación de estas dos enzimas, adicionadas en leche bovina en una dosis de 34 IMCU/L, para evaluar los tiempos de coagulación y la firmeza de la cuajada. Este estudio se realizó empleando el equipo Optigraph (AMS, Frépillon, Francia), el cual permite determinar distintos parámetros de coagulación en tiempo real mediante medición de luz infrarroja cercana (Giménez, 2023).

Se utilizó leche bovina pasteurizada (63°C, 30 min), la cual se calentó a 40°C y se le adicionó cloruro de calcio 0,02 % m/v. Luego de 20 min en reposo a esa temperatura, se colocaron 10 mL de esta leche en cada cubeta del equipo. Se hicieron diluciones adecuadas de cada coagulante, de modo de que al adicionar 46µL de la dilución se alcance una dosis de ~34 IMCU/L. Luego de la adición del coagulante, se cerró el compartimiento del equipo con las cubetas, se dejó coagulando a 37°C y se registraron los datos de los parámetros de la coagulación. Las corridas se realizaron por triplicado.

2.1. Diseño experimental

Para estudiar los efectos del coagulante y salado se aplicó un diseño de 2 factores (**Tabla 4.1**): tipo de coagulante (**F1**) y nivel de salado (**F2**). El primer factor se estudió a dos niveles: **H**-quimosina de camello (Chymax M200 IMCU/mL, Chr. Hansen) y **D**-quimosina bovina (Chymostar 700 IMCU/mL, Danisco), ambas quimosinas producidas por fermentación fueron adicionados a un nivel de 34 IMCU/L. El segundo factor se estudió a tres niveles: tiempo de salado normal (**SN**), ½ del tiempo de salado normal (**SR**) y sin etapa de salado (**SS**). Este diseño factorial (**Tabla 4.1**) se evaluó en experiencias independientes para dos fermentos: 1- *Streptococcus thermophilus* (STI-12, Chr. Hansen) codificado como **St**, y 2- *Streptococcus thermophilus* (STI-12, Chr. Hansen) junto a *Lactobacillus helveticus* (LH-B02, Chr. Hansen) codificado como **St+Lh**. Todas las elaboraciones se realizaron por triplicado. Luego de las elaboraciones (sección 2.2), los quesos fueron sometidos a un período de maduración de 60 días, y al finalizar el mismo se realizaron determinaciones para estudiar la composición, pH, perfiles de maduración (ácidos orgánicos, azúcares, proteólisis y compuestos volátiles) y calidad microbiológica de los quesos.

Tabla 4.1 Diseño experimental del ensayo, que se aplicó en dos experiencias individuales para dos fermentos: **St** y **St+Lh**.

		Factor 1 (coagulante)	
		Coagulante H	Coagulante D
Factor 2 (nivel de salado)	Salado Normal (SN)	SNH	SND
	Salado Reducido (SR)	SRH	SRD
	Sin Sal (SS)	SSH	SSD

2.2 Elaboraciones de quesos

Los quesos semiduros fueron elaborados a escala laboratorio según el protocolo descrito por Peralta & Bergamini (2025) empleando 1 L de leche bovina por tina. La leche cruda provista por una empresa láctea cercana (Milkaut, Santa Fe), fue pasteurizada en un sistema discontinuo (63°C-30min) e inmediatamente refrigerada a la temperatura

de coagulación (37°C). Inmediatamente luego del tratamiento, se adicionó cloruro de calcio (Agrolac, Entre Ríos) al 0,02% m/v y el fermento según el diseño descripto: **St** (STI-12, Chr. Hansen) o **St+Lh** (LH-B02, Chr. Hansen), a un nivel de 10^6 UFC/mL. Posteriormente, se adicionó el coagulante según el diseño experimental: **H** (34 IMCU/L, Chymax M200 IMCU/mL, quimosina de camello, Agrolac, Chr. Hansen) o **D** (34 IMCU/L, Chymostar 700 IMCU/mL, quimosina bovina, Danisco). La leche se dejó coagulando en reposo a 37°C, y cuando la cuajada alcanzó la firmeza adecuada (aproximadamente 50 min) se procedió a realizar el corte y reducción de los granos de cuajada a un tamaño similar al del maíz. Luego se incrementó la temperatura hasta llegar a los 45°C, y una vez alcanzada la humedad de grano deseada, la cuajada se moldeó y los quesos fueron prensados en cámara a 45°C hasta que alcanzaron un pH de 5,3. Los quesos fueron salados por inmersión en salmuera (23% m/m NaCl, 4°C) según el diseño mencionado para obtener los tres tipos de quesos (**SN**, **SR** y **SS**). Los quesos se orearon a 8°C durante 5 días, se pintaron con pintura para quesos (Agrolac, Entre Ríos) y luego se envasaron al vacío utilizando bolsas termocontraíbles en una envasadora (Turbovacc 120 ST ECO, Países Bajos) para posteriormente ser madurados durante 60 días a 10-12°C, luego de lo cual fueron muestreados y analizados. Algunas de las etapas de la elaboración se muestran en la **Figura 4.1**.



Figura 4.1 Algunas de las etapas llevadas a cabo en el proceso de elaboración para obtener quesos semiduros a escala laboratorio: pasteurización, corte y desuerado, moldeo, prensado, salado y pintado de quesos.

2.3 Análisis de los quesos

2.3.1 Muestreo de los quesos

Luego de 60 días de maduración los quesos fueron muestreados en una cabina de flujo laminar (Casiba, Argentina). En primer lugar, se separó la cubierta de pintura y a partir de la zona central del queso se llevó a cabo la extracción de 5g de muestra que se colocaron en bolsas estériles junto a 90mL de citrato de sodio (Cicarelli) 2% m/v estéril. Luego de disgregar la muestra con un equipo Stomacher, se llevaron a cabo los recuentos microbiológicos correspondientes. En segundo lugar, el queso sobrante se trituró y se conservó en freezer a -20°C hasta el momento de realizar el resto de los análisis.

2.3.2 Determinación del peso, composición global y pH

El peso de los quesos se determinó antes de pintarlos. La composición global (humedad, materia grasa y proteínas) y el pH se analizaron mediante métodos normalizados: sólidos totales (ISO 5534|IDF 004:2004), grasa (ISO 3433|IDF 222:2008), proteínas (ISO 8968-1|IDF 20-1:2011) y pH (Bradley y col., 1993) tal como se describe en el Capítulo 3 (2.3.1). La metodología es similar a la descripta en dicho capítulo.

2.3.3 Determinación del contenido de cenizas, calcio y sodio

El contenido de cenizas se determinó luego de la calcinación de la muestra de queso en una mufla a 500°C tal como se describe en el Capítulo 3 (2.3.2). Para la determinación de sodio y calcio, se utilizó el electrodo ROSS® Sodium Ion Selective Electrode (Thermo Scientific, USA) y el electrodo ion selectivo Orion 9720BNWP (Thermo Scientific, USA), respectivamente.

2.3.6 Recuentos microbiológicos

Del mismo modo que se explicó en el Capítulo 3 (2.3.3) se llevaron a cabo los análisis microbiológicos. Se realizaron recuentos en APC-leche y MRS agar pH 5,4 (37°C, 48h, en condiciones microaerófilas) para el recuento de las bacterias lácticas totales y estimar el recuento de *L. helveticus*, respectivamente; el recuento en MRS agar pH 5,4 en los quesos con *Streptococcus thermophilus* representa principalmente las bacterias lácticas

no provenientes del fermento (NSLAB). El nivel de bacterias coliformes fue analizado en VRBL (agar violeta rojo bilis lactosa, 32°C, 24h). El nivel de mohos y levaduras se evaluó en agar YGC (agar Cloranfenicol Glucosa, 28°C, 7 días). Finalmente, el nivel de *Enterococcus* se evaluó en agar BEA (Agar bilis esculina, 37°C, 48h) (Peralta et al., 2023).

2.3.5 Determinación de carbohidratos y ácidos orgánicos

Se realizaron análisis de carbohidratos y ácidos orgánicos por HPLC tal como se indicó en el capítulo 3 (2.3.4).

2.3.4 Determinación de la proteólisis

La proteólisis se llevó a cabo como se indica en el Capítulo 3 (2.3.5). El seguimiento de la proteólisis primaria se realizó mediante el análisis del nivel de nitrógeno en la fracción soluble a pH 4,6 (que en función del nivel de nitrógeno total permite obtener el grado de maduración) y electroforesis Úrea-PAGE, mientras que la proteólisis secundaria se evaluó mediante análisis de perfiles peptídicos por HPLC de fase reversa.

2.3.7 Determinación de compuestos volátiles

Los compuestos volátiles se determinaron con el mismo procedimiento indicado en el capítulo 3 (2.3.7), en el que se utilizó microextracción en fase sólida (SPME) acoplada a cromatografía gaseosa (CG) con detector de ionización de llama (FID) (Perkin Elmer, modelo 9000) según Giménez et al. (2023).

2.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante ANOVA de dos vías con factores fijos para determinar la influencia del nivel de salado y el coagulante y su interacción. Cuando se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) las diferencias entre medias se determinaron aplicando el test de Tukey. Para estos análisis se utilizó el software R (<https://www.r-project.org/>) a partir de la función `aov()` del paquete `stats` y `tuckeyHSD()`. A su vez, también se llevó a cabo un análisis de componentes principales para evaluar los

perfiles de compuestos volátiles utilizando nuevamente el software de dominio público R pero a partir de la función `fviz_pca_biplot` del paquete `FactoMineR`.

3. Resultados y discusión

3.1 Propiedades de coagulación de la leche con los coagulantes H y D

En la **Tabla 4.2** se muestran los resultados de tiempo de coagulación y tiempo de corte (calculado como el doble del tiempo de coagulación), así como la firmeza de la cuajada al tiempo de corte y a un tiempo fijo de 50 minutos para comparar el comportamiento de las dos enzimas. El tiempo de coagulación es el tiempo en minutos desde la adición del coagulante a la leche hasta el inicio de la coagulación, mientras que el tiempo de corte es el tiempo desde la adición del coagulante hasta alcanzar la firmeza adecuada para el corte de la misma durante la elaboración del queso. Por su parte, la firmeza está representada por el ancho de los optigramas y se mide en Volts luego de un cierto tiempo. En la **Figura 4.2** se muestran los optigramas obtenidos.

Tabla 4.2 Parámetros de coagulación de las enzimas coagulantes utilizadas: **H**: Chymax M (Hansen) y **D**: Chymostar (Danisco).

Coagulante	Tiempo de coagulación (min)	Tiempo de corte (min)	Firmeza de la cuajada al tiempo de corte (Volt)	Firmeza de la cuajada a 50 min
H	20,6 ± 1,1	41,2±2,3	12,4±0,1	14,9±0,7
D	21,3 ± 0,6	42,5±1,3	11,7±0,1	13,8±0,5

En general, el comportamiento de las dos enzimas, que se adicionaron en la misma dosis, fue similar. Sin embargo, los parámetros de coagulación fueron levemente mejores para la enzima H: menor tiempo de coagulación y corte y mayor firmeza de la cuajada. Esto podría estar relacionado con las características de esta enzima, para la cual se ha reportado una mayor actividad específica de coagulación y menor actividad proteolítica (Kappeler et al., 2006).

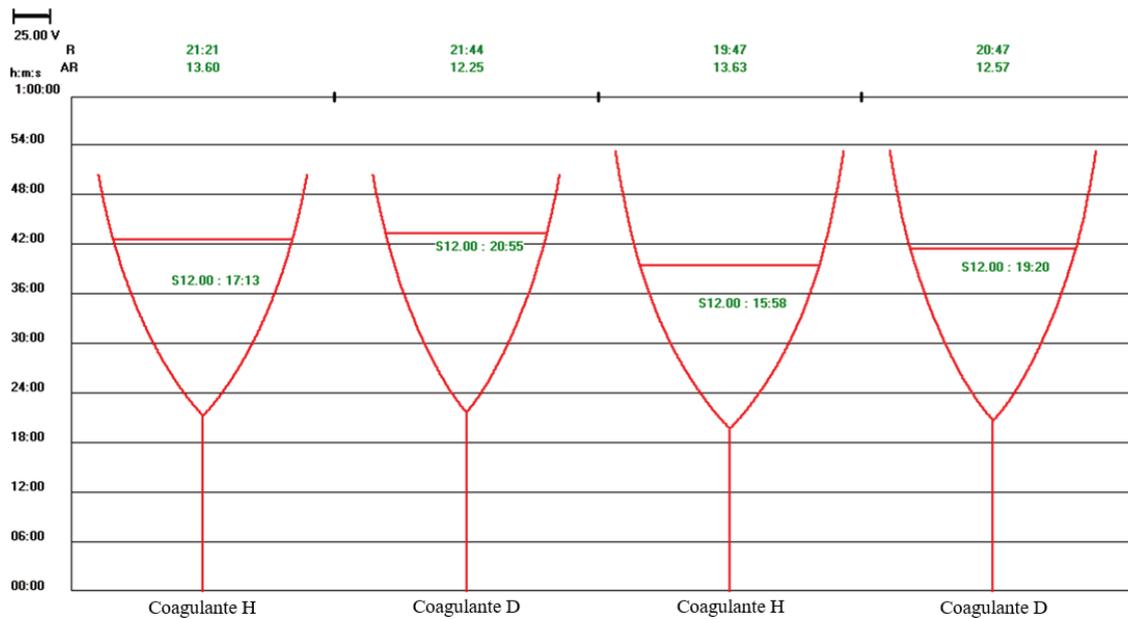


Figura 4.2 Optigramas obtenidos de la coagulación de la leche con los dos coagulantes ensayados: **H**: Chymax M (Chr. Hansen) y **D**: Chymostar (Danisco), ambas en una dosis de 34 IMCU/L.

3.2 Peso, composición global y pH

Los pesos de los quesos (antes de pintarlos), la composición global (contenido de humedad, materia grasa y proteína) y el pH obtenido luego de 60 días de maduración se muestran en la **Tabla 4.3** para los quesos elaborados con el fermento **St** y en la **Tabla 4.4** para el fermento **St+Lh**.

Al utilizar el fermento **St**, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso según el nivel de salado (SS: $114,8 \pm 1,6$ g y SR: $114,9 \pm 1,9$ g > SN: $112,8 \pm 2,4$ g) y el coagulante (H: $115,4 \pm 1,5$ g > D: $112,9 \pm 1,9$ g). Sin embargo, cuando se utilizó **St+Lh**, sólo el coagulante fue significativo y en forma inversa (D: $120,6 \pm 1,2$ g > H: $117,5 \pm 2,9$ g). Más allá de estas diferencias estadísticas, hay que considerar que la diferencia de peso entre los quesos para todos los casos fue menor al 3%. Aun así, para el factor salado, las diferencias pueden atribuirse a que durante el salado, en forma simultánea a la difusión de sal hacia el interior del queso ocurre la difusión de la humedad del queso hacia el exterior, restableciendo el equilibrio de la presión osmótica; de esta manera al aumentar la concentración de sal, la humedad puede disminuir y consecuentemente disminuye el peso (Søndergaard et al., 2015). Para el caso del coagulante y observando lo que sucede con la incorporación de **Lh**, la situación se complejiza aún más. El uso de un coagulante

con menor proteólisis inespecífica, como lo es el coagulante **H** (quimosina de camello), podría incrementar la retención de agua, lo que explicaría los resultados en la experiencia con **St** (Kappeler et al., 2006). Sin embargo, en los quesos con **St+Lh**, se obtuvo mayor humedad para los quesos con el coagulante **H**, lo que se contrapone con lo anteriormente dicho. No obstante, la diferencia absoluta del peso de las hormas fue baja (aproximadamente 3g).

En el caso de la composición, fue la esperada para este tipo de quesos con resultados distintos según el fermento utilizado. Para **St**, los valores de humedad presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) debido al factor salado (SS: $42,4 \pm 0,5 \%$ > SR: $40,4 \pm 1,0 \%$ y SN: $40,0 \pm 1,0 \%$) y al tipo de coagulante (H: $41,5 \pm 1,0 \%$ > D: $40,4 \pm 1,4 \%$), el nivel de proteínas no mostró diferencias para ningún factor, mientras que la materia grasa sí, incluso presentando interacción F1xF2 (SN > SR y SS; D > H; SNH: $31,8 \pm 0,3 \%$ > SSH: $30,3 \pm 0,1 \%$). En contraste, para el caso **St+Lh**, la humedad tuvo diferencias por el nivel de salado (SS: $45,0 \pm 0,8 \%$ > SN: $42,6 \pm 1,1 \%$) y por el coagulante, pero a la inversa (D: $44,4 \pm 1,2 \%$ > H: $43,2 \pm 1,3 \%$). En estos quesos, los niveles de proteína y materia grasa no presentaron diferencias por los factores estudiados. Para ambos fermentos se observó que la tendencia de impacto en la humedad fue similar a la observada en los pesos de las hormas.

Por otro lado, el salado fue el único factor que tuvo un impacto significativo en el pH de los quesos luego de 60 días de maduración solamente cuando se utilizó como fermento **St+Lh** (pH de los quesos: SN: $5,04 \pm 0,02$ > SR: $4,99 \pm 0,03$ > SS: $4,91 \pm 0,03$). El menor pH en los quesos SS puede ser atribuido a una menor inhibición del crecimiento y actividad acidificante del starter debido a la ausencia de la etapa de salado. Ha sido reportado que las cepas de *L. helveticus* son inhibidas a mayores niveles de sal en la humedad (5%) que las cepas de *S. thermophilus* que se inhiben con 3% de sal (Johnson, 2013). Sin embargo, en el presente trabajo observamos que la omisión de sal, incrementó la actividad acidificante del fermento en **St+Lh**, mientras que esto no se observó en los quesos con **St**. Es importante resaltar que los niveles de sal en los quesos elaborados son menores a los niveles mencionados anteriormente, lo que puede influir en la comparación de resultados. Los fermentos que no incrementen su actividad acidificante cuando se disminuye la sal en los quesos serían ideal para su uso en quesos sin sal agregada; sin embargo, también es importante evaluar el impacto de los mismos en otros parámetros de los quesos.

Como puede observarse en los resultados obtenidos, el nivel de salado, a diferencia de lo observado en el Capítulo 3 en quesos Cremoso elaborado a escala industrial, ha repercutido en la composición, así como en el peso de los quesos. Por otro lado, en este capítulo se observó que no hubo un impacto en el pH cuando se usó el fermento **St**, mientras que en el capítulo anterior sí se vio una influencia. Esto demuestra la importancia de estudiar el impacto de distinto nivel de salado en cada tipo de queso en particular, ya que su efecto puede ser diferente en quesos de pasta blanda respecto a semiduros, lo que ha sido reportado por algunos autores (Dugat-Bony et al., 2019; Tidona et al., 2022). En relación al tipo de coagulante, hay antecedentes que indican que puede modificar estos parámetros (Kappeler et al., 2006; Li et al., 2022).

Tabla 4.3 Peso, composición global y pH de los quesos elaborados con diferente tipo de coagulante (**H** y **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR** y **SS**) utilizando el fermento **St**.

Queso	Peso (g)	Humedad %	Materia grasa %	Proteína %	pH
SNH	114,6 ± 1,2 ^{aA}	40,8±0,6 ^{aA}	31,8±0,3 ^α	22,3±1,6	5,12±0,02
SRH	116,0 ± 1,5 ^{aB}	41,0±0,8 ^{aA}	30,8±0,1 ^{αβ}	23,6±1,2	5,13±0,01
SSH	115,6 ± 2,0 ^{aB}	42,6±0,5 ^{aB}	30,3±0,1 ^β	22,3±0,2	5,11±0,07
SND	110,9 ± 1,6 ^{bA}	39,3±0,7 ^{bA}	31,2±0,6 ^{αβ}	21,7±0,4	5,17±0,01
SRD	113,8 ± 1,7 ^{bB}	39,8±0,8 ^{bA}	30,8±0,6 ^{αβ}	22,7±0,6	5,14±0,03
SSD	114,0 ± 0,7 ^{bB}	42,1±0,3 ^{bB}	31,3±0,6 ^{αβ}	21,8±0,7	5,11±0,02
F1	*	*	*	NS	NS
F2	*	*	*	NS	NS
F1x F2	NS	NS	*	NS	NS

Los valores corresponden al promedio ± desvío estándar de las tres réplicas de elaboración.

Los resultados de materia grasa y proteína se expresan en %m/m en base húmeda.

St: *Streptococcus thermophilus*

SNH: salado normal, coagulante H; **SRH:** salado reducido, coagulante H; **SSH:** sin etapa de salado, coagulante H; **SND:** salado normal, coagulante D; **SRD:** salado reducido, coagulante D; **SSD:** sin etapa de salado, coagulante D.

Letras minúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{a,b,c} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F1** (tipo de coagulante).

Letras mayúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{A,B,C} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F2** (nivel de salado).

Letras griegas diferentes dentro de cada parámetro ^{α,β,γ} indican diferencias significativas (p<0,05) para la interacción **F1x F2**.

* diferencias significativas (p<0,05); **NS:** diferencia no significativa (p>0,05).

Tabla 4.4 Peso, composición global y pH de los quesos elaborados con diferente tipo de coagulante (**H** y **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR** y **SS**) utilizando el fermento **St+Lh**.

Queso	Peso (g)	Humedad %	Materia Grasa %	Proteína %	pH
SNH	117,0 ± 3,2 ^a	41,9±0,9 ^{aA}	32,0±1,1	24,1±0,7	5,05±0,02 ^A
SRH	115,8 ± 3,8 ^a	43,2±1,0 ^{aAB}	32,4±1,7	23,7±0,2	4,97±0,03 ^B
SSH	119,8 ± 0,8 ^a	44,5±0,4 ^{aB}	31,0±0,5	23,3±0,5	4,89±0,02 ^C
SND	119,9 ± 1,6 ^b	43,2±0,9 ^{bA}	31,2±0,6	20,9±1,2	5,03±0,03 ^A
SRD	121,0 ± 1,3 ^b	44,4±0,8 ^{bAB}	29,8±1,3	21,7±1,0	5,01±0,01 ^B
SSD	120,9 ± 0,8 ^b	45,5±0,8 ^{bB}	30,5±1,3	21,7±0,5	4,93±0,03 ^C
F1	*	*	NS	NS	NS
F2	NS	*	NS	NS	*
F1x F2	NS	NS	NS	NS	NS

Los valores corresponden al promedio ± desvío estándar de las tres réplicas de elaboración.

Los resultados de materia grasa y proteína se expresan en %m/m en base húmeda.

St: *Streptococcus thermophilus*; **Lh:** *Lactobacillus helveticus*

SNH: salado normal, coagulante H; **SRH:** salado reducido, coagulante H; **SSH:** sin etapa de salado, coagulante H; **SND:** salado normal, coagulante D; **SRD:** salado reducido, coagulante D; **SSD:** sin etapa de salado, coagulante D.

Letras minúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{a,b,c} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F1** (tipo de coagulante).

Letras mayúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{A,B,C} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F2** (nivel de salado).

* diferencias significativas (p<0,05); **NS:** diferencia no significativa (p>0,05).

3.2 Contenido de cenizas, calcio y sodio

Los niveles de sodio en los quesos, tal como se esperaba, fueron dependientes del tiempo de salado en las dos experiencias (SN > SR > SS) (**Tabla 4.5** y **Tabla 4.6**). En el caso de los quesos con **St**, el coagulante tuvo un impacto significativo (D>H), contrario a lo que reportó Akkerman et al. (2017) en la elaboración de queso danés semiduro; estos autores reportaron que la absorción de NaCl en los quesos no se vio afectada por el tipo de quimosina: quimosina bovina (CHY-MAX plus®, Chr. Hansen) y de camello (CHY-MAX M®, Chr. Hansen). Respecto al porcentaje de cenizas, también fue diferente según el nivel de salado (SN>SR>SS), mientras que el nivel de calcio no tuvo diferencias significativas por ninguno de los factores estudiados.

Tabla 4.5 Contenido de cenizas, sodio y calcio (%m/m) en los quesos semiduros con diferente nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) y tipo de coagulante (**H**, **D**) cuando se utilizó el fermento **St**.

Queso	Cenizas (%)	Sodio (%)	Calcio (%)
SNH	3,83 ± 0,04 ^A	0,66 ± 0,05 ^{aA}	1,79 ± 0,75
SRH	3,45 ± 0,16 ^B	0,50 ± 0,01 ^{aB}	1,42 ± 0,14
SSH	2,48 ± 0,06 ^C	0,05 ± 0,01 ^{aC}	1,48 ± 0,12
SND	3,85 ± 0,22 ^A	0,68 ± 0,06 ^{bA}	1,15 ± 0,78
SRD	3,52 ± 0,16 ^B	0,52 ± 0,04 ^{bB}	1,16 ± 0,57
SSD	2,43 ± 0,04 ^C	0,07 ± 0,01 ^{bC}	1,49 ± 0,06
F1	NS	*	NS
F2	*	*	NS
F1x F2	NS	NS	NS

Los valores corresponden al promedio ± desvío estándar en %m/m en base húmeda.

St: *Streptococcus thermophilus*.

SNH: salado normal, coagulante H; **SRH:** salado reducido, coagulante H; **SSH:** sin etapa de salado, coagulante H; **SND:** salado normal, coagulante D; **SRD:** salado reducido, coagulante D; **SSD:** sin etapa de salado, coagulante D.

Letras minúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{a,b,c} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F1** (tipo de coagulante). Letras mayúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{A,B,C} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F2** (nivel de salado).

* diferencias significativas (p<0,05); **NS:** diferencia no significativa (p>0,05).

Tabla 4.6 Contenido de cenizas, sodio y calcio (%m/m) en los quesos semiduros con diferente nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) y tipo de coagulante (**H**, **D**) cuando se utilizó el fermento **St+Lh**.

Queso	Cenizas (%)	Sodio (%)	Calcio (%)
SNH	3,87 ± 0,07 ^A	0,70 ± 0,02 ^A	1,12 ± 0,05
SRH	3,72 ± 0,25 ^B	0,59 ± 0,05 ^B	1,05 ± 0,03
SSH	2,49 ± 0,02 ^C	0,05 ± 0,00 ^C	1,02 ± 0,01
SND	3,63 ± 0,06 ^A	0,71 ± 0,07 ^A	1,03 ± 0,13
SRD	3,33 ± 0,25 ^B	0,50 ± 0,06 ^B	1,05 ± 0,07
SSD	2,45 ± 0,07 ^C	0,07 ± 0,01 ^C	1,12 ± 0,26
F1	NS	NS	NS
F2	*	*	NS
F1x F2	NS	NS	NS

Los valores corresponden al promedio ± desvío estándar en %m/m en base húmeda.

St: *Streptococcus thermophilus*; **Lh:** *Lactobacillus helveticus*

SNH: salado normal, coagulante H; **SRH:** salado reducido, coagulante H; **SSH:** sin etapa de salado, coagulante H; **SND:** salado normal, coagulante D; **SRD:** salado reducido, coagulante D; **SSD:** sin etapa de salado, coagulante D.

Letras minúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{a,b,c} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F1** (tipo de coagulante). Letras mayúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{A,B,C} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F2** (nivel de salado).

* diferencias significativas (p<0,05); **NS:** diferencia no significativa (p>0,05).

3.3 Recuentos microbiológicos

Los recuentos microbiológicos en APC presentaron diferencias significativas en cuanto a los dos factores estudiados y su interacción en los quesos elaborados con **St**, tal como se muestra en la **Figura 4.2**, aunque las diferencias fueron menor al 2% y este efecto no se visualizó al elaborar con el fermento **St+Lh** (**Figura 4.3**). Los recuentos en MRS acidificado en ambos casos no mostraron diferencias significativas según los factores estudiados, pero sí fueron diferentes entre sí debido al fermento empleado. En este medio crece *L. helveticus* que fue adicionado como parte del fermento primario en los quesos **St+Lh**; en los quesos con **St**, el recuento en MRS acidificado refleja el nivel de NSLAB, que fue menor de 4 Log UFC/g. En general, varios estudios han reportado una relación inversa entre los recuentos de BAL y el contenido de NaCl (Møller et al., 2012, Rulikowska et al., 2013, Upreti et al., 2006). Esto puede deberse a que el entorno hiperosmótico se vuelve desfavorable para el crecimiento bacteriano a niveles crecientes de NaCl. Los cultivos iniciadores varían considerablemente en su respuesta a la sal. Como ya se ha mencionado, las cepas de *Streptococcus thermophilus* tienden a ser más sensibles a la sal, mientras que las cepas de *Lactobacillus helveticus* son en general más tolerantes. Sin embargo, también se encontró que a medida que el queso madura el efecto de la sal sobre las BAL deja de ser significativo. Rulikowska et al. (2013) informaron que la correlación negativa entre el nivel de NaCl en el queso Cheddar y los recuentos de BAL en el medio M17 solo fue evidente hasta las 8 semanas de maduración (Johnson, 2013). En nuestro estudio, solamente se analizaron los quesos a los 60 días de maduración, por lo que no se sabe cuál fue la evolución de la microbiota antes de ese período. Respecto al recuento de NSLAB, Bechaz et al. (1998) mostraron poblaciones significativamente mayores en queso Cheddar reducido en sal (1,0% m/m) que en el control (1,8% m/m). Sin embargo, el recuento de NSLAB en quesos también depende de otros factores, como el nivel inicial, la disponibilidad de fuentes de energía y la temperatura de maduración (Peralta et al., 2022).

En cuanto a los niveles de enterococos, coliformes, mohos y levaduras fueron en todos los quesos inferiores a 2 log UFC/g. Cabe destacar que los análisis microbiológicos fueron realizados a los 60 días de maduración. Generalmente el nivel de coliformes se relaciona con las condiciones higiénicas de elaboración, pudiendo obtenerse valores de recuentos que disminuyen durante la maduración por dominio y control de los fermentos empleados en la elaboración. En cambio, levaduras y mohos tienden a aumentar durante la

maduración, por lo cual debe ser controlada la contaminación durante la elaboración. El bajo pH en los quesos y el proceso de maduración son claves para controlar los microorganismos contaminantes. Por otro lado, estudios sobre las comunidades bacterianas en quesos semiduros, llevadas a cabo por los investigadores Dugat-Bony et al. (2019), tampoco han demostrado diferencias según el nivel de salado.

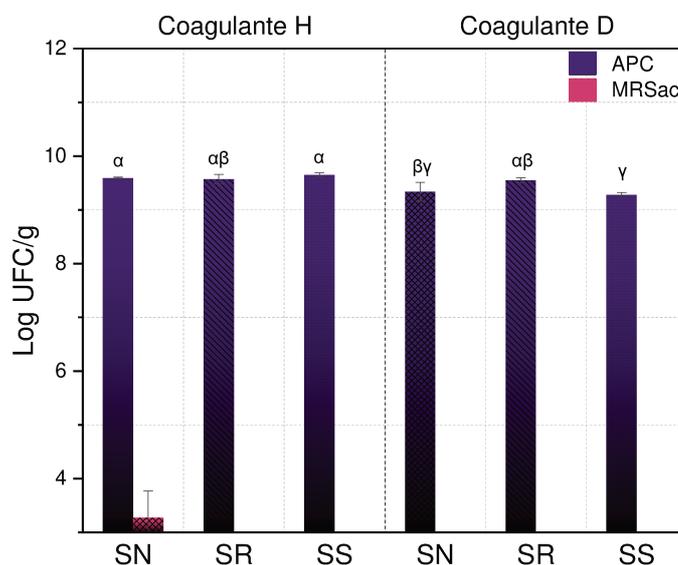


Figura 4.3 Recuentos microbiológicos en medio APC y MRSac (MRS acidificado pH=5,4) para los quesos con diferente tipo de coagulante (**H**; **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) cuando en la elaboración se empleó el fermento **St**. Letras griegas distintas α, β, γ significa que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) por la interacción de los factores **F1x F2**.

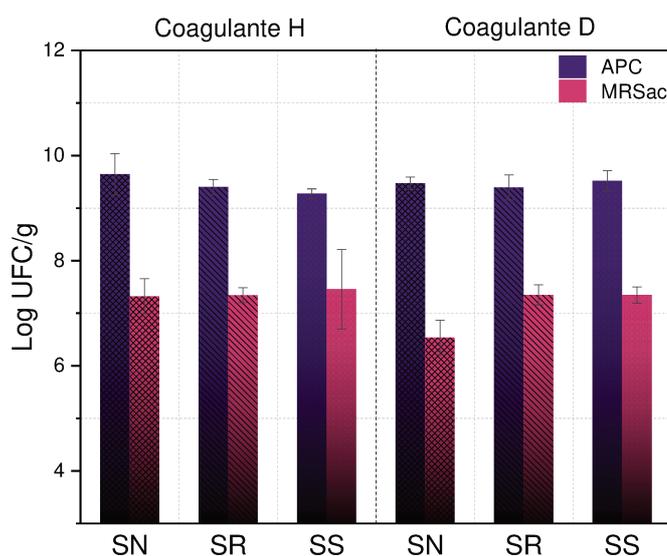


Figura 4.4 Recuentos microbiológicos en medio APC y MRSac (MRS acidificado pH=5,4) para los quesos con diferente tipo de coagulante (**H**; **D**) y nivel de salado (**SN**, **SR**, **SS**) cuando en la elaboración se empleó el fermento **St+Lh**. La ausencia de letras indica que no hubo diferencias significativas en los niveles obtenidos.

3.4 Carbohidratos y ácidos orgánicos

Los niveles de los carbohidratos y ácidos orgánicos en los quesos elaborados con **St** y con **St+Lh** son mostrados en la **Figura 4.5** y en la **Figura 4.6**, respectivamente. El nivel de salado en los quesos tuvo un impacto significativo en el nivel de lactosa (SN y SR>SS), galactosa (SS>SR y SN), ácido láctico (SS>SR y SN), ácido orótico (SN>SR>SS) y ácido cítrico (SN > SR >SS) cuando se utilizó **St**. Por su parte, el coagulante demostró tener efecto en los niveles de ácido orótico (H>D) y ácido cítrico (H>D). Además, en el caso del ácido orótico se observó que hubo interacción de los factores **F1x F2**. En contraste, al **St+Lh** en los quesos, la mayoría de los compuestos no fue afectado por **F1** y **F2**; sólo la lactosa tuvo diferencias significativas por ambos factores e incluso presentó interacción.

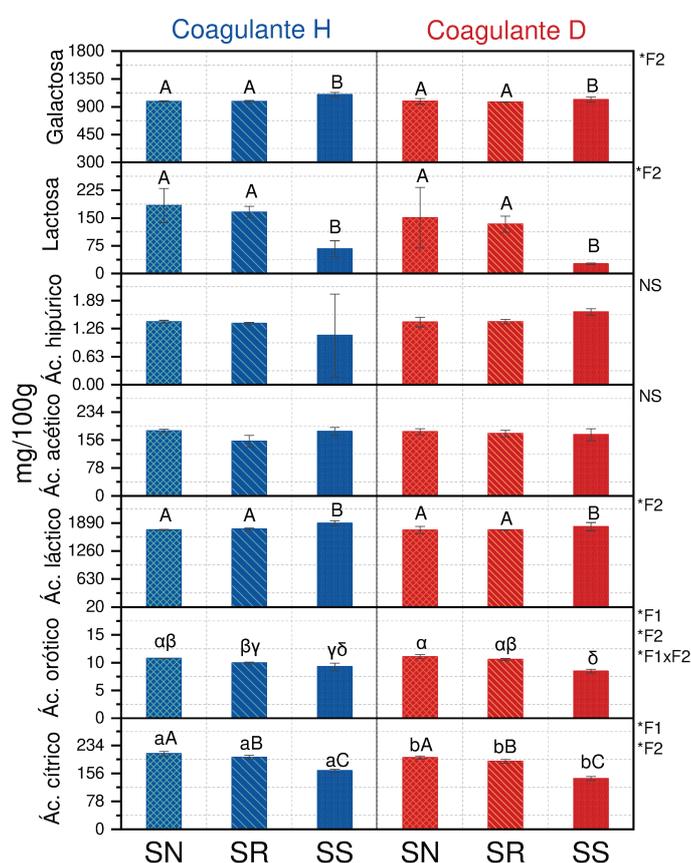


Figura 4.5 Niveles de carbohidratos y ácidos orgánicos (mg%) en los quesos semiduros elaborados con fermento **St** y con diferente tipo de coagulante (H; D) como factor 1 (**F1**) y nivel de salado (SN, SR, SS) como factor 2 (**F2**). A la derecha del gráfico se indica si el factor o la interacción fue significativa (*) con un $p < 0,05$ o no significativa (NS) y con letras minúsculas diferentes (a,b,c), letras mayúsculas diferentes (A,B,C), o letras griegas diferentes ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) se indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1**, **F2** o la interacción **F1x F2**, respectivamente.

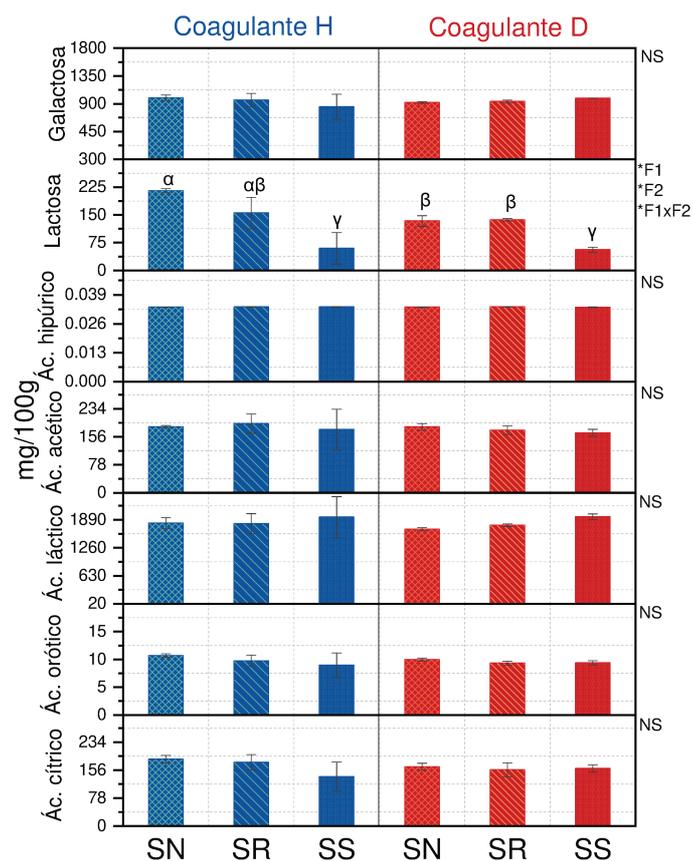


Figura 4.6 Niveles de carbohidratos y ácidos orgánicos (mg%) en los quesos semiduros elaborados con fermento **St+Lh** y con diferente tipo de coagulante (**H**; **D**) como factor 1 (**F1**) y nivel de salado (SN, SR, SS) como factor 2 (**F2**). A la derecha del gráfico se indica si el factor o la interacción fue significativa (*) con un $p < 0,05$ o no significativa (NS) y con letras minúsculas diferentes (a,b,c), letras mayúsculas diferentes (A,B,C), o letras griegas diferentes ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) se indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1**, **F2** o la interacción **F1xF2**, respectivamente.

Al comparar estos resultados con los obtenidos para el pH, se observó que para el caso de **St**, si bien no hubo diferencia en el pH por los factores estudiados, estos quesos presentaron mayor producción de ácido láctico a menor nivel de sal, hecho que ha sido reportado previamente en varios estudios (Guinee & Fox, 2017). En estos quesos, la disminución de la sal también condujo a un mayor metabolismo de lactosa y de ácido cítrico y un mayor consumo de ácido orótico. Estos resultados demuestran que la actividad metabólica del fermento fue visiblemente afectada por la disminución de la sal.

Los quesos **St+Lh**, sólo presentaron diferencias en el pH debido al tipo de coagulante, mientras que hubo mayor consumo de lactosa en quesos SS, presentando interacción **F1xF2**. La galactosa presentó niveles similares (~900 mg/100g) que en **St**, sin tener diferencias por los factores estudiados.

A nivel general, el uso de **St+Lh** mitigó los efectos que se producen en quesos **St** debido a los factores estudiados. En cuanto a los niveles de ácido acético y ácido hipúrico, ambos no presentaron diferencias significativas por el nivel de sal ni por el tipo de coagulante utilizado en los quesos con **St+Lh**. Sin embargo, para el caso del ácido hipúrico, hay diferencias en el nivel si se compara el uso de fermentos, siendo menor en quesos con incorporación de *L. helveticus*.

3.5 Proteólisis

La maduración de queso Pategrás se caracteriza principalmente por una proteólisis moderada producida en primer lugar por la enzima coagulante residual, seguida por la actividad de proteasas y peptidasas microbianas (Bergamini et al., 2022). Por lo tanto, el tipo de coagulante y su nivel, así como la etapa de salado y el fermento utilizado, son cruciales para lograr niveles adecuados.

Los perfiles de electroforesis que evalúan la proteólisis primaria se muestran en la **Figura 4.2B** y **Figura 4.3B**. Los quesos con el coagulante D presentaron una banda más marcada de α_{s2} , menor de α_{s1} y mayor de α_{s1-I} , lo que refleja una mayor actividad proteolítica de este coagulante. Con respecto al nivel de salado, no se visualizaron diferencias en ninguna experiencia (**St** y **St+Lh**). La menor proteólisis al utilizar como coagulante quimosina de camello ya ha sido reportada previamente (Costabel et al., 2015; Kappeler et al., 2006; Li et al., 2022). En cuanto al impacto del salado, se han reportado diferentes efectos según el tipo de queso. En quesos Tybo con diferentes contenidos de sal (0,46, 0,91, 1,28 g NaCl 100 g⁻¹ queso) en diferentes tiempos de maduración (1, 14, 26, 40 días de maduración), se encontró que el nivel de salado afectó significativamente los niveles de fracciones de caseína (γ , β , α_{s1} y α_{s1-I}) (Akkerman et al., 2017). En queso semiduro Edam bajo en sal se identificaron dos grandes péptidos hidrofóbicos liberados de β -caseína, y uno de ellos ha demostrado ser extremadamente amargo (Hoffmann et al., 2020).

En nuestro estudio, los coagulantes se utilizaron en una dosis equivalente (34 IMCU/L leche), de tal modo de obtener tiempos de coagulación similares, lo cual fue verificado en experiencias preliminares. Aun así, se observó que este factor fue el que tuvo la mayor influencia en el grado de maduración de los quesos (**Figura 4.2A** y **Figura 4.3A**); los niveles fueron mayores para los quesos con el coagulante D, lo que se correlaciona con

lo observado en los perfiles de electroforesis. Se observó, además, sólo en el caso de quesos elaborados con **St**, diferencias significativas ($p < 0,05$) por el nivel de salado ($SS > SR - SN$); la humedad de los quesos **SS** fue mayor, lo que podría haber impactado positivamente en la actividad de algunas proteasas o peptidasas y conducir a un mayor grado de maduración en estos quesos (Gatti et al., 2008). En los quesos **St+Lh**, el grado de maduración no mostró diferencias según el nivel de salado. En este caso, los quesos **SS** mostraron un menor pH lo que podría haber favorecido la actividad de las enzimas que participan en la proteólisis (Gatti et al., 2008); sin embargo, no se vio ningún efecto.

Respecto a los perfiles peptídicos de los quesos, estos pueden observarse en la **Figura 4.3C** para el fermento **St** y en la **Figura 4.3C** para el fermento **St+Lh**. En ambos casos presentaron diferencias en los cromatogramas principalmente según el tipo de coagulante, observándose en general una mayor altura de la mayoría de los picos en los quesos con el coagulante **D**, lo que coincide con los resultados observados en los otros índices de proteólisis. Si bien se conoce que la reducción de NaCl puede acelerar la degradación de la caseína debido a una mayor actividad de la quimosina (Møller et al., 2012) y que si se reduce el contenido de NaCl, la proteólisis puede aumentar por una mayor actividad del agua y actividad microbiana (Akkerman et al., 2017), en nuestro estudio, el impacto del salado fue menor. Resulta fundamental conocer y controlar el impacto del coagulante y salado en la proteólisis de quesos semiduros reducidos en sodio, ya que ha sido ampliamente reportado que en este tipo de quesos puede ocurrir una proteólisis desbalanceada y producir péptidos amargos (Dugat-Bony et al., 2019; Hoffmann et al., 2020). En nuestras experiencias, se observó la misma tendencia de cambios debido a la disminución del salado para ambos fermentos; algunos cambios fueron disminución de los picos de tiempo de retención de 25 y 35 min y un incremento del pico de 68 min; este último es un péptido hidrofóbico potencialmente amargo. Algunos cambios, incluido el incremento del último péptido mencionado, fueron más marcados en los quesos con el coagulante **D**. De esta manera, el uso de un coagulante menos proteolítico y del fermento **F2** serían más adecuados para el desarrollo de quesos semiduros con menor contenido de sal y que mantengan un perfil de maduración adecuado ya que el desbalance que se produce en la peptidólisis por la disminución de sal fue menor en comparación con el uso de quimosina bovina.

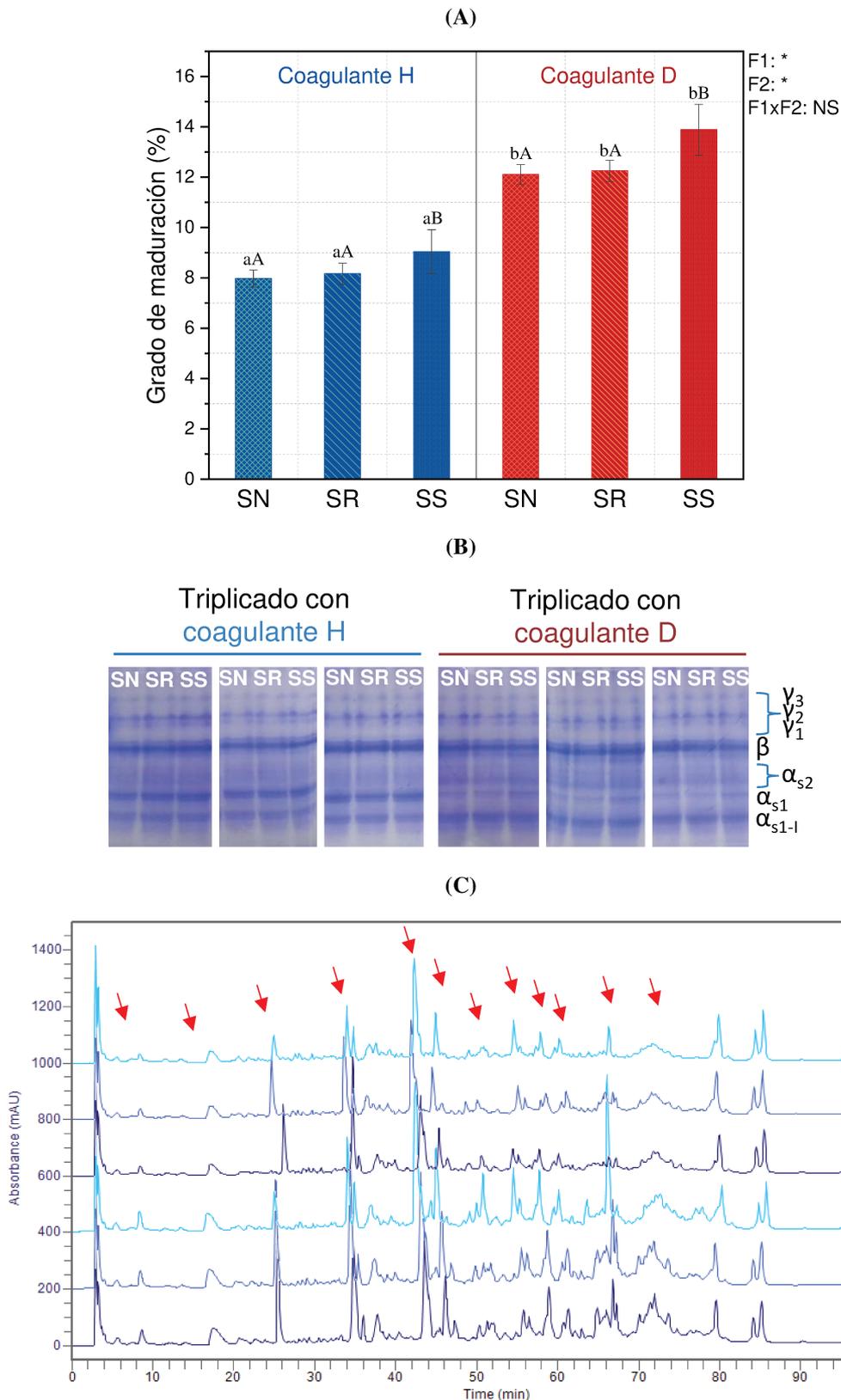


Figura 4.7 Proteólisis de quesos semiduros tipo Pategrás elaborados con el fermento *St* según el factor 1 (**F1**): tipo de coagulante (H; D) y el factor 2 (**F2**): nivel de salado (SN, SR, SS). (A) Grado de maduración. Letras minúsculas y mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1** o **F2**, respectivamente. (B) Perfiles de electroforesis. (C) Perfiles peptídicos con picos señalados con flechas rojas (\blacktriangledown) indican los más afectados por los factores estudiados.

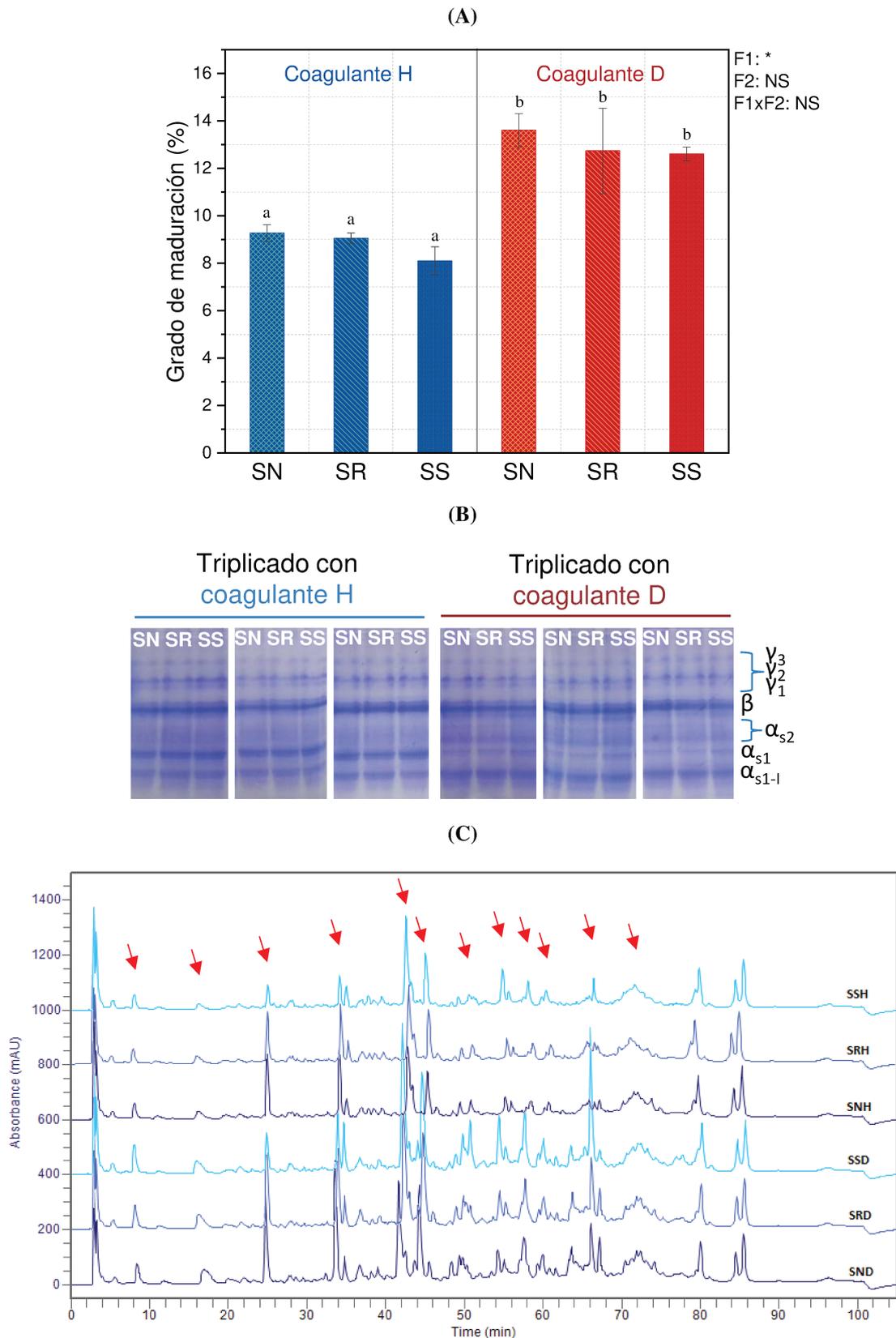


Figura 4.8 Proteólisis de quesos semiduros tipo Pategrás elaborados con el fermento **St+Lh** según el factor 1 (**F1**): tipo de coagulante (**H**; **D**) y el factor 2 (**F2**): nivel de salado (SN, SR, SS). (A) Grado de maduración. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el **F1**. (B) Perfiles de electroforesis. (C) Perfiles peptídicos con picos señalados con flechas rojas (↘) indican los más afectados por los factores estudiados.

3.6 Compuestos volátiles

Se identificaron 23 compuestos volátiles de las siguientes familias químicas: alcoholes (4), aldehídos (3), cetonas (9), ácidos (5) y ésteres (2). En todos los quesos, los ácidos y cetonas fueron los compuestos mayoritarios. En general, si bien depende mucho del tipo de queso elaborado y su tecnología empleada, el Pategrás se caracteriza por la presencia de alcoholes, cetonas y ácidos (Bergamini et al., 2022). En nuestras experiencias, los compuestos volátiles agrupados por familias químicas mostraron algunas diferencias debido al coagulante utilizado y al nivel de salado, que se pueden ver en la **Tabla 4.7** y **Tabla 4.8**. En estas tablas, donde se muestran los compuestos volátiles para las experiencias con el fermento **St** y fermento **St+Lh**, se puede distinguir cómo la incorporación de **Lh** complejizó los resultados obtenidos, provocando que todos los grupos de compuestos mostraran diferencias significativas por ambos factores en estudio y su interacción. En general, el menor salado en los quesos con **St+Lh** disminuyó los alcoholes y ésteres, y aumentó los aldehídos; también se vio aumento de los ácidos únicamente para los quesos con el coagulante **H**. Cambios menos marcados se observaron en la experiencia con **St**; en particular, el grupo de las cetonas no mostró diferencias según los factores estudiados, mientras que los alcoholes sólo se modificaron por el nivel de sal. Los otros grupos mostraron diferencias por ambos factores y la interacción, pero las diferencias numéricas fueron en general menores en comparación a los quesos con **St+Lh**.

En la **Figura 4.9** y la **Figura 4.10** se pueden observar los biplot del análisis de componentes principales que muestran la diferenciación de los quesos según el tipo de coagulante y nivel de salado, que fue más notoria en los quesos con **St+Lh**. El perfil de compuestos volátiles de quesos depende fundamentalmente de la actividad microbiana que determina las vías metabólicas que ocurren en el producto. Se ha reportado que la mayoría de los compuestos volátiles en quesos provienen del catabolismo de aminoácidos, pero también del metabolismo de carbohidratos y ácidos orgánicos como la lactosa, el lactato y citrato (Bergamini et al., 2022). Por ejemplo, en el estudio llevado a cabo en queso semiduro tipo “Reblochon” a los 21 días de maduración, con una reducción de NaCl del 20%, no se observaron diferencias en los niveles de compuestos volátiles según el nivel de salado; en dicho estudio, los parámetros bioquímicos, características sensoriales y la composición microbiana tampoco fueron afectados (Dugat-Bony et al., 2019).

Tabla 4.7 Nivel de compuestos volátiles (expresados como valores porcentuales respecto al área total de compuestos), agrupados por familias químicas para quesos semiduros elaborados con el fermento **St**.

Queso	Alcoholes	Aldehídos	Cetonas	Ácidos	Ésteres
SNH	1,94±0,16 ^{AB}	1,08±0,28 ^a	28,41±0,75	66,68±0,60 ^a	1,89±0,06 ^a
SRH	1,69±0,34 ^A	1,23±0,04 ^{aβ}	30,90±0,05	64,54±0,57 ^{aβ}	1,64±0,21 ^{aβ}
SSH	2,22±0,18 ^B	1,10±0,06 ^a	29,84±0,25	65,14±0,18 ^{aβ}	1,70±0,02 ^{aβ}
SND	1,72±0,15 ^{AB}	1,56±0,14 ^{βγ}	30,37±1,58	63,29±1,36 ^β	3,06±0,12 ^γ
SRD	1,53±0,11 ^A	1,05±0,15 ^a	28,64±0,23	66,91±0,46 ^a	1,87±0,13 ^a
SSD	1,96±0,25 ^B	1,68±0,17 ^γ	29,10±2,35	65,75±2,49 ^{aβ}	1,51±0,03 ^β
F1	NS	*	NS	*	*
F2	*	*	NS	*	*
F1 x F2	NS	*	NS	*	*

St: *Streptococcus thermophilus*.

SNH: salado normal, coagulante H; **SRH:** salado reducido, coagulante H; **SSH:** sin etapa de salado, coagulante H; **SND:** salado normal, coagulante D; **SRD:** salado reducido, coagulante D; **SSD:** sin etapa de salado, coagulante D.

Letras minúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{a,b,c} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F1** (tipo de coagulante). Letras mayúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{A,B,C} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F2** (nivel de salado). Letras griegas diferentes dentro de cada parámetro ^{α,β,γ} indican diferencias significativas (p<0,05) para la interacción **F1x F2**.

* diferencias significativas (p<0,05); **NS:** diferencia no significativa (p>0,05).

Tabla 4.8 Nivel de compuestos volátiles (expresados como valores porcentuales respecto al área total de compuestos), agrupados por familias químicas para quesos semiduros elaborados con el fermento **St+Lh**.

Quesos	Alcoholes	Aldehídos	Cetonas	Ácidos	Ésteres
SNH	4,27±0,45 ^a	1,16±0,05 ^a	26,90±0,25 ^a	63,75±0,51 ^a	3,92±0,14 ^a
SRH	2,58±0,03 ^{βγ}	1,42±0,09 ^β	28,86±0,80 ^β	65,15±0,79 ^{aβ}	1,98±0,14 ^{βγ}
SSH	2,10±0,08 ^{βδ}	2,34±0,03 ^γ	24,78±0,47 ^γ	68,56±0,47 ^γ	2,22±0,15 ^β
SND	3,04±0,13 ^{γε}	2,02±0,05 ^δ	26,82±0,38 ^a	66,30±0,38 ^β	1,82±0,08 ^γ
SRD	3,45±0,34 ^ε	1,76±0,08 ^ε	27,51±0,15 ^{aβ}	65,61±0,59 ^β	1,68±0,09 ^γ
SSD	1,57±0,09 ^δ	2,32±0,15 ^γ	27,32±0,80 ^a	66,56±0,97 ^a	2,23±0,07 ^β
F1	*	*	*	*	*
F2	*	*	*	*	*
F1 x F2	*	*	*	*	*

St: *Streptococcus thermophilus*; **Lh:** *Lactobacillus helveticus*

SNH: salado normal, coagulante H; **SRH:** salado reducido, coagulante H; **SSH:** sin etapa de salado, coagulante H; **SND:** salado normal, coagulante D; **SRD:** salado reducido, coagulante D; **SSD:** sin etapa de salado, coagulante D.

Letras minúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{a,b,c} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F1** (tipo de coagulante). Letras mayúsculas diferentes dentro de cada parámetro ^{A,B,C} indican diferencias significativas (p<0,05) para el **F2** (nivel de salado). Letras griegas diferentes dentro de cada parámetro ^{α,β,γ,δ,ε} indican diferencias significativas (p<0,05) para la interacción **F1x F2**.

* diferencias significativas (p<0,05); **NS:** diferencia no significativa (p>0,05).

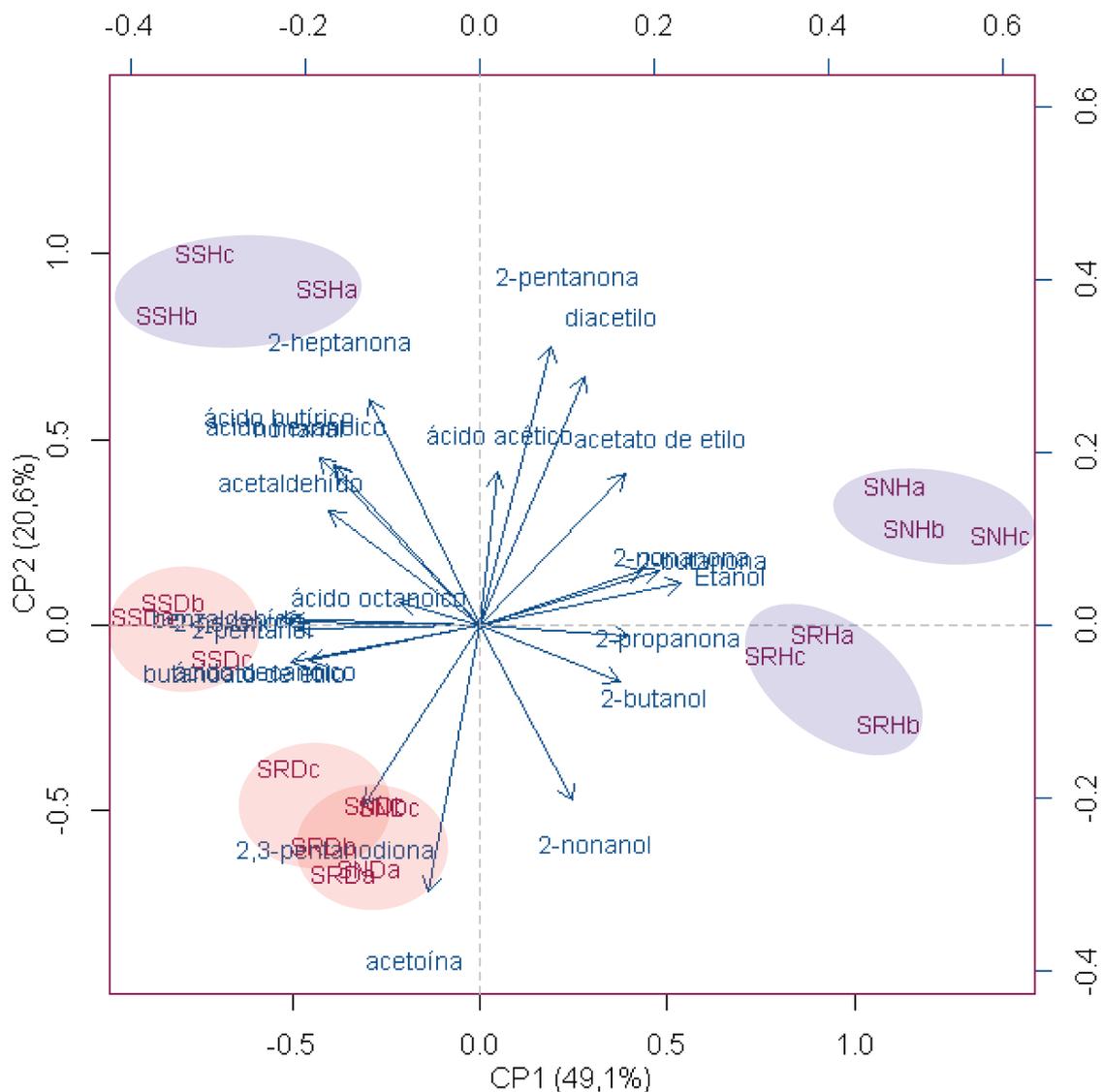


Figura 4.10 Biplot de loading de las variables y scores de las muestras para CP1 vs. CP2 del análisis por componentes principales de los compuestos volátiles de los quesos semiduro elaborados con el fermento **St+Lh** según el tipo de coagulante (**H; D**) y el nivel de salado (**SN; SR; SS**) analizados a los 60 días de maduración.

5. Conclusiones Parciales

Los diferentes niveles de los dos factores estudiados generaron cambios en la maduración de los quesos. El efecto más marcado del coagulante se observó en la proteólisis, mientras que el nivel de salado impactó principalmente en la humedad, pH, y en los perfiles peptídicos. A su vez, también se observó que el fermento compuesto por las dos cepas (**St+Lh**) puede atenuar algunos efectos observados por la reducción de sal en los quesos con **St**, como el incremento de la proteólisis y los cambios en el perfil de fermentación. Sin embargo, hay que tener en cuenta el uso del fermento **St+Lh** puede

traer aparejado una sobreacidificación de los quesos, lo cual podría controlarse por ejemplo deteniendo la acidificación en molde a un pH levemente mayor. Por otro lado, el uso del coagulante menos proteolítico (**H**) condujo a un menor incremento de un péptido hidrofóbico (probablemente amargo) en los quesos sin sal; de esta manera, el uso de este coagulante podría disminuir la aparición de este potencial defecto de amargor. Sin embargo, esto se debería corroborar con estudios sensoriales.

Por otro lado, podemos concluir que fue posible elaborar quesos sin sal y con bajos niveles de microorganismos contaminantes; si bien la sal ejerce control microbiano, otros parámetros también son importantes como la calidad microbiológica de la leche, las contaminaciones y la actividad del fermento.

Conclusiones Finales

En la presente tesis, se corroboró que el consumo de quesos es frecuente en nuestro país y que hay un elevado grado de conciencia sobre la relación entre consumo de sal y problemas de salud. Además, se observó que, si bien la ingesta de quesos reducidos en sodio o sin sal agregada no resulta en general agradable, hay predisposición para comprar este tipo de productos si su calidad mejora, sobre todo teniendo en cuenta cuestiones de salud. Sin embargo, otro problema que se debe enfrentar es que este tipo de quesos esté disponible y accesible al consumidor. La generación de conocimiento acerca de la calidad de quesos reducidos en sodio y la propuesta de estrategias para mejorar su calidad serían de gran utilidad para lograr un mayor interés en estos productos tanto desde el punto de vista del productor como del consumidor.

Al evaluar el impacto del nivel de salado en quesos Cremoso a modo de comprender su efecto en la calidad, se encontró que los quesos elaborados a escala industrial no presentaron inconvenientes a nivel microbiológico debido a la reducción o ausencia de la etapa de salado. El impacto mayor estuvo en las características sensoriales de los mismos, lo que refleja la dificultad que presentan las industrias a la hora de elaborar quesos reformulados en su contenido de sodio que sean aceptados por los consumidores. Sin embargo, se resalta que los quesos con nivel intermedio de sodio presentaron igual aceptabilidad que los quesos con salado normal, lo cual revela la factibilidad de desarrollo de este tipo de quesos sin afectar su aceptación por los consumidores. En base a los resultados obtenidos se pueden proponer estrategias específicamente dirigidas para controlar los parámetros alterados en los quesos sin sal agregada y de esta manera mejorar la aceptabilidad de estos productos. En este sentido, se podrían realizar intervenciones dirigidas a incrementar las características sensoriales, como la adición de fermentos adjuntos que produzcan compuestos aromáticos de interés o de mejoradores de *flavour* (extracto de levadura, especies aromáticas, entre otros).

En quesos semiduros tipo Pategrás, no sólo se estudió el efecto del nivel de salado, sino también el impacto del coagulante utilizado en quesos elaborados con dos fermentos diferentes. En base a los resultados obtenidos, se concluye que la selección del fermento y del coagulante es crucial en el desarrollo de quesos reducidos en sodio. En particular, se observó que la incorporación de *L. helveticus* (LH-B02, Chr. Hansen) atenuó los cambios detectados por la disminución del salado, y que el uso de un coagulante menos proteolítico permitió obtener quesos con un menor desbalance en la peptidólisis en comparación al uso de un coagulante más proteolítico. Es importante destacar que este estudio se debe complementar con una evaluación sensorial para la selección definitiva de parámetros de elaboración. Asimismo, otros fermentos y coagulantes podrían ser evaluados para profundizar este estudio.

Finalmente, en cuanto al mantenimiento de la calidad microbiológica de los quesos reducidos en sal, es importante destacar que todos los quesos se elaboraron con leche de buena calidad, que el fermento fue activo y que la temperatura de maduración se mantuvo en los valores adecuados durante todo el período de estudio. Todos estos factores impactan significativamente en la calidad microbiológica de los quesos. De esta manera, los resultados obtenidos podrían ser diferentes si algunos de estos parámetros se modifican, por ejemplo, si hay cortes de cadena de frío durante el almacenamiento y maduración de los productos; lo cual es interesante evaluar.

Bibliografía

- 2° Concurso Nacional de Quesos, Manteca y Dulce de Leche de la Región Centro. (2023). *Resultados*. <https://concursoargentinoquesosyotros.com.ar/resultados/>
- Abd El -Fattah, A. M., Abd Rabo, F. H., EL-Dieb, S. M., & El-Kashef, H. A. (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *BMC Veterinary Research*, 8(1), 19. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-19>
- Agarwal, S., McCoy, D., Graves, W., Gerard, P. D., & Clark, S. (2011). Sodium content in retail Cheddar, Mozzarella, and process cheeses varies considerably in the United States. *Journal of Dairy Science*, 94(3), 1605-1615. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3782>
- Agencia Santafesina de Seguridad Alimentaria. (s. f.). *Acuerdo Santa Fe*. Recuperado 6 de marzo de 2025, de https://www.assal.gov.ar/assal_principal/acuerdo-santafe.html
- Akkerman, M., Kristensen, L. S., Jespersen, L., Ryssel, M. B., Mackie, A., Larsen, N. N., Andersen, U., Nørgaard, M. K., Løkke, M. M., Møller, J. R., Mielby, L. A., Andersen, B. V., Kidmose, U., & Hammershøj, M. (2017). Interaction between sodium chloride and texture in semi-hard Danish cheese as affected by brining time, dl-starter culture, chymosin type and cheese ripening. *International Dairy Journal*, 70, 34-45. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.10.011>
- Anbukkarasi, K., UmaMaheswari, T., Hemalatha, T., Nanda, D., Singh, P., Rashmi, H. M., & Singh, R. (2013). *Production of low browning Mozzarella cheese: Screening and characterization of wild galactose fermenting Streptococcus thermophilus strains*. (pp. 83-96). International Journal of Advanced.
- Andrews, A. T. (1983). Proteinases in normal bovine milk and their action on caseins. *Journal of Dairy Research*, 50(1), 45-55. <https://doi.org/10.1017/S0022029900032519>

- ANMAT. (2017, enero 1). *Recomendaciones para reducir el consumo de sal*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/comunidad/informacion-de-interes-para-tu-salud/sal>
- ANMAT. (2018, mayo 7). *Código Alimentario Argentino. Capítulo V: Normas para la Rotulación y Publicidad de los Alimentos*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- ANMAT. (2023). *Código Alimentario Argentino. Capítulo VIII: Alimentos lácteos*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- Arboatti, A. S., Olivares, M. L., Sabbag, N. G., Costa, S. C., Zorrilla, S., & Sihufe, G. A. (2014). *The influence of sodium chloride reduction on physicochemical, biochemical, rheological and sensory characteristics of Mozzarella cheese*. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0169-2>
- Arboatti, A. S., Olivares, M. L., Zorrilla, S., & Sihufe, G. A. (2013). *Influencia de la reducción del contenido de NaCl sobre las características fisicoquímicas y reológicas de queso Mozzarella*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/8881>
- Ardö, Y. (1999). Evaluating proteolysis by analysing the N content of cheese fractions. *Bulletin of the IDF*, 337, 4-9.
- Ares, G., Alcaire, F., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., & Castura, J. C. (2017). Identification of drivers of (dis)liking based on dynamic sensory profiles: Comparison of Temporal Dominance of Sensations and Temporal Check-all-that-apply. *Food Research International*, 92, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.016>
- Asaria, P., Chisholm, D., Mathers, C., Ezzati, M., & Beaglehole, R. (2007). Chronic disease prevention: Health effects and financial costs of strategies to reduce salt intake and control tobacco use. *Lancet (London, England)*, 370(9604), 2044-2053. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61698-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61698-5)
- Atlas Federal de Legislación Sanitaria de la República Argentina*. (s. f.). Recuperado 1 de noviembre de 2024, de <http://www.legisalud.gov.ar/atlas/categorias/sal.html>
- Ávila, M., Gómez-Torres, N., Gaya, P., & Garde, S. (2020). Effect of a nisin-producing lactococcal starter on the late blowing defect of cheese caused by *Clostridium tyrobutyricum*. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3343-3349. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14598>

- Bae, I., Park, J.-H., Choi, H.-Y., & Jung, H.-K. (2017). Emerging Innovations to Reduce the Salt Content in Cheese; Effects of Salt on Flavor, Texture, and Shelf Life of Cheese; and Current Salt Usage: A Review. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(6), 793-798. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.6.793>
- Bansal, V., & Mishra, S. K. (2020). Reduced-sodium cheeses: Implications of reducing sodium chloride on cheese quality and safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 733-758. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12524>
- Baptista, D. P., Araújo, F. D. da S., Eberlin, M. N., & Gigante, M. L. (2017). Reduction of 25% salt in Prato cheese does not affect proteolysis and sensory acceptance. *International Dairy Journal*, 75, 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.08.001>
- Barboza de Melo, L. R., Torres, F. R., Guimarães, J. T., Marques Soutelino, M. E., Gomez Cruz, A., & Sloboda Cortez, M. A. (2022). *Study of consumer perception about low-sodium foods and characteristics related to perception and purchase of low-sodium spreadable processed cheese.* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joss.12732>
- Bassit, N., Cochet, N., & Lebeault, J. M. (1993). Influence of water activity on *Streptococcus diacetylactis* metabolism. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 40(2), 399-401. <https://doi.org/10.1007/BF00170400>
- Batistela, M. E. (2022). *Desarrollo de un medio de cultivo económico para la producción de biomasa de Lacticaseibacillus rhamnosus 73: Potencial metabólico y aplicación en quesería.* Universidad Nacional del Litoral.
- Bechaz, S. R., Hickey, M. W., Limsowtin, G. K. Y., & Morgan, A. G. (1998). *Low-salt cheddar: A microbial investigation.* 53(2), 128.
- Belc, N., Smeu, I., Macri, A., Vallauri, D., & Flynn, K. (2019). Reformulating foods to meet current scientific knowledge about salt, sugar and fats. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 25-28. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.002>
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). En *Food Chemistry*. Springer Science & Business Media.
- Benjamin, O., Davidovich-Pinhas, M., Shpigelman, A., & Rytwo, G. (2018). Utilization of polysaccharides to modify salt release and texture of a fresh semi hard model

- cheese. *Food Hydrocolloids*, 75, 95-106.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.033>
- Bergamini, C. V., Giménez, P., Meinardi, C., Wolf, I. V., George, G., Zacarías, M. F., Briggiler Marcó, M., Peralta, G., Perotti, M. C., & Hynes, E. (2022). Pasta semidura. En J. Reinheimer (Ed.), *Los quesos argentinos: Producción, características y nuevas propuestas* (pp. 97-132). Ediciones UNL.
- Bishop, J. R., & Smukowski, M. (2006). Storage Temperatures Necessary to Maintain Cheese Safety. *Food Protection Trends*, 26(10), 714-724.
- Blum, J. (2003). Colostrum – More than Just an Immunoglobulin Supplier. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 44(1), P24. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-44-S1-P24>
- Blum, J. W., & Hammon, H. M. (2000). [Bovine colostrum: More than just an immunoglobulin supplier]. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde*, 142(5), 221-228.
- Borrelli, S., Provenzano, M., Gagliardi, I., Michael, A., Liberti, M. E., De Nicola, L., Conte, G., Garofalo, C., & Andreucci, M. (2020). Sodium Intake and Chronic Kidney Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/ijms21134744>
- Børsting, M. W., Qvist, K. B., & Ardö, Y. (2014). Influence of pH on retention of camel chymosin in curd. *International Dairy Journal*, 38(2), 133-135. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.01.001>
- Bradley, R. L., Arnold, E., Barbano, D. M., Semerad, R. G., Smith, D. E., & Vines, B. K. (1992). Chemical and physical methods. En R. Marshall (Ed.), *Standard Methods for the Examination of Dairy Product* (pp. 433-531). American Public Health Association.
- Burgos, R., Santacruz, E., Turnes, C., Duarte-Zoilan, D., Ríos-González, C., & Benítez, G. (2022). Características de las prácticas alimentarias relacionadas al consumo de sal en una población adulta: Encuesta virtual - 2018: Characteristics of dietary practices related to dietary salt consumption in an adult population: virtual survey - 2018. *Revista de salud publica del Paraguay*, 12(1), Article 1.
- Casas-Alencáster, N. B., & Pardo-García, D. G. (2004). *Análisis de perfil de textura y propiedades de relajación de geles de mezclas almidón de maíz ceroso entrecruzado-gelana*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62040109>

- Cervantes, M. A., Lund, D. B., & Olson, N. F. (1983). Effects of Salt Concentration and Freezing on Mozzarella Cheese Texture. *Journal of Dairy Science*, *66*(2), 204-213. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81778-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81778-0)
- Christopher, D., & Wallace, C. A. (2014). The food safety impact of salt and sodium reduction initiatives. *Perspectives in Public Health*, *134*(4), 216-224. <https://doi.org/10.1177/1757913914536701>
- Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H., & Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *International Dairy Journal*, *13*(11), 841-866. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2)
- Costa, A., Bovenhuis, H., Egger-Danner, C., Fuerst-Waltl, B., Boutinaud, M., Guinard-Flament, J., Obritzhauser, W., Visentin, G., & Penasa, M. (2025). Mastitis has a cumulative and lasting effect on milk yield and lactose content in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *108*(1), 635-650. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25467>
- Costa, R. G. B., Sobral, D., Teodoro, V. A. M., Costa, L. C. G., de Paula, J. C. J., Landin, T. B., & de Oliveira, M. B. (2018). Sodium substitutes in Prato cheese: Impact on the physicochemical parameters, rheology aspects and sensory acceptance. *LWT*, *90*, 643-649. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.051>
- Costabel, L. M., Bergamini, C. V., Pozza, L., Cuffia, F., Candiotti, M. C., & Hynes, E. (2015). Influence of chymosin type and curd scalding temperature on proteolysis of hard cooked cheeses. *The Journal of Dairy Research*, *82*(3), 375-384. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000175>
- Cruz, A. G., Faria, J. A. F., Pollonio, M. A. R., Bolini, H. M. A., Celeghini, R. M. S., Granato, D., & Shah, N. P. (2011). Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, *22*(6), 276-291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.003>
- Czarnacka-Szymani, J., & Jezewska-Zychowicz, M. (2015). Impact of nutritional information on consumers' acceptance of cheese with reduced sodium chloride content. *International Dairy Journal*, *40*, 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.08.017>
- D'Angelo, G., Marín, N., & Terré, E. (2025, marzo 4). *Un Panorama Sobre La Cadena Láctea Argentina*. <https://es.edairynews.com/panorama-cadena-lactea-argentina/>

- Dergal, S. B., & Grupo Herdez, S. A. de C. V. (2006). Vitaminas y nutrientes inorgánicos. En E. Quintanar Duarte (Ed.), *Química de los alimentos* (4ª, pp. 363-400). Pearson Educación.
- Dmitrieva, N. I., Gagarin, A., Liu, D., Wu, C. O., & Boehm, M. (2023). Middle-age high normal serum sodium as a risk factor for accelerated biological aging, chronic diseases, and premature mortality. *eBioMedicine*, 87, 104404. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.104404>
- Drake, S. L., & Drake, M. A. (2011). *Comparison of salty taste and time intensity of sea and land salts from around the world*. Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1745-459X.2010.00317.x>
- Dugat-Bony, E., Bonnarme, P., Fraud, S., Catellote, J., Sarthou, A.-S., Loux, V., Rué, O., Bel, N., Chuzeville, S., & Helinck, S. (2019). Effect of sodium chloride reduction or partial substitution with potassium chloride on the microbiological, biochemical and sensory characteristics of semi-hard and soft cheeses. *Food Research International*, 125, 108643. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108643>
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.-I., Kearney, J., Knutsen, H. K., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Aggett, P., Fairweather-Tait, S., Martin, A., ... Naska, A. (2019). Dietary reference values for sodium. *EFSA Journal*, 17(9), e05778. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5778>
- Elorriaga, N., Gutierrez, L., Romero, I. B., Moyano, D. L., Poggio, R., Calandrelli, M., Mores, N., Rubinstein, A., & Irazola, V. (2017). Collecting Evidence to Inform Salt Reduction Policies in Argentina: Identifying Sources of Sodium Intake in Adults from a Population-Based Sample. *Nutrients*, 9(9), 964. <https://doi.org/10.3390/nu9090964>
- Ferroukhi, I., Bord, C., Lavigne, R., Chassard, C., & Mardon, J. (2023). Exploring alternative salting methods to reduce sodium content in blue-veined cheeses. *International Dairy Journal*, 138, 105555. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105555>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

- Forde, A., & Fitzgerald, G. F. (2000). Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour. *Current Opinion in Biotechnology*, *11*(5), 484-489. [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(00\)00130-0](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(00)00130-0)
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). Salting of Cheese Curd. En *Fundamentals of Cheese Science* (2.^a ed., pp. 251-277). Springer.
- Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects*. Elsevier.
- Fucà, N., McMahon, D. J., Caccamo, M., Tuminello, L., La Terra, S., Manenti, M., & Licitra, G. (2012). Effect of brine composition and brining temperature on cheese physical properties in Ragusano cheese. *Journal of Dairy Science*, *95*(1), 460-470. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4438>
- Fundación Interamericana del Corazón Argentina. (2020). *Policy Brief. Monitoreo del contenido de sodio en productos procesados de Argentina 2017-2018*. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/server/api/core/bitstreams/8d2854cb-2bb9-4c85-a9cb-bccb6bec4031/content>
- Gaitán, D., Chamorro, R., Cediél, G., Lozano, G., & Gomes, F. da S. (2015). Sodio y Enfermedad Cardiovascular: Contexto en Latinoamérica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *65*(4), 206-215.
- Gan, H. H., Yan, B., Linforth, R. S. T., & Fisk, I. D. (2016). Development and validation of an APCI-MS/GC-MS approach for the classification and prediction of Cheddar cheese maturity. *Food Chemistry*, *190*, 442-447. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.096>
- Ganesan, B., Brown, K., Irish, D. A., Brothersen, C., & McMahon, D. J. (2014). Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. *Journal of Dairy Science*, *97*(4), 1970-1982. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7443>
- Gatti, C., & Pires, M. (1995). Effect of monovalent cations on the kinetics of renneted milk coagulation. *Journal of Dairy Research*, *62*(4), 667-672. <https://doi.org/10.1017/S0022029900031423>
- Gatti, M., De Dea Lindner, J., Gardini, F., Mucchetti, G., Bevacqua, D., Fornasari, M. E., & Neviani, E. (2008). A Model to Assess Lactic Acid Bacteria Aminopeptidase Activities in Parmigiano Reggiano Cheese During Ripening. *Journal of Dairy Science*, *91*(11), 4129-4137. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1069>

- Gaucheron, F., Le Graët, Y., & Briard, V. (2000). *Effect of NaCl addition on the mineral equilibrium of concentrated and acidified casein micelles*. 55(2), 82-86.
- Giménez, P. (2023). *Tecnología de membrana y fermentos adjuntos para mejorar la calidad de quesos argentinos*. Universidad Nacional del Litoral.
- Giménez, P., Peralta, G. H., Batistela, M. E., Cuffia, F., Ale, E. C., Wolf, I. V., Perotti, M. C., Hynes, E. R., & Bergamini, C. V. (2023). Impact of the use of skim milk powder and adjunct cultures on the levels of organic acid and carbohydrates, volatile compounds and sensory properties of Cremoso cheese. *International Dairy Journal*, 140, 105594. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105594>
- Giménez, P., Peralta, G. H., Batistela, M. E., George, G. A., Ale, E. C., Quintero, J. P., Hynes, E. R., & Bergamini, C. V. (2023). Impact of the use of skim milk powder and adjunct cultures on the composition, yield, proteolysis, texture and melting properties of Cremoso cheese. *International Dairy Journal*, 140, 105595. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105595>
- Giroux, H. J., Lemaire, N., & Britten, M. (2022). Effect of cheese composition and cheese-making conditions on salt and moisture transfer during brining. *International Dairy Journal*, 129, 105325. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105325>
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Mancini, L., & Fox, P. F. (2015). Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjunct starters for cheese ripening. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.016>
- Gonzalez de Llano, D., Rodriguez, A., & Cuesta, P. (1996). *Effect of lactic starter cultures on the organic acid composition of milk and cheese during ripening-analysis by HPLC*. 80(5), 570-576.
- Griffiths, M. W., & Tellez, A. M. (2013). Lactobacillus helveticus: The proteolytic system. *Frontiers in Microbiology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00030>
- Grummer, J., Karalus, M., Zhang, K., Vickers, Z., & Schoenfuss, T. C. (2012). Manufacture of reduced-sodium Cheddar-style cheese with mineral salt replacers. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 2830-2839. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4851>
- Guinee, T. P. (2004). Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 99-109. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00145.x>

- Guinee, T. P., & Fox, P. F. (2017). Chapter 13 - Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. En P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese (Fourth Edition)* (pp. 317-375). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00013-2>
- Guinee, T. P., O’Kennedy, B. T., & Kelly, P. M. (2006). Effect of Milk Protein Standardization Using Different Methods on the Composition and Yields of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 468-482. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72110-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72110-5)
- Hayaloglu, A. A. (2017). Chapter 39—Cheese Varieties Ripened Under Brine. En P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese (Fourth Edition)* (pp. 997-1040). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00039-9>
- He, F. J., Tan, M., Ma, Y., & MacGregor, G. A. (2020). Salt Reduction to Prevent Hypertension and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(6), 632-647. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.11.055>
- Hickey, C. D., Fallico, V., Wilkinson, M. G., & Sheehan, J. J. (2018). Redefining the effect of salt on thermophilic starter cell viability, culturability and metabolic activity in cheese. *Food Microbiology*, 69, 219-231. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.015>
- Hoffmann, W., Luzzi, G., Steffens, M., Clawin-Rädecker, I., Franz, C., & Fritsche, J. (2020). *Salt reduction in film-ripened, semihard Edam cheese*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1471-0307.12675>
- Hynes, E. R., Bergamini, C. V., & Perotti, M. C. (2018). Section 6. Swiss-type cheeses (propionic acid cheeses), 6.5 Pategrás-Argentina. En T. Bintsis (Ed.), *Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics* (pp. 344-346). John Wiley & Sons.
- Hynes, E. R., Bergamini, C. V., Suárez, V. B., & Zalazar, C. A. (2003). Proteolysis on Reggiano Argentino Cheeses Manufactured with Natural Whey Cultures and Selected Strains of *Lactobacillus helveticus*. *Journal of Dairy Science*, 86(12), 3831-3840. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73990-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73990-3)
- Hynes, E. R., Meinardi, C. A., Sabbag, N., Cattaneo, T., Candioti, M. C., & Zalazar, C. A. (2001a). Influence of Milk-Clotting Enzyme Concentration on the α S1-Casein

- Hydrolysis During Soft Cheeses Ripening. *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1335-1340. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70163-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70163-4)
- Hynes, E. R., Ogier, J.-C., & Delacroix-Buchet, A. (2001b). Proteolysis during ripening of miniature washed-curd cheeses manufactured with different strains of starter bacteria and a *Lactobacillus plantarum* adjunct culture. *International Dairy Journal*, 11(8), 587-597. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00094-2)
- Iaccarino Idelson, P., D'Elia, L., Cairella, G., Sabino, P., Scalfi, L., Fabbri, A., Galletti, F., Garbagnati, F., Lionetti, L., Paoletta, G., Simonetti, P., Strazzullo, P., & on behalf of the SINU-GIRCSI Working Group. (2020). Salt and Health: Survey on Knowledge and Salt Intake Related Behaviour in Italy. *Nutrients*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/nu12020279>
- Iachetta, J. (2024, abril 7). ¿Cuánto Queso Consumimos Los Argentinos? - EDairyNews Español. <https://es.edairynews.com/cuanto-queso-consumimos-los-argentinos/>
- Ikonen, I., Sotgiu, F., Aydinli, A., & Verlegh, P. W. J. (2020). Consumer effects of front-of-package nutrition labeling: An interdisciplinary meta-analysis. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48(3), 360-383. <https://doi.org/10.1007/s11747-019-00663-9>
- Institute of Medicine of the National Academies. (2006). *Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements* (J. J. Otten, J. Pizzi Hellwig, & L. D. Meyers, Eds.). Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11537>
- Intake, I. of M. (US) C. on S. to R. S., Henney, J. E., Taylor, C. L., & Boon, C. S. (2010). Preservation and Physical Property Roles of Sodium in Foods. En *Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States*. National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK50952/>
- ISO 3433:2008. (2008). ISO. <https://www.iso.org/standard/46336.html>
- ISO 5534:2004. (2004). ISO. <https://www.iso.org/standard/35249.html>
- ISO 8968-1:2014. (2014). ISO. <https://www.iso.org/standard/61020.html>
- ISO 8589:2007. (2007). ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8589:ed-2:v1:en>
- Jeong, S.-G., Ham, J.-S., Kim, D.-H., Ahn, C.-N., Chae, H.-S., You, Y.-M., Jang, A.-R., Kwon, I.-K., & Lee, S.-G. (2009). Physicochemical Properties of Colostrum by Milking Time of Gyeonggi Province. *Food Science of Animal Resources*, 29(4), 445-456. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2009.29.4.445>

- Johnson, M. E. (2013). Mesophilic and Thermophilic Cultures Used in Traditional Cheesemaking. *Microbiology Spectrum*, 1(1). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.CM-0004-2012>
- Johnson, M. E., Kapoor, R., McMahon, D. J., McCoy, D. R., & Narasimmon, R. G. (2009). *Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects* Mark E. Johnson, Rohit Kapoor, Donald J. McMahon, David R. McCoy, Raj G. Narasimmon. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2009.00080.x>
- Juan, B., Trujillo, A.-J., & Ferragut, V. (2022). The Effect of Salt Reduction and Partial Substitution of NaCl by KCl on Physicochemical, Microbiological, and Sensorial Characteristics and Consumers' Acceptability of Semi-Hard and Hard Lactose-Free Cow's Milk Cheeses. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.861383>
- Kandeel, S. A., Megahed, A. A., & Constable, P. D. (2019). Evaluation of hand-held sodium, potassium, calcium, and electrical conductivity meters for diagnosing subclinical mastitis and intramammary infection in dairy cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(5), 2343-2353. <https://doi.org/10.1111/jvim.15550>
- Kappeler, S. R., van den Brink, H. (J.) M., Rahbek-Nielsen, H., Farah, Z., Puhan, Z., Hansen, E. B., & Johansen, E. (2006). Characterization of recombinant camel chymosin reveals superior properties for the coagulation of bovine and camel milk. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 342(2), 647-654. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2006.02.014>
- Karimi, R., Mortazavian, A. M., & Karami, M. (2012). Incorporation of *Lactobacillus casei* in Iranian ultrafiltered Feta cheese made by partial replacement of NaCl with KCl. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4209-4222. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4872>
- Khatab, A. R., Guirguis, H. A., Tawfik, S. M., & Farag, M. A. (2019). Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 343-360. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.009>
- Khetra, Y., Kanawjia, S. K., & Puri, R. (2016). Selection and optimization of salt replacer, flavour enhancer and bitter blocker for manufacturing low sodium Cheddar cheese

- using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 72, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.035>
- Khetra, Y., Kanawjia, S. K., Puri, R., Kumar, R., & Meena, G. S. (2019). Using taste-induced saltiness enhancement for reducing sodium in Cheddar cheese: Effect on physico-chemical and sensorial attributes. *International Dairy Journal*, 91, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.08.003>
- Kieronczyk, A., Skeie, S., Olsen, K., & Langsrud, T. (2001). Metabolism of amino acids by resting cells of non-starter lactobacilli in relation to flavour development in cheese. *International Dairy Journal*, 11(4), 217-224. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00051-6)
- Land, M.-A., Neal, B. C., Johnson, C., Nowson, C. A., Margerison, C., & Petersen, K. S. (2018). Salt consumption by Australian adults: A systematic review and meta-analysis. *Medical Journal of Australia*, 208(2), 75-81. <https://doi.org/10.5694/mja17.00394>
- Le Bars, D., & Yvon, M. (2008). Formation of diacetyl and acetoin by *Lactococcus lactis* via aspartate catabolism. *Journal of Applied Microbiology*, 104(1), 171-177. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03539.x>
- Leong, W. M., Geier, R., Engstrom, S., Ingham, S., Ingham, B., & Smukowski, M. (2014). Growth of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, and *Staphylococcus aureus* on cheese during extended storage at 25°C. *Journal of Food Protection*, 77(8), 1275-1288. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-047>
- Li, B., Waldron, D. S., Drake, M., Lyne, J., Kelly, A. L., & McSweeney, P. L. H. (2022). Suitability of a novel camel (*Camelus dromedarius*) chymosin as a coagulant for Cheddar cheese manufacture. *International Dairy Journal*, 129, 105346. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105346>
- Liem, D. G., Miremadi, F., & Keast, R. S. J. (2011). Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. *Nutrients*, 3(6), 694-711. <https://doi.org/10.3390/nu3060694>
- Lindsay, R. C., Hargett, S. M., & Bush, C. S. (1982). Effect of Sodium/Potassium (1:1) Chloride and Low Sodium Chloride Concentrations on Quality of Cheddar Cheese1. *Journal of Dairy Science*, 65(3), 360-370. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82200-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82200-5)

- Liu, G., Qiao, Y., Zhang, Y., Leng, C., Chen, H., Sun, J., Fan, X., Li, A., & Feng, Z. (2020). Metabolic Profiles of Carbohydrates in *Streptococcus thermophilus* During pH-Controlled Batch Fermentation. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 1131. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01131>
- Luo, J., Pan, T., Guo, H. Y., & Ren, F. Z. (2013). Effect of calcium in brine on salt diffusion and water distribution of Mozzarella cheese during brining. *Journal of Dairy Science*, *96*(2), 824-831. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5888>
- Luzzi, G., Brinks, E., Fritsche, J., & Franz, C. M. A. P. (2021). Effect of reduction of sodium content on the microbial ecology of Edam cheese samples. *AMB Express*, *11*(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01188-7>
- Madadlou, A., Khosrowshahi asl, A., Mousavi, M. E., & Farmani, J. (2007). The influence of brine concentration on chemical composition and texture of Iranian White cheese. *Journal of Food Engineering*, *81*(2), 330-335. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.11.010>
- Magni, C., de Mendoza, D., Konings, W. N., & Lolkema, J. S. (1999). Mechanism of Citrate Metabolism in *Lactococcus lactis*: Resistance against Lactate Toxicity at Low pH. *Journal of Bacteriology*, *181*(5), 1451-1457.
- McAuliffe, O. (2017). Chapter 9—Genetics of Lactic Acid Bacteria. En P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese (Fourth Edition)* (pp. 227-247). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00009-0>
- McCarthy, C. M., Wilkinson, M. G., Kelly, P. M., & Guinee, T. P. (2015). Effect of salt and fat reduction on the composition, lactose metabolism, water activity and microbiology of Cheddar cheese. *Dairy Science & Technology*, *95*(5), 587-611. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0245-2>
- McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., & Kelly, A. L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: A review. *Dairy Science & Technology*, *96*(2), 133-158. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0258-x>
- McGregor, R. (2007). The use of bitter blockers to replace salt in food products. En D. Kilcast & F. Angus (Eds.), *Reducing salt in foods – Practical strategies* (pp. 221-230). Woodhead Publishing Limited.

- McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
- McSweeney, P. L. H. (2011). Cheese | Biochemistry of Cheese Ripening. En J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)* (pp. 667-674). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00080-7>
- McSweeney, P. L. H., & Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80(3), 293-324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>
- Medina de Figueroa, R., Alvarez, F., Pesce de Ruiz Holgado, A., Oliver, G., & Sesma, F. (2000). Citrate utilization by homo- and heterofermentative lactobacilli. *Microbiological Research*, 154(4), 313-320. [https://doi.org/10.1016/S0944-5013\(00\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0944-5013(00)80005-1)
- Meinardi, C., & Candiotti, M. (2020). Análisis crítico de la influencia de las etapas de elaboración quesera sobre el rendimiento y la calidad del producto. En J. Reinheimer (Ed.), *Avances y tendencias en la industria láctea: La contribución argentina desde INLAIN* (pp. 75-94). Ediciones UNL.
- Meinardi, C., Vénica, C., Giménez, P., Mercanti, D., Vélez, A., George, G., Perotti, M. C., & Bergamini, C. V. (2022). Leche destinada a quesería. En J. Reinheimer (Ed.), *Los quesos argentinos: Producción, características y nuevas propuestas* (1.ª ed., pp. 27-67). Ediciones UNL.
- Melilli, C., Barbano, D. M., Licitra, G., Tumino, G., Farina, G., & Carpino, S. (2003). Influencia del presalado y la concentración de salmuera en la absorción de sal por el queso Ragusano 1. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1083-1100. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73691-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73691-1)
- Melilli, C., Carcò, D., Barbano, D. M., Tumino, G., Carpino, S., & Licitra, G. (2005). Composición, microestructura y desarrollo de la capa de barrera superficial durante la salazón con salmuera *. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2329-2340. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72911-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72911-8)
- Mercanti, D., Wolf, I. V., Meinardi, C., Candiotti, M. C., & Zalazar, C. A. (2004). Influencia del contenido graso y de otras variables sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino. *Grasas y aceites*, 53(3), 296-302.

- Milesi, M. M., Vinderola, G., Sabbag, N., Meinardi, C. A., & Hynes, E. (2009). Influence on cheese proteolysis and sensory characteristics of non-starter lactobacilli strains with probiotic potential. *Food Research International*, 42(8), 1186-1196. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.06.005>
- Mill, J. G., Malta, D. C., Machado, Í. E., Pate, A., Pereira, C. A., Jaime, P. C., Szwarcwald, C. L., & Rosenfeld, L. G. (2019). Estimation of salt intake in the Brazilian population: Results from the 2013 National Health Survey. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 22, E190009.SUPL.2. <https://doi.org/10.1590/1980-549720190009.supl.2>
- Mill, J. G., Malta, D. C., Nilson, E. A. F., Machado, Í. E., Jaime, P. C., Bernal, R. T. I., Cardoso, L. S. de M., & Szwarcwald, C. L. (2021). Factors associated with salt intake in the Brazilian adult population: National Health Survey. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26, 555-567. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021262.37492020>
- Miller, D. D. (2000). Minerales. En O. R. Fennema & S. R. Tannenbaum (Eds.), *Química de los alimentos* (2ª). Acribia, S.A. https://www.editorialacribia.com/libro/quimica-de-los-alimentos_53689/, https://www.editorialacribia.com/libro/quimica-de-los-alimentos_53689/
- Miller, D. D. (2008). Minerals. En O. R. Fennema (Ed.), *Fennema's food chemistry* (4ª, pp. 523-569). CRC Press.
- Miller, D. D. (2017). Minerals. En S. Damodaran & K. Parkin (Eds.), *Fennema's Food Chemistry* (5ª, pp. 627-679). CRC Press.
- Ministerio de Justicia. (2019, julio 12). *Consumo de sal*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/justicia/derechofacil/leysimple/consumo-de-sal>
- Ministerio de Justicia. (2021, noviembre 12). *Ley de etiquetado frontal*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/justicia/derechofacil/leysimple/salud/ley-de-etiquetado-frontal>
- Ministerio de Salud. (2018, octubre 29). *Nueva reducción de sodio en alimentos procesados*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/nueva-reduccion-de-sodio-en-alimentos-procesados>
- Ministerio de Salud. (2023, abril 4). *Productos procesados y ultraprocesados*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/salud/ley-de-promocion-de-la-alimentacion-saludable/productos-procesados-y-ultraprocesados>

- Ministerio de Salud de la Nación. (2021). *Datos Argentina—Base de datos de la 2° Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNyS2) 2018-2019*. <https://datos.gob.ar/>
- Mistry, V. V., & Kasperson, K. M. (1998). Influence of Salt on the Quality of Reduced Fat Cheddar Cheese1. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1214-1221. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75681-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75681-4)
- Moatsou, G., Zoidou, E., Choundala, E., Koutsaris, K., Kopsia, O., Therigiaki, K., & Sakkas, L. (2019). Development of Reduced-Fat, Reduced-Sodium Semi-Hard Sheep Milk Cheese. *Foods*, 8(6), 204. <https://doi.org/10.3390/foods8060204>
- Møller, K. K., Rattray, F. P., & Ardö, Y. (2013). Application of selected lactic acid bacteria and coagulant for improving the quality of low-salt Cheddar cheese: Chemical, microbiological and rheological evaluation. *International Dairy Journal*, 33(2), 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.05.015>
- Mozaffarian, D., Fahimi, S., Singh, G. M., Micha, R., Khatibzadeh, S., Engell, R. E., Lim, S., Danaei, G., Ezzati, M., & Powles, J. (2014). Global Sodium Consumption and Death from Cardiovascular Causes. *New England Journal of Medicine*, 371(7), 624-634. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1304127>
- Mozuraityte, R., Berget, I., Mahdalova, M., Grønsberg, A., Øye, E. R., & Greiff, K. (2019). Sodium reduction in processed cheese spreads and the effect on physicochemical properties. *International Dairy Journal*, 90, 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.10.008>
- Murtaza, M. A., Ur-Rehman, S., Anjum, F. M., Huma, N., & Hafiz, I. (2014). *Cheddar Cheese Ripening and Flavor Characterization: A Review*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.634531>
- Muthukumarappan, K., Wang, Y.-C., & Gunasekaran, S. (1999). Short Communication: Modified Schreiber Test for Evaluation of Mozzarella Cheese Meltability1. *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1068-1071. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75328-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75328-2)
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Dietary Reference Intakes for Sodium and Potassium* (V. A. Stallings, M. Harrison, & M. Oria, Eds.). Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25353>
- Newberry, S. J., Chung, M., Anderson, C. A. M., Chen, C., Fu, Z., Tang, A., Zhao, N., Booth, M., Marks, J., Hollands, S., Motala, A., Larkin, J., Shanman, R., &

- Hempel, S. (2018). *Sodium and Potassium Intake: Effects on Chronic Disease Outcomes and Risks*. Agency for Healthcare Research and Quality (US). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519328/>
- Nurmilah, S., Cahyana, Y., Utama, G. L., & Ait-Kaddour, A. (2022). Strategies to Reduce Salt Content and Its Effect on Food Characteristics and Acceptance: A Review. *Foods*, 11(19), 3120. <https://doi.org/10.3390/foods11193120>
- OCLA. (2016). *OCLA | Lechería Argentina—Consumo*. <https://www.ocla.org.ar/portafolio/11/#cbp=/grafico/10015027>
- OCLA. (2018). *Gastos de Consumo de los Hogares en Alimentos y Bebidas: Por lugar de compra*. <https://www.ocla.org.ar/portafolio/11/#cbp=/grafico/14926912>
- OCLA. (2023). *Ranking de Industrias Lácteas 2022/2023*. <https://ocla.org.ar/noticias/27334309-argentina-ranking-de-industrias-lacteas-2022-2023>
- OCLA. (2024a). *OCLA | Elaboración de Productos Lácteos – a diciembre de 2024*. <https://ocla.org.ar/noticias/32384352>
- OCLA. (2024b). *OCLA | Tablero de Control*. <https://www.ocla.org.ar/tablero/>
- OCLA. (2025). *OCLA | Observatorio de la cadena Láctea Argentina*. <https://www.ocla.org.ar/>
- OMS. (2021, junio 11). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- OMS. (2022, agosto 22). *Estrategias de yodación universal de la sal y reducción de la ingesta de sodio: Compatibles, rentables y de gran beneficio para la salud pública*. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240053717>
- OMS. (2023, agosto 14). *Reducción de la ingesta de sodio*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>
- OMS - ENT portal de datos. (2022). *Portal de datos sobre enfermedades no transmisibles*. <https://ncdportal.org/>
- Ong, L., Henriksson, A., & Shah, N. P. (2007). Proteolytic pattern and organic acid profiles of probiotic Cheddar cheese as influenced by probiotic strains of *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. Paracasei*, *Lb. Casei* or *Bifidobacterium* sp. *International Dairy Journal*, 17(1), 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.12.009>

- OPS. (2023, febrero 23). *Perfil de Nutrientes—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/perfil-de-nutrientes>
- Parente, E., Cogan, T. M., & Powell, I. B. (2017). Chapter 8 - Starter Cultures: General Aspects. En P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese (Fourth Edition)* (pp. 201-226). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00008-9>
- Pastorino, A. J., Hansen, C. L., & McMahon, D. J. (2003). Effect of Salt on Structure-Function Relationships of Cheese1. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 60-69. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73584-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73584-X)
- Paudyal, S., Melendez, P., Manriquez, D., Velasquez-Munoz, A., Pena, G., Roman-Muniz, I. N., & Pinedo, P. J. (2020). Use of milk electrical conductivity for the differentiation of mastitis causing pathogens in Holstein cows. *Animal*, 14(3), 588-596. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002210>
- Paulson, B. M., McMahon, D. J., & Oberg, C. J. (1998). Influence of Sodium Chloride on Appearance, Functionality, and Protein Arrangements in Nonfat Mozzarella Cheese1. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2053-2064. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75780-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75780-7)
- Pedro, M. del C. (2013). *Evaluación del contenido de calcio y fósforo en quesos blandos comerciales. Estudio de parámetros tecnológicos que definen la concentración de los mismos en el queso*.
- Peralta, G., & Bergamini, C. V. (2025). Mini-Cheese Models. En A. Cruz, T. C. Pimentel, E. A. Esmerino, & S. Verruck (Eds.), *Protocols on Dairy Foods Processing. Methods & Protocols in Food sci*.
- Peralta, G. H. (2014). *Bioformación de flavour en quesos vía metabolismo de aminoácidos por fermentos lácticos primarios y adjuntos*. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/handle/11185/565>
- Peralta, G. H., Aguirre, A., Bürgi, M. D. M., Martínez, L. J., Albarracín, V. H., Menzella, H. G., Pozza, L., Hynes, E. R., & Bergamini, C. V. (2023). Effect of high-pressure homogenisation on metabolic potential of *Lactocaseibacillus paracasei* 90: In vitro and in situ studies in fermented milk and semihard cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 76(3), 583-596. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12949>
- Peralta, G. H., Bergamini, C. V., Audero, G., Páez, R., Wolf, I. V., Perotti, M. C., & Hynes, E. R. (2017). Spray-dried adjunct cultures of autochthonous non-starter

- lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 255, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.05.014>
- Peralta, G., Hynes, E., Meinardi, C., Bergamini, C. V., Puntillo, M., Quiberoni, A., Guglielmotti, D., Wolf, I. V., & Vénica, C. (2022). Los quesos argentinos. En J. Reinheimer (Ed.), *Los quesos argentinos: Producción, características y nuevas propuestas* (1.^a ed., pp. 68-96). Ediciones UNL.
- Phan, V. A., Yven, C., Lawrence, G., Chabanet, C., Reparet, J. M., & Salles, C. (2008). In vivo sodium release related to salty perception during eating model cheeses of different textures. *International Dairy Journal*, 18(9), 956-963. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.015>
- Possas, A., Hernández, M., Esteban-Carbonero, Ó., Valero, A., & Rodríguez-Lázaro, D. (2022). *Listeria monocytogenes* survives better at lower storage temperatures in regular and low-salt soft and cured cheeses. *Food Microbiology*, 104, 103979. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.103979>
- Prada, S., Giménez, P., Bürgi, M., Sánchez, R., Cuffia, F., Wolf, I. V., Bergamini, C. V., & Peralta, G. (2024). Uso combinado de *Lactiplantibacillus plantarum* L29 y lisozima como agente de maduración en queso semiduro elaborado sin sal añadida. En *IX Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*.
- Prada, S., Giménez, P., Menzella, H. G., Aguirre, A., Cansino Quispe, C., Sánchez, R., Albarracín, V., Martínez, L., Bürgi M., Bergamini, C. V., & Peralta, G. (2024). Impacto de la homogenización de alta presión sobre la actividad metabólica de *Lactiplantibacillus plantarum* 29 en queso semiduro sin sal agregada. En *IX Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*.
- Prupp, A. h., Stepaniak, L., & Sørhaug, T. (1999). Proteolysis in Cheese Curd as Affected by Subcellular Fractions from *Lactococcus*, *Lactobacillus* and *Propionibacterium*. *Journal of Food Science*, 64(2), 353-358. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15899.x>
- Pujols, K. D., Ardoin, R., Chaiya, B., Tuuri, G., & Prinyawiwatkul, W. (2019). Low-sodium roasted peanuts: Effects of salt mixtures (NaCl, KCl and glycine) on consumer perception and purchase intent. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(9), 2754-2762. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14187>
- Ramírez-Nuñez, J., Romero-Medrano, R., Nevárez-Moorillón, G. V., & Gutiérrez-Méndez, N. (2011). Effect of pH and salt gradient on the autolysis of *Lactococcus*

- lactis strains. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42, 1495-1499. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000400036>
- Rulikowska, A., Kilcawley, K. N., Doolan, I. A., Alonso-Gomez, M., Nongonierma, A. B., Hannon, J. A., & Wilkinson, M. G. (2013). The impact of reduced sodium chloride content on Cheddar cheese quality. *International Dairy Journal*, 28(2), 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.08.007>
- Sajdakowska, M., Gębski, J., Guzek, D., Gutkowska, K., & Żakowska-Biemans, S. (2020). Dairy Products Quality from a Consumer Point of View: Study among Polish Adults. *Nutrients*, 12(5), 1503. <https://doi.org/10.3390/nu12051503>
- Sánchez, G., Peña, L., Varea, S., Mogrovejo, P., Goetschel, M. L., Montero-Campos, M. de los Á., Mejía, R., & Blanco-Metzler, A. (2012). Conocimientos, percepciones y comportamientos relacionados con el consumo de sal, la salud y el etiquetado nutricional en Argentina, Costa Rica y Ecuador. *Rev Panam Salud Publica*;32(4), Oct. 2012. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/9260>
- Schroeder, C. L., Bodyfelt, F. W., Wyatt, C. J., & McDaniel, M. R. (1988). Reduction of Sodium Chloride in Cheddar Cheese: Effect on Sensory, Microbiological, and Chemical Properties¹. *Journal of Dairy Science*, 71(8), 2010-2020. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79776-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79776-3)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2019). *Estado de situación de la industria láctea argentina para la definición de políticas públicas 2016-2018*. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/industria/estado/
- Settanni, L., & Moschetti, G. (2010). Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiology*, 27(6), 691-697. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.023>
- Sgarbi, E., Lazzi, C., Tabanelli, G., Gatti, M., Neviani, E., & Gardini, F. (2013). Nonstarter lactic acid bacteria volatiles produced using cheese components. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4223-4234. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6472>
- Sihufe, G. A., de Piante Vicin, D. A., Marino, F., Ramos, E. L., Nieto, I. G., Karlen, J. G., & Zorrilla, S. (2018). *Effect of sodium chloride reduction on physicochemical, biochemical, rheological, structural and sensory characteristics of Tybo cheese*. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.02.006>

- Sihufe, G. A., de Piante Vicin, D. A., Marino, F., Ramos, E., Nieto, I., Karlen, J., & Zorrilla, S. (2017). *Efecto de la reducción de sal sobre los parámetros fisicoquímicos, reológicos y microestructurales de queso Tybo*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/55980>
- Sihufe, G. A., Zorrilla, S. E., & Rubiolo, A. C. (2006). Secondary proteolysis of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine and ripened at various temperatures. *Food Chemistry*, *96*(2), 297-303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.026>
- Silva, H. L. A., Balthazar, C. F., Esmerino, E. A., Neto, R. P. C., Rocha, R. S., Moraes, J., Cavalcanti, R. N., Franco, R. M., Tavares, M. I. B., Santos, J. S., Granato, D., Costa, R. G. B., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Senaka Ranadheera, C., Nazzaro, F., Mortazavian, A. M., & Cruz, A. G. (2018). Partial substitution of NaCl by KCl and addition of flavor enhancers on probiotic Prato cheese: A study covering manufacturing, ripening and storage time. *Food Chemistry*, *248*, 192-200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.064>
- Silva, H. L. A., Balthazar, C. F., Esmerino, E. A., Vieira, A. H., Cappato, L. P., Neto, R. P. C., Verruck, S., Cavalcanti, R. N., Portela, J. B., Andrade, M. M., Moraes, J., Franco, R. M., Tavares, M. I. B., Prudencio, E. S., Freitas, M. Q., Nascimento, J. S., Silva, M. C., Raices, R. S. L., & Cruz, A. G. (2017). Effect of sodium reduction and flavor enhancer addition on probiotic Prato cheese processing. *Food Research International*, *99*, 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.018>
- Silva, L. F., Sunakozawa, T. N., Monteiro, D. A., Casella, T., Conti, A. C., Todorov, S. D., & Barretto Penna, A. L. (2023). Potential of Cheese-Associated Lactic Acid Bacteria to Metabolize Citrate and Produce Organic Acids and Acetoin. *Metabolites*, *13*(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/metabo13111134>
- Slattery, L., O'Callaghan, J., Fitzgerald, G. F., Beresford, T., & Ross, R. P. (2010). *Invited review: Lactobacillus helveticus—A thermophilic dairy starter related to gut bacteria*. *Journal of Dairy Science*, *93*(10), 4435-4454. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3327>
- Smit, G., Smit, B. A., & Engels, W. J. M. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews*, *29*(3), 591-610. <https://doi.org/10.1016/j.fmrre.2005.04.002>

- Smith, S. T., Metzger, L., & Drake, M. A. (2016). Evaluation of whey, milk, and delactosed permeates as salt substitutes. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8687-8698. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10904>
- Soares, C., Fernando, A. L., Mendes, B., & Martins, A. P. L. (2015). The effect of lowering salt on the physicochemical, microbiological and sensory properties of São João cheese of Pico Island. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 409-419. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12198>
- Soltani, M., Guzeler, N., & Hayaloglu, A. A. (2015). The influence of salt concentration on the chemical, ripening and sensory characteristics of Iranian white cheese manufactured by UF-Treated milk. *The Journal of Dairy Research*, 82(3), 365-374. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000278>
- Søndergaard, L., Ryssel, M., Svendsen, C., Høier, E., Andersen, U., Hammershøj, M., Møller, J. R., Arneborg, N., & Jespersen, L. (2015). Impact of NaCl reduction in Danish semi-hard Samsøe cheeses on proliferation and autolysis of DL-starter cultures. *International Journal of Food Microbiology*, 213, 59-70. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.031>
- Sørensen, K., Høier, E., Janzen, Z., Rattray, F., Børsting, M. W., Brockmann, E., & Johansen, E. (2010). The Production, Application and Action of Lactic Cheese Starter Cultures. En B. Law & A. Y. Tamime (Eds.), *Technology of Cheesemaking* (pp. 166-189). Blackwell Publishing Ltd.
- Sousa, M. J., Ardö, Y., & McSweeney, P. L. H. (2001). Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11(4), 327-345. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00062-0)
- Stephanie Clark, E. C. (2009). Swiss Cheese and Related Products. En S. Clark, M. Costello, M. Drake, & F. Bodyfelt (Eds.), *The Sensory Evaluation of Dairy Products* (pp. 427-457). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77408-4_14
- Su, G., Sun-Waterhouse, D., Zhao, Y., He, W., & Zhao, M. (2019). Flavor Enhancement Induced by Taste–Odor Interactions. Reference Module in Food Science. En L. Melton, F. Shahidi, & P. Varelis (Eds.), *Encyclopedia of Food Chemistry* (pp. 528-531). Elsevier Inc.

- Syarifuddin, A., Septier, C., Salles, C., & Thomas-Danguin, T. (2016). Reducing salt and fat while maintaining taste: An approach on a model food system. *Food Quality and Preference*, *48*, 59-69. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.009>
- Symbols, I. of M. (US) C. on E. of F.-P. N. R. S. and, Wartella, E. A., Lichtenstein, A. H., & Boon, C. S. (2010). FDA Regulatory Requirements for Nutrient Content Claims. En *Front-of-Package Nutrition Rating Systems and Symbols: Phase I Report*. National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK209851/>
- Tekin, A., & Hayaloglu, A. A. (2023). Understanding the mechanism of ripening biochemistry and flavour development in brine ripened cheeses. *International Dairy Journal*, *137*, 105508. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105508>
- Tidona, F., Zago, M., Carminati, D., & Giraffa, G. (2022). The Reduction of Salt in Different Cheese Categories: Recent Advances and Future Challenges. *Frontiers in Nutrition*, *9*, 859694. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.859694>
- Tsioulpas, A., Grandison, A. S., & Lewis, M. J. (2007). Changes in Physical Properties of Bovine Milk from the Colostrum Period to Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, *90*(11), 5012-5017. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0192>
- UNICEF. (2020). *Tablas de equivalencias*. <https://www.unicef.org/peru/media/7811/file/EI%20sabor%20del%20crecer%20sano%202.pdf>
- United States Department of Agriculture & Foreign Agricultural Service. (2024, diciembre). *PSD Online*. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry>
- Upreti, P., McKay, L. L., & Metzger, L. E. (2006). Influence of Calcium and Phosphorus, Lactose, and Salt-to-Moisture Ratio on Cheddar Cheese Quality: Changes in Residual Sugars and Water-Soluble Organic Acids During Ripening. *Journal of Dairy Science*, *89*(2), 429-443. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72107-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72107-5)
- Uruakpa, F. O., Ismond, M. A. H., & Akobundu, E. N. T. (2002). Colostrum and its benefits: A review. *Nutrition Research*, *22*(6), 755-767. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(02\)00373-1](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(02)00373-1)

- Vella, D., Marcone, M., & Duizer, L. M. (2012). Physical and sensory properties of regional sea salts. *Food Research International*, 45(1), 415-421. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.013>
- Verdini, R. A., Zorrilla, S. E., & Rubiolo, A. C. (2004). Characterisation of soft cheese proteolysis by RP-HPLC analysis of its nitrogenous fractions. Effect of ripening time and sampling zone. *International Dairy Journal*, 14(5), 445-454. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.09.002>
- Wang, X., Kang, Y., Gao, L., Zhao, Y., Gao, Y., Yang, G., & Li, S. (2024). The Effect of Salt Reduction on the Microbial Community Structure and Metabolite Composition of Cheddar Cheese. *Foods*, 13(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/foods13244184>
- Wang, Y.-J., Yeh, T.-L., Shih, M.-C., Tu, Y.-K., & Chien, K.-L. (2020). Dietary Sodium Intake and Risk of Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. *Nutrients*, 12(10), 2934. <https://doi.org/10.3390/nu12102934>
- WHO. (2012). *Guideline: Sodium intake for adults and children*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/77985>
- WHO. (2016). *The SHAKE technical package for salt reduction*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/250135>
- WHO. (2023). *WHO Global Report on Sodium Intake Reduction* (1st ed). World Health Organization.
- WHO. (2025, febrero 7). *Sodium reduction*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sodium-reduction>
- Wichchukit, S., & O'Mahony, M. (2015). The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: Some reappraisals and alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2167-2178. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6993>
- Williams, A. G., Withers, S. E., Brechany, E. Y., & Banks, J. M. (2006). *Glutamic acid dehydrogenase activity in lactobacilli and the use of glutamic acid dehydrogenase-producing adjunct Lactobacillus spp. Cultures in the manufacture of cheddar cheese*. 1062-1075.
- Wolf, I. V., Palma, S., Bergamini, C. V., & Perotti, M. C. (2020). Caracterización de quesos típicos argentinos. En J. Reinheimer (Ed.), *Avances y tendencias en la*

- industria láctea: La contribución argentina desde el INLAIN.* (pp. 95-109). Ediciones UNL.
- Wolf, I. V., Peralta, G. H., Candiotti, M. C., & Perotti, M. C. (2016). *The role of propionibacteria in the volatile profile of Pategrás cheeses.* <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0289-y>
- Yvon, M., & Rijnen, L. (2001). Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal*, 11(4), 185-201. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00049-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00049-8)
- Zalazar, C. A., Candiotti, M. C., Bergamini, C. V., Mercanti, D. J., & Meinardi, C. A. (2006). Maduración de quesos y su control. En *Avances en Microbiología, Bioquímica y Tecnología de Quesos*. Universidad Nacional del Litoral. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/151279>
- Zheng, Y., Zhenmin, L., & Beihong, M. (2016). *Texture Profile Analysis of Sliced Cheese in relation to Chemical Composition and Storage Temperature.* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2016/8690380>
- Zhou, B., Rayner, A. W., Gregg, E. W., Sheffer, K. E., Carrillo-Larco, R. M., Bennett, J. E., Shaw, J. E., Paciorek, C. J., Singleton, R. K., Barradas Pires, A., Stevens, G. A., Danaei, G., Lhoste, V. P., Phelps, N. H., Heap, R. A., Jain, L., D' Ailhaud De Brisis, Y., Galeazzi, A., Kengne, A. P., ... Ezzati, M. (2024). Worldwide trends in diabetes prevalence and treatment from 1990 to 2022: A pooled analysis of 1108 population-representative studies with 141 million participants. *The Lancet*, 404(10467), 2077-2093. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)02317-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02317-1)
- Zoidou, E., Plakas, N., Giannopoulou, D., Kotoula, M., & Moatsou, G. (2015). *Effect of supplementation of brine with calcium on the Feta cheese ripening.* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1471-0307.12199>